

EL “VACÍO” ES MATERIA

Aproximación a la física

EL “VACÍO” ES MATERIA

Aproximación a la física

Obra coordinada por:
Manuel Menchén Antequera

Agradecimientos a:
Ángel de la Cruz Bermejo
Casiano Hernández Hernández
Liliana Pineda
Manuel Lidón Medina
Ramón Lidón Medina
Pedro Gómez Romero
Raquel Bello-Morales Arroyo

Portada:
Manuel Menchén Ozaíta

Autor:
Club de Amigos de la Unesco de Madrid

Editor:
Club de Amigos de la Unesco de Madrid
Plaza de Tirso de Molina 8. 1º
28012 Madrid (España)
Primera edición: Marzo, 2010
Segunda edición: Junio, 2012
Tercera edición, revisada y ampliada: Junio, 2013
www.nodo50.org/caum

Depósito Legal:
ISBN: 978-84-614-1068-2

Edición de distribución gratuita.

Este cuaderno de aproximación a la Física fue elaborado con las notas, apuntes, fragmentos de textos, lecturas y comentarios e incluso noticias y datos documentales que nutrieron los debates semanales del Taller realizado en el CAUM durante casi dos años. Finalmente, surgió la idea de publicarlo coincidiendo con la celebración del Año Internacional de la Astronomía, permitiendo a sus redactores dar libremente al cuaderno el carácter que ahora tiene. Una edición ulterior permitiría recoger cuantas críticas y correcciones merezca a objeto de superarlo, e incluso modificarlo, ahora sobre todo cuando más patente se hace la apremiante necesidad de contribuir a elaborar de la mano de la Ciencia y la Cultura un Gran Proyecto Social profundamente movilizador.

“Encontraremos el camino, guiándonos por las estrellas”. A. S. Pushkin.

“Si descubrimos una teoría completa, con el tiempo habrá de ser, en sus líneas maestras, comprensible para todos y no únicamente para unos pocos científicos... Entonces todos, filósofos, científicos y gente corriente, seremos capaces de tomar parte en la discusión...”. *Stephen Hawking.*

EL "VACÍO" ES MATERIA

Aproximación a la física

"Los conceptos físicos son creaciones libres del intelecto determinadas por el mundo exterior. En nuestro empeño por concebir la realidad... el hombre de ciencia creará ciertamente que, al aumentar su conocimiento, su imagen de la realidad se hará más simple y explicará mayor número de impresiones sensoriales. Puede creer en la existencia de un límite ideal del saber, al que se aproxima el entendimiento humano, y llamar a este límite verdad objetiva". Albert Einstein.

Sobre los conceptos, materia, espaciotiempo, movimiento y universo.

El concepto, la palabra materia es una categoría filosófica que utilizamos convencionalmente para designar la **realidad objetiva**. "Materia -escribió *Carlos Marx*- es la sustancia única, la única razón del ser y del conocimiento, la esencia más general del mundo, como única base universal de todo lo existente". Al definir la materia y sus atributos -movimiento, espacio y tiempo-, *Vladimiro Ilitch Lenin* subrayó que "la propiedad característica de la materia es la de ser **una realidad-objetiva que existe independiente de nuestra conciencia**, y es dada al hombre en sus sensaciones". Nuestras sensaciones reflejan esa realidad, que es decir, todo cuanto existe y con independencia de que sea observado o no, objetos, fenómenos, procesos, seres, pensamiento inclusive, cualesquiera que sean sus formas. "El mundo Material y perceptible por los sentidos -escribió *Federico Engels*- es el único mundo real"... Materia es pues, de una manera general, todo lo que nos rodea, lo que se llama el *mundo exterior*, que es, como todo lo concerniente al ser humano, su psiquis misma y la sociedad, cognoscible por muy complejas y excepcionales que parezcan a priori sus diversas formas". Esta definición de la materia no abarca sólo los objetos y fenómenos conocidos por la ciencia moderna, sino también los que sean conocidos en el futuro, entre los que terminará encontrándose el llamado **espacio vacío (éter)**. Conviene señalar al respecto algo con lo que estamos de acuerdo: la forma en que el materialismo dialéctico insiste sobre el carácter aproximado, relativo, de toda tesis científica acerca de la estructura de la materia y de sus propiedades, en particular cuando insiste sobre la ausencia de líneas absolutas de demarcación en la naturaleza. Podemos resumir diciendo que la materia, la naturaleza, el ser, lo físico, es lo primario; el espíritu, la conciencia, la sensación, lo psíquico, es lo secundario. Digamos, pues, finalmente, que la unidad del mundo consiste en su materialidad.

“La verdadera física será la que un día acierte a incluir en su todo la noción sobre el mundo del hombre total, del hombre en la unidad de su organización corporal e intelectual”.
Teilhard de Chardin.

En cada época histórica las representaciones sobre la estructura y propiedades de la **materia** señalan los límites hasta los que ha llegado el conocimiento y la pugna también, entre una y otra concepción del mundo y sus intereses de clase. Esto ha sido así y todavía sigue siendo. Lo mismo la identificación del concepto materia como categoría filosófica, que la reducción metafísica de la materia, fueron utilizadas en uno y otro momento para atacar al materialismo dialéctico que pretende exponer las cosas a la luz del conocimiento. Por las mismas o parecidas razones, el derrumbamiento de las viejas ideas sobre la estructura de la materia, sería absurdamente interpretado como el descubrimiento de nuevos estados de la sustancia supuestamente incognoscibles, lo que sería traducido como prueba “irrefutable” para negar el materialismo, y, de paso, utilizarlo como argumento para afirmar la “desaparición” de la materia... *Lenin* se encargó de aclarar la inadmisibilidad de pretender identificar la categoría filosófica de “materia” con las ideas limitadas, acerca de la estructura y las propiedades de la materia. Formuló el concepto **materia**, a partir de la diversidad cualitativa de ésta, de la inagotabilidad de su estructura y propiedades, en fin, de la diversidad ilimitada de la materia y de la imposibilidad de reducir esta diversidad a un aspecto determinado cualquiera de aquélla... Y acertó. En la actualidad, además de los átomos elementales y sus partículas integrantes: electrón, protón, neutrón, se han detectado miles de partículas elementales y sus antipartículas, lo que permite admitir la existencia de miríadas de formas, entre ellas las llamadas quarks, las supuestas cuerdas, etc., etc. La ciencia ha ido descubriendo y explicando nuevos aspectos de la materia, unos normales, como la **masa (*)** y otros especiales, como los **campos (**)**, sin olvidar lo que desde la antigüedad griega llamamos **éter, vacío espacial (***)**.

(*) **Masa:** La masa de una partícula queda determinada por los **campos** electromagnéticos (movimiento, ondas, vibración) que están entrelazados en ella. *Albert Einstein* concluyó que la **masa** y la **energía** son dos aspectos distintos de una misma realidad. Su teoría de la relatividad modificó desde entonces el concepto de masa, que sería algo así como energía condensada: $E = m \cdot c^2$... *George F. Fitzgerald* y *Hendrik A. Lorentz* observaron la dependencia recíproca entre la **velocidad** y la masa, cómo crece la masa cuando aumenta la velocidad. Si sobre dos masas actúan dos fuerzas idénticas y la **velocidad** final de una resulta triple, concluimos que la primera tiene una masa tres veces mayor... El concepto de **masa** expresa, tanto la medida de la resistencia de los cuerpos al cambio de movimiento, como la capacidad de atracción gravitatoria de los cuerpos. *Newton* definió la **masa** como la *medida de la cantidad de materia*, y distinguió entre *masa* y **peso**; *masa* es una propiedad de los cuerpos, el **peso** depende de la aceleración de la gravedad. La **masa** determina las propiedades inerciales y gravitatorias de un cuerpo. Pero conviene tener muy claro que es falso identificar la masa con la **materia**: la masa es una de las manifestaciones físicas de la

materia, expresa en la famosa ecuación $E = m \cdot c^2$. Otro aspecto sería la equivalencia entre masa **inercial** y masa **gravitatoria**, identidad que constituye una clave nueva y fundamental para la comprensión más profunda de la naturaleza.

(**) **Campo físico, electromagnético**: es una de las formas de manifestarse la **materia**; región del espacio (limitada o ilimitada) donde cierta fuerza eléctrica o magnética muy intensa interactúa con el entorno: campo de gravitación, campo electromagnético, campo ondulatorio, campo nuclear, campo de partícula, campo cuántico, campo etéreo, etc. *Faraday* concibió los **campos** como estados de tensión mecánica en un medio (elásticamente extendido) que llenaba el espacio. Para *H. A. Lorentz* los campos eran estados físicos del espacio. *Maxwell* hizo del **campo** electromagnético la explicación moderna fundamental de sus ecuaciones.

(***) **Vacío espacial, éter**: "ausencia aparente de materia, y; dimensiones espacio-temporales indefinidas". Se define como el estado de mínima energía de un sistema. El **vacío** era reconocido por *Leucipo*, *Demócrito* y *Epicuro* como real, junto al átomo. *Aristóteles* rechazó el **vacío** porque no permitía el contacto entre las cosas. El **éter** era para él una sustancia divina, que llenaba y constituía la perfección e inmutabilidad de todos los cuerpos celestes supra lunares. *Giordano Bruno* reconoció la existencia de un "vastísimo seno etéreo". Motivo de una polémica inacabable, *Maxwell* no contó con el éter en sus ecuaciones, pese a conservarlo, como antes dijimos, como medio del campo electromagnético. *Einstein* lo consideró en un principio "superfluo". Sin embargo, en 1920 escribió lo siguiente: "...el espacio está dotado con propiedades físicas; en este sentido, por consiguiente, existe algún **éter**. De acuerdo con la teoría de la relatividad general el espacio sin éter es impensable". Hoy, estamos muy cerca de poder explicarlo como lo que es: una **realidad material**, origen y destino postrero de toda la materia ordinaria del macro y micro mundo, comprendida, cuando aparece, la vida orgánica cualquiera que sea su complejidad.

Espaciotiempo: espacio y tiempo son categorías universales empleadas para describir las formas básicas de existencia de la materia. Conviene recordar que la "división" del universo en "espacio" y "tiempo" sólo data de apenas hace unos cuantos siglos... La noción de un **espaciotiempo** continuo se comprendía con cierta perfección varios siglos antes de nuestra era. *Aristóteles* tuvo buen cuidado en precisar en el "corpus" de su escuela: "El tiempo es el número de movimientos...La continuidad del tiempo y la del espacio son correlativas"... El **espacio**, en fin, es inseparable de la materia, es una forma objetiva, real, de existencia de la materia; expresa el orden de existencia de los objetos individuales. El **tiempo** (*) expresa el orden de mutación de los fenómenos, es uno de los lados, una de las facetas del ser, del movimiento, del desarrollo... No puede ni pudo existir jamás el tiempo vacío, es decir, en que no hubo nada, en que no ocurría nada... Del mismo modo, el **espacio** es otro de los lados, de los rasgos, de las facetas, que caracterizan a la materia en movimiento. El espacio "**vacío**", es decir, desvinculado de la materia y de su movimiento, es tan inexistente como el tiempo vacío, como el movimiento sin lo que se mueve. La unidad material del mundo, en sus diversas manifestaciones y en todas las escalas de su desarrollo incesante, es una unidad móvil, consustancial con el **espaciotiempo**. No existen procesos físicos o materiales, o de cualquier otro tipo, que se cumplan fuera del tiempo,

del mismo modo que no hay procesos que acontezcan fuera del espacio. Todo ocurre en el mundo que habitamos y no en un "mundo superior" mental. Una de las grandes conquistas del siglo pasado -la teoría de la relatividad- colocó la teoría de la inseparabilidad de la materia, el movimiento, el espacio y el tiempo, sobre la base firme de los hechos físicos y de las demostraciones matemáticas.

(*) **El tiempo:** la comprensión del tiempo que incorpora el mundo al movimiento continuo la expresó *Heráclito*: "Todo lo que ocurre en el mundo, todo lo que empieza, surge, dura y por fin concluye se efectúa en el tiempo, y, en principio, es inseparable del tiempo". Para *Platón* "Tiempo y movimiento eran la misma cosa. El día y la noche, la rotación de los meses y los años, los ciclos de las estaciones y de las cosechas nos dieron la noción del universo y nos instigaron a investigar la naturaleza del universo...". Sin embargo, veinte siglos después, *Inmanuel Kant* tomaría el espacio y el tiempo no por una realidad objetiva, sino por formas de la contemplación humana. Y hombres llamados de ciencia, como *Karl Pearson*, matemático y biólogo idealista, se atreverían a decir: "No podemos afirmar que el espacio y el tiempo tengan una existencia real; no se encuentran en las cosas, sino en nuestro modo de percibir las". Poco antes, *Ludwig Feuerbach* (1804-72), filósofo materialista, escribió: "El espacio y el tiempo no son simples formas de los fenómenos, sino condiciones esenciales". *Ernest Mach*, físico y filósofo idealista subjetivo, uno de los creadores del empiriocriticismo escribe a su vez: "El espacio y el tiempo son sistemas armonizados de las series de sensaciones"... *Hermann Minkowski* afirmó: "De aquí en adelante los conceptos de espacio, por sí mismo, y de tiempo, por sí mismo, están condicionados a desaparecer y transformarse en unas sombras pálidas y sólo la unión singular de estos dos conceptos conservará una realidad independiente". Finalmente, *Federico Engels*, creador con *Carlos Marx* del Materialismo dialéctico, haría ver a *Eugéne Dühring* (1833-1921), ideólogo pequeño-burgués, que "las formas fundamentales de todo ser son el espacio y el tiempo, y un ser concebido fuera del tiempo es tan absurdo como lo sería un ser concebido fuera del espacio".

El movimiento: la materia y el movimiento (ondas, vibraciones) son inseparables, el movimiento es un atributo, el modo de existencia de la materia, de la misma forma que lo son el espacio y el tiempo. La materia no existe fuera del movimiento, del mismo modo que no hay movimiento inmaterial. El movimiento, el espacio y el tiempo son formas objetivas universales de existencia de la materia. El movimiento es, por tanto, tan increable y tan indestructible como la materia misma; lo cual permite decir que la cantidad de movimiento presente en el mundo es constante... Los cuerpos se mueven no por causa única de una acción externa sino de una manera determinada a causa de su naturaleza... El movimiento y su medida, la energía, no pueden crearse, sino sólo transformarse y transportarse bajo la diversidad de formas: calor, electricidad, magnetismo, luz, movimiento mecánico, etc. El materialismo científico puso de manifiesto **la dialéctica de la realidad objetiva**, que es en realidad **la materia en movimiento**, dio una definición del movimiento como cambio en general, irreducible cualitativamente al movimiento mecánico estricto. Pero, hasta finales del siglo XIX, todavía eran muchas las dudas (*) y muchos los físicos que intentaron reducir los fenómenos térmicos, electro-

magnéticos, etc., a las leyes de la mecánica. En este sentido, *Lenin* se ocuparía también de poner al descubierto la falta de fundamentos de los neomecanicistas. Habló de los estrechos límites en que pretendían situar la teoría electrónica: "Las leyes que regulan el movimiento de los micro objetos - escribió- no se pueden encuadrar dentro de los marcos de la teoría electrónica"... Y sus predicciones se vieron confirmadas. Pronto quedó demostrado, con el surgimiento y desarrollo de la mecánica cuántica y de la física del núcleo atómico y las partículas elementales, que había aprendido a mirar incluso más allá de la esfera limitada de aplicación que tiene la "mecánica cuántica", teoría, digamos de paso, que no obstante estar sirviendo para explicar los movimientos de los micro objetos, incluidas las partículas fundamentales, hoy todavía, sin una explicación más acabada, no refleja los profundos nexos internos existentes entre las diversas partículas y su estructura misma... Y es ahí donde **está detenida la gran investigación pendiente y su estrecha relación con el hondo significado del vacío espacial, el éter (**).**

(*) **A mediados** del XX, de *Monasterio* escribe en "Panorama del universo" (1955): "el origen del **movimiento** tenemos que buscarlo en causas lejanas no bien determinadas aún..., juega un papel importante en la dinámica del universo, siendo, en realidad, **la gran incógnita** que no se ha logrado aún esclarecer"...

(**) **Éter:** como antes dijimos, *Leucipo*, *Demócrito* y *Epicuro* reconocieron la existencia del **éter**, pero no por supuesto con el carácter que le atribuyera *Aristóteles*, quien veía en la "pureza" del éter (quintaesencia, sustancia divina) la naturaleza de los cuerpos celestes. Otros, *Descartes* en particular, no obstante negar el átomo y el vacío, explicaría las "acciones a distancia" por la propagación de impulsos a través de una materia **etérea** que llena el espacio... *Joseph Larmor*, estudiando la interacción entre la materia y el **éter**, concluyó que este último constituía quisieras o no, además de una sustancia, el sustrato del movimiento de las ondas electromagnéticas que llenan todo el espacio... *Henri Poincaré*, consciente entre 1895 y 1905 de las implicaciones de estas nuevas hipótesis, puso el énfasis en el carácter relativo del espacio, euclídeo inclusive, y la imposibilidad de medir la velocidad con respecto a un **éter** en reposo absoluto, lo que él llamó "principio de relatividad" contrario a la idea newtoniana del espacio absoluto. *Federico Engels*, en 1873, se anticipa sobre el significado del éter: "Cuando estemos en condiciones de poder exponer lo que es el **éter**, no cabe duda de que abarcará mucho de lo que hoy nos vemos obligados a incluir en el campo de la física". En 1908, *Lenin* escribe: "La conjetura sobre el **éter** ha existido durante miles de años, y hasta hoy sigue siendo una conjetura. Pero en el momento actual existen ya mil veces más canales subterráneos que conducen a una solución del problema, es decir, a una determinación científica del **éter**". Y apoyó tesis tan controvertidas en su época como la que sostenía que la teoría electromagnética demostraba que la luz y la electricidad son formas de movimiento de una misma sustancia (el éter) y que nuestras sensaciones de la luz dependen de la acción de las oscilaciones del **éter**.

El concepto universo es la unidad dialéctica de la materia, es decir, la conexión total de la naturaleza, comprendido el "**vacío espacial**"; **que no es la nada**, es una forma de manifestarse la materia, que no puede existir sin ser

algo, y ese algo es la materia. La materia "llena" y "es todo" el espaciotiempo en sus diversas formas. Una de estas formas es la aparente ausencia de materia en el vacío espacial, otras son las conocidas, en general, sensorialmente percibidas o comprendidas, de propiedades corpusculares u ondulatorias. El espacio "vacío", es decir, desvinculado de la materia y de su movimiento, es tan inexistente como el tiempo vacío, como el movimiento sin lo que se mueve. Así pues podemos decir, que la civilización de los griegos dio en llamar vacío, **éter**, quintaesencia, etc., a una forma material del espacio-temporal, invisible, no investigada todavía, pero que estamos muy cerca de conocer como la señal perdida que conduce a descifrar el mayor de los enigmas: la interconexión y unidad dialécticas de la estructura y comportamiento eterno de la materia, a través de sus diversas formas de manifestarse.

"La mayor parte de la materia galáctica no se presenta en forma de estrellas, gas polvo que podamos detectar sino que consiste en cierta materia invisible que llena un inmenso espacio dentro de la galaxia y en torno a ella" Nigel Henbest.

Sobre la infinitud del espacio en apariencia "vacío".

Desde la Antigüedad, el concepto de "vacío" espacial, motivo de controversia entre los pensadores griegos, fue cobrando dimensiones antes nunca imaginadas: *Aristarco de Samos*, aunque erró al calcular la distancia entre la Tierra y el Sol (20 veces más que la de la Luna, siendo en realidad unas 400 veces más), dio a conocer por primera vez la inmensa extensión de espacio vacío existente alrededor de la Tierra. *Hiparco de Nicea*, con los datos que había obtenido *Eratóstenes* del diámetro de la Tierra, que midiera también sin acertar *Posidonio*, calculó la enorme distancia habida entre la Tierra y la Luna: unos 384.000 Km (30 veces el diámetro del planeta) Merece la pena recordar la convulsión social que causaran ya en su tiempo las ideas del citado *Aristarco*, el más osado de los astrónomos griegos: "Puesto el sabio a calcular el tamaño del Sol, sembró una tremenda duda..., porque si el cálculo era correcto (aunque erró creyéndolo sólo 7 veces mayor que la Tierra), había que reconocer al Sol más dotado por su física que la Tierra para ocupar el centro del universo"... Sin embargo, tendrían que pasar ¡1.800 años! y, sobre todo, inventar el hombre el **telescopio (*)** para que *Copérnico* pudiese dar validez a tan revolucionario punto de vista.

Mucho antes, desde el -200 hasta el 1200, el pensamiento dominante en Europa, poco o nada encaminado hacia el estudio de las Ciencias naturales, se habría regido por la Filosofía teológica, encargada por la Iglesia de desterrar de su rango a la Filosofía natural tenida por peligrosa. Entre tanto hubo que aprender de los árabes; redescubrir a *Aristóteles*, su lógica y su razón que dieron alguna luz al "tomismo" (1250), aparecer los experimentadores, *R. Bacon* y siglos después *F. Bacon* y en particular *Galileo*, para que los pensadores del Renacimiento consiguiesen trasladar al centro de atención los

estudios conocidos como "Humanidades", poco inclinados todavía hacia las Ciencias naturales.

Tuvo que surgir *Tycho Brahe*, observar sorprendido cómo una estrella "nova" situada más allá de la Luna variaba de brillo (1572), para que se viese perturbado el pensamiento reaccionario que estaba sirviendo de amparo al aristotelismo retocado de los cielos eternos. Pocos años después (1577), al impedirle la Luna medir la paralaje (**) de un cometa, se declaró convencido de que en el "**vastísimo seno etéreo**" del que hablara *Giordano Bruno* había objetos mutables... Una visión, tenida entonces por levantisca, porque contradecía la idea de la inmutabilidad... que la Iglesia en la Edad media se había encargado de enraizar, pero que empezaron a desarraigar, entre otros, desde *Séneca* en su tiempo, luego *Bruno*, teorizante del infinito, la observación que en 1596 hiciera *David Fabricius* sobre las manchas solares y el brillo cambiante de *Omicron Ceti*, la variable Mira ("maravillosa"), los descubrimientos jupiterianos (1609) de *Galileo*, en fin, la imperfección observada en las esferas, y los rebeldes objetos celestes, muchos de ellos con movimientos a todas luces visibles, brillos cambiantes y extrañas estructuras "nebulosas"... Como la de Andrómeda que observara en 1612 *Simón Marius* (1573-1624), y las manchas ó cúmulos globulares, que confirmaría después (1656) *Christian Huygens*.

Entre tanto (1609), *Johannes Kepler* habría dado un paso más de gigante, con su observación de los movimientos y las distancias de las órbitas planetarias: Dedicado a elaborar horóscopos -para entretener a los cortesanos- arrancó horas de su tiempo para calcular y confirmar con el telescopio las leyes elipsoidales de las órbitas planetarias. Fue uno de los primeros astrofísicos con coraje científico: "*Mi mente -escribió- tenía por límite los cielos*"; pretendió demostrar que la máquina celestial podía compararse no a un organismo divino, sino más bien a un engranaje de relojería...

Coincidiendo con él, *Geovani-Dominique Cassini* (1625-1712) y *Jean Richer* (1630-96) miden la distancia de objetos situados más allá de la Luna... En 1673 *Cassini* obtiene la del Sol a la Tierra: 136 millones de Km (serían 150 millones: Unidad Astronómica.UA). Al cabo de casi un siglo (1755), la acumulación de observaciones permitiría a *Immanuel Kant* multiplicar la magnitud cósmica, con su propuesta genial de interpretar las rutilantes "manchas nebulosas" como "universos-islas" esparcidos en el inmenso vacío espacial.

Treinta años después (1785), *William Herschel*, el descubridor de Urano (1781), intenta calcular el tamaño de la Galaxia, según él de forma lenticular, con unos 100 millones estimados de estrellas, un diámetro equivalente a 850 veces la distancia de Sirio y con un espesor 155 veces la misma distancia. Sabida después la distancia de Sirio: 8,8 años luz, la Galaxia tendría unos 7.480 años luz de diámetro y 1.300 años luz de espesor, que, pasados los años, corregiría *Jacobo Cornelio Kapteyn* por encima...

Hacia el 1800 se habían reconocido como objetos asociados las difusas "manchas nebulosas" o "nubes" celestes, que descubrieran *Charles Messier* y *William Herschel*... Sin saber todavía si estaban o no en la Galaxia, contarían

sumados a los circundantes "cúmulos globulares", diferentes de los "cúmulos estelares", los conjuntos de galaxias como la nuestra: Andrómeda y las Nubes de Magallanes.

En 1838, la perfección del telescopio permitió a *Friedrich Wilhelm Bessel* medir por vez primera la distancia inconcebible de la 61 del Cisne: 103 billones de km: **11 años luz** del Sistema Solar... Es decir, 9.000 veces su anchura. Poco después (1840), *Friedrich Wilhelm von Struve* deduce la inimaginable lejanía de Vega, la cuarta estrella más brillante del firmamento, que corregida después sería de **27 años luz**. De tal manera que el Sistema Solar quedaba de suyo empequeñecido, reducido a un punto insignificante extraviado en las distancias cósmicas, sumergido en una infinitud que parecía estar ocupada toda por "vacío".

(*) **Telescopio**, una ventana al universo: Puso de manifiesto que nuestra visión del universo era sólo fragmentaria y que la nebulosidad galáctica estaba formada por miríadas de estrellas. Se dice del monje *Sizi*, que lo declaró incompatible con las Sagradas Escrituras. En Mesopotamia, 3.000 a.n.e., hacían lentes plano-convexas y cóncavas. *Confucio* habla de un artesano que usaba vidrio en los ojos. Griegos, árabes y romanos cauterizaban con lentes. *Alhazen* fabricó lentes y equipos parabólicos. *Petrarca* (1304-74) usaba lentes. *Leonardo da Vinci* diseñó útiles para tallar. *Robert Hooke* construyó el primer microscopio. *Roger Bacon* describió en su "Opus maius" las primeras lentes que talló en forma de lenteja. Entre 1285 y 1300 forman parte de la historia del trabajo instrumental telescópico *Alexandre della Spina* y *Salvino de Armati*, en 1589 *Giambattista della Porta*, en 1590 *Zacarias Jansen* y en 1608 *Hans Lippershey* (n.1570) fabricante de la herramienta que mejoró *Galileo* en 1609. (***) **Paralaje**: la visión prolongada desde dos puntos opuestos de la Tierra hasta un mismo objeto distante.

A principios del siglo XIX, sólo se sabía que el tamaño del Sistema Solar se extendía unos miles de millones de kilómetros, situado, como luego se supo, no en el centro de la Vía Láctea, como *Herschel* y *J. C. Kapteyn* creían... Pero ya había adquirido cuerpo la idea de conocer mejor el universo, cuya visión se había ensanchado, aunque sólo para dejar ver **espacios inmensos llenos de vacío** por todas partes...

El hombre, en fin, que otrora intentara centrar la descripción del cosmos en una Tierra inmóvil en el corazón del mundo, empezaba a sentirse otra vez desplazado, encontrándose ahora situado ante el interrogante de la pequeñez a que él y su mundo se veían reducidos... Había podido observar que no sólo el Sol, al que le suponían unos 2.500 años de edad, sino que ni el Sistema solar mismo, ni incluso la Galaxia eran apenas algo más que una pequeñísima porción de materia flotando en la inmensidad espacial, describiendo una órbita en torno a "algo" que debería ejercer una poderosa atracción gravitatoria.

1846: *William Pearson* confirma la estructura en espiral de Andrómeda, nebulosa de una luminosidad excepcional, que parecía estar en la Vía Láctea **desplazándose** hacia nosotros a 200 km/s. En 1890, *Herman Carl Vogen* (1841-1907) atribuiría su observación de un fenómeno generalizado de

aparente **alejamiento** estelar a la emisión alternativa de luz en objetos binarios que pasaban del rojo del espectro al violeta... Poco después, investigadas las estrellas más distantes, hallarían asombrados, ¡que se estaban alejando todas!.. *Milton La Salle Humason* (1891-1973) detectó alejamientos de 40.000 km/s... Y otros astrónomos (1960), fugas... de hasta 144.000 km/s, cuando no, en muchos casos, **acercamientos**, unos y otros cuestionados por científicos como *Halton Christian Arp* y *Alan Aspect*... Mientras tanto, las ecuaciones de *Einstein* concordaban con un universo en expansión... Hacia 1900 se habrían medido las distancias a años luz de unas 70 estrellas, con la paralaje. Cincuenta años después serían unas 6.000, la mayor parte a unos **100 años luz**, el límite hasta entonces de los instrumentos.

De sorpresa en sorpresa, la observación, paso a paso, del espacio, terminaría acercándonos hacia un horizonte situado cada vez más lejos... Un descubrimiento, que *Henrietta Leavitt*: (1868-1921) hiciera en 1912 (*), permitiría situar las Nubes de Magallanes a más de ¡**100.000 años luz**! de nosotros, la Mayor a 150.000 a.l., con 5.000 millones de estrellas, y la Menor a 170.000 a.l., con 1,5 miles de millones. Entre tanto (1917), *Harlow Shapley* (1885-1972), investigando objetos similares, daría con un centenar de "cúmulos globulares", conglomerados de estrellas situados entre 20.000, y 200.000 años luz en torno al núcleo de la Galaxia... La observación permitiría saber, ya con toda certeza, que nuestro Sistema Solar no estaba de ninguna manera en el centro de la Vía Láctea, sino enclavado en un extremo de ésta como un objeto más entre tantos...

(*) *Henrietta Leavitt* encontró en la nube Pequeña de Magallanes estrellas similares a la *Delta* de Cefeo: (Cefeidas variables) con cuatro veces la masa solar y períodos de luminosidad de entre 1 hora y 50 días. Estrellas algunas que sufren explosiones alternas, empezando a emitir una especie de pulsación periódica con cambio en su brillo. Cuanto mayor su período de pulsación mayor su luminosidad. La relación período-luminosidad que ayudaron a establecer *Harlow Shapley* y *Ejnar Hertzsprung* constituyó una herramienta que permitió medir distancias estelares.

Pocos años después, los grandes telescopios permitirían ver... que tampoco la Vía Láctea era otra cosa que una más entre la infinitud de galaxias... *Edwin Powell Hubble* y *Slipher Vesto Melvin*, al observar (1924), de la Nebulosa de Andrómeda, supuesta en nuestra galaxia, la nitidez de sus brillantes estrellas y sus brazos espirales, a una distancia, recién calculada, que la situaba ahora lejísimos de nosotros: **1 millón de años luz...**, se sintieron obligados a pensar, que su tamaño sería semejante al de la Vía Láctea... Así, separada Andrómeda de nuestra galaxia, y con aquella las Nubes de Magallanes y los "cúmulos estelares" -"universos-islas" y las "manchas" nebulosas, entre ellas esas 103 (M) que catalogara en 1769 *Charles Messier* (1730-1817)-, las distancias de objetos situados más allá de la Vía Láctea se revelaron como algo para el hombre incomprensible.

De nuevo el universo se había dilatado, y ensanchado por todas partes el espacio vacío... Pero no todo fue que las distancias etéreas se mostraran

enormes; un descubrimiento de primera magnitud, que hiciera *Hubble* en 1929, relacionado con los desplazamientos que observara *H. Carl Vogen* en 1890, vino a trasladar los límites del universo hasta el infinito... *Hubble* sugirió una "fuga de las galaxias" en progresión continua. La aplicación posterior del efecto Doppler (*) a su propuesta, invitaría a imaginarse el universo en **estado de expansión** (**), alejándose las galaxias unas de otras, a una velocidad que aumentaba proporcionalmente con la distancia. Cosa incomprensible, pues, de ser así, el horizonte quedaría condenado a desaparecer hundido en un más allá de todas partes... Las galaxias que vemos a 9.000 millones de años luz se estarían alejando de nosotros a la mitad de la velocidad de la luz. Lo enigmático surge pensando en galaxias como las que vemos a 11.000 millones de años luz, en cuyo caso habría que pensar que se estarían alejando a la velocidad de la luz, a punto de dejar de ser visibles... Paradójicamente, desaparecido de nuestra visión el espacio poblado por miles de millones de galaxias, nos quedaríamos solos en el universo sin otra manifestación objetiva que la de un insondable e interrogante estado material de vacío infinito...

(*) "**Efecto Doppler**": propone que el corrimiento de la luz de una estrella, hacia el extremo rojo del espectro, lo determina su alejamiento de nosotros a una velocidad que aumenta proporcionalmente con la distancia. *Beltran Russell* (1877-1970) preguntó si el giro al rojo se habría de atribuir a un movimiento de retraso o a la curvatura del espacio, y *Halton Christian Arp* también lo cuestionó seriamente. Y de la misma manera se considerarían enigmáticas, las emisiones radiales opuestas de un objeto pulsante.

(**) **Estado en expansión**: Los astrónomos habían examinado (1842) la velocidad de expansión. En 1868, *William Huggins* (1824-1910) observó que Sirio se alejaba de nosotros a 46 km/s. Sin embargo, hacia 1890, *James Edward Keeler* (1857-1900) demostró que Andrómeda se acercaba. *H. Carl Vogen* observó movimientos de avances y retrocesos, líneas espectrales que experimentaban un desplazamiento hacia el rojo. *Einstein* en 1915, *de Sitter* en 1917 y *Alexander Friedman* (1888-1925) entre 1922/24 pensaban que las soluciones no estáticas contrastaban con un universo en evolución, cuyas densidades podían variar con el tiempo. *Eddington* había señalado un error en la ecuación de *Einstein* que permitía un universo en contracción o en expansión (***)

(***) **¿Expansión cósmica?**: El universo se invertiría hasta colapsarse, si hay más materia que la densidad crítica (estimada en $5 \times 10^{25} \text{ g/cm}^3$). Si la densidad de materia se halla por debajo de esta densidad, entonces viviremos en un universo abierto, que se expande de una forma constante. Mas, si la densidad está justa en el valor crítico, las fuerzas se equilibran y se mantienen. Pero desconcierta el hecho de que las observaciones actuales conceden a la densidad actual un valor menor de 10^{30} g/cm^3 , insuficiente para contrarrestar la fuerza de expansión. Luego sólo cabe pensar que una gran cantidad de materia (95%) permanece indetectable e invisible, e ignorada su masa, y, como tal, la de todo el Universo, dejando al mismo tiempo un problema sin resolver, que el Modelo teórico soslaya en cuanto indica al dictado del *big bang* que "el Universo sigue siendo frenado y disminuyendo", y es que pueden darse tres casos: si la cantidad de masa fuese muy pequeña, sería abierto; si fuese intermedia (masa crítica) sería plano; si fuese muy grande, sería cerrado, la fuerza de atracción vencería a la expansión, como afirmaban en 1978 los libros

de astronomía con la bendición de la mayoría, ello pese a que desde 1973 se opinaba que es abierto, como vinieron a sostener *Martín C. E. Huber* y *Gustav A. Tamann* escribieron en 1973: "la expansión ya no se detendrá, agotado el combustible nuclear -primero H, después He, C, O y Li-, el firmamento quedará invadido por la oscuridad"... *A. Guth*, en 1970, y *M. Turner* en 1998, atribuirían a la **energía oscura** la expansión acelerada del universo.

Aprovechando el escenario de dudas, desde antes sostenidas en torno al estado del Universo y sus alternativas: plano, abierto o cerrado, el jesuita director de la Academia Pontificia de Ciencias *George-Henri Lemaître* habría sorprendido a la comunidad científica con su denominada hipótesis del átomo primitivo (*big bang*), formulada a partir de conocer las diversas conjeturas en torno al sí o no de la **expansión**... *Lemaître* puso el acento en una hipotética causa: un origen explosivo-expansivo del cosmos..., cuyo cálculo matemático cargó sobre las pacientes espaldas de *María Meyer* y *Edward Teller*. Con posterioridad, *George Gamow* llegaría a suponer que todos los elementos que conocemos se formaron en la primera hora de la supuesta explosión y que una expansión indefinida de las galaxias nos dejaría solos en el universo... Por último, las discrepancias sobre ésta y otras tantas novedosas **teorías del universo** (*), movieron a *Hermann Bondi*, *Thomas Gold* y *Fred Hoyle* a presentar su teoría de un "**universo en creación continua**" (**) o "**universo en estado estacionario**".

Mientras tanto, *W. H. W. Baade* (1893-1960), estudiando la relación, período de pulsación, luminosidad (cefeidas) y ubicación de las estrellas (rojas de la Población II en el centro de la galaxia ó azuladas de la Población I en los brazos espirales), percibiría un error en el método empleado hasta entonces para calcular distancias. "Error que le permitió descubrir -comenta *George Gamow*- que los cálculos de las distancias de diversas galaxias eran inferiores en un factor próximo a 2,5". Así, en un abrir y cerrar de ojos, *Baade* aumentó el alcance del telescopio de Monte Palomar, elevando el valor antes calculado, que era de 1.000 millones de años luz, nada menos que a 2.500 millones de años luz. "Este progreso -escribe *Gamow*- aniquiló la teoría de la expansión acelerada del universo".

A estas iniciativas e interrogantes, motivo todavía de grandes controversias, vendría a sumarse el resultado dudoso de utilizar a la inversa el valor numérico de la constante de la ecuación de Hubble ($1,8 \times 10^{-4}$), cálculo que daba para la **edad** del universo **2.000** millones de años, una cifra que parecía razonable considerando las distancias de las galaxias, pero poco fiable todavía comparada con los **3.000** millones de años obtenidos por los geólogos para las rocas de la Tierra, la aplicación de una nueva escala de distancias permitiría situar la hipotética **edad del universo** en unos **5.000** mil millones de años...

(*) **Teorías del universo:** *Ralph Alpher*, *Enrico Fermi*, *George Gamow*, *R. C. Herman*, *J. S. Smart*, y *Anthony Turkevich* propusieron una teoría de formación de los elementos intermedia entre la hipótesis del equilibrio congelado y la propia: la ruptura espontánea del *hilen*, fluido nuclear primitivo, libera neutrones que se romperían transformándose en protones y electrones y estos en átomos en menos de una hora. Otra sería la formación de protogalaxias mediante

turbulencias gaseosas, compresión y contracción calórica hasta el punto de ignición de las reacciones termonucleares, semejante al universo estático de *Einstein*, inmóvil en su estructura, con el radio de curvatura constante, siempre a punto de una contracción o una dilatación. Otra sería la de *Willem de Sitter* (1917): un modelo estático, relativista, con densidad nula o casi nula, con el tiempo y la velocidad ralentizados al distanciarse, tendiendo a cero, con su origen en cualquier lugar. *A. Friedman* propuso (1922/24) un modelo no estático, dinámico, curvos el tiempo y el espacio, sin tiempo cosmológico, con un punto de origen abierto o cerrado dependiendo de la densidad media. *Alan Guth*, autor de "El Universo Inflacionario", tiene como referencias la "Teoría de campo unificado" y la "Teoría del todo". Crea su propia teoría a partir de un estado inicial (*big bang*), cuando no de "fluctuaciones cuánticas" que emergen de un espacio "vacío"... donde se producirían protuberancias dables de formar el universo visible. Luego está la teoría de las **supercuerdas**, que persigue la unificación de todas las fuerzas de la Naturaleza. La teoría de los Ciclos galácticos no contempla un origen creador ("átomo primitivo"), ni un proceso expansivamente homogéneo, con o sin regresión de las galaxias y cúmulos, sino una constante eyección de materia formal y su evolución espacio-temporal movida `gravitatoriamente` hacia su inexorable succión, vía de agujeros negros... **Otros modelos** son, además del denominado *big bang*, el referido de *Alexander Friedman*, extensivo hasta su implosión y curvado sobre sí mismo como una esfera; el de la expansión indefinida, curvado a la inversa e infinito, y el de expansión a una velocidad que nunca llegará a ser nula, no curvado e infinito. De entre todas las teorías y modelos de universo propuestos, el "expansivo-inflacionario" sitúa las galaxias alejándose sin fin, mientras otras **van naciendo**. La hipótesis de la "succión" vía de agujeros negros, se diferenciaría del modelo inflacionario por el modo de desaparición de las galaxias.

(**) "**universo en creación continua**": un continuo enrarecimiento espacial causado por la expansión, se hallaría compensado por una continua **emisión de materia** (***) a lo largo y a lo ancho del espacio intergaláctico, ello debido, al decir, por un continuo "retroceso" de las galaxias más viejas, mientras otras nuevas van apareciendo en los espacios que median entre ellas. El universo de *Einstein* era esférico, mecánicamente estático, que *A. Friedman* señaló, inestable, de expansión y contracción.

(***) **Emisión** admisible en nuestro tiempo, por la transformación de materia imponderable en ponderable: se produciría un átomo nuevo de H por litro de espacio una vez cada 1.000 millones de años.

Un apagón iluminó el universo: La suerte de un apagón en Los Ángeles (1942) durante la 2ª Guerra Mundial permitió a *Baade*, que había fotografiado Andrómeda en 1940, deducir definitivamente, de su observación ahora en mejores condiciones, que ésta se hallaba realmente a unos 2,5 millones de años luz, o sea entre 1 y 1,5 millones más de lo estimado hasta entonces..., con lo que, así, de golpe, resultaba, no sólo, como antes dijimos, que nuestra galaxia no era la más grande, sino, y lo más sorprendente, que el tamaño del universo se mostraba casi duplicado... y su **edad**, que podría ser de unos 5.000 millones de años, convertida de nuevo en una incógnita.

¿Cuál sería entonces la distancia de objetos como los observados por el Hubble? En la Constelación más distante, la de la Cabellera de Berenice, se había registrado una asombrosa acumulación elipsoidal de galaxias, con un

diámetro de unos 8 millones de años luz y unas 11.000 galaxias separadas por una distancia media, de "vacío", de 300.000 años luz, frente a la media de unos 3 millones años luz que existe entre las galaxias vecinas a la nuestra. Luego, se descubrirían distancias impensables, como la que nos separa del **quásar** RDJ030117 (*) registrada por el observatorio de M. Palomar a 11.100 millones de años luz.

Más tarde, el Hubble revelaría la existencia de más de 50.000 millones de **galaxias** (**), con una media de 300.000 millones de estrellas y sus planetas: veríamos galaxias situadas a más de diez mil millones de años luz, o, según nos dicen, a una edad de las estrellas tal cómo eran de "jóvenes"... En la nebulosa de Orión, *George Herbig* detectó (1955) estrellas nacientes, como las observadas después (1965) con infrarrojos, "gigantes infrarrojos" a punto de que su masa adquiriera calor suficiente para brillar e incorporarse a la "secuencia principal" (***). Es decir, estamos empezando, ahora, a conocer el universo, su falta de homogeneidad: ahí están los "atractores", gigantescas superacumulaciones galácticas que han puesto en cuestión (1992) todas las teorías creacionistas y finalistas..., y cómo la aparente armonía muestra hechos tan evidentes como el de nuestra galaxia, que, pongamos atención, está en trance de "partir y asimilar" a su vecina más próxima, la enana de Sagitario, ya condenada a ser devorada por las regiones exteriores de la Vía Láctea... y colisionar con Andrómeda (****), fruto de otra colisión, en un futuro lejano.

(*) **Quásares** (Quasi-Stellar-Objects): identificados por *Marteen Schmidt* (n.1919) en 1963, el Hubble confirmó que nacen de la colisión de dos o más galaxias, generadora de agujeros negros. Primero se creía que eran los astros más luminosos del universo. Se alimentan con la energía que se desprende del violento encontronazo y del material galáctico circundante. Se deben al giro ultrarrápido en torno al centro (agujero negro) que alcanza elevadas temperaturas. De ahí la radiación tan intensa que emiten y que les permite ser detectados a más de 11.000 millones de años-luz. El País (19/10/2005) recogió de la revista *Nature* la noticia de que más de 30 investigadores y una docena de telescopios, habían detectado estallidos de rayos gamma (dos fogonazos de un par de segundos) producto probable de la colisión y fusión de dos cuerpos superdensos: dos estrellas de neutrones o una de estas con un agujero negro. En febrero de 2006, el telescopio Calar Alto, en Almería, y el observatorio de la NASA detectaron la colisión de cinco galaxias en la constelación Pegaso.

(**) Una observación (1945) del Hubble en la constelación de la Osa Mayor, de un área del cielo de apenas una paja de diámetro, sorprendió al dejarnos ver que estaba poblada por algo así como 100.000 millones de estrellas. Actualmente, unos 200.000 millones de galaxias están al alcance de nuestros telescopios.

(***) **Secuencia principal**: proceso termonuclear en las estrellas que puede durar miles de millones de años, con la fusión de cuatro átomos de hidrógeno (1H^1) en uno de helio ($2\text{He}^4 + e$) y grandes dosis de irradiación.

(****) Sobre **Andrómeda**, *Alan McConnachie* declaró en septiembre de 2009: "Lo que estamos viendo ahora son signos de canibalismo...Estamos hallando cosas que han sido destruidas... restos parcialmente digeridos", que son prueba de la "avidez" de Andrómeda, estrellas y galaxias que se acercaron demasiado hasta ser arrebatadas de sus lugares habituales.

Evolución del universo.

Obrando la tercera edición de este Cuaderno del CAUM, nos propusimos hacerlo vehículo de las interpretaciones científicas últimas, relativas en particular a la naturaleza y evolución del universo y al papel jugado en el proceso cósmico por el llamado "**vacío**"... En este sentido, salvo la información difundida por los *media* (la mayor parte fieles a la "singularidad" del controvertido *big bang*), sólo nos podemos referir a ciertos datos, algunos en particular de interés esencial, como los publicados para recordar el descubrimiento de "los Grandes Atractores", otros relativos a la búsqueda impenitente de las partículas *wimps* o *higgs* y otras, amén de las famosas *cuerdas*, y si en los agujeros negros se pierde o no la información, sin citar las aventuras *cuasi* "fotográficas" de la supuesta totalidad cósmica, especulaciones oportunistas la mayor parte de las veces, pero que no obstante cuentan. Cuentan, sí, a nuestro modo de ver, a la hora de animar la esperanza, la confianza en que el nuevo instrumental, la observación e investigación persistente y la lucha contra el primitivismo teológico, siguen abriendo camino a la idea de que el universo lo caracteriza una "extremada falta de homogeneidad", por cuanto ni su origen es definible, ni tiene un centro ni límites, ni más **edad** reconocible que la convencionalmente asignada, la última situada en 13.730 millones de años, y ahora en fecha reciente, 100 años más...

Hasta ahora, en fin, no hay muestra alguna de que el fenómeno cósmico encierre más "singularidad" que la que representa su física, hilvanada por un constante proceso cambiante sucesivamente originado, que va desde el estado **imponderable**, básico de la materia etérea -al que la cosmología moderna designa como "energía" oscura y/o "materia" oscura-, hasta el estado **ponderable**, ordinario, de la materia (5%), es decir, la forma perceptible que ésta alcanza en su expresión **galáctica**; léase: **el** "momento" espacio-temporal", parte indisociable del gran proceso universal, que, generado en el fondo etéreo, da lugar a la infinitud de formaciones estelares, cada una con su historia evolutiva, su nacimiento, desarrollo y muerte, con lo que en verdad poco o nada tiene que ver la famosa hipótesis (*) de *Lemaître*.

(*) **George-Henri Lemaître** (1894-1953) propone que todos los elementos del universo los creó la explosión supuesta de una masa superdensa de materia, un "átomo primitivo" de unos centenares de kilómetros de diámetro, que se dilató **radialmente**, cayendo su densidad desde un factor 10^{10} hasta una densidad nula y un radio infinito al cabo de un tiempo infinito. Fue puesta en duda (1987) debido a la falta de homogeneidad observada en el espacio (**), y por la demostración posterior (1994) de que la construcción de átomos (***), desde el hidrógeno y el helio hasta las estructuras más pesadas, sólo tiene lugar con los procesos termonucleares que se dan en los objetos estelares sometidos por rotación y contracción gravitatoria a enormes presiones y elevadísimas temperaturas, imposibles cuando la materia se dilata hasta evaporarse... Esto además de que en las supuestas nubes de hidrógeno cualquier átomo se supone situado a un metro más o menos de su vecino más próximo, (en proporción como dos perdigones separados por ochocientos mil millones de kilómetros) Obviamente con pocas posibilidades de relación.

(**) **La cadena** de "los Grandes atractores" y su **edad** -con más historia que la del supuesto origen del universo-, fue descubierta en **1987** por el grupo de astrofísicos llamados los "siete samuráis" y confirmada después en 1990 con la "prueba de cordura" que realizaran *Alan Dressler* y *Sandra Moore Faber* (n.1944) sobre un grupo de galaxias treinta veces mayor. En 1989, *Margaret Geller* (n.1947) y *Jhon Hucara* descubrirían la Gran Muralla, la mayor acumulación galáctica conocida del universo: 200 millones a.l., que se vería superada en 2003 por la Gran Muralla Sloan: tres veces mayor, con 1370 millones a.l., localizada por *Mario Juric* y *J. Richard Got*. No serían memos notables los "super vacíos", de Capricornio, con un diámetro de 230 millones a.l., y el de Eridanus. En agosto de 2008, el XMM-Newton europeo ha descubierto un cúmulo de galaxias con alrededor de mil, a 7.700 millones de años-luz. Y en los brazos de la galaxia espiral NGC6872 se han descubierto grandes poblaciones de estrellas jóvenes..., con apenas 200 millones de años.

(***) **En 1944** un análisis espectral de una muestra de **tecnecio** (****), permitió comprobar que correspondía al puesto en blanco que existía en las líneas espectrales de R. Andrómeda... El descubrimiento permitió conocer la génesis de los átomos; demostró la imposibilidad de crear, de un salto, a partir del supuesto hidrógeno primigenio, elementos pesados, a ejemplo del tecnecio (99 veces el peso del H). Otro dato lo proporcionó una muestra del meteorito que cayó en el desierto de Arizona: contiene residuos de plomo, una parte en tres millones, producto final del uranio en decadencia que existió antes que hubiera una Tierra. Sucesivos análisis de meteoritos y rocas terrestres evidencian en general la existencia de un proceso generador de elementos que sólo puede darse en condiciones termonucleares propias de las estrellas. *"Ahora ya saben con seguridad* -escribió un investigador refiriéndose al tecnecio- *que cuando menos, uno de los elementos pesados está siendo creado en las estrellas. De aquí en adelante, el problema básico es descubrir cómo"*... Pero, no sólo cómo se generan los elementos en los hornos nucleares estelares, sino también cómo se origina desde el "vacío" la nebulosa cósmica que los engendra, su naturaleza y desarrollo, rudimento primigenio de nuestra y las demás galaxias y de todo el curso de su **evolución**.

(****) **El tecnecio** no existe de forma natural en la Tierra. La muestra fue producida en los hornos nucleares de la Comisión de Energía Atómica.

¿Cómo nació la Vía Láctea? La palabra "**evolución**" empleada para describir la formación y extinción de las especies vivientes, se emplea también para describir la formación o nacimiento y extinción de estrellas y planetas. Hoy, con un conocimiento acumulado, más profundo y extenso que nunca de las cosas, astrofísicos, geólogos, físicos, químicos y biólogos están alumbrando el camino que guía hacia un conocimiento mejor de la unidad dialéctica que existe entre el nacimiento y desarrollo de la naturaleza estelar, el sistema lácteo y solar, y el origen y expansión de la vida vegetal, animal y superior.

Como hipótesis, la más probable del origen galáctico, se admite la idea de que hace miles de millones de años, en el lugar donde está ahora la Vía Láctea con el Sistema Solar y la Tierra, no había nada; ninguna manifestación de materia visible, sólo un inmenso e inimaginable espacio vacío, oscuro y silencioso... A millones de años luz, más allá de todas partes, existía ya un número casi incontable de luminarias repartido de forma heterogénea en la bóveda cósmica.

La Vía Láctea, **una galaxia más (*)**, semejante al sinfín de galaxias existente, surge con la aparición, donde antes "nada" había, de una leve nebulosidad multiforme, fruto inicial de la transformación de materia *imponderable* en *ponderable*. *Alan Guth* explica la génesis del fenómeno en general, como un conjunto de "fluctuaciones cuánticas que emergen del vacío"; conglomerados caóticos que ora aparecen, ora desaparecen y vuelven de suerte a aparecer, conformando las concreciones que van a ir haciendo de la "nube" primigenia una masa fluida de tamaña forma irregular, no radiante todavía... *Kant*, *Herschel* y *Laplace* vieron en la **evolución** de las nebulosas en rotación, la construcción gradual de las estrellas, las galaxias y los planetas. *Newton* sugirió que el Sistema Solar podía haberse formado a partir de una tenue nube de gas y polvo, que se hubiera ido condensado bajo la atracción **gravitatoria (**)**.

El proceso gravitatorio de acumulación nebular continuaría durante un tiempo todavía indefinible, la materia gaseosa empezaría a concentrarse: subpartículas apenas formadas se aprietan y contraen, giran y giran cada vez con más rapidez en torno a un centro... que las atrae, comenzando a tomar los perfiles vagos de una forma achatada, mientras se va insinuando una espiral gigantesca prolongada en largos brazos radiales, de materia ya radiante en rotación, cuajada de criaderos de estrellas, astros similares al sol, prontas a generar temperaturas propias de futuras "supernovas" explosivas, de cuyos residuos se originarán incluso nuevas estrellas, luego planetas, satélites, meteoritos, y, de suerte, cabe que la Vida misma, como sucedió en la Tierra del Sistema solar, tras un largo e inseguro y gradual proceso.

Transcurrida la evolución galáctica -después de un período espacio temporal de decenas de miles de millones de años-, en el caso supuesto de un sistema semejante al nuestro, el segundo y último acto termina si no con la ingestión de los planetas más cercanos por parte de un astro como el Sol..., con la desaparición final de la galaxia..., una vez engullida, "vaporizada", es decir, **reconvertida toda su materia ponderable en imponderable (***)**, vía de un agujero negro.

En 1983 *Subrahmanyam Chandrasekhar* no llegó a resolver qué le sucedería a la restante sustancia de la estrella, la galaxia o el conglomerado de galaxias, al vaciarse toda su materia por el agujero negro creado por aquel colapso... Pero, acertó cuando intuyó que **el espaciotiempo se "abre" allí al llamado vacío, éter.**

(*) **Una galaxia más:** *W. Herschel* descubrió en el siglo XVIII las pequeñas "nubes" cósmicas a las que llamó "nebulosas". *Edwin Hubble* en 1924 descubrió que, como Andrómeda, eran semejantes a nuestra galaxia y que se alejaban unas de otras... Fue el punto de partida para considerar el universo como un espacio dinámico, frente al concepto estático e inmóvil que existía. Quedaba por saber si estando en expansión continuaría expandiéndose o se contraería a partir de un momento u oscilaría.

(**) **Gravitatoria:** *A. Z. Petrov* describe la **gravitación** como "una forma específica de la materia en movimiento". *N. V. Mishevich* veía un peligro en reducir la gravitación a geometría (curvatura) *O. Spiridónov* reconoce en 1984

que "la naturaleza de la gravitación no se ha descifrado por completo, ni mucho menos". Sin embargo, no ocurre así lo mismo con la mecánica del proceso inicial gravitatorio: *Volker Bromm* y su equipo modelaron el cálculo del colapso y fragmentación de una nebulosa en un megaordenador durante el equivalente a unas 100.000 horas, y pudieron observar cómo "la nube colapsa y muy pronto empiezan a formarse estrellas".

(***) **Reconvertida toda su materia ponderable en imponderable:** La gran incógnita: qué y cómo se origina esa reconversión encuentra explicación imaginando el resultado de un singular proceso (**impulso inicial**) de intensa contracción ondulatoria dado en la materia etérea (movimiento de punto cero), capaz de originar un paquete de ondas "aprisionadas" (campo, preones, quarks), principio formal de la diversidad de objetos visibles: nebulosas, estrellas, planetas, galaxias, sin otra posibilidad de retornar la materia a su estado inicial, etéreo, que la de establecer, vía central del propio objeto o de una suma de objetos y a través de un agujero negro, una corriente inercial de vuelta (entropía) que hemos dado en llamar **gravitatoria**... Hablamos de **materia ponderable**, cuando se puede observar, pesar, medir, a partir de un estado de la materia con "género de movimiento" mensurable, superior al "de punto cero": fluctuaciones cuánticas, preones, quarks, hadrones, leptones, campos electromagnéticos, átomos, moléculas... Decimos **materia imponderable**: vacío aparente, fondo etéreo, plasma, estado de la materia con género de movimiento "de punto cero" y propiedades irreconocibles con los medios actuales... El paso de la materia, en fin, a un género de movimiento superior al "de punto cero", determinará la génesis de la materia ponderable, visible; foco puntual resultante del llamado **impulso inicial** componente de la **inercia** y su estructura: la **masa** (cantidad de movimiento), objeto en general de particular estudio, desde *Aristóteles* con su idea del "reposo", *Kepler* concedor de la masa, *Galileo* descubridor de la inercia y *Newton* con su *vis motrix*: fuerza del movimiento, que acuñaría como **impulso**. *André Assis* (n.1962) ve en la **inercia** "un componente intrínseco que refleja propiedades de la materia", y, sabiendo que "la inercia provoca una disminución del peso", menciona que "la suma de todas las fuerzas sobre un cuerpo es igual a 0".

Un historial muy curioso: Los judíos medievales eruditos situaron arbitrariamente la Creación del Universo en el año 3.760 a.n.e. En 1658, *James Ussher*, arzobispo anglicano, ajustó el dato: ¡a las 20 horas del 22 de octubre del 4.004 a.n.e.! La Iglesia Griega remontó la fecha al 5.508 a.n.e. Finalmente, hacia el siglo XVIII la minoría erudita aceptó una versión "bíblica": entre 6.000 y 7.000 años a.n.e., que corrigió *Buffon* elevando el dato a 50.000 a.n.e. Pero la ligereza del invento no aguantó el paso del tiempo: en 1785, el libro "Teoría de la Tierra", de *James Hutton* (1726-1797), mostraba un proceso geológico "uniformista" desarrollado gradualmente durante un tiempo muy largo: ¡miles de millones de años!. Pocos años después, *Charles Lyell*, en su obra "Principios de Geología" (1830), daba razón a *Hutton*. Aunque la explicación de *Lyell* no se ajustaba del todo a la realidad -la observación de sedimentos y la intervención de otras fuerzas naturales no terminaban de encajar-, permitió aceptar que la edad del planeta podía ser de unos 500 millones de años. Pero, en seguida, la aplicación de un método, el de *Edmond Halley*, que consiste en dividir la cantidad total conocida de sal disuelta en los océanos por la cantidad también conocida de **sal (*)** aportada cada año a los

mares..., arrojaría una cifra definitoria de la edad de los océanos de **unos cuantos miles de millones** de años, concordante con la que se daba para la edad de las más antiguas rocas y con la supuesta por los biólogos para ir de la vida unicelular a la de las plantas y los animales.

Mas, hacia 1854 el asunto se complicó y de qué manera, pues, siendo el Sol mucho más joven (le suponían unos **2.500** años) ¿cuál había sido la fuente de energía de la Tierra? *Hermam Ludwing Ferdinand von Helmholtz* calculó que una concentración del Sol de sólo la diezmilésima parte de su radio, proporcionaría la energía emitida durante 2.000 años. *William Thompson* (Kelvin) fijó a su modo una edad para el Sol, con un período inicial de masa fundida. En 1870 dio a la Tierra una edad de entre 100 y 200 millones de años. Hacia 1890 la batalla parecía irresuelta. Hasta que, en 1896, un dato científico, el de la energía que liberan las sustancias **radiactivas** (**) probó que algunas rocas de la Tierra tienen unos **4.700** millones de años, e incluso más.

Al universo, recordemos, le habían asignado unos 2.000 millones de años, según su velocidad de expansión y distancia de las galaxias. A la Vía Láctea, *F. Gondolatsch* le daba una edad de entre **2.000** y **5.000** millones de años... Unas cifras que no concordaban con las calculadas en 1940 para el Sistema Solar y para el Sol. Pues, si en el caso del Sol (***) éste había perdido sólo un 1/40.000 de su masa, su edad debía ser de unos **6.000** millones de años... Pasados los años, ya en 1960, *Hoyle*, estimando los procesos de fusión nuclear estelar calculó una **edad** para el universo de entre 1.000 y 1.500 millones de años. *Alle Sadage* la situó en 2.400 millones y *Fritz Zwicky*, en el orden de 1.000 millones. Por último, toda una suerte de información, teorías e instrumentos ópticos e informáticos innovados abriría paso a preguntarse sobre la **finitud o infinitud** del universo, su **origen o eternidad**, y el proceso de evolución e hipotético destino de un cosmos en apariencia insondable, por todas partes más lleno de vacío que de masas estelares. En nuestros días, después de tantas correcciones, la NASA, con los datos obtenidos por el WMAP, combinando la densidad de la materia, la constante de Hubble y la constante cosmológica, se ha atrevido a situar la edad del universo en unos **13.730** millones de años.

(*) **La concentración de sal** se incrementa en la millonésima parte del 1% cada siglo.

(**) El período de vida media de una **sustancia radiactiva** es el lapso requerido para reducir a la mitad la cantidad original de la misma. Como el período de vida media del **torio** (Th) y del **uranio** (U) común es de 13.900 millones y 4.500 millones de años respectivamente, podemos asegurar que estos átomos se formaron no hace mucho más de unos cuantos miles de millones de años. Aplicado a los depósitos de roca permitió calcular una antigüedad de **2.700** millones de años. *Arthur Holmes* (1890-1965), geólogo, halló que todas las curvas coinciden alrededor de **3.350** millones de años.

(***) **Origen del calor del Sol**: *Eddington* había sugerido en 1930 una temperatura de **15 millones de grados** para el centro del Sol, con una presión de unos 3 a 11 mil millones de atmósferas, donde se darían reacciones inconcebibles en las condiciones de la Tierra... En 1938 *Hans Bethe* había investigado las posibles vías de una hipotética reacción nuclear solar vía del

hidrógeno al helio, y luego al carbono..., y calculado que la velocidad de radiación de energía implicaba la pérdida de masa solar a una velocidad de 4,2 millones de toneladas por segundo.... Ya se sabía que la transformación nuclear del H en He libera 2×10^{-13} calorías por cada átomo de H empleado. Luego el Sol que libera 10^{26} calorías por segundo: debe consumir 5×10^{38} átomos, alrededor de 800 millones de toneladas de H por segundo. Para consumir todo su H debe emplear 5×10^{10} años (4 núcleos de H al formar un átomo de He liberarían enormes cantidades de energía a cambio de una muy pequeña cantidad de masa ($E = m \cdot c^2$)... En 1905, *Einstein* había demostrado que si un cuerpo emite energía (radiación), su masa disminuye en la proporción de E / V^2 (V velocidad de la luz), es decir, la energía obtenida podía ser incomparable con la proporción de masa transformada... *J. Robert Mayer* anunció en 1948 la primera teoría meteórica del origen del calor del Sol, exitosa hasta que un cálculo del supuesto bombardeo sobre la Tierra la demostró cuestionable. *Helmholtz* había atribuido la fuente de calor a la **fricción** entre partículas caídas hacia su centro, mientras perdían su calor por radiación. Una contracción de unos 80 a 90 metros anual, sería suficiente para suministrar el consumo anual de energía solar. Aplicado a la Tierra y pensando que no había variado la temperatura desde el comienzo de los tiempos, los astrónomos llegaron a indicar a los geólogos que la edad de la Tierra no podía exceder de los 2.500 millones de años. Los geólogos se opusieron asignándole un valor superior a los 10.000 millones. Con posterioridad, se supo que el **radio** podía liberar energía suficiente para fundir cada hora más cantidad de helio que la equivalente a su propio peso, durante 100 años. Pero en la atmósfera solar no se habían detectado sustancias radiactivas. Pronto se advirtió que si un núcleo de helio estaba formado por 4 protones y dos electrones, su peso atómico tenía que ser igual a 4 veces el peso del hidrógeno ($4 \times 1,008 = 4,032$), sin embargo, las mediciones de *F. William Aston* (1877-1945) en 1920 habían revelado que el peso del helio es sólo de 4,002; así pues, las 0,030 unidades de diferencia debían quedar liberadas en forma de **energía** en el proceso solar de formación del átomo. "Desgraciadamente -decía *Einstein*- los hechos no presentan aún un orden satisfactorio, y estamos andando a ciegas". En tanto, el asunto que más nos preocupa, el **vacío** espacial, seguiría siendo el gran motivo de duda sin resolver.

La cuestión, pues, no parece tener fin; mas, al contrario

..., cuanto más alcance tienen los instrumentos de observación, más reconocible se hace la presencia por todas partes de nuevas y más regiones salpicadas de estructuras cósmicas y **espacio vacío**. Sin embargo y todavía al cabo de XXIV siglos desde la física griega, la imagen confusa del **éter** aristotélico sigue impidiendo una cosa: que podamos "ver" el **vacío espacial**..., ya no solamente como el soporte cierto de los sucesivos descubrimientos ("ondas de luz" de *Huygens* y *A. J. Fresnel*, "líneas de fuerza" de *Faraday*, "campos electromagnéticos" de *Maxwell*, "fotones" de *Einstein* y sus campos gravitatorios, campos cuánticos de *de Broglie*, campos gluónicos de *Gell-Mann* o los "fluidos cuánticos" de *Störmer*)..., sino como la ciencia empezó a vislumbrarlo, desde que al descubrirse el electrón se abrieran a la percepción humana los inmensos espacios interatómicos, también aparentemente vacíos, confirmando la interpretación que diera *Vladimiro Ilitch Lenin* (1870-1924) a la dimensión del concepto materia, que abarca el **espacio etéreo** universal y con

él todos los fenómenos, objetos y seres, locales y celestes, conocidos y por conocer. La naturaleza, puso de relieve *Lenin*, es infinitamente diversa en sus dos extremos: en el mundo microscópico, las partículas subatómicas son infinitamente inagotables, y en el nivel macroscópico, el propio universo es también infinitamente inagotable.

¿Cómo están las cosas desde entonces? Tendremos que reconocer que, pese a todo, en las Ciencias Naturales domina desde hace algún tiempo la noción favorable de que las oscilaciones del **éter o vacío** existen... Aunque a partir de las grandes dudas surgidas, primero con el descubrimiento de los rayos X y la radiactividad en 1895-96, luego con el advenimiento de la cuántica de *Planck* en 1900 y la desintegración o división del átomo en 1932, y más tarde con la supuesta inmaterialidad del fenómeno ondulatorio, no parece que se haya avanzado gran cosa en la investigación de los niveles estructurales más profundos del vacío espacial, fuente probable de la materia ordinaria. Contrariamente, con la aparición del famoso *big bang*, el problema del **vacío** está siendo arrinconado, a buen seguro con el fin de preservar el "creacionismo" y mantener convertido el discurso en refugio de idealistas al uso, gente pronta a recuperar del pasado más primitivo los valores absolutos, la inmutabilidad, la mano suprema, etc. Cómo decir a esas gentes que el cosmos no pudo surgir de algo "diferente". En primer término, porque si antes del cosmos que contemplamos y en el que vivimos hubiese existido otro, habría que incluirlo en lo que conocemos como tal. En segundo lugar, porque si admitimos que el cosmos tuvo comienzo, que algo lo engendró o creó, tendríamos derecho a buscar explicación al origen de ese algo y el problema llegaría hasta el infinito, por cuanto el problema del comienzo, del origen, carece de sentido. Y en todo caso, podríamos decir, que si en algún lugar hay algo, es parte del mundo único y lo llegaremos a descubrir.

"No sólo los átomos son materiales, sino también el espacio que llena los intersticios interatómicos" y las distancias interestelares e intergalácticas. Lomonósov.

Se está diciendo que el vacío cuántico es un verdadero objeto físico, es decir, algo que por extensión podría interpretarse como la materia espacio-temporal capaz en potencia de conformar el común de fenómenos, objetos y seres existentes. Y es, sin embargo, como el **éter**, ignorado todavía por la astrofísica y la cosmología, porque nadie tiene idea de sus propiedades. A lo que habrá que añadir, que por estar contemplado desde la física de los *cuantos*, **física cuántica**, basada todavía en los dos conceptos **materia** y **campo**, fuente y campo, deviene en favor de una teoría ambigua, que acentúa la **discontinuidad (*)**... Y no hay razón para tal. La materia es una y solamente una, aunque de infinitas formas (**géneros de movimiento**), siempre en condiciones de que podamos llegar a entenderla, esforzando un poco la imaginación, como pretendieran *Einstein* en 1905, *Niels* en 1913, *De Broglie* en 1944 y *Schrödinger*: "un corpúsculo que se mueve no es otra cosa sino una burbuja sobre la onda de radiación en el sustrato básico del universo". Su

equivalente por tanto, para no desligar burbuja y sustrato, fuente y campo, sería decir que todas las formas son parte inseparable de la única materia espacio-temporal, que llena todo y conforma todas las manifestaciones materiales, lo que conduce a admitir, que, contrariamente a la lección aprendida, los cuerpos no ocupan un lugar en el espacio, son parte misma e inseparable del sustrato material, una ondulación espacio-temporal.

(*) **"Discontinuo:** Una "teoría unitaria" sólo es concebible admitiendo la existencia de una real continuidad subyacente en el tejido del universo. Discontinuidad quiere decir -escribe *Jean. E. Charon*- "dividido en tabiques", y ¿de qué estarían hechos estos "tabiques"? (...) El hombre ha pretendido durante mucho tiempo prestar a la naturaleza una discontinuidad que sólo provenía, en realidad, de su incapacidad de conocer las cosas con un "poder separador" infinitamente grande... La realidad es **continua**: el filtro del conocimiento hará que nos parezca discontinua". Entre esos filtros, está todavía la velocidad finita de la luz, que impide una "lectura" completa del universo; está el no poder discernir espacialmente todavía dos puntos separados entre sí por una distancia inferior a una milésima de millonésima de milímetro. La discontinuidad tuvo, y mucho, que ver con la idea pitagórica del número entero, incluso con el atomismo *Zenón* demostró que la discontinuidad hacía imposible el movimiento.

Diremos, pues, resumiendo, que: espacio, continuo o discontinuo, espacio "vacío" -éter, quintaesencia-, líneas de fuerza, campo electromagnético, ondas, partículas, antipartículas, neutrinos y sus anti, cualesquiera subpartículas, incluidas las llamadas *spartículas*, y las gravitacionales, o antigravitacionales si aparecieran, es decir; toda forma o fenómeno objetivo conocido o por conocer, como las llamadas "**cuerdas**", los "**preones**" o los "**quarks**"..., son formas distintas de manifestarse la **materia** que existe independientemente de nuestra conciencia. Diremos, en fin, que la materia misma no ha sido creada por nada ni por nadie, es eterna e infinita, y viabiliza el uso racional de sus leyes para poder edificar, no un mundo nuevo, sino el que más permita a la especie humana supervivir, inteligentemente, de la forma más segura, solidaria, venturosa y altamente creativa. Nos pronunciamos así, porque abrigamos la convicción de que al igual que son obra de los procesos materiales la infinitud de formas existentes, igualmente lo son, sí bien altamente complejos, la psiquis, el espíritu, la conciencia, el pensamiento y las ideas en general, del hombre y la sociedad. Producto, en fin, supremo de la materia, fruto superior del trabajo colectivo y su relación con la más alta y estupenda masa de materia organizada del universo conocido: el **cerebro humano**, su capacidad y potencial inteligente. Cuestión ésta de importancia suma, pero que vive a la espera de verse situada como la reivindicación primera, pues cuanto más evolucionado psicológicamente es el cerebro humano, mayor es el impulso a explorar, mayor la "curiosidad excedente", el "deseo de conocer", de luchar, de crear, de producir... Hay quien atribuye a este "exceso cualitativo" de capacidad inteligente, el hecho de que, cuando el ser humano es esclavizado, explotado, oprimido, excluido, sometido a la ignorancia, marginado o maltratado, esa "cualidad" o potencialidad inteligente se constituya en un factor 'concausante' de las diversas reacciones: Rebeldía

manifiesta o soterrada, pero, rebeldía. Rebeldía buscando a ciegas la forma de alzarse contra la adversidad, la opresión, la tiranía y los padecimientos múltiples. Rebeldía, como una manifestación de suprema complejidad material, que conlleva tensiones y angustias desesperantes, depresiones y enfermedades físicas y mentales, cuyos daños inmensos, profundos, de todo orden para el individuo y la sociedad siguen siendo ignorados... Ignorados por la minoría privilegiada y por el sector de `amigajados` del llamado bienestar ¿Cómo hacer ver la importancia suma de luchar por la implantación de condiciones político-sociales y económicas que permitan a la persona **comprender a plenitud sus necesidades**, desarrollar integralmente los atributos de esa su propiedad, el cerebro y su grandioso potencial, que vive a la espera de verse asistido por un ejercicio permanente de reflexión, información y participación plena constante en todo cuanto concierne a nuestras vidas?

Marx resumió la situación que vive la especie humana, con su dramático gritó tremendamente acusatorio: "¡¡estáis idiotizando al hombre!!"...

La filosofía del materialismo (*) nos habla de un solo mundo material:

Mitos procedentes de culturas tan antiguas como las de Babilonia, Egipto, India y China hacen alusión a la existencia de **una sustancia (**)** material única, eterna, a partir de la cual se formaron todas las cosas y a la cual vuelven...

En la Antigüedad griega, *Hesíodo*, a mitad del VIII a.n.e., habló en su "Teogonía" de la existencia de "**un fondo material**" del universo. *Tales de Mileto* -el primer sabio, como le llamó *Aristóteles*- creó la Escuela Jónica fundadora de la **filosofía materialista**, que ve el agua como principio. *Anaximandro*, discípulo de *Tales*, y *Anaxímenes*, alumno del anterior, sostenían que eran tres los "elementos" materiales **básicos** de la naturaleza: tierra, agua y aire, a los que *Heráclito* añadió uno más, el fuego. *Anaxágoras* defendió la existencia de "**un solo mundo material**". *Leucipo*, fundador de la Escuela atomista, concibió la materia como una concreción de pequeñas partículas ("**átomos**") indivisibles. *Empédocles* fundió en una la teoría de los cuatro elementos. *Demócrito*, declarado materialista, definió la materia como algo "en realidad donde no hay más que átomos y vacío". *Epicuro*, conocido a través de *Diógenes Laercio*, sostuvo que la materia es eterna y está dotada de movimiento interno, "**en el seno del vacío infinito**".

Correspondió a *Aristóteles*, ideólogo esclavista, recordar, y conviene repetirlo, que "los más de los que se dedicaron en un comienzo a filosofar, buscaron los principios primeros en el reino de lo material". Él imaginó la existencia de **dos mundos**: uno, sublunar, imperfecto y corruptible, compuesto de una especie de materia primigenia que existía en potencia hasta que adquiría forma y se le imprimía movimiento... Otro, situado más allá de la Luna, eterno, inmutable e incorruptible, compuesto por un quinto elemento (quintaesencia), **éter** ("sustancia del cielo más divina que todas"), que llenaba

todo y daba forma a todos los objetos celestes. Sostuvo que la Tierra era redonda. Rechazó el **vacío** -que concibieran *Leucipo* y *Demócrito* como medio "real" necesario para el libre desenvolvimiento de los átomos-, porque, según él, impedía el contacto entre los objetos... Y así quedaron las cosas hasta que apareciera *Lucrecio Caro*, que recuperó el atomismo (60 a.n.e) recreado por *Epicuro*. Pero, pasarían primeramente ¡mil quinientos! largos años hasta que la palabra **átomo** fuera impresa en 1472 (**), con la prensa de *Johann Gutenberg* (1400-1468), y dos siglos más, después, hasta que *Pierre Gassendi* recuperara nuevamente la idea del átomo, con un *Descartes*, enfrente, negándola todavía.

El legado de la idea del átomo y el vacío, y, sobre todo, la utilización reaccionaria que haría la Iglesia católica de la filosofía subyacente en el aristotelismo, marcarían dramáticamente el proceso histórico-social de la Física, frenándolo prácticamente hasta casi nuestros días... Aún hoy, la **quinta-esencia** que ayer propusiera *Aristóteles* y 2.400 años después *George Gamow*, no ha recibido, con el **éter** y el "**vacío**", una explicación coherentemente científica. Sabemos, sí, como anteriormente dijimos, que el éter fue reconocido como soporte para la vibración del campo electro-magnético. Pero, sabemos también lo que ha escrito *Stephen Hawking* y ayer pensaran *Max Planck* y el propio *Albert Einstein*: que el **vacío** puede contener "energía", equivalente a masa y que de hecho está actuando como la constante cosmológica de la que abjurara *Einstein* [*Yakov B. Zeldovich* demostró precisamente lo mismo]. Sabemos, en fin, lo que la cuántica le atribuye; que está lleno de **fluctuaciones cuánticas**, apenas detectables, porque el valor de la energía (vibraciones) del vacío de donde provienen es "próximo a cero". Sin embargo, podemos atrevernos a decir, que el interrogante histórico que viene representando el "**vacío**": estado no visible de la materia (****), está a punto de ser despejado, gracias a la observación de sus efectos, revelados en diversos fenómenos macro y micro cósmicos

(*) **Materialismo**. El término empezó a utilizarlo *Boyle* en el XVII y más tarde en sentido más filosófico *Leibniz*. Su sentido científico y definición más exacta lo encontramos por primera vez en *Marx* y *Engels*. Es la orientación científica que decide la cuestión fundamental de la filosofía a favor de la **primacía de la materia**, de la naturaleza, del ser, de lo físico, de lo objetivo, y examina la conciencia, el pensamiento, como propiedad de la materia en oposición al idealismo, el cual toma como punto de partida la idea, la conciencia, el pensamiento, lo psíquico y lo subjetivo. Destacan como fundamentales: el materialismo *ingenuo* de los antiguos griegos y romanos, que se combina con cierta dialéctica ingenua; el *metafísico* (o *mecanicista*) del XVII a comienzos del XIX, y; el *dialéctico*, en el que ambos elementos se combinan orgánicamente.

(**) **Sustancia**. El concepto se identifica frecuentemente con el de materia. Pero en realidad la sustancia comprende únicamente los cuerpos que poseen masa final en reposo, es decir, una masa que puede ser medida en estado de reposo relativo de los cuerpos sólidos, líquidos o gaseosos. Al mismo tiempo existen formas y tipos de materia que no son en modo alguno sustancias como tales (por ejemplo, el campo electromagnético, el neutrino, el campo gravitacional) sino formas de manifestarse la materia. El **materialismo dialéctico**, como ejemplo,

admite la sustancialidad de la materia, pero sólo en el sentido de que es ella (y no la conciencia, no la idea absoluta, no la razón divina) la única base universal, el sustrato para las diversas propiedades, concatenaciones, formas de movimiento y leyes. Para *Lenin*, "sustancia", de las cosas o "esencia" de las cosas son palabras con un sentido relativo: "no expresan más que la profundización del conocimiento que el hombre tiene de los objetos, y si esta profundización no fue ayer más allá del átomo, y hoy no pasa del electrón, del **éter** y del cuantun, el materialismo dialéctico insiste en el carácter temporal, relativo, aproximado, de todos esos jalones del conocimiento de la naturaleza".

(***) **Antes, en 1455**, *Martín Lutero* (1483-1546), astuto como pocos, impulsaría inteligentemente la Reforma gracias a la imprenta. Convertiría en auténticos *bestseller* sus traducciones del Antiguo y Nuevo testamentos. 100.000 ejemplares de su *Biblia* serían en 1534 la obra instrumental que haría penetrar sus ideas hasta en las más pequeñas grietas y fisuras de la conciencia de los alemanes, persiguiendo convertir el protestantismo en una religión del libro. Una de las primeras medidas del converso *Constantino I* fue "multiplicar y difundir los escritos de inspiración divina".

(****) **Estado no visible de la materia:** *Lenin* insiste (1908) "sobre la ausencia de líneas absolutas de demarcación de la naturaleza", y señala como algo de sentido común "la transformación del **éter imponderable en materia ponderable** y viceversa", "todo ello -añade- no es más que una nueva confirmación del materialismo dialéctico". *Paul K. Fereyabend*, autor de "Adiós a la razón", filósofo americano declara: "Pocos son los autores actuales que estén tan familiarizados con la ciencia contemporánea como lo estuvo *Lenin* con la ciencia de su tiempo".

En la Edad Moderna el éter se entendería como un medio mecánico

... semejante a un **fluido** elástico que llenaba todo el espacio y era capaz de transmitir la luz y permitir la interacción electromagnética, sin ofrecer resistencia alguna al movimiento en general de todos los cuerpos incluidos los celestes. Según *Banesh Hoffmann* (1906-1986), teórico de la física de partículas elementales, el **éter** (vacío) no es un campo, está "lleno" de **campos** que contienen **energía** y **partículas** evanescentes que pasan de existir a no existir, proporcionando *cuerpo* a la nada... Hoy, desde el punto de vista moderno, al **vacío** físico se le atribuyen ya algunas de las propiedades de un medio material ordinario. Sin embargo, el concepto "**vacío**" significa, vulgarmente todavía, un espacio completamente libre de materia, sin ninguna partícula material. O, en todo caso, un espacio al que se llama "enrarecido", que se dice, cuando las distancias entre las partículas son de unas cincuenta mil veces su diámetro, o sea, prácticamente sin posibilidad de chocar una con otra. Desde este punto de vista, **vacío**, en el cosmos, significaría, sin más, la inmensurable profundidad espacial que oculta la infinitud, convertida en distancias inimaginables entre los planetas y sus satélites, astros, galaxias y cúmulos galácticos. E igualmente hay que verlo así en el micromundo del átomo, de las partículas interatómicas y de las subpartículas, donde las distancias "llenas" de vacío son de magnitudes relativas inimaginables. Citemos como ejemplo el vacío interatómico, donde el diámetro del núcleo apenas equivale a una cienmilésima parte del volumen total del átomo.

Éter y/o vacío, un fenómeno de causa material única, pero que, históricamente, ha sido y todavía sigue siendo piedra angular a la hora de

interpretar el mundo, según una u otra concepción ideológica e intereses, bien como un hecho de **causa material única**, bien como un hecho de causas múltiples, material y/o divino, eterno o finito, auto-movido o impulsado, continuo o discontinuo, de composición ondulatoria o corpuscular. Es decir, con la existencia o no de un **éter** (vacío), supuesto vehículo del lumínico y la **gravedad**, medio independiente o no y como tal, tejido de fondo, sustrato material indetectable, etc.

Por nuestra parte, y sin ambicionar otra cosa que aproximar al lector al **conocimiento de la física**, nos limitaremos a resumir cuantos datos permitan explicar lo que hasta ahora se sabe de la naturaleza y comportamiento de la materia, de qué y cómo están hechas las cosas, su curso y relación con la historia social y, sobre todo, cómo fueron entendiendo el universo las gentes de ciencia, en función también de su clase, todo hasta fechas tan recientes del conocimiento de las ciencias naturales, que, como dijera *L. V. de Broglie*: **“Sólo hacia 1932 se empezó a conocer lo que ocurría en el núcleo del átomo”** primigenio (*).

(*) *William Prout*, más de un siglo antes (1816), había dado un primer golpe a la idea de la indivisibilidad del átomo, señalando, aunque erróneamente por entonces, que el átomo de hidrógeno entraba en la constitución de todos los átomos. Se supone que al hidrógeno y al helio, que se formaron en la etapa preestelar del desarrollo de los sistemas galácticos, les corresponde el 99,9 de la sustancia (en masa).

Apenas un año después de 1932, le llegaría el turno al interés de los científicos por el conocimiento del fondo material del universo.

Hablamos de una parte del supuesto **vacío espacial**, registrado en nuestros días para su observación y aspecto con el nombre poco afortunado de **materia oscura** (oscura, invisible) (*), como así han dado en llamar al supuesto “quinto elemento” aristotélico... En 1933, *Edwin Hubble* conjeturó que los cúmulos de galaxias tenían que contener una cantidad enorme de materia oscura. Y se ha demostrado... La concentración, hoy conocida, de cientos de cúmulos como el de Coma (de varios millares de galaxias con un tamaño de decenas de millones de años luz) ha permitido calcular, midiendo la energía cinética de su masa de fondo (**), que ésta es casi cien veces mayor que la de su materia visible, luminosa... Esto concuerda con el secreto tan mal guardado por la comunidad científica, que sitúa el fondo total de materia todavía no registrada en valores por encima del 95%... Pero faltaba saber si esa materia no registrada está presente en todo el universo o únicamente en los cúmulos. Y se supo; los métodos de detección permitieron decir que está distribuida casi uniformemente por el espacio, es decir, existe, está ahí, sin ningún género de dudas. Y una observación lo corrobora: la estadística de las velocidades de las galaxias debidas a toda la materia presente en dichas irregularidades demuestra que la razón *materia oscura / materia visible* sigue siendo la misma en todas partes. Han podido incluso concluir que la atracción gravitatoria no sólo contribuye a las irregularidades de las velocidades sino que también modifica el movimiento de expansión general, es decir, que sus efectos tienen

que ver con la llamada expansión o estado estacionario del universo y principalmente con el giro mismo de las **galaxias** (***). Por fin, los astrofísicos han tenido que reconocer, aunque sorprendidos todavía, que sólo atribuyendo al insondable **vacío espacial** la probabilidad de ser "algo" unívocamente material, se hacen posible cuadrar matemáticamente los cálculos conducentes al establecimiento de un universo razonable. La cuestión, pues, queda situada en estos términos. Es decir, que según los cálculos realizados el componente físico de la diversidad de formas materiales perceptibles por los medios habituales, apenas representa un 5%... El 95% restante es, con una proporción (20/25%) de **materia oscura**, materia sin radiación mensurable; pero materia, materia concebible como tal y con sus específicas cualidades pendientes de registrar físicamente.

(*) **Materia oculta** (oscura, invisible): Datos aparecidos a partir de los años 1960, como la heterogeneidad de la formación de las galaxias y cúmulos de galaxias y los valores mismos de la velocidad de las galaxias, llevaron a considerar la necesidad de aceptar la existencia incluso de otro tipo de manifestación material, además del fondo etéreo y del apenas 5% de la **materia ordinaria**. "Todo indica - escribe *Hawkins*- que tenga que haber mucha más masa de la que corresponde a la materia ordinaria que observamos"... Sería la materia oculta, que no emite luz visible ni radiación mensurable, pero está ahí. Se sabe, en fin, que ejerce efectos gravitatorios sobre la curva de rotación de las galaxias. Antes de la década de los 1980 se suponía que en particular la materia oculta, oscura, era materia ordinaria no fácilmente detectable, como quizás nubes de gas, **MACHOs** -*Massive Astrophysical Compact Halo Objects*, objetos masivos compactos del halo recogidos en la teoría del *big bang*-, infinitud de planetas, enanas blancas, estrellas de neutrones e incluso, como algunos la llamaron, **WIMPs** -*Weakly Interacting Massive Particles*-, partículas masivas débilmente interactuantes-.

(**) **Energía cinética** de su masa equivale a decir, suma de su masa más energía de movimiento cuya cuantía depende de la temperatura o velocidad de su componente corpuscular.

(***) **Galaxias**: Fueron observadas al principio como una mancha difusa, confundidas como "nubes" de gas y polvo, hasta que *Messier* mostró que eran conjuntos de millones de estrellas, con distintas formas: elípticas e irregulares. Las **elípticas** son las más grandes, sin brazos, con un color rojizo que denuncia su vejez. Las irregulares tienen una zona central y brazos, entre ellas las **barradas**, de tamaño y número variable, aplanadas por efecto de la rotación. Galaxias **en espiral**, son más de las dos terceras partes de las existentes visibles. El resto son elípticas. Simulaciones en ordenador demuestran que un tipo de **ondas gravitatorias** (****) -predicho por *Einstein*- emitido por **agujeros negros** que orbitan uno alrededor del otro, provoca efectos que desencadenan la distribución en espiral de la materia galáctica... Se dice que las galaxias han estado alejándose por incontables miles de millones de años. Sin embargo, el número total de las observables no ha cambiado. Se atenúan, se desvanecen, desaparecen al alejarse, reemplazándose por otras nuevas galaxias... En 1998/99, grupos de astrónomos, uno liderado por *Saul Perlmutter* (n.1959), otro por *Brian P. Schmidt* (n.1967), y *Adams Guy Riess* (n.1969) han podido medir la distancia entre la Tierra y galaxias lejanas utilizando la luz procedente de explosiones estelares (tres supernovas de 1ª) y observado celeridad expansiva, una especie de *gravedad inversa* (que dio origen a la teoría de la "energía

oscura", causa idónea de la expansión, de un cosmos que acabaría helado)...
¿Una galaxia bebé?: el Observatorio Midi-Pyrenees observó un bloque galáctico, que vemos ahora tal como era hace 13.400 millones de años, con un diámetro de 500 años luz (la Vía Láctea tiene 100.000 a. l.) y una masa cien mil veces menor, que contiene un millón de estrellas, conformado a un ritmo de una masa solar por año (*Astrophysical Journal Letters*. El País 06-10-01).

(**) Ondas gravitatorias:** Simulaciones en ordenador muestran que sus efectos desencadenan la distribución en espiral de la materia galáctica. *Einstein* predijo este tipo de ondas. De su teoría de la Relatividad se deduce que únicamente pueden ser emitidas por masas aceleradas. Este tipo de ondas se propaga desde su fuente -por ejemplo, dos **agujeros negros** que orbitan alrededor de otro- hacia el exterior en forma de pequeñas ondulaciones que rizan el espacio. Cuando una de ellas atraviesa una galaxia, provoca que las estrellas y el polvo sufran una aceleración gravitatoria que tiende a concentrarse en la cresta de la onda, mientras que las regiones que se corresponden con el valle se despueblan. En 1993, *Joseph H. Taylor* (n.1941) confirmó el registro de ondas **gravitacionales** procedentes de un "púlsar" o sistema binario por la aceleración de las masas que orbitan en ocho horas (El País, 28/12/05)... Las **fuerzas gravitatorias** son 10^{40} más pequeñas que las **fuerzas electromagnéticas**. Cuando se ejercen entre dos electrones a distancia de 2 centímetros, son iguales a las electrostáticas a distancia de 10^{13} . Ambas son de alcance infinito... Las **fuerzas nucleares**, sin embargo, no ejercen a una distancia superior a una milésima de millonésima de cts., dejan de ejercer por saturación, y cuando interaccionan dos o tres nucleones no lo harían con otro que se aproxime.

¿Qué sustancia es ésta que constituye parte del universo y que no emite luz, pero que es detectable por sus efectos gravitatorios?

La pregunta sigue en pie. Los estudios realizados para comprobar si podría estar compuesta por los cuerpos no luminosos del tamaño de una estrella, que los astrónomos llaman MACHOs, han demostrado que si bien es muy posible que existan muchos objetos de este tipo, no bastan para explicar la aparente carencia de masa en el universo.

Las hipótesis son muchas: materia fría en forma de gas que no emite radiación, materia oscura que no emite suficiente radiación electromagnética para ser detectada por los medios técnicos actuales, materia en un estado singular, pero diferenciado del que llena y es al mismo tiempo todo: espacio aparentemente **vacío**, éter, **plasma (*)**, plasma generador de *cuasi* partículas creadoras de esta u otras dimensiones cósmicas... Sean las conocidas nebulosas, su proceso gravitatorio: partículas subatómicas, cuerpos estelares, átomos y moléculas, planetas, galaxias, cúmulos y supercúmulos galácticos, donde la vida puede aparecer, como parte de un proceso cósmico constante de generación probabilística y de "desaparición" final merced al concurso fenomenológico de los **agujeros negros**.

En cualquiera de los casos, resulta evidente que el **vacío etéreo**, desde la antigüedad en discusión, es "algo" real, material por supuesto, cualquier cosa menos espacio inmaterial absurdamente vacío. *Nada*, no podía ser. De la nada no surge nada. Las cosas surgen siempre como resultado del movimiento, del cambio, del desarrollo, de la transformación de otras cosas.

En este sentido, suele pasar inadvertido -debido probablemente a la intención dominante de querer hacernos ver marginadas de las ciencias sociales las conquistas del pensamiento científico- el hecho reconocible de que estamos aún en los albores de la historia del conocimiento... Hasta ayer, como quien dice, a mediados del siglo XIX, no nos vimos alumbrados por una concepción nueva, el **materialismo dialéctico**, y hasta los años 20 al 30 del XX no empezamos a conocer cómo está conformada la materia en las profundidades de la arquitectura del átomo, el componente físico-químico fundamental de toda la materia visible... Es decir; que nuestros conocimientos están todavía en los albores de la historia social, e incluso oscuramente frenados, lo corrobora un hecho hartó significativo: transcurridos más de 2.300 años desde que al hablar del átomo se hablara también del **vacío**, nada o poquísimo sabemos aún de cómo está conformada la materia en el espacio "vacío", desde la antigüedad denominado **éter**, a pesar de que éste oculta -volvemos a repetirlo- ¡más del 95% del componente material del universo! ¿Por qué tan retrasada la investigación, siendo fundamento de la explicación pendiente relativa a la indudable unidad de la materia?

Sobre la tardanza, por supuesto que no cabe pensar otra cosa, sino que ni pudo estar determinada ni fue una fatalidad... Pero es cierto que hubieron de transcurrir demasiados siglos, como le ocurriera al **atomismo** desde que fue concebido hasta su implantación a partir del XVII. La clave del tiempo perdido nos la da *Pierre Gassendi*, sin tener que recurrir a la abjuración de *Galileo*. *Gassendi*, para hacer pasar desapercibida la acusación de ateísmo que recaía sobre el átomo de *Demócrito* (tampoco *Leucipo* había visto en el átomo los designios de un Creador), hubo de presentarlo no como un corpúsculo animado físicamente, sino como piezas inertes de materia que por la mano divina fueron puestos en movimiento..., lo que no fue bastante para acabar con los frenos teológicos..., pues, pasado un siglo, *Newton* se seguiría declarando partidario, todavía, del "soplo divino". En su "Óptica" (1704) escribió acerca del átomo: "Dios al principio formó la materia sólida, masiva, dura, impenetrable, con partículas móviles...". Al tema del **vacío** le ocurría lo propio; continuaría aparcado, sin que contase el tiempo desde que *Aristóteles* lo explicara diciendo que la Naturaleza tiene horror al vacío; ejemplo éste también de la definición teleológica entonces vigente que estaba basada (y todavía) en una "causa última" y no en una explicación científica del fenómeno material. El problema ahora, lo dicen algunos científicos, es cómo responder a una pregunta que parece paradójica, pero que atañe a la cuestión: ¿Cuánto pesa el vacío, la materia invisible? Sin cuyo dato piensan que no tenemos una teoría completa sobre el universo.

(*) **Plasma**, cuarto estado de la materia; una especie de "fluido cuántico" en el que se haya la mayor parte de la sustancia no visible del universo. Sometida cualquier sustancia a un calentamiento extremo, se convertirá primero en gas, luego se intensificará bruscamente el proceso de ionización térmica, se desintegrarán las moléculas y a continuación los átomos, que se irán transformando en un gas totalmente ionizado, que alcanza propiedades de casi neutralidad (plasma), perdiendo individualidad incluso los electrones. Una

particularidad del plasma es que puede existir a temperaturas inferiores, incluso hasta cero absoluto... En 1667, científicos de Florencia descubrieron que la llama del quemador (plasma) tenía la propiedad de conducir la electricidad. En 1698, *Gray*, frotando ámbar con lana produjo una chispa obteniendo por primera vez una pequeña descarga eléctrica en el aire, que sólo es posible cuando se crea una suficiente cantidad de partículas cargadas y el aire se convierte en un gas (**plasma**) alto conductor de la electricidad. En 1879, *Crookes*, estudiando descargas eléctricas en tubos con aire enrarecido, escribió: "Los fenómenos en los tubos vaciados abren a las ciencias físicas un nuevo mundo en el que la materia puede existir en el **cuarto estado**"... El término plasma lo introdujeron en 1929 *Irving Langmuir* y *L. Tonks*. En 1936, *Lev Landau* formuló la hipótesis de que la materia sufre un cambio nuclear profundo en las estrellas. *A. A. Vlasov* se pronunciaría en parecidos términos en 1946. Masas de plasma en el universo pueden dar lugar a la formación de **nebulosas cósmicas**. Los científicos calculan que en torno al 74% de la materia universal (invisible) se halla en forma de **plasma** (un 20/22% sería materia oscura, no detectada, y un 4/5% correspondería a la materia ordinaria visible)... **Tiene como propiedades básicas**, además de su cuasi neutralidad, que su constitutivo interacciona no entre pares de "partículas" sino colectivamente y de manera simultánea. Puede ser considerado como un medio elástico, gran propagador de oscilaciones, ondas y ruidos. Está presente en las fibrosidades de las nebulosas cósmicas y de las auroras boreales. Se utilizan chorros densos de plasma a bajas temperaturas, para cortar y soldar metales, y para recubrimientos; en química, para obtener diversos compuestos. Los efectos plásmicos se utilizan en los **semiconductores**, y en los tubos luminiscentes de anuncios y en las pantallas de los nuevos televisores.

¿Cuánto pesa el vacío, la masa de éter universal?

A *Einstein* le preocupó ese habitante extraño, sinónimo probable de masa inisble, llamado **éter**, en torno al cual llegó a decir, que "Sería tan diferente de la materia y la energía normales, que tendría el efecto gravitatorio contrario, produciendo repulsión en vez de atracción"... El problema quedaría sin resolver hasta preguntarse ahora algunos científicos, ¿cuánto pesa el vacío, la masa de éter cósmica? Sin ese dato piensan que no tenemos una teoría completa sobre el universo... Aunque, por entonces, tampoco teníamos resuelta, todavía, una teoría completa sobre la complejidad del objeto más cercano a todos y cada uno de nosotros: el **núcleo atómico**, el microcosmos de las subpartículas elementales, llámense quarks, fundamento de nuestra naturaleza misma... El átomo, que venía considerado como un agregado relativamente homogéneo de electrones, protones y neutrones más o menos ordenados como un sistema solar, se muestra, ahora, conformado de modo nebuloso, a veces como un objeto "abollado" que se aleja de la visión simple propuesta por el modelo de capas, cada vez menos adaptado a una descripción global. No obstante, es cierto y habrá que reconocerlo, que, a partir de que *Rutherford* descubriera la naturaleza del átomo, la ciencia moderna y sus aplicaciones científico-técnicas no cesaron de dar pasos de gigante, sí... Pero no es menos cierto, también, que cada una de esas grandes zancadas sigue pasando de largo..., como si nada tuviese que ver con las gentes, con sus verdaderos creadores de trabajo: la humanidad que habita en una sociedad profundamente enajenada, en presencia de miles de millones de seres humanos completamente excluidos, gran parte de ellos víctimas del salvajismo impuesto en las aplicaciones científico-técnicas, que han arrancado a las gentes de la existencia tribal que era su único amparo, sin otra alternativa que el hambre y las

enfermedades de la miseria en las periferias industriales... Todo por razones sistémicas del carácter conocido, en manos la humanidad de cúpulas de poder mentalmente perturbadas, capaces de seguir utilizando criminalmente los avances de la ciencia, como lo hicieron en 1945 con Hiroshima y Nagasaki para calcinar a la población civil, si no fuéramos capaces de virar el curso de la historia.

Por fin, en la Edad Moderna, Giordano Bruno, atomista materialista destacado, se referiría al problema del vacío significándolo como un “vastísimo seno etéreo”.

Por su parte, un pionero de la ciencia -ya citado-, *Pierre Gassendi*, llegaría a definir el vacío (éter) como **un medio todavía indetectable** donde “podían moverse, expandirse y comprimirse los átomos”. *Robert Boyle* reconoce a su vez la existencia de **“un cierto vacío”**, mientras basa su “filosofía mecánica” en dos principios, por entonces todavía independientes, la materia y el movimiento... *Descartes* rechaza que pueda existir un **espacio vacío**, el espacio -dice él- lo llenan los “torbellinos”. *Newton* reconoce el éter (vacío) como **un medio de inmovilidad absoluta**. *Christian Huygens* se atrevería a definirlo (1678) como **un medio material sutil y elástico**. *Nicolás Malebranch* (1638-1715) habló de la unidad elemental de la materia sutil, psíquica. *Franklin* habló de un **éter vibratorio** que llenaba todo el espacio, pero “compartido” con un hipotético fluido imponderable, la electricidad. *Lomonósov* lo definió por primera vez como **un medio material** “que llena los intersticios interatómicos”... *Dalton* lo consideró indispensable para la vida del átomo. Mientras tanto, *J. A. Cesar Charles*, sin enunciar el vacío, ponía al descubierto (1787) un hecho físicamente sorprendente: que un gas puede “desaparecer” a los -273º... Poco después (1820), *Augustín Fresnel* reconocía el vacío, **éter**, como el **soporte material** de las ondas luminosas... En las teorías de *Maxwell* el **“espacio vacío”** aparece como conductor de tensiones y energías responsables de las acciones electromagnéticas aunque sin ninguna dependencia con la existencia o no de materia. Todavía en el siglo XIX, *Angelo Secchi* señalaría el **éter** o su homólogo el **vacío** como causa de los fenómenos luminoso y eléctrico (comprendido el magnético), “que actúa vibrando en los primeros y desplazándose en los segundos”. *Albert A. Michelson*, sugestionado por la idea de un **éter** fijo, pretendería determinar su velocidad, y fracasó: no había **éter** o, si lo había, no afectaba a la velocidad de la luz. *Poincaré*, que estaba al acecho, lanzó una pregunta: ¿Existe de verdad nuestro **éter**? A *Einstein* le preocupó ese “habitante extraño”... No creía en el éter, le parecía “superfluo”; para él sólo existían las masas eléctricas, “verdaderos poseedores de una realidad física **dentro del vacío**”. Llegó a pensar -repetimos- que, de existir, “sería tan diferente de la materia y la energía normales que tendría el efecto gravitatorio contrario, produciendo repulsión en vez de atracción”... Era un gran incrédulo. Tampoco llegó a aceptar la famosa “gran explosión” (*big bang*), ni tampoco por completo la mecánica cuántica... Una frase suya define perfectamente su personalidad: “desde que las matemáticas han colonizado la teoría de la relatividad, yo ya no la entiendo”.

Y así, poco a poco, visto de una u otra forma, el famoso éter (vacío espacial) se mantendría tan presente como dudoso entre los siglos XVII, XVIII y XIX, no obstante ser un elemento clave para entender aspectos tan discutidos y vinculantes como el de la **continuidad o discontinuidad de la materia**, el movimiento inherente o externo, y la cohesión universal misma de la naturaleza y su unidad cósmica. Que el **éter** fuera visto todavía en pleno siglo XIX como un **fluido imponderable fijo...** que bañaba todos los cuerpos celestes, distinto de la sustancia material, era un vestigio de la concepción metafísica, de la vieja idea mecanicista de la inmutabilidad y los fenómenos y cosas aislados, no vinculados entre sí, sea, como ejemplo, la historia social misma, con el hombre "eternamente" dividido en clases... En este sentido, no se sentaría un precedente importante, que pusiera en cuestión el absurdo en el que estaba interesada una minoría, hasta que en 1814, un avance del conocimiento físico permitió que el *calórico* dejara de ser visto como un fluido imponderable y pasase a ser un "**género de movimiento**", ¡una propiedad fundamental de la materia!... Era una forma **revolucionaria** de empezar a entender y conocer el fondo esencial de los fenómenos y cosas. Era un paso enorme que permitiría explicar la dinámica interna, es decir, el movimiento intrínseco, **propio** de la materia y de las diversas formas de manifestarse ésta. Poco después se supondría también que la luz (el lumínico) procede de la oscilación o movimiento singular de electrones y está supuestamente formada por cuantos discontinuos: fotones.

Al finalizar el XIX quedaría sin resolver otro enigma:

¿Qué cosa es ésa que se comporta por la mañana como un corpúsculo y por la tarde como una onda? Es decir ¿Qué era el átomo, una bolita, un punto material, con una velocidad y posición localizables, o una onda o **paquete de ondas** sólo estadísticamente valorable? Para responder a esta pregunta tendría que aparecer una nueva manera de describir el mundo: la **física cuántica**, teoría que provocaría interpretaciones diversas e incluso enfrentadas entre sí (*). Los pilares de esta nueva física, surgida entre los años 1923 a 1927 (que produciría resultados económicos espectaculares en múltiples dominios: supraconducción, transistores, semiconductores (chips), láser, bomba atómica), serían: *la cuantización del átomo de Bohr*, la onda de *Broglie*, la ecuación de onda de *Schrödinger* y la mecánica de matrices de *Heisenberg*.

(*) La ecuación de ondas de *Schrödinger* y la mecánica de matrices de *Heisenberg* representarían dos teorías adversarias, hasta la síntesis formal establecida por *Paul Dirac*. *Schrödinger* declararía: "La lectura de los escritos de *Heisenberg* me ha repelido, si no ya asqueado".

Comenzando el siglo XX, ya en plena efervescencia la cuántica, estaríamos asistiendo aún al desvelamiento de la composición del átomo y de los insospechados vacíos existentes entre el núcleo y sus capas... Verdad es que, mucho antes, ya se había andado camino... Sobre todo desde el XVI, que se avivó la lucha de ideas por la recuperación del

atomismo. Recordemos a *Niklaas Hartsoecker* (1696), luego a *Bruno*, *Sennert*, *Gassendi*, *Boyle*; el propio *Newton*, con *Lomonósov*, *Lavoisier*, *Dalton*, *Brown*, *Avogadro*, *Prout* (que propuso en 1816 concebir los átomos formados por unidades de hidrógeno), *Stoney* (que llamó "electrón", ámbar, a un ión monovalente), *Mendeléiev*, etc. Hasta que, finalmente, *Thompson* (Kelvin), declarado discípulo de las ideas atomistas de *Rudjer Boscovich* (1711-1787), propone un primer modelo de átomo, con las cargas eléctricas compensadas e invertidas, una esfera positiva exterior y un centro arracimado, negativo, demostrando con la cámara de Wilson que del átomo se pueden extraer partículas cargadas negativas... Poco después (1897), *J. J. Thompson* descubre la existencia del electrón: **¡el átomo no es indivisible!**: los átomos no eran las unidades últimas de la materia, que habían descrito *Demócrito* y *John Dalton*..., tienen elementos más pequeños..., y son de una complejidad que nadie hubiera imaginado. Enseguida, *Niels Bohr* cuantifica el átomo e introduce los "saltos cuánticos" en el modelo planetario de *Rutherford*... A continuación, *Sommerfeld* perfecciona el modelo, relativizándolo, y *Louis de Broglie* propone las ondas asociadas. Por fin, tanto **el átomo como el electrón dejan de ser bolitas sólidas y pasan a ser una vibración**... Mientras tanto y a la vez, se ha instaurado la dualidad onda-corpúsculo... A partir de ahora, será concebido, definitivamente, con un núcleo central rodeado de una nube electrónica, pero ya sin saber dónde se encuentra el electrón... ni cuál es su posible trayectoria... Sólo se sabrá que la **probabilidad** de encontrarlo a cierta distancia del centro es proporcional a la densidad de la nube.

¿Había desaparecido la materia? La demostración inesperada de que incluso el **electrón (*)** se comporta como si toda su masa fuese de naturaleza electromagnética, llevó a la errónea conclusión de que había desaparecido la masa mecánica, antes considerada como una propiedad inalienable de la materia. Esta circunstancia dio origen a diversas especulaciones filosóficas y afirmaciones reaccionarias sobre la "desaparición de la materia", cuya falta de fundamento fue demostrada por *Lenin (**)*. Viene al caso referir la posición adoptada en 1939 por *Paul Langevin*, uno de los grandes científicos comprometidos con los movimientos progresistas: "Una vez más -escribe- se ha hablado de "crisis" de la física. Los filósofos idealistas, así como los físicos que comparten sus concepciones, como *Eddington*, *Jeans*, *Jordan*, *Dirac* y otros, han afirmado que los progresos recientes de la física demuestran que no existe un mundo real independiente, que nuestra voluntad de conocer la realidad choca con límites infranqueables... se llegó a hablar del albedrío "de los electrones", de la "libre elección" que realizaba la naturaleza en tal o cual eventualidad. El electrón era asimilado a un individuo humano. Esas interpretaciones iban lo bastante lejos como para que *Eddington* pudiera aventurarse a escribir que "la religión se ha vuelto aceptable a partir de 1927 para una mente científica razonable"... Y un libro de *Jordan* abunda en fórmulas definitivas: "liquidación del materialismo... posibilidades novísimas para garantizar a la religión su espacio vital sin contradicciones con el pensamiento científico". Pero aquellos que presentan la evolución de nuestro conocimiento del determinismo como su fracaso, por mucho que digan

inspirarse en la ciencia más moderna no es de ella de dónde sacan su idea, sino de una vieja filosofía hostil a la ciencia que tratan de reintroducir en ella...

(*) **Electrón:** de *élektron* (ámbar), bautizado por *Stoney*, descubierto por *J. J. Thompson* y reconocido en el átomo de *Rutherford*, de carga negativa, sería explicado al saber que su masa real está determinada por la energía de su campo electromagnético, es decir, que la inercia del electrón se debe a la energía de su campo. Posee una masa 1.837 veces menor que la del más ligero de los átomos, el hidrógeno.... Un siglo después de su descubrimiento, la industria electrónica produciría 10^{12} millones de dólares anuales.

(**) Cuando "la materia desaparece -escribió *Lenin*-, quiere decirse que desaparecen los límites dentro de los cuales conocíamos la materia hasta ahora... y que nuestro conocimiento se profundiza; desaparecen las propiedades de la materia que anteriormente nos parecían absolutas, inmutables, primarias, como la impenetrabilidad, y que hoy se revelan como relativas, inherentes solamente a ciertos estados de la materia".

Al descubrimiento a comienzos del XX de la naturaleza del átomo le habían precedido los rayos catódicos (1879), los rayos X (1895), la radiactividad (1896), los rayos cósmicos (1912), los átomos y moléculas (1923/27), el fotón (1929), y el "**campo**" (donde no hay materia aparente). El estado ondulatorio, el cuanto (fotón) y la onda asociada aparecerían a continuación: El cuarto estado (estado plasmático) lo añadiría la astrofísica. Luego, se hablaría de otras variantes, o estados de la materia: "**fluido cuántico**", gas enrarecido, **superfluidos** (*), **cuasipartículas**, y; junto a los "anti" del electrón, del protón y del neutrón, el sinnúmero de subpartículas, hoy dividido en dos grandes grupos de *hadrones* (pesados) y *leptones* (ligeros), con los **quarks** (**) ahora propuestos como partículas dudosamente indivisibles componentes de la "**sopa de quarks**" (***).

A finales del siglo XX, los físicos postularon que lo que nosotros llamamos el **vacío**, la *nada* aparente, estaría poblado por las referidas "cuasipartículas" fundamentales, cuya carga eléctrica es una tercera parte de la del electrón, que conforman un estado de la materia, el ya citado "**fluido cuántico**", con la muy rara característica, como había señalado *Wolfgang Pauli* en 1925, de que en él no se puede encontrar más de un electrón... Mientras tanto, propuestas como la de la **teoría de cuerdas** se irían ofreciendo como postulados en la búsqueda de la unificación de las cuatro **fuerzas fundamentales** (****). *Hideki Yukawa* había intentado hacia 1915 la unificación de las fuerzas débil y electromagnética, esfuerzo que siguió haciendo *Sheldon Lee Glashow* en 1960, finalmente resuelto (1967) por *Abdus Salam* (1926-1996) y *Steven Weinberg*.

(*) **Superfluidos:** descubiertos por *Pyotr Leonidovich Kapitza* (1894-1984) en 1938. Son un estado líquido cuántico, casi plasmático, cuando la sustancia material puede fluir a través de las más pequeñas ranuras y capilares sin rozamiento alguno; la superfluidez es, por tanto, un estado de la materia caracterizado por la ausencia de viscosidad, a temperatura cercana al 0 absoluto, límite en que cesa toda actividad. Los superfluidos son conjuntos de

cuantones que no obedecen siempre a la física clásica, sino que continúan siguiendo las leyes cuánticas perfectamente incongruentes. El helio superfluido (-271°) abandona el vaso subiendo por sus paredes. Si permanece cerrado quedará inmóvil en relación con las estrellas a pesar de la rotación de la Tierra. En 1941 *Lev Landau* creó la teoría denominada **hidrodinámica de los líquidos** basada en que a bajas temperaturas del helio-II, si se da la presencia de excitaciones elementales y aparecen y desaparecen cuasipartículas, se produce viscosidad. Cuando no, la fluidez se produce libremente. La superfluidez de átomos con **spin** entero (**bosones**) de átomos de ^4He da lugar a estados como el denominado *condensación Bose-Einstein*. La superfluidez proveniente de átomos con spin semientero (**fermiones**), de ^3He , si se da en presencia de otras fuerzas, los fermiones se enlazan a pares, los llamados pares cooperianos, que poseen espines enteros dando lugar al *condensado Bose*...

- Los **supraconductores** tienen un comportamiento material extraordinario. Sus electrones, de movimientos normalmente fortuitos, sometidos a bajas temperaturas se agrupan en parejas y cooperan a escala macroscópica con un mismo estado de **pulsación cercana a cero** ordenados en la misma dirección para crear un flujo de corriente eléctrica completamente carente de resistencia.

(**) **Quarks**: denominación que darían en 1960 a tres subpartículas detectadas en el núcleo, sugeridas por *Murray Gell-Mann*, que se movían con bastante libertad dentro del protón o del neutrón. Los quarks estarían presentes, sobre todo, **en el espacio vacío**... Pero no se pueden aislar y si se intenta hacerlo se rodean de docenas de partículas directamente extraídas del supuesto **vacío cuántico**... Se especula con la posibilidad, que detectó aventuradamente *Steven Weinberg*, de que no existan como partículas libres, estén formadas por otras partículas o sean como chorros de "fluido" cuánticos...

(***) **"Sopa de quarks"**: donde los quarks y gluones casi libres (**plasma**) flotan sueltos. Para conseguirla se necesitan temperaturas cercanas a los 175 MeV, supuestos en los primeros 20/30 microsegundos del susodicho *big bang*... La palabra aparecería en 1995 relacionada con la pretensión de *Edward Witten* de unificar en una sola versión las cinco teorías existentes de la llamada **teoría de cuerdas**, infinitesimales filamentos, que vibran.

(****) **Fuerzas fundamentales**, son aquellas que no se pueden explicar en función de otras más básicas: **Gravitatoria**: ejerce atracción afectando a todos los cuerpos, muy débil pero de alcance infinito. **Electromagnética**: de alcance infinito, más intensa que la gravitatoria, afecta a los cuerpos eléctricamente cargados y está involucrada en las transformaciones físicas y químicas de átomos y moléculas. **Nuclear fuerte**: más intensa que la electromagnética, mantiene unidos los núcleos atómicos y actúa entre dos núcleos cualesquiera. **Nuclear débil**: es la responsable de la desintegración *beta* de los neutrones, su alcance es menor que el de la fuerte.

Breve resumen histórico del éter, quintaesencia, o vacío espacial:

EN LA ANTIGUA INDIA, el *Ragveda* (que recoge 120 himnos del período védico temprano, 1600 a 800 a.n.e.) registra las inquietudes e incluso alcances asombrosos del intelecto por explicarse el origen material del cosmos, y escriben: ¡**"El universo no era más que una onda indistinta"**! ...

En los *Upanishada*, escritos después de los *Vedas*, *F.I.Scherbatskoi*, investigador de la filosofía de la Antigua India, comenta que ya se habla de la existencia de una filosofía materialista y de la lucha que libraba contra la religión y el idealismo.

La doctrina *sankhya* (600 a.n.e.) denominaba ***praktiti*** a la "sustancia primigenia". La escuela *nyaya* y *vaishesika* sostenía que pequeñas **partículas** de agua, aire, tierra y fuego se mantenían en el **éter**. La escuela religiosa *nimansa* explicaba que el alma estaba compuesta de **átomos** regidos por la ley autónoma de *karma*. *Akasha* (*ä kä / sha*), en sánscrito significa "**éter**": lo que penetra todo el espacio. Reúne las propiedades de los cinco elementos: es la matriz de la que emerge todo lo que perciben nuestros sentidos y a lo que todo vuelve al final.

Para la filosofía materialista *jainista* (*Mahāvira*, -540-468), la ***jiva*** es una sustancia sutil, extensa que puede adoptar cualquier forma y mostrar diferentes cualidades.

La escuela budista *Mādhyamaka* de *Nagarjuna* (India s. II y III) estudia el origen del cosmos. Su doctrina sostiene que el "**vacío**" es la esencia más profunda de la Realidad. Es la fuente energética de donde surge el Cosmos. La concordancia del budismo con las descripciones físicas actuales llevó a *Einstein* a pensar que "el budismo es la única religión compatible con la ciencia contemporánea".

Aritmética y álgebra en la India:

La cultura indoaaria comienza entre el 3000 y el 2000 a.n.e. Los documentos más antiguos, que recogen la religión india añadida luego con el Jainismo y el Budismo, están contenidos en los *Vedas* de los años 1500 a.n.e. Entre el 800 y el 500 se componen los *Upanishad* y *Arancaka*, colecciones de discursos filosóficos y religiosos. La civilización india mantuvo contacto con Babilonia, luego Persia y Grecia y finalmente con el Imperio Romano. Su primer interés propiamente científico, necesario para la agricultura, se refiere a la astronomía y su relación con el calendario, representados por tratados como el *Surya Siddhanta* (sistema del Sol) del siglo IV y la obra de *Arya Bhata* (astrónomo y matemático) en el siglo VI, donde aparece el sistema decimal, con nociones de álgebra y soluciones de segundo grado, además de trigonometría, con tablas de senos y cosenos, habiendo dado un valor a π de 3,14. Pero el tratado más extenso es el de *Brahmagupta* (598-668), director del Observatorio de Ujjain, que propone logaritmos para las cuatro operaciones, y sistemas algebraicos de dos ecuaciones con dos incógnitas. A principios del XIII destaca *Achārya*, también director del Observatorio de Ujjain, autor de varios libros y en particular seis sobre matemáticas y astronomía, con soluciones para hallar cuadrados y cubos y raíces cuadradas y cúbicas.

EN LA ANTIGUA CHINA, en calidad de primera materia, los principios eran el agua, el fuego, la tierra, la madera y el metal... En el *Libro de los cambios*, documento del IX y VIII a.n.e., se habla del ***tsi***, una especie de **éter**, como fundamento general de todo. *Lao-Tse* (570-490), fundador del taoísmo, definiría el **vacío** "como algo lleno de potencialidades. *Tchuang Tseu* (IV-III) creía que el **vacío** es donde circulan los soplos primordiales y donde se efectúa la evolución: "Es como un fuelle de herrería. Está vacío, pero no se agota; en

movimiento, no cesa de producir". *Xunzi* (312-238) adoctrina en el sentido de que todo discurre según las leyes naturales. *Wan Cheng* (27-97): "la sustancia material **qi** mueve la eternidad". *Zhang Heng* (n.78) creó (132) un detector de terremotos y explicó los eclipses lunares e imaginó la Tierra como una pequeña esfera suspendida en el espacio. *Wan Tsch'ong* (¿97), relevante materialista en su época, sostiene que existe la sustancia material "**qi**". *Zhang Zai / Tchang Tsai* (1020.-1077), de orientación materialista dentro del neoconfucianismo creía en un **magma armonía**, partículas invisibles que daban vida a todo. *Tchu Hi* (1130-1200) creía en el "Li" que "reina más allá del tiempo, rige el movimiento en el seno del **éter** y permanece inmutable. *Mao Tse-Tung* (1893-1976) aplica definitivamente la teoría materialista a la liberación de su pueblo.

EN LA ANTIGUA GRECIA, condiciones excepcionalmente objetivas de carácter histórico-social permitirían a un escaso número de personas interrogarse no solamente acerca del **éter (vacío)**, motivo principal de nuestro interés, sino de la existencia o no de un solo mundo material y otra esencia o no de un supuesto origen divino... Por razones de contacto con las civilizaciones anteriores y de su época, la sociedad griega, además de beneficiarse de los conocimientos y experiencias de otros pueblos, sería un reflejo continuado del proceso milenar de enfrentamientos y luchas alimentados por los intereses de la clase esclavista, por entonces todavía en su cima. El autor del diálogo platónico "Epínomis" comenta la medida en que calcaban costumbres y conocimientos que "partieron de Siria y Egipto para extenderse en todas direcciones y llegar a nosotros experimentados durante mucho tiempo por observaciones milenarias". La Teogonía del poeta *Hesíodo*, como ejemplo, presenta tales puntos de contacto con el mito mesopotámico hurrita de *Kumarbi* que muy bien pueden considerarse como una de las fuentes de inspiración del poeta griego. Existen analogías entre los tratados médicos de Babilonia y Egipto y los de *Hipócrates*. Se dice de *Diofanto de Alejandría*, que pudo haberse instruido en la ciencia matemática babilónica. Y era sabido de los propios griegos, que gran parte de los pensadores del mundo griego y helénico recurrieron a los egipcios en hidrología, geometría, astronomía, meteorología y medicina sobre todo. *Herodoto* reconocería el aporte de los conocimientos egipcios al helenismo. Son igualmente evidentes las analogías existentes entre los sistemas ideados por mesopotámicos, egipcios y griegos para situar los cuatro principios primigenios naturales: fuego, tierra, agua y aire. Sin embargo, se hace necesario reconocer que fueron en particular los griegos, en su afán por descubrir las causas de los distintos fenómenos de la naturaleza, los que dieron los primeros pasos en las ciencias naturales y en la filosofía:

Hesíodo (mitad del VIII a.n.e.), hijo de emigrantes, poeta y pastor, cultivó su imaginación en un pequeño pueblo, Ascra. Escribió "Teogonía", hablaba de la existencia de **un fondo material** surgido del "*khaos*": "el Caos produce la Noche y ésta, a su vez, crea el Día, mientras que la Tierra ha creado los cielos, las Montañas y el Mar"... En "Los trabajos y los días" describe las miserias

campesinas, fenómeno social, que se va a repetir sustancialmente hasta nuestros días, salvo que ahora se pide el voto: *“las casas son una sola estancia de adobe para bípedos y cuadrúpedos. Nadie viene de la ciudad ni a pedir el voto. Tan sólo tienen que entregar una parte de la cosecha al amo, otra al gobierno, y alistarse en el ejército para morir por motivos que no conocen e intereses que no les atañen”*.

Tales de Mileto (624-548) fue el primer griego que trató de dar una explicación física del universo, sin preocuparse de buscar un creador para el cosmos. Su planteamiento materialista le llevó a situar el agua como primer elemento de la que se fueron separando la tierra, el aire y los seres vivos. Es considerado el primer geómetra griego y el creador de la forma deductiva de la geometría. Descubrió el poder de atracción del ámbar electrizado por frotamiento. Viajó por Mesopotamia y Egipto, aprendió de los sacerdotes orientales, contó entre los filósofos materialistas fundadores de la Escuela Jónica de Mileto, antigua ciudad prehelénica de Asia. *Herodoto* consagró históricamente a *Tales* como el primer sabio que predijo un eclipse en 585 ó 610. *Aristóteles* le convirtió en el primer filósofo.

Anaximandro (610-546), filósofo materialista, discípulo de *Tales*, rechaza el agua como principio de todas las cosas y propone el **apeiron** (indefinido, infinito e ilimitado), mezcla de todos los **contrarios**, de cuya ruptura o desequilibrio vendría todo. Todo es el resultado de una dinámica de contrarios que al romper el equilibrio determina cada cosa. Un proceso -de separación de cualidades opuestas- va formando todas las cosas, por agregación y destrucción final de los opuestos: todas las cosas son sucesivas separaciones.... “El principio primero y el constitutivo de todas las cosas es un medio infinito (¿éter?), que es único y capaz de movimiento: este medio es la fuente que lo engendra todo y al que vuelven todas las cosas”... Propuso a la Tierra flotando en el espacio, como un cilindro. Escribió el primer tratado de física: *“Sobre la naturaleza”*. Realizó un mapa de “todo el ámbito de la Tierra con todos los mares y todos los ríos”. La vida orgánica era para él, producto evolutivo de la naturaleza.

Pitágoras (580-500). Figura entre los primeros geómetras. Funda la escuela pitagórica, la primera de carácter científico que trata de reunir el conjunto de la *realidad exterior* en un sistema: La esencia de las cosas la constituyen los números y las relaciones matemáticas. Supone que existe una especie de interacción entre las matemáticas y la idea física del universo. Fue el primero en sugerir (525 a.n.e.) que la Tierra tenía la forma de una esfera, con los astros girando a su alrededor a distintas distancias, en un universo de dimensiones finitas... La escuela pitagórica aunque persigue la purificación del alma y su unión con la divinidad tiene como base un **atomismo matemático; los números generan todo**: puntos líneas, superficies, figuras de tres dimensiones. A los cuatro elementos (tierra, agua, aire, fuego) corresponden los cuatro sólidos regulares, cubo, tetraedro, octaedro e icosaedro, siendo el dodecaedro la forma total del universo. Pese a que el propio *Pitágoras* sostenía la existencia de proporciones armónicas, tuvo que admitir que había magnitudes que no podían ser expresadas por medio de relaciones entre dos

números. Descubrió que había magnitudes inconmensurables (*) o irracionales, como la diagonal del cuadrado... Este descubrimiento supuso un tránsito hacia "lo infinito", en el pensamiento y la cultura numeral de "lo finito", que veía todo como algo determinado y completo. *Jámblico* cita un listado de 218 pitagóricos y 17 pitagóricas mediterráneos organizados jerárquicamente que defendía una forma de vida y aspiraban a cultivar una filosofía para influir en asuntos políticos. *Filolao*, que inventó un sistema cosmológico, escribió sobre la doctrina y preocupaciones de los pitagóricos, entre las que contaba el arte, las matemáticas, la música, el conocimiento de la naturaleza, la medicina, la física y la teoría del cosmos.

(*) El descubrimiento de las **magnitudes inconmensurables**, llevó a pensar a los pitagóricos que la visible desigualdad de sus contemporáneos esclavizados suponía un serio desajuste con las leyes de la supuesta armonía universal... Ello movió les a buscar una horrenda e ignominiosa explicación **metafísica**, que la humanidad ha heredado bajo formas religiosas explotadas por la Iglesia: el alma -dijeron- necesita pasar por una sucesión de "cuerpos-sepulcro" antes de alcanzar la armonía divina... Cuando *Hipasón*, un alumno de la escuela pitagórica, cantó con su lira el lamentable descubrimiento matemático, de que la diagonal del cuadrado al igual que cualquier otro lado no contenía un número entero, le hicieron desaparecer, "ahogado por un demonio".

Jenófanes (576-478), de la Escuela Eleática, propuso buscar la fuente de la unidad de la naturaleza en la razón misma o el *logos* que, según él, está en los sentidos. "**Los hombres hacen los dioses a su imagen**". "Los etíopes -escribe- dicen que sus dioses son negros y chatos; los tracios, que son de ojos azules y de rubio cabello". Materialista convencido, distinguió en las canteras de Siracusa señales de peces, pensó que aquellas rocas habían estado antes en el fondo del mar. En Paros, observó fósiles de sardinas en rocas profundas, y en Malta advirtió que el terreno de la isla había estado cubierto de agua, pero sacó consecuencias formalmente falsas, pensó que una mezcla de agua y tierra había engendrado la vida.

Anaxímenes (550-480), filósofo materialista, creía en una sustancia única, **pneuma**. Propone como elemento primario, el aire, en movimiento eterno y causa de todo. Explica que un proceso mecánico de compresión lo convierte en líquidos y sólidos; sometido a un proceso de rarefacción, se convierte en fuego y elementos más ligeros. El agua comprimida -puso como ejemplo- se convierte en hielo y distendida en vapor.

Heráclito de Éfeso (544-484), materialista espontáneo, a quien *Lenin* llamara uno de los fundadores de la **dialéctica**, sostuvo que todo venía del fuego, "que fue y siempre será eternamente vivo". El mundo no ha sido creado por nadie, existe desde la eternidad. Afirmó que la realidad es cambiante: nada es estable, todo fluye y se transforma a cada momento, del mismo modo que no podemos bañarnos dos veces en el mismo río. "Todo fluye, nada permanece". Subraya la idea del **movimiento y cambio** constante, con la **contradicción** como fuente del movimiento y de la posibilidad de **transformación recíproca** de los contrapuestos. Las fuerzas opuestas, acción

y reacción, mueven el mundo, a través de la lucha permanente de los llamados **contrarios**. "Todas las cosas nacen del contraste". La oposición es, pues, para él algo en sí fecundo, lleno de vida y fuerza creadora, la ley que todo lo rige y de la que "todas las leyes humanas se alimentan". Todo sucede de acuerdo con una ley universal. La armonía de las cosas pertenece sólo a la razón (*) "La filosofía es el conocimiento de la unidad, escondida debajo de la discordia aparente". "Saber -escribió- no consiste en saber muchas cosas sino en ir descubriendo aquello que las regula".

(*) Sin embargo, la dicotomía en la estructura de las cosas que sostuviera *Heráclito*: materia y *logos*, con similitudes en la idea de los dos mundos aristotélicos, se encargaría de acentuarla el idealismo teológico, tejiendo con ella un cerco para que no alcanzase nunca al mundo social, donde se haría ver que la armonía, inexistente en la sociedad clasista, esperaba al hombre en la otra vida.

Parménides (540-450), "venerable y temible", reconocido como "el grande", discípulo de *Jenófanes*, miembro de la Escuela eleática, gobernante, legislador y conjurado contra el tirano *Nearco*, escribe "*Sobre la Naturaleza*", un poema didáctico. Busca explicarse el mundo y la verdad a partir de la naturaleza, adentrándose después en el conocimiento **metafísico**, en la esfera del "ser", por debajo de las apariencias. Valida la investigación metódica, pero no a través de la sensación sino de la razón. El **vacío y la nada** no pueden existir -dice- porque la materia se extiende "continua y esféricamente" en todas direcciones. Considerado como el fundador de la **metafísica** (*), sostiene que el ser es uno, inmutable, inmóvil, indivisible e intemporal. En el ser no puede haber cambios, ya que lo que es, es, y no puede no ser... No existe el movimiento ni el espacio, sólo el cambio de una configuración por otra, que alcanza a la totalidad... Tan complejo como ejemplarmente didáctico, explica que **uno no es éticamente responsable de su mezquindad o arrogancia si nadie nos ha hecho ver esas carencias. Así como nadie es responsable por el daño que haga, si no se le hace ver que lo hace.**

(*) **Metafísica**. Se atribuye el origen de la palabra a *Andrónico de Rodas* (siglo I a.n.e.) que clasificó las obras de *Aristóteles* divididas en dos grandes apartados: las de física, en primer lugar, y "las que están detrás de la física" (**metafísica**). La palabra cobraría significado con el paso del tiempo: "**un saber situado más allá o detrás del ser físico en cuanto tal**". Serviría para dar apoyo a las corrientes idealistas emparentadas con la idea de los dos mundos: terrestre y divino. Para el pensamiento metafísico la naturaleza siempre es invariablemente la misma; los objetos existen independientemente unos de otros, aislados; entiende los procesos de cambio y desarrollo como mero aumento o disminución de lo ya existente. Se entendió por metafísica la parte de la filosofía consagrada a las cuestiones que sobrepasan los límites de la experiencia (los problemas de Dios, del alma, del libre albedrío).

Anaxágoras (500-428), "padre de la astronomía", filósofo de la Grecia antigua, ideólogo de los círculos progresistas de la democracia fundada en la

esclavitud, no consideraba al Sol como una divinidad, sino simplemente una piedra incandescente. Pensaba que los objetos celestes provenían de la condensación de una **masa caótica** en **remolino** y eran arrastrados en el espacio por el **éter**. Según él los elementos originarios son las *homeomerías*, diferentes, con cuya mezcla se hacen todas las cosas, a las que pone en movimiento el *nous* (espíritu, inteligencia ordenadora) que imprime rotación a la materia (*vórtex*), la une o la separa y tiende al estado de quietud, todo mediante los dos movimientos de composición y descomposición. La mente o la razón (*nous*), es el elemento generador y organizador del orden (*kosmos*) que se genera a partir del caos de la materia. Para atestiguar la existencia de "un solo mundo material", puso de ejemplo la caída de un meteorito del espacio "celeste", que cayó en Egos-Pótamo en -467. Defiende la existencia de montañas y valles en la Luna y que su luz es un reflejo del Sol. Explicó la correcta naturaleza de los eclipses lunares por la ocultación de la luz solar. Sostenía un pensamiento sorprendente, que está cobrando vigencia en nuestros días: **"la naturaleza es continua y la realidad se ofrece a nuestra percepción de forma discontinua"**. Fue el primer caso en la historia en que un filósofo es sentado en el banquillo acusado de impiedad por defender sus teorías.

Empédocles (494-434) fundió en una las teorías de los cuatro "elementos" básicos: tierra, aire (cuyo peso intuyó), agua y fuego, que existían como **un algo continuo** y daban movimiento a un universo mantenido en "ciclos cósmicos" de Amor y de Odio. Nada se crea ni se destruye, todo se recompone por la acción de dos fuerzas una de combinación y otra de disociación. La dinámica del mundo, hasta el hombre, era para él un proceso natural. Descubrió la fuerza centrífuga y el sexo de las plantas. Enunció que la luz empleaba tiempo para llegar a la Tierra. Identificó correctamente que la luz de la Luna procedía del Sol reflejado y que la Tierra era una esfera.

Año 490 a.n.e: los persas sufren la derrota de Maratón y diez años más tarde la de Salamina. *Pericles* (499-429) lleva a la Atenas esclavista a la cima de su prestigio y a las puertas de su destrucción. Las guerras del Peloponeso desgastan el imperio (404), con el empobrecimiento de los campesinos y las revueltas continuas de los esclavos. De la singularidad de su historia dan cuenta, *Esquilo* (525-456), con sus personajes muchas veces de naturaleza superior a la humana, que venera la luz y, por lo tanto, asocia la ceguera a la muerte, *Sófocles* (495-406), que se lamenta de haber nacido, *Herodoto* (484-426), cuya dicha consiste en poder morir por su patria, y *Tucídides* (460-400), que se pregunta cuál había sido el origen del principio y del fin.

Zenón de Elea (490-430) apoya la opinión de su maestro *Parménides*, contraria a la de *Leucipo*, al sostener que **la materia es una conexión plena**: todo se extiende de forma continua. Critica la pluralidad y el movimiento, en defensa de la unidad del ser. El movimiento no existe porque no es pensable y por lo tanto no es lógico, es ilusorio, sólo existe el cambio. El espacio es

infinitamente divisible. Y juega con sus **aporías** (*) para demostrar que la discontinuidad hacía imposible el movimiento. Sacó a los pitagóricos del atolladero, declarando que **la discontinuidad aparecía en la medida**, es decir, **pertenecía al observador**. *Zenón* representa quiérase o no la huella más vieja del pensamiento o razonamiento infinitesimal, pero que, ciertamente, no dominó.

(*) **Aporía**: inviabilidad de orden racional, o reducción al absurdo para vencer al adversario, utilizada por *Zenón*, con el ejemplo de la infinitud de movimientos que haría imposible a *Aquiles* alcanzar a la tortuga, no sería resuelta matemáticamente hasta que *J. Gregory* aplicó las series convergentes, sumas de un número infinito de términos, que dan un número finito.

Filolao de Crotona (n. -480), pitagórico, propuso un cosmos **no geocéntrico**: la Tierra (con una contra-Tierra invisible que giraba junto a ella) y todos los astros, incluido el Sol y las estrellas giraban en torno a un fuego central (que algunos identificaron con el Sol), idea contraria a la aristotélica, por cuanto suponía considerar a todos los astros como **de una misma naturaleza material** (*), sin separar el mundo celeste del terrestre:

(*) La dualidad que establecerían después (**la idea de los dos mundos**, terrestre y celeste o divino), y lo que vendría a suponer el adscribirse a la **inmutabilidad** del celeste, inclinaría "lógica y naturalmente" a una minoría a interesarse por el fortalecimiento y sostenimiento a ultranza de una corriente de pensamiento (política, ideológica, religiosa y filosófica) "providencial" como ninguna otra para asegurarse de por vida la **propiedad** personal de cualquier riqueza o su fuente, es decir, para perpetuar "legalmente" el dominio de cualquier tipo de bienes... Tan es así, que, desmontar físicamente la idea de la **inmutabilidad** y hacer ver pedagógica y dialécticamente los perniciosos efectos individuales y colectivos, psicosociales y económicos de la **propiedad**..., se convertirían históricamente, de cara a la transformación de la sociedad, en el problema previo más complejo y principal por resolver.

Critias (460-403), filósofo sofista griego, legislador de la oligarquía y miembro principal de los Treinta Tiranos, que produjo diversas obras, además de dedicarse a la enseñanza y la poesía, explica la utilización psico-social del **miedo**, cuando proclama que los dioses y toda religión no son sino invenciones de una astuta cabeza que quiso atemorizar a los hombres con estos fantasmas de temor y demonios, para que cumplieran las leyes del Estado sin necesidad de un policía al lado.

Leucipo de Abdera (-V), discípulo de *Parménides* y maestro de *Demócrito*, funda la Escuela atomista. La materia no era sino una concentración de pequeñas partículas indivisibles. Escribe un libro proponiendo esta doctrina, que será desarrollada por *Demócrito*, estableciendo como elementos **el átomo (lo lleno) y el vacío**. Pretende conciliar la pluralidad de las cosas con la unidad y permanencia del ser. Fundamenta el pensamiento **dialéctico**, al afirmar que "lo uno no puede existir sin lo otro".

Demócrito (460-370), filósofo materialista, descarta cualquier sustancia divina de fondo, atribuye al **vacío** un género específico de existencia material; lo señaló como el medio real donde existían lo que él llamó "**átomos**" (entidades "no divisibles"), de naturaleza material, dotados de movimiento propio, componentes de todas las formas existentes, y escribió: "*¡Sólo los átomos y el vacío son reales!*". El movimiento circular (torbellino) determina con su fuerza formadora las primeras posiciones de las cosas y el orden (constante) del mundo. "Todo lo que existe en el universo es fruto del azar y de la necesidad" (*), en el espacio vacío no había arriba, ni abajo, ni en medio. Todo el conocimiento procede de la sensación, la cual se explica por el fluido atómico cuantitativo que proviene de las cosas... Poco ha llegado hasta nuestros días de su obra, y lo que conocemos de él es a través principalmente de *Aristóteles*, y esto es debido, en primer lugar, a la censura de *Platón*, quien reunió las obras que pudo de *Demócrito* con el fin de quemarlas... Más tarde la Iglesia se encargó de destruir las que quedaban.

(*) **Necesidad**: *Lenin*, refiriéndose al pensamiento expresado por *Engels* a propósito de la necesidad, escribe: "mientras no conocemos la ley de la naturaleza, esta ley, que existe y actúa al margen de nuestro conocimiento, nos convierte en esclavos de la **necesidad ciega**". "Cuando hemos conocido esta **ley**, que actúa independientemente de nuestra voluntad y de nuestro conocimiento, somos los señores de la naturaleza". Con respecto a las leyes de la naturaleza el **materialismo científico** señala que éstas no han sido establecidas por nadie y que rigen la marcha de todas las cosas, existen y existieron siempre, independientemente del hombre, de su razón y de su voluntad, al margen de toda razón y de todo deseo. "La necesidad de la naturaleza es lo primero -escribe *Lenin*-, y la voluntad y la conciencia del hombre lo secundario". A la pregunta de si se puede o se debe buscar no se sabe qué necesidad y donde buscarla, responde: "Ese es el secreto de la filosofía idealista, que teme reconocer la facultad cognoscitiva del hombre como un simple reflejo de la naturaleza".

Hipócrates de Cos (469-399), de la escuela de Cos -que con la de Cnido representaban la historia de la medicina egipcia y babilónica- estaba considerado como el más versado de la medicina. Trataba las dolencias como una enfermedad objetiva y no como un padecimiento derivado de una acción divina. La naturaleza del ser era para él el bien superior del ser humano. Buscaba la relación con los aspectos ambientales que pueden influir en una enfermedad y en el equilibrio de la propia dinámica de la *physis*, sin despreciar las soluciones quirúrgicas.

Cratilo (439-375), discípulo de *Heráclito de Efeso*, fue más lejos que su maestro, al declarar que no se podía entrar en el río no sólo dos veces sino una sola vez. *Cratilo* piensa que el agua no es la misma a cada instante... Luego, llega más allá; alcanza a pensar que **cada objeto no existe más que un instante**, pereciendo al surgir, lo que haría imposible conocer el mundo... Pero ese instante puede ser un tiempo más o menos prolongado. Si estudiamos más de cerca su pensamiento, resulta una conclusión necesaria

propia de una concepción determinada, ya muy desarrollada intelectualmente del **movimiento** y del **cambio**.

Platón (429-347), discípulo de *Sócrates* (470-399) influido por la escuela pitagórica, da primacía a las matemáticas, y estudia el carácter y la vida humana: "conócete a ti mismo". Separa el mundo de las ideas o formas, del mundo sensible o mundo de las apariencias. Las ideas -dice- son conocidas por el entendimiento, las apariencias se captan por los sentidos, pero sólo percibimos las sombras (**mito de la caverna**). En el mundo de las ideas se encuentran los *arquetipos*, modelos eternos de las cosas que son temporales. Dios es para *Platón* la causa inteligente. Asignó el movimiento circular y uniforme para los cuerpos celestes. Para él: "Tiempo y movimiento eran la misma cosa". La materia es preexistente y de alguna manera resistente a la acción ordenada. Quiso ofrecer una reflexión acerca de qué puede ser la totalidad del mundo, del cosmos, de los astros, de los colores y de los conocimientos; una gigantesca conjetura acerca de cómo se puede entender el mundo sensible, que finaliza situando el demiurgo (dios creador), que formó al ser humano, primero su alma y después su cuerpo, haciendo una referencia al resto de los animales a incluso a la doctrina de la reencarnación. *Platón*, arquitecto del elitismo, la esclavitud y la eliminación del débil, que fue vendido como esclavo, costeó la *Academia* con el precio de su rescate.

Hipócrates de Quíos (entre V y IV), geómetra destacado precursor de *Euclides*, escribe uno de los primeros libros de texto de matemáticas. Inventa el uso de letras para designar los vértices de las figuras.

Eudoxio de Cnido (408-355), filósofo y astrónomo, estimó en 365 días y un cuarto el año adoptado en el calendario juliano. Creó un sistema de 27 esferas incluyendo la de las estrellas fijas, con la Tierra en el centro, que permitía predecir su posición y la de los planetas, amén de la Luna y el Sol (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno), luego perfeccionado por *Calipo de Cizico* (370-300), que añadió nuevas esferas, al que dio realidad física *Aristóteles* en su cosmología. Estudió el problema de la "sección áurea": dividir una recta de longitud uno en dos partes ($a > b$) de forma que se cumpla la relación: $1/a = a/b$.

Heráclides de Ponto (390-322), discípulo de *Platón*, propone epiciclos colocados sobre epiciclos, situando a Venus y Mercurio girando alrededor del Sol, en lugar de la Tierra y a esta girando sobre sí misma. Esto suponía cuestionar el geocentrismo, ya que aceptaba que algunos planetas no girasen en torno a la Tierra. El modelo sería recogido por *Calcidio* en el siglo V y por *Marciano Capella*, autor latino del siglo VI. La teoría de los epiciclos sería sistematizada por *Apolonio de Pérgamo*, a quien se le atribuyó. *Heráclides* influyó a través de *Estratón de Lámpsaco* sobre *Aristarco de Samos*, que no sólo enseñó la rotación de la Tierra sobre su eje sino también su movimiento de traslación en la eclíptica, teoría que vino a corroborar *Seleuco de Seleucia* (190-150), el "Copérnico de la Antigüedad".

Aristóteles (384-322) fue discípulo, primero fiel y luego crítico de *Platón*. Pensador e investigador y dialéctico, tan materialista como idealista y metafísico, pretende abarcar todo. Como buen ideólogo del esclavismo,

considera la esclavitud como cosa propia del mundo terrenal. *Marx* se refirió a él como “el más grande pensador de la antigüedad”. *Aristóteles* definió el **vacío** espacial como un quinto elemento (quintaesencia), **éter**: “sustancia del cielo más divina que todas”, que llenaba todo y daba forma a los objetos celestes, eternos, inmutables e incorruptibles que se hallaban más allá de la Luna... Todo lo existente en el mundo sublunar, con la Tierra en el centro (no plana sino redonda), era imperfecto y corruptible, compuesto de una especie de “materia primigenia” (**hilen**) que existía en potencia hasta que adquiría “forma” y se le imprimía movimiento. Rechazó el atomismo (*) y el espacio **vacío** que había defendido *Demócrito*: el vacío no podía existir porque en la naturaleza “no puede haber algo sin nada al otro lado”, algo que lo llenara todo para poder transmitir los efectos físicos por contacto de un lugar a otro. Para *Aristóteles*, “el tiempo es el número de movimientos”, la **Física era la ciencia que estudiaba la causa del cambio y del movimiento de las cosas materiales**. En su libro de la Física escribe de manera sucinta y clara: “cualquier cambio se debe a una causa, pero nunca a una sola”, y sitúa cuatro para conocer el porqué de las cosas: una causa que dé cuenta del constituyente, o causa material, de la forma o modelo, o causa formal, del principio de movimiento, o causa eficiente, y del fin o sentido, o causa final. Coincidió con *Platón* en que todo ocurre con alguna finalidad y según un plan cosmológico preestablecido e impreso en la naturaleza de las cosas. Negó que la Vía Láctea pudiese ser otra cosa que una manifestación lumínica del **éter**. El calor es “como un elemento oculto”. Creía que cada cosa en movimiento “busca su lugar natural”: lo pesado hacia abajo, lo liviano hacia arriba. Afirmó que la velocidad de caída de un cuerpo era proporcional a su peso. Se oponía a la rotación terrestre: si lanzásemos verticalmente una piedra hacia arriba, no caería en el mismo sitio desde el que fue lanzada. Un argumento éste que perduraría más de 1500 años. Creador de la lógica formal, se obliga a no separar el pensamiento de la existencia.

(*) **La oposición de Aristóteles al átomo** duraría más de veinte siglos... Sus efectos se harían sentir durante la Edad Media de Occidente dominada por la Iglesia... Aún después del XVII se seguiría hablando de los cuatro elementos clásicos, si bien con variantes ya de gran significado cambiante, como en los casos de *Bruno*, *Galileo*, *Gassendi*, *Boyle*, *Newton*, *Lomonósov*, *Dalton*, ya bajo un común denominador: la aceptación del átomo, aunque sin dilucidar todavía el carácter dudosamente material de los llamados **fluidos imponderables** (flogisto, calórico, lumínico, eléctrico, magnético, **éter** incluido). Hasta que estos fueran explicados, se viviría en la creencia de que el calor, como ejemplo, era un fluido que entraba por los poros de los cuerpos cuando se calentaban y salía cuando se enfriaban. Ciertamente es que, como veremos después, *Descartes* y *Leibniz* seguirían negando todo lo que no coincidiese con sus planteamientos contrarios al **éter** y / o **vacío**. *Descartes*, en particular, continuaría negando el átomo; la naturaleza, para él, comprendía tres elementos primigenios: ígneos, aéreos y térreos, en un continuo espacial, formando **vórtices** o torbellinos que interactuaban sin dejar intersticios, movidos por un impulso divino. *Leibniz* mantenía que las **mónadas** eran los elementos constitutivos de la realidad: infinitesimales, de naturaleza psico-física, que poseían en sí mismas el principio de sus acciones y su propia

finalidad, eran simples, inextensas, e indiscernibles unas de otras, cuyo orden y existencia respondía a un plan previo trazado por Dios.

Menecmo (375-325), discípulo de *Eudoxio*, introduce al estudio y resuelve el problema de la duplicación del cubo, utilizando las propiedades de las curvas de secciones cónicas.

Teofrasto (372-287), el "hablador divino", discípulo de *Aristóteles* y Director del Liceo, filósofo y botánico, escribe "Historia planterum" y "De causis planterum" vigentes hasta *Discórides Anazarbeo* (40-90) y *Paracelso*.

Pirrón (365-275), filósofo de la antigua Grecia, fundador del escepticismo antiguo, negó el conocimiento de la verdad objetiva y propagó la huida de la vida real y la apatía total por ella.

Epicuro de Samos (341-271), filósofo materialista, de la Escuela del Jardín, moralista interesado en la educación como fin para el bienestar de la persona, combate la superstición, sostiene como principio que "nada puede producirse de la nada por el poder divino"... El alma, en cuanto fuerza inmaterial, no existe. La materia está dotada de un **movimiento interno**: "*estos átomos están en movimiento durante toda la eternidad, con diferentes velocidades y direcciones que los arrastran al azar en distintos sentidos, en el seno del vacío infinito*". Asegura que la luz y el calor del Sol están compuestos de pequeños **átomos** que cuando son impulsados salen despedidos en la dirección del impulso. Refuta a *Demócrito* en cuanto a la direccionalidad vertical de los átomos: se entrechocan -dice-, combinan y transforman las cosas..."de los objetos -dice- brotan partículas que impresionan los ojos". Situado frente a la concepción del mundo de su maestro (la absoluta regularidad del curso cósmico y la posibilidad en ello fundada de prever y calcular matemáticamente el futuro), *Epicuro* con su *declinatio* reduce el proceso cósmico a un **acontecer "sin causa", todo acaece "por sí mismo"**. Y establece la **causalidad** ciega y la **eternidad** en los fenómenos de la naturaleza, indiferentes al hombre... Hizo extensivas sus ideas mediante la enseñanza que practicó a nivel popular y las escribió en sus obras 300 años a.n.e. Sus seguidores dieron un gran paso: determinaron la **percepción sensible como la única fuente del conocimiento**.

El epicureísmo (epicúreos, "los del jardín") en su sentido más neto es puro materialismo. Los átomos -dicen- existen desde la eternidad y existirán siempre. Su suma permanece siempre constante e igual, principio que expresa la ley de la conservación de la sustancia. Ante el mecanismo de *Demócrito*, de la regularidad cósmica y de la posibilidad de calcular el futuro, en un mundo donde desde toda la eternidad caían los átomos en el espacio infinito con movimiento hacia abajo, *Epicuro* propone una desviación "no más que una mutación en la dirección del movimiento" que origina un entorchoque de átomos y de ahí el presente combinarse y continuo transmutarse de las cosas... Con éste su concepto esencial del azar, que enlaza con su nueva idea sobre el principio de *causa* y la *indeterminación*, *Epicuro* intenta librar al hombre de la oprimente idea del hado y la fatalidad... Todo conocer es percepción sensible, y nada más. Los objetos emiten incesantemente efluvio que producen la copia de lo existente, de la realidad corpórea. La verdad última de nuestros conocimientos superiores

dependerá por último de nuestro juicio y opinión, si la realidad objetiva lo corrobora. "Para expulsar todos los errores y disipar toda la religiosa oscuridad, sólo tenemos que hacer, echar una mirada sobre la naturaleza y sus leyes". *Epicuro* confirma que la misma alma y el espíritu serían cuerpo, materia más fina y sutil, pero siempre materia. El alma es una parte del cuerpo, como lo son la mano y el pie.

Zenón de Citio (336-264) funda en Atenas (308) la escuela del Pórtico (*stoa, estoicos*). Su filosofía materialista (*), y en parte panteísta, se basa en la física (fundamento del conocimiento), la lógica (instrumento de análisis) y la ética (comportamiento humano): todo es **fuerza material** y **fuerza vital**. Opone al atomismo la idea de que todo está hecho de materia y razón impregnado por Dios. El *estoicismo* influirá en Roma y luego hasta nuestros días. La *Estoa media* (entre II y I), con *Panecio de Rodas* (185-110), *Zenón de Sidón* (-110) y *Posidonio de Apamea* (que se interesó por la circunferencia de la Tierra), influyó sobre los círculos de *Escipión el Africano*, como una experiencia de cultura superior, que explotó *Cicerón* y afectó posteriormente a *Séneca*, *Epicteto* (50-138) y *Marco Aurelio* (121-180):

(*) **Filosofía de los estoicos**: El alma no es una placa en la que haya algo escrito, ha de llenarse con la percepción sensible. / El entendimiento no posee contenidos inmateriales algunos. / El conocimiento consiste en cierto copiar y representar. / El proceso cognoscitivo juega un papel decisivo y absorbente en el conocimiento del mundo. / Para evitar engañarnos con nuestras percepciones se han de cumplir las siguientes condiciones: Estar seguros: **1º**. De que nuestros órganos sensoriales se hallan en estado normal. **2º**. De que la distancia espacial y temporal que separa objeto percibido y sujeto no es excesiva. **3º**. De que el acto de percepción ha tenido una duración suficiente y se ha realizado concienzudamente. **4º**. De que ningún medio extraño perturbador se ha interpuesto entre objeto y sujeto, y **5º**. De que repetidas percepciones propias y ajenas han llevado al mismo resultado. Nuestra actitud -dice el estoico- debiera consistir en **hacer saltar el estrecho cerco del momento y aliarnos con la verdad objetiva para hacerla triunfar**.

GRECIA, a partir de Aristóteles, se vería bajo la crisis del Estado esclavista.

La "Edad de Oro" de la democracia de *Pericles* se puede decir que finaliza coincidiendo con la serie de conquistas y ocupación de Egipto por *Alejandro Magno* (356-323) Las aldeas, devastadas por las guerras, se despueblan, importan trigo de Egipto, talan bosques, cierran minas, miles de esclavos vagan sin rumbo por los caminos y numerosos campesinos arruinados llevan su pobreza a las calles de las ciudades. Se dedican a importar plata de España y oro de Tracia. Surgen y se desarrollan los nuevos "técnicos" y agentes de cambio, se invierte en palacios, se extiende la corrupción y aparecen los "hinchas" del deporte... Mientras tanto la filosofía natural, la física, iría pasando al olvido, vista como cosa de gente impía. Paralelamente, se hacen frecuentes las sublevaciones de campesinos pobres y

de esclavos. En las postrimerías del siglo II a.n.e., *Samauco* encabeza una sublevación; nombrado rey del Bósforo, gobernaría durante más de dos años...

Pero, sigue siendo una asignatura pendiente, saber con certeza cuáles fueron los factores determinantes del "milagro" griego, aquel florecimiento rápido y ágil, de desarrollo intelectual, que en dos siglos dio a la humanidad lo que otras naciones no han dado en milenios. Qué aconteció para que el deseo de saber y de explicarse las cosas se viese favorecido de modo tan especial e impetuoso. Qué papel jugó la estructura de aquella sociedad, la riqueza creada y acumulada por el trabajo, de los esclavos, principalmente, y de los campesinos y artesanos. ¿Fueron tan decisivos los intercambios con otras culturas de que habla *Herodoto* refiriéndose a *Tales de Mileto*? ¿Pudo ser tan importante la falta de una religión preponderante, el hecho de que allí los sacerdotes cuidadores de los templos -como comenta *W. A. Heide-* eran simples funcionarios seculares, cosa que impidió el desarrollo de una jerarquía religiosa y favoreció la sustitución de los mitos por la razón? Es cierto que la minoría dominante, la clase esclavista, consideraba como la primera condición del progreso, poder pensar distendidamente dedicados al ocio, mientras indagaban y al mismo tiempo imaginaban la forma de mantener asegurados sus intereses de clase y el control de los esclavos... Hecho que les permitió, en la Grecia de los siglos V al IV, dar un paso colosal, de gigante; pasar de la cosmogonía a la cosmología, conseguir desligar de la ciencia el pensamiento irracional, liberar a la filosofía de la religión y los mitos, y separar lo profano de lo tenido por sagrado que relegaron al ámbito de lo religioso y lo literario. Otros factores pudieron ser: una lengua, de tronco indoeuropeo; la singular configuración geográfica, y el espíritu y unidad de la polis (ciudad-estado). En resumen, una excepcional ocasión histórico-social de desarrollo intelectual y productivo, que, como empezamos diciendo, en poco más de dos siglos dio a la humanidad lo que otras naciones no han dado en milenios. El helenismo **pagano** de los griego-alejandrinos sería otro ejemplo a considerar.

ROMA y la filosofía natural, desde -146 hasta la caída del Imperio (476 de n.e.)

A mediados del siglo III a.n.e., Roma, después de derrotar a Cartago, se ha expandido por el Mediterráneo y los Alpes... En -146 convierte a Grecia en provincia, consolida su poder militar, construye calzadas y organiza rutas marítimas formando una red comercial y de comunicaciones. Su soberbia militar se adorna con la herencia de la cultura griega, a la que poco o nada aporta, sin preocuparle la incuestionable a cientificidad del Imperio. Roma había apostado por la esclavitud (*); por el sometimiento de los colonos y pueblos limítrofes como "instrumentos" principales de trabajo y producción. Para controlar su economía sólo necesitaba ejércitos... A Roma no le interesó cultivar la cultura helenística y su filosofía natural y poco o nada investigar el origen del mundo o cuál es la naturaleza de las cosas. Habiendo entrado casi al mismo tiempo que los griegos en la más evolucionada civilización de la edad del hierro, Roma se mantuvo en las tradiciones propias de la del bronce muchos años más. A su manera continuó las prácticas astrológicas y

actividades mágicas cuando ya en Grecia empezaba a germinar la Ciencia. Su mayor preocupación sería sostener militarmente la ampliación de sus fronteras y mantener sometidos los pueblos (**), preocupada únicamente por los problemas más relacionados con el "buen gobierno" y la represión. En general, bien se puede decir que en los autores romanos no hay ninguna aportación a la obra y el pensamiento griegos, ni en matemáticas, ni en astronomía, ni en cosmología... *Cicerón* afirmó aquello de que los romanos no dominaban las matemáticas como el pueblo griego. La labor de los autores romanos en el campo de la ciencia se limitó prácticamente a transmitir algunas de las ideas griegas y a la composición de obras generales, en las que se pretendía recoger todo el saber, pero sin un criterio científico muy claro y la mayor parte de las veces poco o nada crítico. Su principal contribución fue la tecnificación y los conocimientos asociados a la ejecución de grandes obras públicas... Su mayor importancia ahora radica en que va a heredar toda la información, por decir científico-técnica, de que se disponía en Occidente en los principios de la Edad Media. Ciertamente podemos hablar de una medicina institucional que se desarrolló en los hospitales militares, propia de su expansión territorial. *Julio César* concedió la ciudadanía a todos los médicos que ejercieran en Roma y que antes eran esclavos. Todavía se consideraba económicamente necesario el empleo de esclavos en la agricultura y sobre todo en las minas, cuya demanda fue aumentando constantemente. Según *Tito Livio* (59-17 a.n.e), la guerra fue la principal fuente de esclavos... Los años posteriores hasta 476 están marcados por la expansión del llamado humanismo romano con sus fuentes nacionales y helenísticas, pero más y sobre todo por las grandes conmociones político-sociales de la época (***): irrupción del cristianismo como religión de Estado, sublevaciones generalizadas de colonos y esclavos, caída del Imperio de Occidente, persecución del helenismo pagano, y el oleaje indetenible de los pueblos "bárbaros", cuyo conjunto, conviene saber, no atravesó la fase esclavista, se convirtió directamente al feudalismo.

(*) **Esclavitud:** En -210 fueron esclavizados más de 10.000 prisioneros de guerra. En -208, más de 4.000. En -202, mil doscientos. En -200, más de 35.000. En -197, más de 150.000 mil. Pero, un refrán agorero se hizo popular: "Quien tiene esclavos, tiene enemigos". Las revueltas y sublevaciones se hicieron frecuentes debido a las brutales condiciones de vida. La agricultura se vio perjudicada, antes que la minería y los servicios...

(**) Entre los años -137 y 475 de n.e., las sublevaciones de campesinos y esclavos y las invasiones bárbaras se hacen cada vez más frecuentes. La explotación esclavista se convierte en un impedimento para la producción. El esclavo, consciente de que nunca progresará, pierde el interés por su trabajo y descuida el instrumento, la temprana complejidad de las máquinas. Pero la economía esclavista seguía necesitando nuevos esclavos, que sólo podía obtener mediante guerras, opresiones y tensiones internas permanentes y costosas, factores que terminarían provocando, con la decadencia de las fuerzas productivas, la desaparición paulatina del **esclavismo** y el paso a la servidumbre o gleba del **feudalismo**, favorecido por la expansión de los bárbaros.

(***) **Irrupción del cristianismo:** Con el paso a nuestra era, la humanidad sufriría una quiebra cerebral tremenda... El acceso de la religión al poder,

sumado a las invasiones bárbaras y su irrupción en la Roma corrupta, del militarismo, de la pobreza y las rebeliones de esclavos y campesinos, daría lugar a la eclosión de condiciones sociales distintas. Unas, favorecerían el tránsito de la esclavitud al feudalismo; otras, propiciarían el cultivo de un ideario retrógrado, amparo de la sociedad clasista y de la primacía de la fe como única ciencia. Hechos primitivistas como los del asesinato de *Hypatia* y la quema de la Biblioteca, testifican la persecución de que fue objeto el pensamiento helénico. Obra, en fin, propia de una concepción del mundo irracional, columna del feudalismo y luego del capitalismo y su ideología, el hoy llamado **pensamiento único**, que es decir, inmovilismo mental, social; muestra viva del oscurantismo, que inyectase en la historia *Filón* al asignar como única fuente de saber las Sagradas Escrituras. Pensamiento que se fortalecería después, primeramente con la ayuda política de *Constantino I* y *Teodosio I*, a continuación con el auxilio indispensable de los llamados padres de la Patrística, entre ellos, *San Cirilo de Alejandría*, de infausta memoria, recordemos una vez más el asesinato de *Hypatia*..., *San Ambrosio*, *San Agustín*, *San Jerónimo*, y rematado finalmente con el apoyo militar, "espada y cruz en ristre" de *Carlomagno* (747-814) y su escolástica medieval que subestimaba no solamente el conocimiento sensorial, sino la razón humana..

Varrón, *Marco Terencio* (116-27 a.n.e.), que denominaba "instrumentos parlantes" a los esclavos, escribió en latín la primera enciclopedia popular compuesta de nueve libros, siete con las "siete artes liberales": el *trivium* (gramática, retórica y dialéctica) y el *cuatrivium* (geometría, aritmética, música y astrología), tronco de la enseñanza romana, que continuaría hasta el Renacimiento y aún más tarde.

Cicerón, *Marco Tulio* (106-43 a.n.e.) estudia en Roma con maestros de las escuelas epicúrea y estoica, y en Atenas con maestros de las academias del Jardín y del Pórtico. Amigo de *Posidonio* hace una clara exposición de las ideas griegas descriptivas de la cosmología geocéntrica, con un carácter divulgativo, pretendiendo recoger todo el saber de la Antigüedad, aunque con un criterio poco científico.

Asclepiades de Bitinia (siglo I a.n.e.) funda la Escuela metódica de medicina de origen griego, se opone a la tradición de *Hipócrates* (el desequilibrio de humores) y a la idea aristotélica de una fuerza interna innata que actúa en los cuerpos, y postula que el cuerpo humano se componía de **átomos entrelazados** entre los que se movían los humores y el *pneuma* (principio vital, cuyo estado se apreciaba en el pulso). La enfermedad sería algo así como una perturbación mecánica del movimiento normal de los átomos, que había que corregir, lo que significaba descartar la acción de la *physis* y el finalismo aristotélico.

Vitruvio, *Marco* (siglo I a.n.e.), escribe 10 libros, sobre arquitectura, mecánica y astronomía. A propósito de acústica en los edificios públicos, presenta la teoría del sonido como ondas del aire, y explica la planificación de ciudades, construcción de puertos, termas, teatros valiéndose de los autores griegos. Trata de los problemas prácticos de los acueductos, dando algunas leyes de hidráulica, tomadas igualmente de autores griegos.

Lucrecio Caro (96-55 a.n.e.), filósofo y poeta romano, precursor del **materialismo dialéctico** (*), dedicó su vida a la elaboración de una sola obra,(**) "*De rerum natura*", ("De la naturaleza de las cosas"), que recoge en 6 libros la doctrina atomista, destacando la frase de *Epicuro*: "Nada puede ser creado de la nada por el poder divino". Con *Lucrecio* se hace romana la filosofía materialista griega. "*De rerum natura*" representa una respuesta necesaria en un momento de decadencia, a la vista de una cultura, la romana, que se hunde, arrastrada por las guerras y el esclavismo. De ahí la importancia de reponer la filosofía de *Epicuro*, que se convertiría excepcionalmente en el pensamiento más elevado del hombre culto de la época (*Virgilio*, *Horacio*, *Tito Livio*, *Mecenas*, *Augusto*). Pasados los años, entre inadvertida y furiosamente perseguida por pagana y por ir "contra natura", la obra de *Lucrecio* sobreviviría de modo impensable a través de la Edad Media. De *Lucrecio* es la frase: "La religión puede ser origen de grandes males"... Al cabo de catorce siglos (1453), "*De rerum natura*" (60 a.n.e.) sería impresa por *Johann Gutenberg*, después de la Biblia, y difundida por primera vez en 1473. Su mayor repercusión la tendría a partir del Renacimiento, contribuyendo a dar extensión e introducir las ideas atomistas en los estudios y trabajos de *Bruno*, *Gassendi*, *Boyle*, *Newton*, *Lomonósov* y, finalmente, *Dalton* que reconoce la prioridad de *Demócrito* empleando la palabra "átomo".

(*) "En mi opinión -escribe *Faustino Cerdón* (1909-1999)- el materialismo dialéctico constituye la interpretación teórica del conjunto de los fenómenos naturales que corresponden a la ciencia actual a su máximo nivel de abstracción; por tanto debe presidir hoy toda pesquisa genuinamente científica y, en particular, las referentes a la evolución humana, objeto particular de las ciencias sociales, y muy especialmente, debe guiar las políticas que pretendan modificar la sociedad conforme a las grandes leyes de su desarrollo"

(**) En "*De rerum natura*", *Lucrecio* expone la evolución del planeta, la lucha de los elementos hasta que aparecen las plantas...para convertirse en animales y por último en el hombre, para el que pinta de manera poética una flor que se separa del tallo y levanta el vuelo transformada en mariposa... En su obra, *Lucrecio* resalta la corrección que hiciera *Epicuro* del atomismo, al reducir el proceso cósmico a un acontecer "sin causa", donde todo acaece "por sí mismo". "Nada puede nacer de la nada y nada puede reducirse a la nada". *San Agustín* respondería furioso: "Ha disipado toda la herencia".

Celso (-30 a + 50), discípulo de *Asclepiades*, escribió "*De rerum medica*", que trata sobre los signos clásicos de las enfermedades y sobre las enfermedades de los huesos y la cirugía. Describió más de cincuenta tipos de instrumentos quirúrgicos. Entre sus numerosas observaciones médicas describió el cuadro clínico de la apendicitis, cuyo diagnóstico no aparecería en los registros europeos de mortalidad hasta 1880.

Séneca, *Lucio Anneo* (4-65), enciclopedista, educado por maestros de la escuelas estoica y neopitagórica escribe "Cuestiones naturales", obra filosófica dividida en 7 libros, sobre geografía, meteorología y uranografía, ya descritos por los griegos. Preceptor de *Nerón* (37-68), fue el principal representante de la escuela estoica tardía. El fin de la filosofía es el conocimiento del bien como

único remedio para superar las adversidades. Acentúa el valor de la persona. Concede primacía a la voluntad como principio de lucha.

1 de enero del año 45 a. n. e.

Comienza a partir del calendario que establecía los *días julianos* numerados consecutivamente a partir del 1 de enero de los años 4713. Obra de *Eudoxio*, recuperada por **Sosígenes** (-50, 49 de n.e.) de Alejandría a encargo de *Cayo Julio César* (100-44), establece un año de 365 $\frac{1}{4}$ días, para añadir un día cada cuatro años, entre el 23 y 24 de febrero, el día "*Ante diem bis sextum kalendas martias*": de "*bis sextum*" derivó la palabra bisiesto. El año comenzaba en marzo. En el año -153 se cambió el origen al mes de enero. La diferencia de 0,0078 días por año no se corrigió hasta el siglo XVI. La primera referencia cronológica fue la del año de la fundación de Roma en el 753 a.n.e.

Plinio (*Cayo Plinio Secundo*, 23-74), llamado *el Viejo*, experimentador de campo, víctima de una erupción del Vesubio, está considerado como el mayor enciclopedista de todo el período romano. Escribió "*Historia Naturales*", una obra dividida en 37 libros que cubren todas las materias del saber. Es el mayor esfuerzo descriptivo de toda la Antigüedad que ha llegado hasta nosotros. Si bien, todo lo que podemos llamar **física** se encuentra sólo en el libro 2, con una descripción geocéntrica del universo sin ningún tratamiento matemático, pero expresivo: "el universo se presenta como algo eterno e ilimitado, sin principio ni fin...está en él todo, él mismo lo es todo". Describió la existencia de *medusas* que resplandecían con una tonalidad verdosa al ser expuestas a la luz solar.

Plotino (205-270) desarrolla el neoplatonismo. Sostiene que la materia se hace realidad sólo en virtud de las formas. Admite una sustancia independiente de las cosas. Propone la existencia de dos almas, la racional y la irracional. Místico, pero práctico y sin ambiciones materiales dedica su vida a la educación de niños y conciudadanos. La salvación del hombre plotiniano consiste en reconocerse a sí mismo, como el sabio que sabe que no obedecerá sino a sí mismo. Anuncia a *Kant* cuando rehúsa hacer un sitio al determinismo en nuestra historia y en la experiencia psíquica.

Porfirio de Batanea (232-305) ejercita el espíritu crítico que aprendió de *Plotino*. Consagra su obra y su tiempo a combatir el cristianismo. Compone un tratado que titula: "Contra los cristianos", que será destruido por orden, primero de *Constantino*, luego de *Valentino III* y en 448 por orden de *Teodosio II*. Comenta el tratado de las "Categorías" de *Aristóteles*. La introducción a esta obra, con el "Árbol de Porfirio", traducida al latín por *A. Severino Boecio* sería el texto de lógica en la Alta Edad Media.

Año 337. Muere **Constantino I el Grande** (274-337), singular personaje del que ya hemos hablado. Se convirtió al cristianismo (312), lo adoptó como religión oficial en 313 (Edicto de Milán), permitió la libertad de culto, creó una monarquía de estilo oriental y separó el Imperio en dos (330), con capitales, el de Occidente en Roma y Milán, y el de Oriente en Constantinopla, donde trasladó la capital del Imperio.

Constantino embarrancó la historia. Ayudó a hacer del cristianismo, antes la religión de las masas oprimidas, el sostén del Imperio Romano esclavista. Pocos años después (380), *Teodosio I el Grande* (347-395) declararía el cristianismo religión de Estado... La Iglesia, que se había arrogado mediante un documento falso el derecho de soberanía sobre la Europa Occidental, y había obligado a reconocer el Estado Pontificio..., se dedicaría a coronar reyes y emperadores -léase *Carlomagno*- para acorazar su poder, al mismo tiempo que a enseñar a los colonos y esclavos a obedecer a sus amos. Su discurso reprobaba las sublevaciones, decía que los reyes eran de origen divino. Caídos los imperios de Occidente (476) y de Oriente (1453), la Iglesia procuraría conquistar para sí una situación predominante y duradera hasta nuestros días.

Entre los últimos resistentes contó *Boecio*, patricio romano educado en el pensamiento clásico. Por su empeño en traducir cuanto pudo de *Aristóteles*, *Platón* y los estoicos, persiguiendo conciliarlos con el cristianismo ya asentado en el poder, fue acusado de conspiración y decapitado. Su obra "*De consolazione philsophiae*" serviría para transmitir sus ideas e intenciones a los siglos posteriores.

Los dos períodos de la escuela de Alejandría: 300 a 30 y 30 a 520.

Alejandro Magno ocupa el Alto y Bajo Egipto donde funda la ciudad de Alejandría (-331). A su muerte (-323), *Ptolomeo I Sóter*, historiador de las campañas alejandrinas, hereda Egipto, se proclama rey, funda la dinastía de los Ptolomeos y convierte la ciudad en la capital del reino; un experimento social tecnológico sin precedentes. Dos puertos, comunicarían las culturas egipcia, griega y persa. Su sucesor, *Ptolomeo II Filadelfo*, ordenaría la construcción del Museo, la Biblioteca de Alejandría y un observatorio astronómico. La biblioteca llegó a reunir más de 500.000 manuscritos. *Estrabón de Amasea* (64 a.n.e., 25 d.n.e.), cuya obra "*Geografía*" fue reproducida en 1469, describe el Museo como un foco científico-cultural, de encuentro entre comunidades, donde los sabios estudiaban e intercambiaban ideas (*). Durante el **helenismo** (cultura del Mediterráneo Oriental desde *Alejandro Magno* hasta la conquista romana) las "tiendas de escritura" se multiplicaron hasta alcanzar la eficiencia de verdaderas casas editoriales. Con la muerte de *Cleopatra VII* (69-30) el reino pasaría a formar parte y recibir la influencia dominante del Imperio Romano ya en decadencia... Hasta entonces, el helenismo alejandrino se había instituido depositario del saber histórico griego, materializado en un sin igual desarrollo, con una economía en expansión que duró casi diez siglos, hasta que fuera ahogado en sangre por la Iglesia y ocupado finalmente en el siglo VII por el Islam.

(*) **Griegos y alejandrinos** desarrollaron modelos geométricos del movimiento de las esferas, midieron con cierta exactitud las distancias entre algunas de ellas y sus tamaños relativos a la Tierra. Se conserva la obra de *Aristarco* "De los tamaños y la distancia del Sol y la Luna". *Hiparco* repitió las medidas de *Aristarco*, que publicó en un libro con el mismo título. *Posidonio* repitió algunas medidas, fue el primer geógrafo que viajó por el Mediterráneo, llegó a Galicia y pasó a Inglaterra. *Herófilo* y *Erasístrato* (siglo III a.n.e.) son citados como

médicos y cirujanos que experimentaron disecciones a cadáveres humanos. *Erasístrato* busca una explicación física de la respiración y **descubre una relación entre las circunvoluciones cerebrales y la inteligencia humana.**

Euclides (330-275), el matemático más conocido de todos los tiempos, discípulo de *Eudoxio*, escribe 13 libros ("Elementos"), síntesis de la geometría ("*Un punto es una línea que no tiene partes; una línea es una longitud sin anchura...*"). Construye un universo geométrico del que extrae cinco propiedades que presenta como **postulados** (*) La ordenación formal de los "Elementos" tuvo una gran influencia en la matemática posterior. El más sorprendente de sus libros sería el décimo, con definiciones que desde el Renacimiento lo sitúan como uno de los más innovadores, porque fija una forma de tratar las magnitudes inconmensurables. De Alejandría a Bagdad, hasta Córdoba y París, "Elementos" fue una obra fundamental para la formación en matemáticas de innumerables generaciones. *Hipsicles* (170 a.n.e.) e *Isidoro de Mileto* añadieron un 14 libro y un 15 a la obra de *Euclides*. Antes de *Euclides*, *Eudemo de Rodas*, discípulo de *Aristóteles*, había presentado una ordenación que permite la deducción de toda la matemática elemental de la época.

(*) Sus **postulados** son acciones o propiedades acerca de esos objetos que se consideran legítimas sin pruebas: 1) se puede trazar una recta desde un punto a otro; 2) se puede prolongar todo lo que se quiera una recta; 3) se puede trazar un círculo a partir de un punto convertido en centro; 4) todos los ángulos rectos son iguales, y; 5), el postulado más complejo: "si una recta al incidir sobre dos rectas hace los ángulos internos del mismo lado menores que dos rectos, las dos rectas prolongadas indefinidamente se encontrarán en el lado en el que están los ángulos menores de dos rectos".

Aristarco (320-250), que tuvo relación con la escuela de Alejandría a través de *Estratón de Lámpsaco*, sería acusado de impiedad al proponer un sistema sorprendente en su tiempo, influido por *Heráclides*, que *Arquímedes* denominó heliocentrismo, donde todos **los planetas giran alrededor del Sol** y la Luna alrededor de la Tierra, girando ésta sobre sí misma (un siglo antes, *Heráclides* habló de movimientos de la Tierra). *Aristarco* midió los tamaños relativos de la Tierra, la Luna y el Sol y las distancias de la Tierra a la Luna, en función del diámetro de la Tierra. Además, supuso que la esfera de las estrellas se encuentra tan alejada que su paralaje no se puede detectar desde la Tierra.

Estratón de Lámpsaco (315-270) Basado siempre en la física, explicaba que "todo tiene siempre su causa en la naturaleza".

Calímaco (310-240). Filósofo griego, compiló el primer catálogo histórico de todos los originales existentes en el mundo.

Arquímedes (287-212) pasó su tiempo entre la escuela de Alejandría y Siracusa dedicado a las matemáticas, la física y en especial la mecánica. Incendió barcos romanos con espejos. Construyó un planetario. Su obra "La esfera y el cilindro" contiene resuelto el valor correcto del volumen de la esfera y sus relaciones con el cilindro. Mencionó y acotó por primera vez el valor de π . Demostró las leyes de la palanca. Sentó las bases de la hidrostática

-“¡Eureka!”-. Escribió “Esferoides y conoides” y otra obra titulada “Espirales”. Hizo una estimación del tamaño del universo. Murió a manos de un soldado romano en Siracusa, mientras cavilaba ensimismado.

Ctesibio (285-222). Le debemos la invención de la bomba aspirante y la impelente. Modificó el principio de las clepsidras, reloj de agua egipcio. En otra ocasión -era barbero-, montando un sistema para subir y bajar un espejo con un contrapeso camuflado en un tubo, descubrió sonidos musicales; el aire comprimido silbaba, la naturaleza “material” del fenómeno no respondía a la idea que se tenía del “vacío”, y terminó construyendo un órgano hidráulico (*Hydor Aulós*). Fue constructor de numerosos ingenios mecánicos que describió *Marco Vitruvio*

Eratóstenes de Cirene (276-194) llegó a Alejandría llamado por *Ptolomeo III*. Ocupó el puesto de director de la Biblioteca del Museo. Multidisciplinar, sería conocido como astrónomo, historiador, filósofo, poeta, crítico teatral, matemático y geógrafo. Aplicando las matemáticas y su conocimiento del mundo funda la Geografía y realiza una proeza extraordinaria: midiendo con una varilla graduada la posición del Sol en dos lugares distintos, Syene y Alejandría, dedujo la longitud de la circunferencia terrestre, entre 39.654 y 44.352 Km.

Apolonio de Pérgamo (262-200), discípulo de *Arquímedes* en la escuela de Alejandría, impulsó el crecimiento de la matemática alejandrina. Se le reconoce como el tercer gran geómetra. En su obra de 8 libros, “Las secciones cónicas”, estudia las curvas generadas por la secciones de un cono, elipse, parábola e hipérbola, a las que dio estos nombres por primera vez. Su obra, junto a la obra de *Euclides*, fue muy utilizada en Europa durante los siglos XVI al XVIII. Desarrolló la teoría de las elipses, que aplicaría *Kepler* a la astronomía. Sugirió soluciones para explicar el cambio de brillo de los planetas, el cambio de tamaño del Sol y la diferencia de duración de las estaciones. Intentó explicar el movimiento retrógrado de los planetas.

Hiparco de Nicea (190-120) considerado por *Ptolomeo* como un maestro, “hombre inteligente y amante de la verdad”, propuso el sistema que desarrollaría *Ptolomeo* añadiendo a los epiciclos y la excéntrica un nuevo elemento, el “*ecuant*”, un punto distinto a su centro respecto al cual la órbita deferente se mueve con movimiento uniforme. La observación (en -134) de una *nova* en la constelación Escorpión le sirvió de estímulo para catalogar 850 estrellas (*), clasificadas en seis clases según su brillo; explicó la precesión de los equinoccios y propuso el valor de corrección correcto: 1/300 días anuales. Repitió las medidas de *Aristarco*, fundó la Trigonometría y superó la explicación de *Posidonio* sobre las mareas por la acción conjunta de la Luna y el Sol.

(*) En la Antigüedad se creía que las estrellas y las figuras de las constelaciones estaban inmóviles. Siglos después, a principios del XVIII, se descubriría que desde los tiempos de *Hiparco* algunas estrellas se habían desplazado respecto a las otras.

Filón de Bizancio (siglo II a.n.e.) escribió 8 volúmenes sobre mecánica, uno sobre las propiedades mecánicas del aire; inventó la cadena, el muelle, la catapulta repetitiva y un precursor del termómetro (termoscopio de aire)

Posidonio de Apamea (135-51), uno de los primeros en explicar las mareas por la acción conjunta del Sol y la Luna, obtuvo una distancia de la Tierra a la Luna de 29 1/2 diámetros terrestres, inferior al valor real. Introduce en Roma la filosofía de los estoicos, que daría base al comienzo experimental de un tipo de cultura superior.

La gran batalla entre la Física y la Teología

Materialismo e Idealismo aparecerían situados uno frente al otro en el tránsito de una a otra era... Comienza la gran batalla... En Roma, el poema "Sobre la naturaleza" de *Lucrecio* (60 a.n.e.), que narra el mundo como resultado de la fuerza ciega de la materia, ha convertido el pensamiento de los hombres cultos de la época: *Virgilio, Horacio, Tito Livio, Mecenas, Augusto*... La Escuela de Alejandría había desarrollado y llevado el legado griego hasta sus cimas más altas... Pero, mientras Roma se colapsa y las inquietudes afloran, los "setenta" traducen al griego la Biblia hebrea... Es entonces cuando aparece una desviación inesperada en la historia. *Filón de Alejandría*, armado con el primitivismo religioso de las gentes injustamente perseguidas, va a cargar ciegamente, manipulándolas, contra todo lo que tiene la Teología por adverso: las luces del pensamiento, las ciencias naturales y las corrientes paganas. Una acción que se verá además favorecida, cuando la Iglesia Católica accede desenfrenada al poder imperial mediante la conversión de *Constantino*... Roma y su Imperio de **Occidente** están a punto de caer (476)... Doce siglos después, la aplicación de los nuevos instrumentos, la mecánica y la química al desarrollo productivista en el feudalismo, ayudada con las traducciones del árabe, crearía las condiciones para la recuperación, por fin, de la física atomística, que divulgara *Lucrecio*... Contrariamente, los llamados Padres de la Iglesia, seguidores de *Filón*: *San Agustín, San Ambrosio, Santo Tomás, etcétera*..., se habrán venido ocupando durante la Edad Media de sumir en las tinieblas a una generación tras otra con la implantación de la escolástica (*) medieval, el pensamiento bíblico, "firme", "fijo", "único" al que se refiere la Biblia.

(*) "Había una cosa -escribe *Alejandro Herzen* (1812-1870)- a la que la **escolástica** (anfibio torpe, rugoso y seco) temía como al fuego: la originalidad del pensamiento. Despreciaba de tal modo la naturaleza que le era imposible ocuparse de ella... Es natural que en vez de las ciencias naturales, surgiera la astrología, la alquimia y la magia. El dualismo escolástico es la apoteosis del pensamiento abstracto, formal, la apoteosis de la personalidad egoísta. Tal concepción comunica a la Edad Media su carácter lúgubre, exaltado y oscurantista... es el mundo de la destrucción de todo lo inmediato, de la concepción cadavérica de la vida... Todos los aspectos de la vida de entonces se vieron envueltos progresivamente en la lucha entre el orden laico y el religioso" que ejecutó brutalmente, entre otras muchas, numerosísimas víctimas, a cultivadísimas gentes, como *Pedro Ramus, Giordano Bruno, Giulio C. Vanini* (1585-1619)...

Filón de Alejandría (25 a.n.e., 40 de n.e.). Hasta que fallece, la mayor parte de su tiempo la habrá dedicado, además de a poner en contacto las culturas griego-helénicas y el judaísmo, a inocularles su particular lectura de los escritos "revelados" (versión de los Setenta. Traducción de la Biblia hebrea al griego) que terminarán siendo para él "el camino real del conocimiento". *Filón* piensa que deben abdicar simultáneamente de su poder la filosofía e incluso la teología. Armado con el **neoplatonismo (*)** y la filosofía religiosa de los **neopitagóricos (**)**, que transmitirá a, los padres de la Iglesia (Patrística), se situará históricamente presto a cerrar el paso, cual *Santiago "matamoros"*, a la corriente precursora del materialismo atomista de *Leucipo, Demócrito, Epicuro, Lucrecio*.

Filón contribuirá obsesivamente a obstruir todo cauce de contacto con los pensadores que no tenga como único venero de información la Biblia, para él la única fuente de saber. Incluso *Pitágoras* y *Platón* no serán para él más que simples plaguarios del texto bíblico... Con esas miras centrará sus esfuerzos en la elaboración de una corriente de pensamiento sombría que va a predominar después con la ayuda, entre otros, de (***) *Constantino I, San Agustín, San Ambrosio, Carlomagno, Santo Tomás, etc.* El pensamiento de *Filón*, seguido de la patrística y la escolástica, se va a ver favorecido necesariamente, además y en general, por los efectos hirientes de la injusticia extendida por Roma sobre la masa ingente de colonos excluidos, gente empobrecida, legiones -escribe *Tácito (55-120)-* de "esclavos tratados peor que lo hacían los bárbaros" y pueblos militarmente sometidos y expoliados. *Filón* concibe la creación como algo que se da a partir de una materia concreta, principio de lo malo, causa en el ser del pecado que el hombre debe purificarse. Los efectos graves -pregona *Filón-* no han de ser temperados o educados, sino simplemente extirpados... A partir de aquí, no serán pocos los poetas y pensadores alejandrinos que utilizarán las formas helenísticas de la cultura para negar la autoridad de cualquier otra filosofía que no sea la de la Biblia, de modo que ésta terminará ejerciendo su autoridad además de en la vida cotidiana, en las corrientes sociológicas del feudalismo emergente y de la futura burguesía (****).

(*) **Neoplatonismo**: coincidiendo con la decadencia del Impero romano a partir del siglo III aparecería una corriente filosófica de carácter místico, ideológicamente emparentada con la aristocracia esclavista: una especie de teosofía urdida a partir de la doctrina idealista de *Platón*. Jugaría un papel primordial en la patrística cristiana y ejercería una gran influencia en la ideología del feudalismo e incluso en la sociedad musulmana. Recordemos que *Platón*, inspirador de las teorías idealistas, consideraba la esclavitud (de que fue víctima él) como premisa necesaria de un estado ideal. El neoplatonismo, pues, fundamento de la escolástica, preparará a la clase dominante para el gobierno y el sometimiento de las gentes (esclavos y siervos de la gleba), mediante el adiestramiento de la mente para el "ascenso -dice- a lo inteligente"...

(**) **Neopitagóricos**: mezcla de ascesis, huida del mundo, esperanza del más allá, mística, mántica y magia. Su dualismo separa el mundo de acá y el más allá, la carne y el espíritu, pureza e impureza. Dios está alejado del mundo, pero es dado encontrar un lazo de unión entre él y el mundo.

(***) **Constantino I** y **Teodosio I**, habrá que repetirlo, harían del cristianismo una religión de Estado que llevaría a la Iglesia a auto-delegarse para ejercer el poder espiritual sobre el orbe, lo que acarrearía tremendas consecuencias de atraso irreparable en la Historia universal... De encarrilar las ideas se encargaría **San Agustín** quien utilizaría "la luz eterna de la razón" para penetrar el idealismo neoplatónico, al socaire de la patrística convertida ya en un arma al servicio de la opresión y el oscurantismo que dominará en la Europa feudal con el auxilio de la escolástica. **San Ambrosio** (340-397), conocedor de la psicología cotidiana embaucaría con sus discursos: "Discutir sobre la naturaleza y la Tierra no nos ayuda a nuestra esperanza de la vida por venir". Siglos después, todavía, el cultivo cuidadoso de ese bagaje de ideas permitiría al Papado coronar a **Carlomagno**, brazo secular de la Iglesia, encargado de promover por la geografía europea una "nueva cultura" para asegurar la fe católica, que se extendería militarmente y mediante una red de escuelas regentadas por *escholastici*, maestros de la escolástica. **Tomás de Aquino** introduciría una ligera variante con el estilo de su Suma Teológica, que apoyado en el racionalismo contribuiría a crear al menos cierto interés por la ciencia, mientras hacía pasar por el filtro de la teología los textos de *Aristóteles*.

(****) **Patrística, escolástica, sociología, feudalismo y burguesía**. De entre los autores antiguos, el filósofo griego *Platón* es quien gozaría después -y no casualmente- de mayor reconocimiento entre los sociólogos burgueses... Al régimen esclavista ideado por *Platón* se le hace pasar por sociedad socialista. Por eso, la escolástica, su tesis acerca del sometimiento como virtud suprema de los súbditos y de la conciliación de clases bajo la hegemonía de los propietarios, se convertiría en la justificación teórica del Estado burgués. **Augusto Comte** en Inglaterra y **Herbert Spencer** (1820-1903) en Francia, filósofos burgueses idealistas con ligeras diferencias sociológicas, terminarían considerando a la sociedad capitalista como una categoría eterna. *Spencer* sostendría que "Las relaciones de explotación son eternas y naturales".

Plutarco (50-125), escritor griego, recoge las propuestas de *Aristarco*, *Cicerón* y *Nicetas* sobre la **rotación** de la Tierra sobre sí misma con la Luna rotando en su derredor y ambas girando alrededor del Sol y en lo alto las estrellas fijas. Adversario de los sistemas dogmáticos, explica que "la historia depende de causas materiales". Sostiene que la fundación del mundo fue realizada por la "materia" indiferenciada: "en nuestro mundo todo es mezcla, nada es puro". Es autor de "*Vidas Paralelas*".

Herón de Alejandría (siglo I) construye la primera máquina de vapor. Escribe "*Métrica*", con métodos para calcular áreas de figuras de 3 a 12 lados y volúmenes de figuras sólidas, y "*Pneumática*", sobre mecánica e hidráulica, que describe la construcción de máquinas de palanca y poleas. Trató de resolver diversos problemas mecánicos por medio de "robots", sistemas de sifón para la descarga de líquidos, válvulas para bombas. Concibió y describió más de setenta aparatos mecánicos. Sus obras fueron publicadas en latín mil quinientos años después: 1547.

Nicómaco de Gerasa (siglo I) escribe una introducción a la Aritmética, compendio que sería el texto más utilizado en la antigüedad y duraría hasta el Renacimiento, con la traducción que hiciera *Boecio*. Equivale por su

importancia a "*Elementos*" de *Euclides* para la geometría. En ella considera a los números como cantidades de objetos y no como longitudes de segmentos.

Ptolomeo, Claudio (90-168) expuso en sus 13 tomos del "*Almagesto*" todos los detalles aritméticos y geométricos de su sistema geocéntrico completo, los elementos de los epiciclos, excéntricos y el ecuante, que *Hiparco de Nicea* había desarrollado con círculos. Un sistema que requiere 34 esferas incluidas las de los epiciclos. Rechazó, de entre los saberes, físico, matemático y teológico, este último, por no ser observable ni entendible, y el físico porque no había un acuerdo claro entre los filósofos. Su sistema fue útil para astrónomos y navegantes durante más de catorce siglos. Su hipótesis acerca de la monotonía del cosmos se mantuvo activa casi hasta nuestra época.

Galeno de Pérgamo (130-200), griego de Pérgamo, dimensionó la medicina con estudios de filosofía, dialéctica y retórica en la escuela de Alejandría. Se interesó por la disección. Descubrió la decusación de las fibras de los músculos intercostales en los movimientos de respiración y el papel que desempeñan. Aristotélico, porque creía en el principio sanador de la naturaleza (*physis*), sostenía que la razón debía regir la existencia, y que el *páthos* o pasión, llevaba al desequilibrio. Demostró que los nervios partían del cerebro y que en ellos y en éste residía la causa de la sensibilidad. Completó sus observaciones anatómicas como cirujano de los gladiadores en Roma. Escribió cuatrocientos tratados de anatomía (sobrevivieron nueve), diecisiete de fisiología, seis de patología, catorce de terapéutica, treinta de farmacopea, diecisiete de pulso, etc., que publicó C. G. Kühn entre 1821 y 1833.

Teón de Alejandría (335-405), padre de **Hypatia**, último director del Museo, escritor de un comentario a "*Elementos*" de *Euclides* y otro al "*Almagesto*" de Ptolomeo, cultivó la astronomía matemática y escribió sobre *Apolonio* y *Diofantes*.

Hypatia (370-415), filósofa, matemática de primera magnitud, astrónoma y física, vivió en plena transición del mundo hacia el oscurantismo agresivo que dio comienzo con el ascenso del cristianismo a religión de Estado. Fue víctima de la acción organizada contra el saber... Parabolanos, huestes del obispo "santificado" *Cyrilo de Alejandría* (444)... la torturaron y asesinaron, despedazándola... El hecho se encargó de narrarlo *Juan de Nikio*, obispo de Egipto del siglo VIII. *Hypatia*, como mujer, ha sido considerada una primera víctima de la ciencia. Otro obispo, *Teófilo de Alejandría*, cumpliendo -se dice- un decreto de *Teodosio II*, ordenó poco después **incendiar la prestigiada Biblioteca...**

"Somos la única especie del planeta que ha inventado una memoria comunal que no está en nuestros genes, ni en nuestro cerebro. Se llama Biblioteca"... ¡La incendiaron!: "Fue como si toda la civilización hubiese sufrido una operación cerebral infligida por su propia mano, de modo que quedaron extinguidos irrevocablemente la mayoría de sus memorias, descubrimientos, ideas y pasiones. Es evidente que allí estaban las semillas del mundo moderno. Pero la ciencia y la cultura en general estaban reservadas para unos cuantos privilegiados. La vasta población no tenía la menor idea de los grandes avances que tenían lugar dentro de la Biblioteca con el concurso del trabajo y el progreso. Pero no fueron explicados ni popularizados". *Carl Eward Sagan* (1934-1996).

Hypatia (370 – 415)

Partidaria del racionalismo científico griego, se encontraba peligrosamente situada en una ciudad que estaba cayendo en manos del cristianismo fanático aireado desde Roma. *Hypatia*, que había viajado por Italia y Atenas, se negó a traicionar sus ideales y convertirse al cristianismo. Iniciada por su padre, *Teón de Alejandría*, había estudiado y conocía bien las diferentes religiones. Pero dedicó su vida a la enseñanza de las matemáticas, la astronomía y la filosofía. Al mismo tiempo, se enfrascó en la política de Alejandría, e hizo de su casa un centro cultural donde se discutía de cuestiones políticas, científicas y filosóficas...



Hesiquio el Hebreo la describió: “abriéndose paso en medio de la ciudad, explicando públicamente los escritos de los filósofos griegos, a todos los que quisieran escuchar”. Era reverenciada y admirada por la singular modestia de su mente, por su sabiduría y ecuanimidad. Se conservan cartas, de *Silesio de Cirene*, obispo de Tolemaica, recibidas por éste de la que fue su maestra, *Hypatia*, hablando de astronomía, filosofía, religión, matemáticas. *Hypatia* escribió sobre *Diofanto*, el llamado “padre del álgebra”. Desarrolló ecuaciones con soluciones múltiples. Trabajó con ecuaciones cuadráticas. Escribió un tratado *Sobre la geometría de las cónicas de Apolonio*, el padre de los epiciclos. Escribió libros de texto para sus alumnos. Se interesaba en la mecánica y la tecnología práctica, diseñó un astrolabio plano para medir la posición de los cuerpos celestes, calcular el tiempo y el signo ascendente del zodiaco. Desarrolló un aparato para destilar agua, un instrumento para medir el nivel del agua, y un hidrómetro graduado de latón para determinar la gravedad específica de los líquidos (densidad).

Coincidiendo con los últimos años del Imperio Romano, la caída de Roma y el acceso del cristianismo al poder (*Filón, Constantino, san Agustín, etc.*) empezaría a caer la noche sobre Alejandría. Con la difusión del cristianismo, el interés en la astrología, la magia y el misticismo sustituirían a la investigación científica. El pensamiento cristiano (“la religión de la paz que no ha llevado la paz a ninguna parte”, *Deschner*), que prometía libertad a los esclavos, se encargaría obsesivamente de obstruir todo cauce de contacto con los pensadores que no tuviera como único venero de información la Biblia, para ellos la única fuente de saber.

El rencor y la ignorancia del primitivismo cristiano sólo veían herejía y maldad en las ciencias naturales y en la filosofía e incluso en las matemáticas. “Los matemáticos -en Alejandría, escribe *Joseph McCabe* en “*Hypatia*”- debían ser destrozados por las bestias salvajes, o bien quemados vivos”... Y así sucedió; las luces del pensamiento empezaron a desaparecer perseguidas cuando no eliminadas con las personas, vehículos de cuanto la humanidad había descubierto. Hubo padres de la Iglesia que aprovecharon para resucitar las teorías sobre una tierra plana y un universo en forma de tabernáculo... *Cyrilo*, obispo de Alejandría, dedicó su tiempo a librar a la ciudad del “peligro hereje”; pitagóricos, platónicos y neoplatónicos. Creó el clima político que hizo posibles hechos tan atroces como el asesinato de *Hypatia*. *Edward Gibbon* sostiene que *Cyrilo* estaba tan celoso de la influencia inteligente y la popularidad de *Hypatia* que “alentó, o aceptó, el sacrificio de una mujer, que profesaba la religión de los griegos”. Los asesinos eran parabolanos, monjes fanáticos de la iglesia de *Cyrilo*, probablemente ayudados por monjes nitrios. *Gibbon* piensa que la turba estaba enloquecida por el ayuno de la cuaresma.

Según *Sócrates Escolástico* (380-450), cuando *Hypatia* se dirigía a su trabajo en la Biblioteca, “la arrancaron de su carruaje, la dejaron totalmente desnuda; le tasajearon la piel y las carnes con caracoles afilados, hasta que el aliento dejó su cuerpo”, y la quemaron. La ferocidad de su asesinato marcó el final de la enseñanza de la escuela griega en Alejandría y en todo el Imperio romano. *Hypatia*, que fue odiada porque predicaba ideas de paz, simboliza el fin de la ciencia antigua. Después sólo existieron la barbarie y el caos de los más de mil años del oscurantismo.

Perseguidos el pensamiento pagano y sus gentes, su cultura y sus libros....

... pasarían ¡1.000 años! hasta la aparición de pioneros como *Miguel Angel, Leonardo, Durero, Bacon, Kepler, Copérnico, Galileo, Bruno*, etc. Destruída la Biblioteca (*), no volveríamos a ver a los nuevos instrumentos de la cultura, el pensamiento, el arte y la ciencia presionando en pleno escenario de la historia; conformando las primeras luces del Renacimiento, la centralidad humana, que serían el preludio de la Revolución Industrial, es decir: los elementos que permitirían, con la mediación islámica, restablecer el interés por la física y por muchas de las técnicas procedentes de Oriente Medio y superar el tremendo e insondable vacío cultural abierto por la religión dominante: la corriente de pensamiento que había apostado por un oscurantismo cavernícola en detrimento del progreso humano... Habrían tenido que pasar 1.500 años para volver a hablar de la máquina de vapor que inventara *Herón de Alejandría* y siglos para ir recuperando las teorías existentes sobre la esfericidad de la Tierra, los movimientos planetarios, los conocimientos de *Arquímedes, Euclides*, el heliocentrismo, la pristina idea del átomo, etc.

Pappus (Papo) de Alejandría (n. 290), el último gran geómetra, creó una obra de 8 volúmenes sobre las propiedades de los *centroides* de figuras. Su papel en los fundamentos de la Geometría Proyectiva no fue reconocido hasta dieciséis siglos después. *Proclo* lo menciona en sus escritos como el que encabeza la Escuela de Alejandría, donde vivió siempre. Contribuyó esforzadamente como pocos a dar a conocer a otros autores griegos.

Diofanto de Alejandría (siglos III, IV) escribe "Aritmética", el primer tratado de álgebra con resoluciones de 3º grado. Traducido al árabe en el siglo VII influyó en *Al Karismi*, que introdujo el álgebra en Europa.

Proclo (412-485) Director de la Academia de Alejandría, filósofo neoplatónico, considerado el primer escolástico, formula el neoplatonismo como una filosofía de la identidad, que primero es reposo en sí, luego evoluciona hacia lo múltiple, para finalmente retornar al punto de partida, una especie en fin de panlogismo al modo de *Georg Wilhelm Friedrich Hegel* (1770-1831). Comenta las obras de *Euclides*, influyendo en los matemáticos de los siglos XVI y XVII.

Una vez agotada la edad floreciente del período helenístico que representó Alejandría

...a la que habrían dado impulso, salvo excepciones, figuras tan relevantes como las anteriormente enunciadas, el interés por el conocimiento de las ciencias naturales y la física en particular, privativo de la herencia griega quedaría hibernado ¡durante más de mil años!... Ahora, la preocupación mayor de los flamantes mitrados del nuevo cristianismo, romanos y alejandrinos hasta ayer clamando contra el mal trato a los primeros cristianos, helenos y hebreos y luego romanos, sería volver su mirada hacia las cotas de poder recién estrenadas con la conversión de *Constantino*, y alentar y dirigir las

persecuciones, ora contra judíos, "herejes" y paganos, ora contra todo estorbo al interés político-religioso de fortalecer y enriquecer la Iglesia. *Constantino*, en sus manifiestos, ha reiterado su vocación de "salvar a la humanidad de la peste de la tiranía anticristiana"... "Estoy entregado a este servicio de Dios... he exaltado todo el orbe terrestre mediante la esperanza de la salvación... los ejércitos se han reunido para el juicio de Dios... serán invencibles porque marcha con este ejército ese hombre fuerte llamado Jesús, cuyas armas llevan todas las legiones del imperio". Se dejó influir –se dice- durante dos decenios por las jerarquías cristianas, que trataban a los paganos como "gentes sin moral". Pero la personalidad de *Constantino* no era un secreto, había promulgado un edicto "contra herejes de toda laya". Bien es verdad que los obispos tampoco eran mancos: cuenta *Eusebio de Cesarea* (275-339) que habían asegurado al emperador "que tomarían parte de muy buen grado en las expediciones, sin retroceder jamás ante el enemigo y colaborarían a la victoria con sus más fervorosas oraciones". Él y ellos hicieron la Iglesia del Estado. *Claude A. Helvecio* (1715-1771) escribiría: "el catolicismo propugnó siempre la violencia, el expolio y el homicidio". *Teófanos* (758-817), en su cronografía difundida en plena Edad Media, hace constar que "el piadoso *Constantino* se había formado el propósito de destruir las imágenes de sus ídolos y sus templos, de tal manera que los mismos desaparecieran de muchos lugares y todas sus rentas fueran designadas a las iglesias del señor".

Luego estaba el grupo en cabeza: los padres de la Iglesia que van a dar forma a la denominada **patrística**, una orientación religiosa que se verá influida con intensidad creciente, de un lado, por las ideas procelosas del ya citado *Filón* y, de otro, por la repercusión indecible de la gran alianza histórica: Iglesia-Papas-Poder imperial..., hechos en suma que van a dar lugar, con la persecución sistemática del pensamiento pagano, a la oscura e interminable noche medieval. De un *San Pablo*, oiremos decir: "Está escrito, arruinaré la sabiduría de los sabios, y anularé la inteligencia de los inteligentes". Proclama aviesamente que la inteligencia es un peligro y lo hace con el fin de dejar el conocimiento indefenso, abandonado en manos del instinto y la fe... Allanado el camino a la Iglesia, la teología dominará sobre las demás disciplinas intelectuales. La Filosofía natural, doblegada por el cristianismo, al pasar a centrar la atención sobre la naturaleza de Dios y su relación con el hombre y asignar como única autoridad del saber las Sagradas Escrituras, introduciría una variante completamente nueva en la materia objeto de estudio, sobre todo al imponer la Filosofía moral sobre la Filosofía natural, confiriendo así a la primera una especie de rango intelectual, que no pretende otra cosa sino que obediencia ciega.

Del año 200 al 1200, Europa bajo dependencia de la Teología.

Los primeros contactos entre los autores cristianos latinos y alejandrinos y el pensamiento griego serán ambivalentes: *Clemente de Alejandría* (150-215), doctor de la Iglesia, dice que los que gustan de las marchas militares "tienen cerebro por un error de la naturaleza". Pero no entendería -comenta *Plutarco*- que hubiera gente tan sensible que pudieran sentirse "fascinados

ante el ciclo de la vida de las plantas"... *Tertuliano* (155-222), romano, para quien la ciencia y la fe están en oposición, rechaza la filosofía y las ciencias naturales de origen griego. *Orígenes* (185-254), exegeta y teólogo de la Escuela de Alejandría, condenado y ejecutado por sus ideas sobre la creación sin principio, sería más abiertamente receptivo: compara "avergonzado" las ideas humanas y razonables de los sabios griegos frente a los pasajes bélicos de la Biblia... *Lactancio* (250-325), rendido filósofo evolutivo de la patrística, que vivió desterrado grandes penurias, se olvida pronto de sus prédicas, para disfrutar a partir del año 313, "entre la espada y la cruz", como favorito de *Constantino*. Nada parecido serían los casos de *Basilio de Cesárea* (329-379), padre de la Iglesia griega, que acepta sin más el modelo cosmológico de los cielos esféricos con la Tierra en el centro, y menos aún por supuesto el del famoso *San Agustín*, padre consagrado de la patrística, que ve la mano de Dios en las condiciones histórico-sociales que ha creado *Constantino* para imponer a golpe de maza y rosario sus viejas salmodias a los paganos. Recordemos que la "doctrina" desarrollada por *San Agustín*, sucedánea de las ciencias naturales, se basa en la perversa simplonería de que "el mal se da en el mundo para que el malo sea castigado o para que se enmiende, y para que el bueno se ejercite". Ciertamente *Boecio* estaba de acuerdo con él, y estamos hablando de un hombre en el que se dice que enlazan las trascendentales discusiones en torno a la teodicea desde *Platón* hasta *Leibniz*...

Agustín de Hipona (354-430), de azarosa vida, profesa el maniqueísmo, se convierte al cristianismo en 387 y llega a obispo en 395. Reaccionario como ninguno, de fuerte influencia neoplatónica, para quien el ejercicio de la observación supondría la peor de las enfermedades, afirma osadamente que el tiempo mismo fue creado por Dios. Con él, la idea de los dos mundos: terrestre, imperfecto, y celeste, divino con los planetas y los astros circulando según el modelo de *Ptolomeo*, sentará las bases del "*cristianismo agustinista*" y de su mística: la luz eterna de la razón..., todo brillantemente inmutable, como el orden establecido, como las clases sociales..., que serán la clave matemática de su filosofía enjundiosa, la **patrística** (*) de los padres de la Iglesia dominante en la Europa medieval de *Carlomagno* y la **escolástica** (**) hasta el Renacimiento y la ulterior aparición de *Tomás de Aquino*. *San Agustín* explica que la materia es el sustrato de todo ser. La materia es lo no formado, vehículo de la forma. Todo lo hecho, pues, en la materia está en la categoría de cambio, del proceso, y por tanto del tiempo. Por ello "la eternidad -escribe- es algo enteramente distinto del tiempo".

(*) **De la patrística a la escolástica medieval.** Se están agotando las escasas respuestas prácticas de las escuelas monacales. La encrucijada de caminos comunica y revierte costumbres, tradiciones y técnicas productivas desde los cuatro puntos cardinales europeos, con la ingente suma de pueblos en marcha. Los pensamientos bíblicos de los padres de la Iglesia encharcados en el platonismo y neoplatonismo van a ir quedando obligatoriamente relegados, sin grandes cambios a la vista, porque la filosofía aristotélica tampoco goza de mucha confianza entre la legión de maestros con sotana. Sin embargo, a partir

de ahora una versión religiosa del aristotelismo avanzará más y más hacia el primer plano, hasta dominar toda la escena en la escolástica.

(**) A partir del siglo VIII, la filosofía medieval dominante, la **Escolástica**, tendría como objetivo fundamental sistematizar en la enseñanza la concepción cristiana medieval neoplatónica del mundo, mediante términos oscuramente aristotélicos, de lo que se ocuparía posteriormente con especial interés *Tomás de Aquino*. Base de las escuelas sería la enseñanza de las "siete artes liberales".

Boecio, *Ancio Severino* (470-524), "el último romano", traduce al latín la obra de *Euclides*, la aritmética de *Nicomaco* y la lógica de *Aristóteles*. Agustínista, por antonomasia, busca no obstante concordancia esencial entre los escritos de *Platón* y *Aristóteles*. *Teodorico* (454-526) lo toma preso y al cabo de un largo encarcelamiento ordena decapitarlo.

Casiodoro (490-585), basado en la obra de su amigo *Boecio*, estructura en cuatro tomos los estudios romanos de las Artes liberales, que serían la base elemental de los estudios, en general, para la escuela cristiana desde el comienzo de la Edad Media. Pasados más de mil doscientos largos años (1862), *J. V. Bastus* (1792-1873) publicaría, entre otros libros, "El trivio y el Cuadrivio ó La nueva enciclopedia, el cómo, cuándo y la razón de las cosas": Trivio: conjunto de las tres Artes liberales relativas a la elocuencia: Gramática, Retórica y Dialéctica. Cuadrivio: conjunto de las cuatro Artes matemáticas: Aritmética, Música, Geometría y Astronomía.

En la Baja Edad Media, rondaría por Europa una teoría tenida por "peligrosa" iniciada por *Juan Filopón* e introducida por los árabes.

Sería un gran paso, aunque corto todavía, pero seguro, en línea hacia la fundamentación del pensamiento científico: inercia, gravitación, movimiento, eternidad, infinitud, conservación, continuidad..., todo estaría contenido en una sola palabra: **impetus**... *Filopón*, recordándonos a *Epicuro*, admite la posibilidad de un movimiento natural en el **vacío** y pone en cuestión a *Aristóteles* y en particular su explicación del **movimiento** (*Primum Mobile*), que trata de sustituir con su propuesta del **impetus** o movimiento propio de la materia, "por sí misma": "Lo que permite al cuerpo mantenerse en movimiento sin acciones externas, algo inherente, comunicado o adquirido por el hecho mismo de moverse". Por fin, un numeroso grupo aunque disperso pero coherente, de estudiosos de la física, partidarios de la teoría del *impetus*, se atrevían a prescindir de los "motores angélicos"; empezaban a reconocerse críticos, y a relacionar los conceptos de **espacio**, **tiempo**, **velocidad**, **aceleración y fuerza** con un significado **objetivo**.

Filopón, *Juan* (490-566), de referencia filósofo aristotélico, admite la posibilidad de un movimiento natural en el **vacío**. Corrige la idea de *Aristóteles* que no ve finita la velocidad de los cuerpos... Afirma que la velocidad de un proyectil es "proporcional al impulso recibido" y va perdiendo velocidad por la resistencia del medio. Esta idea, sorprendente en su tiempo, recogida por los árabes aparecería al final de la Edad Media sostenida por los autores de la "**Escuela del impetus**".

San Isidoro de Sevilla (560-636) se ocuparía de temas ya con cierto interés por la aritmética y la geometría, e ideas generales sobre la estructura del universo, los tamaños relativos del Sol, la Luna y la Tierra, explicación de eclipses, etc. La concepción de la filosofía como "servienta de la teología" iría lentamente dando paso a posiciones críticas.

Beda el Venerable (672-735), inglés, basado en los cuatro elementos, niega el quinto aristotélico (la quintaesencia, el *éter*) que para él no es otra cosa que un fuego sutil. Sin embargo, sigue pensando que todo, junto con la luz y el alma, son obra divina, creada de la nada (*ex nihilo*).

Alcuino de York (735-804), monje inglés adelantado, es llamado por *Carlomagno* cuando se hace patente la desgana y el atraso en la docencia para "sacar de la modorra a los monjes". Y utiliza textos de los críticos *Plinio*, *Boecio*, *Isidoro* y *Beda*. Su discípulo *Rabanus Maurus*, continúa la obra...

Erigena, J. Escoto (830-888), irlandés, afincado en Francia, pretende conciliar el emanantismo neoplatónico con el cristianismo, idea que sería condenada por la Iglesia por sus connotaciones panteístas. Escribe: "Sobre la división de la naturaleza". Su traducción de las obras de *Dionisio Aeropagita* (siglo I) significó la entrada del Neoplatonismo en la Escolástica.

Gerbert de Aurillac (945-1003), papa *Silvestre II*, se traslada a España (monasterio de Ripoll) para tomar contacto con la ciencia árabe, más avanzada aquí que la europea... Escribe un libro sobre matemáticas, geometría y astronomía, inspirado en *Euclides*, *Pitágoras* y *Ptolomeo*, que serviría para formar regentes de escuelas catedralicias.

Abelardo de Bath, Pedro (1079-1142), de tendencia platónica, pero defensor apasionado de la autonomía de la ciencia frente a la autoridad, habla de un orden natural autónomo como fundamento de la ciencia, dando a suponer que las trayectorias de los astros obedecen a leyes matemáticas, y escribe: "Os dejáis llevar por la autoridad como animales que no saben adónde les llevan ni por qué". Se propuso ahondar racionalmente en los contenidos de la fe, enfrentando, sólo dialécticamente claro está, las distintas versiones sobre un mismo asunto. La Iglesia condenó sus concepciones.

Thierry de Chartres (1100-1150) separa el estudio de la naturaleza del de la teología y se interesa por la ciencia árabe. Toda la explicación del universo pasa a depender de las matemáticas.

Lombardo, Pedro (1100-1160), sin dejar de reconocer la intervención divina, admite la secuencia normal de causa y efecto y fundamenta el conocimiento racional de la naturaleza, dando autonomía a la filosofía natural.

Guillermo de Conches (1100-1154), defiende la autonomía y una especie de atomismo en el que los cuatro elementos son configuraciones. Con *Abelardo* representa la primera tendencia naturalista de la Edad Media, aunque platónica. Con él la separación con la teología se empieza a hacer evidente. Aparece más claramente un conocimiento natural cercano a la filosofía y la ciencia, la doctrina aristotélica empieza a chocar con la doctrina cristiana, por ejemplo, en la consideración del cosmos como necesario y eterno, frente a la fe, que lo considera contingente y creado. Pero contribuye a mantener vivas las

controversias de la unidad de la tierra y los cielos, el carácter natural o divino de los astros, la finitud o infinitud del tiempo y el espacio.

Bernardo de Chartres (1114-1124), "el primero entre los platónicos del siglo XII", sostiene que las ideas no están en las cosas, sino las imágenes de las ideas, las formas esenciales que configuran la materia. Las ideas no son eternas. El problema empezaría cuando las ideas platónicas fueron transportadas a la mente de Dios. La escuela de *Chartres* significa un eslabón en la línea idealista que va de *Platón* a *Hegel*.

Gerardo de Cremona (1114-1187), que acudió en 1135 a Toledo para tener acceso al "Almagesto", está considerado uno de los tres más prolíficos traductores de la Edad Media. Tradujo del árabe al latín el "Almagesto". Dio carácter a la segunda mitad del XII, con sus traducciones de más de ochenta obras de astronomía, matemáticas, medicina y otras ciencias vertidas del árabe al griego y al latín. Es famoso por una traducción errónea: tradujo "números irracionales" en vez de "incommensurables", error que se difundió hasta nuestros días y por eso, se le llama así al conjunto de los números irracionales.

Leonardo de Pisa (1170-1240) sería considerado el matemático más influyente de la Edad Media. Frente a él, la corriente aristotélica y su poco aprecio por las matemáticas pretenderían hacer ver que éstas no formaban parte de la filosofía natural, ya que sólo trataban de los aspectos medibles y cuantificables de los cuerpos, y no de los cuerpos en sí.

La filosofía natural y las matemáticas

Conforme se van descubriendo y sustituyendo a duras penas a partir del siglo XIII las ideas influenciadas por la corriente platónica, se agudiza el debate crítico sobre la relación entre la filosofía natural y las matemáticas. La corriente aristotélica acusaba a las matemáticas de tratar sólo aspectos relativos a la cantidad de las cosas. Esa visión sería un obstáculo para el avance de la ciencia y las técnicas industriales, contribuiría a postergar el estudio de la naturaleza que se estancaría en el modelo geocéntrico con su mundo sublunar sujeto al cambio y la corrupción, y el *supralunar, incambiable e incorruptible*, formado todavía por esferas concéntricas sujetas al movimiento circular... La lucha desigual llevó a muchos filósofos a abandonar la observación. No fueron pocos los que buscaron la ciencia en los textos de los autores antiguos e idealista. El propio *Aquino* fue víctima de estas ideas, cayó en la creencia de que la abstracción de las matemáticas situaba a éstas fuera de la verdad de la ciencia, por lo que no las consideraba como verdaderas ciencias. Tendrían que ser las aplicaciones prácticas de la Geometría y la Aritmética las que harían posible, con el avance de la Física -la mecánica-, el desarrollo de las matemáticas. Pero habrá que esperar aún varios siglos para encontrar nuevas aportaciones en estas disciplinas, que vendrán sobre todo con las traducciones del árabe al latín, anuncio ya de la próxima revolución científica del Renacimiento. Será entonces cuando, con cierta exigencia, se cobre conciencia del primitivismo intelectual impuesto en la Edad Media por la Iglesia, y la filosofía basada en el estudio de la naturaleza comience a sustituir a la nefasta escolástica.

Grosseteste, Roberto (1175-1253), filósofo, físico, versado en matemáticas y óptica, crítico con *Aristóteles*, supera la escolástica, cultiva la herencia de *Chartres* y, como rector de la universidad inglesa, enseña los conocimientos de las ciencias naturales de los árabes, dando impulso a la

física y las matemáticas. Traduce por primera vez directamente del griego la *"Ética a Nicómaco"*. Define la **luz** como una sustancia hecha cuerpo, que se haya entre la realidad y la idealidad. La luz era para él el primer principio efectivo del movimiento por el que llegaban a ser o "devenían" todas las cosas naturales. "La luz se expande de por sí por todos los lados, de forma que de cualquier punto de luz se **genera una esfera**"... Piensa que "es una **fuerza que de por sí se multiplica e irradia**". La luz -viene a decir, pensando que materia y luz eran dos entidades distintas- atrae a sí y se "une" con la materia prima creada de la que no puede separarse y se expande en infinitud de rayos... de donde surgen los cuerpos, el mundo y los mundos...

Mientras tanto, el tránsito lento de la esclavitud al feudalismo,

....favorecido por las sublevaciones y la aplicación de nuevos conocimientos, técnicas e instrumentos (llegados, vía de los árabes: **arado de vertedera, arneses, herradura, fertilizantes, molino, brújula, tornillo sin fin, polea, palanca, manivela**, etc.)..., está creando una nueva e importante riqueza, surgida a costa del trabajo campesino esclavizado, del desarrollo de la agricultura, el artesanazgo y el comercio medievales. Una nueva e importante riqueza, sí; pero que terminaría siendo despóticamente utilizada por la clase dominante, mano a mano con la Iglesia, para organizar las sangrientas Cruzadas (entre 1095 y 1270), consolidar la red de monasterios y escuelas cristianas sobre todo de la baja Edad Media, fortalecer su poder e ir construyendo entre los siglos XI y XIII, ya con la aparición de la **burguesía** y sus ciudades urbanizadas, las nuevas catedrales monumentales -señas de un poder necesitado de símbolos apabullantes-, y las fastuosas Universidades (*) donde hasta el mismo *Aristóteles* era peligroso (**), formadoras de expertos pedagógicamente adiestrados para la administración y el control político-social y económico de la población.

(*) **Las Universidades** (*universitas magistrorum scholarium*, al estilo gremial), en la Europa de la Edad Media nacen a partir de las escuelas establecidas en los monasterios y las catedrales: París 1150 y 1170 (condenada en 1215 y 1277 por ciertas tesis aristotélicas que ponían en evidencia a Dios) Siguieron en rápida sucesión, Bolonia (1150), Orleáns (1200), Oxford (1209), Padua y Montpellier (1220), Nápoles (1224), Cambridge (1225) Toulouse (1229), Palencia y Salamanca (1242), Valladolid (1260), Sevilla (1254), Praga (1348), Viena (1365), Heidelberg (1386), Colonia (1388), Erfurt (1389), Palermo... Hasta el siglo XIII, están centradas en la Teología de la que la Filosofía se consideraba sierva. Hasta ese siglo la influencia mayor fue la platónica, a través de las obras de *San Basilio* y *San Agustín*. A partir de entonces las traducciones romanas al latín convierten a *Aristóteles* en el filósofo truco por antonomasia. Las Universidades se establecen en general para la preparación teológica de los clérigos y juristas del nuevo orden, y dar cierto aire culto a la clase dominante, de lo que se encargaría una legión de dominicos y franciscanos que entendían la ciencia lo más como experimentación, pero sin práctica alguna, donde la poca **física** que se estudiaba era cuidadosamente pasada por el filtro de la Teología.

(**) **Aristóteles era peligroso**: En 1210 un concilio provincial en París prohibía los escritos de *Aristóteles* sobre filosofía natural. En 1215 *Inocencio III* ratifica

esta prohibición e incluye la "Metafísica". Seguidamente se darían otras prohibiciones: 1231, 1245, 1263 y sucesivas.

Alberto Magno (1193-1280), el "Doctor universalis", dominico, rechaza el determinismo implícito en *Aristóteles*. Se pregunta: "¿Existen muchos mundos o existe un único mundo? Ésta es una de las más nobles y elevadas cuestiones planteadas en el estudio de la Naturaleza". Distingue entre filosofía (ciencia) basada en la razón, y la teología basada en la revelación. Defiende la observación, como fuente del saber. Comenta temas de física, biología, psicología, ética, política y astronomía, con obras extensas sobre zoología y botánica. Mientras se orienta hacia una síntesis de los pensamientos platónico y aristotélico, sostiene que "la física tiene su consistencia propia y que a la teología no le corresponde inspirar sus conclusiones".

Bacon, Roger (1214-1294) rompe los moldes en uso y no escatima la crítica, siendo uno de los primeros filósofos defensores del método científico. Llama ignorante a *Alberto Magno*. Recluido en prisión durante 14 años sale poco antes de su muerte. Sostiene que "todas las categorías dependen de un conocimiento de la cantidad que estudian las **matemáticas** y, por tanto, toda la excelencia de la lógica depende de las matemáticas". Pero él prefirió abrirse paso mediante la reflexión con preguntas y respuestas entre profesores y maestros. Entre las preguntas eran relevantes los ejemplos sobre si el universo ha existido desde toda la eternidad, cuestión controvertida ya que *Aristóteles* sostenía la eternidad, mientras que la doctrina cristiana implicaba un comienzo en el tiempo... Se planteaba si existían otros mundos y si el mundo era finito o infinito; si la materia del cielo era la misma que la de la tierra; si las esferas eran o no incorruptibles; si la Tierra era el centro del universo; si el éter del vacío influía en la velocidad de los cuerpos..., pero todo sobre bases meramente teóricas e hipotéticas, sin buscarse una confirmación con la experiencia y, mucho menos, con la realidad más inmediata, donde resaltaba el atraso y el hambre entre el campesinado, producto de la dependencia completa, en particular del campesinado, sometido a condiciones inicuas de vida. Mientras tanto, sordos a las demandas de justicia y libertad de las gentes, grupos muy selectivos se siguen haciendo preguntas sobre si Dios pudo haber creado otros mundos o un espacio **vacío**...

Alienación sistemática

Hasta mediados del siglo XIII los escolásticos no habrían pasado en sus aulas de asimilar las elucubraciones neoplatónicas y las lecciones doctrinarias especialmente elaboradas por los padres de la Iglesia; recordemos si no la prueba del entendimiento *anselmiano* (*Anselmo*: 1033-1109: formado por *San Agustín*, constructor anticipado de la escolástica). Las obras mismas de *Aristóteles* y qué decir del resto de los autores griegos y alejandrinos, eran completamente ignoradas. Lo que unos cuantos más afortunados podían conocer les llegaba indirectamente a través de la filosofía árabe y judía, que ofrecía cribado y quebrado el pensamiento traducido del griego al sirio; del sirio al árabe; del árabe al latín, pasando por el castellano antiguo. Con el paso del tiempo, las traducciones directas significarían un avance gigantesco.

San Buenaventura (1221-1274) piensa que el concepto de una creación eterna es en sí mismo **contradictorio**. Todo lo creado contiene "materia"; también el alma. Materia es para él simplemente "potencia". Enseña que de la experiencia obtenemos las verdades sobre las cosas, salvo las del orden superior, que sólo se pueden alcanzar -dice- por iluminación divina.

Tomás de Aquino (1225-1274), *Santo Tomás*, discípulo de *Alberto Magno*, hace una síntesis de la filosofía y la teología, diferenciando la revelación de la razón. Se especializa en la "cristianización" de *Aristóteles*, su lógica y su "Primum Mobile". Siendo cierto que el *tomismo* sirvió para despertar algún interés por la ciencia y la técnica, su torticero propósito de aplicar la primera a la búsqueda de Dios estancó a tal extremo el avance de las aplicaciones técnicas, como se hizo notar, que encontró pronto sus primeros detractores en Oxford, París e Italia (*). *Aquino* suscribe la afirmación de *Aristóteles*: "todo hombre anhela por naturaleza el saber". Él lo asume en relación con la ciencia. Pero cierra su acceso, levantando murallas que van a cerrar los caminos al avance, aunque ya indetenible del concimiento: "Se ha de rechazar como falso -proclama- lo que en las ciencias entra en contradicción con la teología"... Adelantándose a *Berkeley* se pregunta si no será puramente subjetivo el mundo total de los objetos. Curiosamente sitúa en Dios una auténtica coincidencia de **los opuestos**. Aclara que los universales en cuanto tales, sólo están en la mente. Potencia, para él, significa lo posible. Está de acuerdo con la objeción que hiciera *Aristóteles* a *Platón*: "sólo con ideas no se levanta una casa".

(*) Miembros del *M.College* de Oxford y otras universidades -dice *H. Butterfield* (1900-1979)- : "osaron poner en duda el pensamiento aristotélico, la explicación del movimiento y trataron de implantar la doctrina del *impetus*".

Guillermo de Ockham (1280-1349), nominalista, coincide con la corriente averroísta que cultiva la filosofía y trata sólo tangencialmente las cuestiones teológicas. Apoya la creciente autonomía con respecto al Vaticano que aspira a dominar el mundo, por lo que sería condenada la Universidad de París. "La navaja de Ockham" establece un principio sui géneris de economía de pensamiento: la solución más sencilla es la correcta.

Nicolás de Oresme (1325-1382) pionero en la práctica de demostrar las leyes del movimiento en forma de gráficos, afirmó que la Tierra es la que se mueve y no los cuerpos celestes.... Apoyó la teoría del **impetus** de *J Buridan* (una calidad recibida que mantiene los cuerpos en movimiento). Descubrió la curvatura de la luz a través de la refracción atmosférica, antes que *R. Hooke*.

Del método analítico experimental al método metafísico de pensar.

Por primera vez en los siglos XIV y XV se había incluido el movimiento terrestre y celeste en un mismo sistema mecánico y se había rechazado el que los cuerpos celestes estuvieran animados... Se había empezado a cuestionar el modelo cosmológico y la autoridad absoluta de *Aristóteles* respecto a las

cuestiones sobre las ciencias naturales. Al finalizar la Edad Media, estas críticas estaban preparando el camino a la revolución del **Renacimiento**. El progreso de la producción había ofrecido una gran cantidad de nuevos materiales y hechos científicos en el dominio de los fenómenos mecánicos. En las ciencias naturales, el método analítico-experimental había adquirido una gran difusión... Pero, a causa de su difusión tomó cuerpo la opinión falsa de que la descomposición de la naturaleza en sus componentes, la investigación de los fenómenos y objetos aislados, al margen de su conexión natural e histórica es el procedimiento único universal de investigación científica, es decir, la base correcta de la teoría del conocimiento... Arraigó la costumbre, escribe *Federico Engels*, de "concebir las cosas y los fenómenos aisladamente, sustraídos a la gran concatenación general, por lo tanto, no en su movimiento, sino en su inmovilidad; no como sustancialmente variables, sino como consistencias fijas; no en su vida, sino en su muerte. Por eso, este método de concebir, al trasplantarse, con *Bacon* y *John Locke* (1572-1637), de las ciencias naturales a la filosofía, provocó la estrechez específica característica de estos últimos siglos, es decir, el modo metafísico de pensar", que dejaría paso a mitad del XIX al **materialismo dialéctico**.

Cusa, *Nicolás de* (1401-1464), cardenal en Salamanca, consideró la Tierra como un cuerpo cualquiera, con movimiento de rotación sobre sí misma, y anticipó que el movimiento del universo no tiene por qué estar centrado en la Tierra. En su obra "Sobre la sabia ignorancia", afirma que el verdadero sabio es el que es consciente de su propia ignorancia.

Soto, *Domingo de* (1491-1560), dominico en Salamanca, propuso en 1551 que el movimiento de caída de los cuerpos es uniformemente acelerado, y se adelantó a *Galileo* sugiriendo que los espacios recorridos son proporcionales a los tiempos al cuadrado. Comentó la física de *Aristóteles*. Preocupado por los indios americanos, participó en la disputa abierta (1550) entre *Sepúlveda* y *Las Casas*.

Paracelso, *Theophrastus B. von Hohenheim* (1493-1541), familiarizado con las prácticas metalúrgicas y alquímicas, doctorado en medicina en Ferrara, amigo de *Erasmus* dirigió un violento ataque a la medicina académica basada en *Hipócrates* y en *Galeno*. Fue considerado tanto un reformador de la medicina como de la religión. Sostenía que la medicina debía captar los secretos de la naturaleza y descubrir a través de la observación personal cómo aplicarlos a la medicina. En 1528 tuvo que irse de Basilea perseguido por los que veían un enemigo en el contenido de sus enseñanzas.

Hacia los siglos XIV y XV surgirían voces críticas a la doctrina de la filosofía aristotélica,

... centradas en dos temas. Por un lado, estaba la cuestión de las órbitas de los planetas, el modelo cosmológico concéntrico de *Aristóteles*, que estaba basado en el de *Eudoxio*, continuo, sin vacío espacial, de manera que las esferas tenían que encajar unas con otras para transmitirse el movimiento, con lo que era muy difícil intercalar los epiciclos, la excéntrica y el *ecuant* de

Ptolomeo... Por otro lado, estaba el análisis del movimiento de los **proyectiles**, cuando se empezaba a emplear la **artillería**... La teoría de *Aristóteles* sobre el movimiento, que tenía como base el estudio de los proyectiles, postulaba que todo objeto (inanimado) que se mueve al recibir un impulso, para seguir moviéndose ha de ser movido por otro continuamente, y propuso el aire... Los críticos de la teoría aristotélica, maestros de arte y filósofos, partidarios ya de la teoría del *impetus*, como *Guillermo de Ockham*, *Juan Buridán* (1300-1358), *Alberto de Sajonia* (1316-1390) y *Nicolás de Oresme* (1320-1382), se avinieron para explicar, no sólo por qué sigue en movimiento un proyectil, sino también su trayectoria curva: al ser lanzado el proyectil la "cualidad" recibida llamada "impetus" = $M \times V$, se mantiene constante si no hay fuerza en contra. Y se acelera o reduce, curvándose debido a la atracción (*gravitas*) hacia el centro de la Tierra.

Las posiciones al respecto variarán de unos autores a otros, un debate que se prolongará durante los siglos XVI y XVII, que irá alimentado con aportes prácticos, de cálculo y observaciones, aunque a veces dedicados al entretenimiento, pero que haría posible el desarrollo de la ciencia moderna, sobre todo en astronomía... En el siglo XIII, *Alfonso el Sabio* (1221-1284) reunió a un nutrido grupo de científicos y literatos, árabes, judíos y cristianos. De entre las obras producidas destacan "*Los libros del saber de astronomía*", basados en las obras árabes de *Azarquiel* y *Abenraguel* (n.1100). Destacan también las "*Tablas alfonsinas*" (1252-1257), las primeras astronómicas de Occidente, utilizadas en Europa hasta el siglo XVII. Entre medias, *Pierre d'Aylli* (1350-1425) (*), *Georg Peurbach* (1423-1461) y *Johann Müller* (1436-1476) publicaron obras sobre astronomía extendiendo el conocimiento de *Ptolomeo*, mientras contribuían también al desarrollo del álgebra y la trigonometría. *Juan Buridán* desarrolla la **teoría de los impetus** (fuerza impresa), que aplica al movimiento de las esferas celestes.

(*) *Cristóbal Colón* (1451-1506) utilizó la obra de *Pierre d'Aylli* e interpretó las millas árabes como millas italianas, con lo que redujo el valor del grado a 83,73 Km., a fin de convencer así sobre la viabilidad de su viaje.

Entre los árabes, la física es motivo de preocupación.

A mediados del siglo VIII, sus conocimientos abarcaban la mayor parte del mundo conocido. En su obra, el "*Trivium*", de finales del siglo V, en la "Mecánica" o "ciencia de los ingenios" se habían tratado ya los conceptos básicos **espacio, tiempo, materia y vacío**, así como la "ciencia del movimiento" que estudiaba la relación entre **causa y velocidad**.

LA CIENCIA Y EL ISLAM

No son pocos los historiadores favorables a la idea de que la ciencia de la Edad Media siguió en la parte oriental una dinámica con cierta continuidad, mientras que en la parte occidental quedó descolgada, bajo el peso retrógrado de la teología. La cultura científica no emergería con fuerza hasta el siglo XII, influida realmente por la cultura islámica, que se constituyó en la bisagra sobre

la que se apoyó el desarrollo científico y tecnológico, sobre todo a partir del siglo VII, cuando nació el Islam como un movimiento religioso, que se prolongó hasta el Renacimiento. De la ciencia islámica se reconoce que supo conservar lo que Roma no apreció y que sacó al Mediterráneo de su aislamiento y lo relacionó con el Oriente más próximo. Así, las ciencias antiguas, la astronomía, las matemáticas, la medicina y la filosofía natural se conservaron y recibieron un indudable impulso creador durante los siglos siguientes al VIII de nuestra era. *Mahoma* (575-632), con la predicación de su mensaje religioso, logra la unificación de las tribus árabes y establece su capital en la Meca en el siglo VII. La doctrina monoteísta del Islam, fijada en el Corán con elementos judeocristianos y de las religiones tradicionales árabes, se establece hacia el 640. Entre el 661 y 750 los califas Omeyyas trasladan su capital a Damasco, se extienden por el norte de África y se asientan en España. Sus sucesores los Abasíes trasladan la capital a Bagdad en el VIII, mientras los Omeyyas crean un califato independiente en Córdoba y El Cairo.

La ciencia árabe: Bagdad y Córdoba se convertirían en los centros culturales más importantes del mundo, con grandes bibliotecas y centros estudiosos de las matemáticas y de la astronomía. Antes del siglo VIII poseen ya un buen sistema numérico, tomado de la obra de *Brahmagupta*. En el lapso de 100 años traducen y comentan prácticamente la totalidad de las obras griegas. *Tabit ibn Kurra* (835-901) traduce a *Euclides*, *Apolonio*, *Ptolomeo*, *Aristóteles*. El astrónomo árabe *Alfraganus* (*Al-Frachani*: 805-880) perfecciona el **astrolabio** (*) La ciencia árabe de aquel tiempo, en particular la relativa a las matemáticas y la astronomía, por sus contactos con autores griegos, bizantinos e indios conoció una época de gran esplendor, principalmente entre los siglos IX al XII, y hasta el XV incluso en que las incursiones de los turcos imponen un período de decadencia extensible desde Persia hasta Andalucía. En aquella época la astronomía árabe estaba muy por delante de la europea. El trasvase hacia la Europa medieval se haría en gran parte a través de España, por Toledo, a finales del XI. La Escuela de Toledo, reconquistada la ciudad en **1085**, se convertiría en el centro de las culturas judía, árabe y cristiana. Se traducen al latín obras griegas del árabe, la mayor parte de carácter científico y filosófico, lo que sería decisivo para el desarrollo posterior de la ciencia. La llamada Revolución científica del **Renacimiento** no puede entenderse sin este paso previo de lecturas extendidas. *Gerardo de Cremona* tradujo más de 70 obras: de *Ptolomeo*, *Arquímedes*, *Aristóteles*, *Euclides*, tablas astronómicas de *Al Karismi*, que produjeron una verdadera revolución del saber en los siglos XII y XIII. Los números arábigos sustituyeron rápidamente a los romanos. El sistema decimal y el álgebra de indios y árabes, unidos a la geometría griega, la óptica y la mecánica de *Euclides*, *Arquímedes*, *Alhazen* y *Al Farisi*, crean las bases para la aplicación matemática a los fenómenos naturales que abrirían paso más tarde a la física actual.

(*) El **Astrolabio** (de origen incierto, que llamaron "joya matemática", citado en el "Almagesto" y difundido desde Alejandría), con su versión "náutica", a la que

vinieron a sumarse el *torquetum* (sex tante, de origen turco) y el reloj mecánico facilitaron la navegación por el Mediterráneo en la Baja Edad Media. En 1901 aparecería en la costa de una isla griega un sorprendente instrumento (Mecanismo de Antikythera), con al menos 37 ruedas dentadas de precisión, que tiene unos 2.100 años de antigüedad, con el que se podía calcular con exactitud posiciones y movimientos astronómicos, recrear la órbita irregular de la Luna, e incluso predecir la posición de planetas.

Al-Ma'mūn, califa abasida (*), en el poder entre 809 y el 833, contemporáneo de *Carlomagno* y amante de las letras, propulsor del Renacimiento en los siglos IX y X que inaugura la edad de oro de la ciencia islámica, comenzó a recopilar toda clase de manuscritos científicos griegos y constituyó o amplió "La Alacena del Saber" (*Jazanat al-Hikma*) que fundara su padre, dándola en llamar la Casa de la Sabiduría (*Bayt al-hikma*), centro de traductores y científicos, de institucionalización de la ciencia y la cultura. Así pudieron conocer directamente las obras de los pensadores griegos, mientras que en la Europa de *Carlomagno*, de la "nueva vida cultural" salmodiaban la escolástica.

(*) Los abasidas fueron la segunda dinastía de califas que gobernaron el califato del Islam de Bagdad desde 750 hasta 1258, tras la guerra con el califato omeya.

Al-Jwarizmi, *Muhammad Ibn Mūsā* (800-846), uzbekistaní, reconocido geógrafo, responsable de una de las mayores "revoluciones" de la ciencia, dio a conocer la utilización de los símbolos numéricos de origen hindú, expuso los métodos para hallar el valor de una cantidad desconocida o raíz. Su nombre dio origen a la palabra *algoritmo*.

Al-Kindi (800-870), uno de los primeros filósofos islamistas, estudioso del pensamiento griego, para quien Dios no era más que una "causa remota", abre las puertas al aristotelismo original, escribe sobre óptica y mecánica y pretende, con *Al-Farabi*, crear una síntesis Platón-Aristóteles.

Isaac, *Hunayn Ibn* (808-837), iraquí, médico, traductor y filólogo, volcó al árabe una enorme cantidad de manuscritos del legado helenístico (*Platón*, *Aristóteles*, *Ptolomeo*, *Galeno*, *Hipócrates*, etc.)

Al Casi (s. IX) determina el número *pi* con 17 decimales, aunque equivoca la quinta cifra.

Al Karismi (n. 830) escribe dos obras, una sobre aritmética y otra sobre álgebra, limitadas al cálculo para los negocios, medición de tierras, construcción de canales, geometría, herencias testamentarias, etc. Utiliza la forma actual de los quebrados, define los números desconocidos y los expresa en forma de ecuaciones, que tendrían influencia en Occidente. Compuso unas tablas astronómicas con las posiciones de planetas y estrellas. Su discípulo, *Tabit ibn Kurra*, escribe sobre las propiedades de los números, sobre paraboloides y un método de sumas para calcular áreas y volúmenes.

Al Batāni (858-929) perfecciona la trigonometría aplicada a la astronomía.

Al-Rāzi (865-925), iraní, conocido en Europa con el nombre de *Razés*, escribió cerca de dos centenares de libros, en veinte de ellos abarca todas las ramas de la medicina y fueron traducidos al latín bajo el nombre de "*Liber Continens*".

Al-Farabi (870-950), considerado el "segundo maestro" por los historiadores árabes escribió un catálogo de la ciencia. Sostenía que el mundo material estaba compuesto de seis elementos (minerales, plantas, animales, hombres y cuerpos celestes). En su obra, "Ciudad Perfecta", sitúa la educación como base para "crear una unidad tan natural como la del cuerpo vivo humano", basada en el conjunto formado por **una visión cosmológica y psicológica que guíe a los ciudadanos hacia un objetivo de unión y felicidad**.

Masarra, ibn (883-931), en plena dominación almorávide, crea en Almería la escuela de un sistema filosófico basado en la existencia de un elemento primero o *materia prima*, que elimina el "Uno" (plotiniano) indivisible, y lo sustituye por cinco términos "materiales": materia esencial, materia espiritual, materia de los cuerpos celestes, materia física (la nuestra) y materia artificial.

Azofi (903-986) escribe lo que sería un clásico de la astronomía árabe: "*Las constelaciones de las estrellas fijas*". Situó la constelación de Andrómeda, describiendo en ésta la galaxia.

Albategui (n. 910) observa e investiga el orbe celeste y escribe un tratado estelar.

Avicena (930-1037), persa, médico y filósofo, socavaría los pilares de la religión al reconocer la existencia objetiva de la Naturaleza. Si bien, propone ideas que tienen poco que ver con la física, mientras busca el modo de hacer compatible el Islam con su idea aristotélica de la creación, que concibe como una emanación a partir de Dios, pero con una mediación entre éste y los seres materiales. Sostiene que existe un solo intelectual agente en el que todos los hombres participan y que es la causa de su actividad intelectual. Abarcó todos los campos de la filosofía y las ciencias naturales. Su tratado de medicina se estudió durante siglos en Oriente y Occidente. Cuentan de él, que al cabo de cuarenta años de leer a *Aristóteles* se declaró incapaz de comprenderlo y lo aprendió de *Al-Farabi*.

Al-Haytam, ibn (962-1038), notable físico y matemático de la Edad Media, desempeñó un gran papel en el desarrollo de la astronomía, la óptica y la ciencia de la perspectiva. Fue el primero en introducir en sus investigaciones astronómicas el concepto aristotélico de Esferas Celestes.

Al-Birūni (973-1048), fundador de la Geodesia, crea un método para medir la circunferencia terrestre utilizando la trigonometría a partir de sus observaciones y mediciones personales. Pensaba que la naturaleza material se halla en cambio y desarrollo continuo y que el alma es una propiedad del cuerpo.

Alhazen (987-1038) comenta la obra de *Apolonio* y *Aristóteles*, y corrige a *Platón*, a *Euclides*, a *Claudio Ptolomeo* y a *Arquímedes*, al introducir el concepto del rayo de luz que incide en el ojo lanzado por los cuerpos luminosos, teoría de la corpuscularidad de la luz. Indica que la velocidad de la

luz es finita y distinta para cada medio y establece las leyes de la reflexión de la luz para todos los casos. Propuso también algunas leyes de la refracción y trató de la capacidad de aumento de las lentes esféricas. Consideró el fenómeno del arco iris como causado por la luz en las gotas de agua de la atmósfera. Calcula, experimenta y realiza observaciones con espejos. Su obra influirá en Europa en los siglos XV y XVI, donde no aparecerá nada nuevo en esta materia, hasta la publicación de la obra de *Kepler* en 1610.

Yunus, Ibn (siglo X) compone unas nuevas tablas astronómicas y construye un astrolabio de 1,40 metros de diámetro y una esfera armilar.

Azarquiel (1029-1087) compone en Toledo las tablas astronómicas que servirán de base a las *alfonsinas* y diseña un nuevo astrolabio.

Omar Khayyam / Jayyām, Umar (1048-1123/31), persa, abandona con cierta frecuencia sus posiciones idealistas, y expresa ideas fundamentalmente materialistas, como la mayor parte de sus contemporáneos: "Más allá de la materia -escribe- no existe nada". Mostró cómo expresar las raíces de ecuaciones cúbicas utilizando los segmentos obtenidos por inserción de secciones cónicas.

Abú Hāmid, Al-Gāzālī (1059-1111), rector de la universidad de Bagdad, abandona todo para dedicarse a la búsqueda de la certeza intelectual, de la autoconciencia y sus implicaciones (la idea de una conciencia transmitida hereditariamente). Refuta la "divinidad de Jesús" apoyándose en los propios Evangelios.

Avempace, Ibn Bayya (1095 -1138) coincide con *Filopón* al admitir la posibilidad de un movimiento natural en el **vacío**; cuestionó la errónea idea aristotélica de la caída de las cosas ("que buscan su lugar natural"), pensando que podía ser debido a una **atracción** de la tierra... semejante a la que el **imán** ejerce sobre el hierro... Físico, músico, matemático, botánico, astrónomo, poeta y político, está considerado como uno de los filósofos *andalusíes*, propio de al-Andalus.

Teoría del impetus.

Avempace, Avicena, Averroes, Alpetragius y otros propusieron el estudio en el mundo árabe de las primeras versiones de la teoría del **impetus** de *Juan Filopón*. *Averroes* y *Avicena*, en particular, serían los símbolos de los respectivos destinos de la filosofía que separarían a Oriente de Occidente, cuando empiezan a surgir las diferencias decisivas. "**No digo -escribe Averroes- que esta ciencia sea falsa, pero sí os digo que yo conozco la ciencia humana**". *Averroes* defiende la tesis de una inteligencia separada (que puede ser corruptible), asegura que **la materia es el principio de "individuación"**, un principio, en fin, contrario al concepto de la "inteligencia" agente sostenido por *Avicena* y *al-Gazali*.

Al Khazini (n. 1100) compuso un tratado sobre la balanza, los centros de gravedad y la medida de los pesos específicos.

Aflah, Jabir Ibn (siglo XII) corrige y simplifica el "Almagesto" ptolemaico.

Averroes, *Ibn-Rochd* (1126-1198), cordobés, afirma que la materia y el movimiento son eternos y no han sido nunca creados. Recupera con sus traducciones a un *Aristóteles* liberado de las adherencias neoplatónicas y teológicas medievales, con lo que daría lugar, posteriormente, al refrescante "libertinismo" que se practicaría en universidades como la de Padua, donde se refugiaria *Galileo* en 1592, y donde habrían adoptado las traducciones sustitutivas del aristotelismo tomista. Trata de coordinar esa filosofía con el pensamiento religioso del Corán. Los averroístas formularán este propósito por el camino de las dos verdades, una religiosa y otra filosófica "que no tienen por qué coincidir". En cosmología y astronomía sigue la doctrina presentada en el *De Coelo*. Añade al esquema de las esferas celestes otras dos, *primun movens* y *primun mobile*, que sitúa más allá de las estrellas fijas, y reduce las 55 esferas celestes de *Aristóteles* a 47. Su teoría emanantista sitúa al mundo producto de la evolución de una materia eterna e increada, donde nada nace ni se destruye, todo se transforma: "la materia es la fuente universal y eterna del movimiento", aunque añade que todo lo ordena la "causa última". Al sacrificar el sentido creacionista presente en el Corán y en la Biblia, su doctrina será condenada en París en 1277. La llamada "filosofía árabe" alcanza con él su apogeo y su fin.

Maimónides, *Moisés* (1135-1204), médico, rabino, filósofo y teólogo, se anticipa a *Tomás de Aquino* afirmando la posibilidad de demostrar la existencia de Dios valiéndose de *Aristóteles* y las Ciencias Naturales. Fue tratado de racionalista y se le considera precursor de las ideas de *Spinoza*. Niega la existencia del **vacío** y sostiene que el mundo supralunar no es asequible al conocimiento humano, que sólo puede conocer las cosas sublunares.

Citaremos aquí a **Nizami**, *Gandejevi* (1141-1203), azerbaijano, eminente filósofo y poeta del Oriente Próximo, penetrado de un ardor amoroso por el pueblo trabajador, al que dedica su labor, y su obra, que es un acabado canto a la amistad, al entendimiento, la solidaridad y la igualdad. *Nizami* contribuye al desarrollo de las tendencias progresistas en el pensamiento social y político. Critica sin tapujos y llama a poner en cuestión el orden social existente. Aboga por un mundo sin opresores, ni oprimidos, ni pobres, ni ricos. Para *Nizami* el trabajo es la base de la cultura material y espiritual. Fue uno de los primeros filósofos orientales opuesto a la doctrina teológica de la inmutabilidad. Sostiene el materialismo basado en los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego), que considera eternos e infinitos. Coincide con las concepciones universales de *Heráclito* y afirma la idea del movimiento y el cambio en un mundo hecho de contrarios.

Tufayl de Guadix, *Ibn* (1163-1185) sostenía que la imaginación, convenientemente ejercitada, es capaz de percibir lo inteligible sin necesidad de otro intelecto inmaterial. Publicó en varias lenguas una "novela filosófica" titulada "Philosophus autodidactus".

Alpetragius, *Al-Bitrushi* (n. 1190) vuelve a la teoría de las esferas homocéntricas de *Aristóteles*. Publicó su teoría sobre el movimiento de los astros, en "*La forma*" ("*Kitab al Hayah*", 1217)

Al-Sari (XIII) mostraría un mundo material, con el tiempo y el movimiento, compuesto de **átomos** separados por el **vacío**. Piensa que incluso el espacio tiene asimismo estructura atómica. Pero, cree que la causa única es dios, que crea, da propiedades a las cosas y gobierna todo.

Al Farisi, Kamal (n. 1290) continuó la obra de *Alhazen*, definió mejor el arco iris, trató el problema de la cámara oscura y se ocupó de la refracción entre aire y vidrio.

Ahmad Nanavandi (7/8), **Abulfaz Harwi** (10), **ben Musa Muhaamad** (800-873), **ben Musa Ahmad** (805-873), **ben Musa Hasan** (810-873), **Al-Sufi** (903-986) que catalogó ya en su tiempo nebulosas estelares, persas todos ellos; son astrofísicos memorables de una larga lista que merecería evocar, con los indios **Arya Bhata** (476-550) y **Acharya Bhaskara** (1115-1185)

Finalmente, se trasladaría a Europa el interés por el estudio experimental de la naturaleza.

Roger Bacon, ya citado anteriormente, formado en Oxford pero que enseñó en París, impulsaría al mismo tiempo que **Roberto de Grosseteste**, rector de la universidad inglesa, el estudio de la teoría del **óptico** árabe dando lugar a una interpretación sintética de la visión que se denominó *perspectiva*...

Se ocuparon asimismo del estudio de la matemática como un instrumento eficaz para la formación de la mente y de la capacidad dialéctica de los estudiantes.

Por entonces, **Aristóteles** resultaba todavía demasiado naturalista e incluso materialista en cuestiones cosmológicas, antropológicas y físicas, tanto que llevó a una sucesión de condenas en Francia e Inglaterra entre 1210 y 1277. Sin embargo, la **lógica**, tal como la entiende **Abelardo de Bath**, el llamado maestro de la dialéctica de la Escuela de Chartres, ha crecido en interés por entonces y va a ganar una batalla en París, al mismo tiempo que en Oxford las **ciencias naturales**.

La ciencia de la lógica vino a ser de suerte, a manos de la tortuosa escolástica, como una fuerza formativa duradera para la recuperación a duras penas y la estructuración de las demás ciencias. "La naturaleza -se dice entonces- es también el cosmos, un conjunto organizado y racional". Crece la medida del poder de la razón humana y la consiguiente centralidad del hombre con respecto al mundo. **Pedro Hispano** (1215-1277) escribe "*Thesaurus Pauperum*", sobre medicina y "*Summulae logicales*", el texto de lógica de mayor influjo que jamás se ha escrito. Un poema alegórico, "*La batalla de sept Arts*", del trovador **Henri d'Andely**, pinta a la gramática batallando contra la lógica que amenaza con corromper con su racionalismo la enseñanza tradicional de la gramática. **Pierre de Maricourt** (*Peregrinus*, n. 1270), francés, contrario al tomismo, da un paso experimental utilizando imanes, si bien, siempre tras la búsqueda del movimiento continuo. Distinguió los dos polos de un imán, enunció la ley de las atracciones y repulsiones, observó inseparables los polos entre sí, consiguió imanes por inducción con otro imán y diseñó una brújula náutica...

Con la lenta recuperación de las ciencias naturales, se vería favorecido el desarrollo de la Mecánica, inseparable de la Física...

A la Europa enclaustrada habrían ido llegando desde Asia y China elementos instrumentales asociables al trabajo productivo: el papel, el cigüeñal y la biela, la rueda de hilar con la rueca, la vela latina con el timón, el alambique, la pólvora... Después, la fundición del hierro y la forja, la porcelana y luego vendría la imprenta (1438).

Poco a poco estaba recobrando nuevo y vigoroso impulso la historia del progreso, que había sido brutalmente interrumpida en los comienzos de nuestra era. Recordemos si no cómo pasaron al olvido avances como la máquina de vapor e ingenios como los que inventara *Herón de Alejandría* (siglo I de n.e.), doctrinas como la de *Estratón de Lámpsaco* para el tratamiento del **vacío**, concepto totalmente extraño a la doctrina de *Aristóteles*, ingenios como los de *Ctesibio* para desagado de las minas hispánicas de los romanos, aplicaciones mecánicas como las de *Filón de Bizancio* con la cadena, el muelle, la catapulta repetitiva etc... Ejemplos como lo fuera la propia **Hispania romana**, que bajo la influencia griega y fenicia había dado vida a científicos como el gaditano *Columela* (s.I), autor de 12 tomos sobre agricultura romana y el holvetense *Pomponio Mela* (s.I), redactor del más antiguo tratado geográfico latino. Con la arabización, que es decir: con la llegada de los sabios y gentes de ciencia musulmanes, se creó la leyenda en torno a al-Ándalus, de que el mismo *Aristóteles* había nacido allí. Resulta curioso saber que al-Ándalus (Andalucía) viene de arabizar el término *landlose* (los sin tierra), gentes llegadas con los visigodos y los alanos que se instalaron en el sur de España, entre los años 409 y 429, tres siglos antes de que lo hicieran los *abasíes*, árabes sucesores de los *omeyas*... Pertenecían al mundo árabe, cordobeses tan prestigiosos como *Abbas Ibn Firna* (810-887), inventor de un planetario y una esfera armilar y *Azarquiel* que ideó el nuevo astrolabio universal.

La Edad Media estaba tocando a su fin.

Copérnico y Galileo demostrarían que los cuerpos celestes están subordinados a las mismas leyes del movimiento que los cuerpos terrestres, siendo, pues, de una misma naturaleza. No fueron sólo ellos, pero sí los que refutaron argumentalmente la convicción, por entonces todavía dominante, de que los astros se componían de una materia completamente distinta a la de la Tierra. Vanguardias del pensamiento progresista, extendieron lentamente su influencia hasta conseguir sortear el abismo que dividía al cielo de la tierra en dos mundos independientes. Fue una colosal victoria del intelecto en el proceso hacia el conocimiento de la unidad material del universo. El aporte de conocimientos de *Copérnico*, *Servet*, *Gilbert*, *Bruno*, *Galileo*, *Brahe*, *F. Bacon*, *Kepler*, se puede mostrar como ejemplo magnífico de los **saltos en el saber** fruto de la capacidad humana y la acumulación histórico-social de conocimientos e instrumentos.

El Renacimiento estaba dando paso a la **Edad Moderna**, y sus profundos cambios estructurales: en la producción, en la conformación social y urbana, con el cambio de los centros de poder y de las rutas marítimas y

terrestres de suministro y comercio; con el redescubrimiento de la "Cultura pagana" y del llamado Nuevo Mundo; con la aparición de nuevas técnicas y conocimientos, con la declinación del esclavismo, y el auge feudal, que cambiaría el vasallaje por el salario, base del capitalismo y la burguesía.

El Renacimiento (1400-1600)

El fenómeno conocido como el Renacimiento, fundamentalmente secular, comienzo de la Edad Moderna, tiene como antecedente la oscuridad del medievo, el hambre, la peste en 1342, el fin de la guerra de los Cien Años y del Imperio Romano de Oriente, con la caída de Constantinopla ante los turcos en 1453. Es el renacer del interés por las ideas de los clásicos de la antigüedad frente a las vigentes de la Edad Media y el pensamiento geocéntrico sometido brutalmente al estamento eclesiástico. El feudalismo deja paso al capitalismo y las ciudades-Estado. Llegan a Roma los tributos exprimidos al orbe cristiano.

Emerge en Europa una poderosa burguesía. El artesanado, los prestamistas y comerciantes enriquecidos, propician interesados un desarrollo de las técnicas y de las ciencias aplicadas, al socaire de la contestación religiosa que afecta a las instituciones todavía bajo el peso monacal, feudatario y de la Iglesia. Empieza en Italia un movimiento artístico-cultural con figuras como *Erasmus de Rotterdam* (1467-1536), que influye en el desarrollo de la ciencia. Destacan artistas plásticos como *Leonardo da Vinci* (1452-1519), *Rafael*, *Miguel Ángel* y literatos de la talla de *Dante*, *Boccaccio*, *Petrarca*, etc. Al mismo tiempo, resurge una corriente neoplatónica por la recuperación de una manera matemática de estudiar la naturaleza, que se aparta del análisis meramente cualitativo de la física, con los ejemplos de *Johanes Bessarion* y *Pico della Mirándola* (1463-1494) autor de las "900 Tesis" conciliatorias.

Se desarrolla el maquinismo con la difusión de la biela-manivela, los engranajes... Aumenta la explotación del subsuelo con las técnicas de explotación agrícola y nuevos cultivos, que desarrollan y multiplican las plantas comestibles... Se desarrolla al mismo tiempo la metalurgia, las industrias papeleras y la imprenta, las redes de comunicación terrestre y marítima, la construcción de puentes y de barcos, la cartografía náutica y la innovación en la topografía. Desde esa óptica racional, la filosofía recuperaría el estudio de la naturaleza y sustituiría al aristotelismo. Se vería favorecido el espíritu crítico, se exaltarían los valores individuales, la libertad de análisis y de opinión, que darían origen a la Reforma protestante. Se ensalza, en fin, la naturaleza humana y se pone el énfasis en la dignidad y la sabiduría del hombre, centro del universo y capaz, aunque de modo idealista, de desarrollar todas sus posibilidades: en las artes y en las ciencias, las minorías, y en los trabajos más penosos, los trabajadores...

Se ha descubierto América (1492). Los portugueses, doblando en 1488 el cabo de Buena Esperanza, se establecen en la India en 1510 y en China en 1557. *Fernando de Magallanes* (1520) cruza el Pacífico por el sur de América, y *Juan Sebastián Elcano* lo completa, llegando a España en 1523. Holanda y Francia se incorporan en las rutas marítimas, y Europa desarrolla contactos comerciales y culturales con todo el mundo... La imprenta de Gutenberg comunica el ámbito intelectual. En 1560 se celebra en Fráncfort la primera feria del libro. Las lenguas nacionales impresas dan curso a las corrientes de

pensamiento y las nuevas técnicas. El fenómeno de la Reforma Protestante (*Lutero* en 1517 y *Calvino* en 1536) y el anglicanismo, impuesto por *Enrique VIII* en 1534 con la consiguiente separación inglesa de Roma, dan un serio golpe a la unidad sostenida militarmente por la Iglesia Católica durante la Edad Media.

Sin embargo y todavía..., casos como el de *Juan de Torquemada* (n.1468), tío del gran Inquisidor (*Tomás*), que se haría oír de las gentes para que nadie olvidase que "la autoridad del poder civil es de origen divino y por naturaleza jerárquico, basada por demás en el derecho natural que es también de origen divino", y el de su sobrino (*) *Tomás de Torquemada* (1420-1498), cumplidor fiel de lo ordenado por el alto clero, la burguesía y la nobleza..., nos harían recordar, pasados cinco largos siglos más aquello del "atado y bien atado" franquista y del holocausto del pueblo republicano...

(*) *Tomás de Torquemada*, primer Gran Inquisidor General del Tribunal del Santo Oficio, frenó, persiguió, atormentó y entorpeció la vida social, económica y cultural (intelectual) española de forma trágica. 10 años de torquemadismo desembocaron en 3.000 ejecuciones mediante la hoguera y un número varias veces superior de encarcelamientos, confiscaciones, torturas, degradaciones públicas y expulsiones.

Copérnico, Nicolás (1473-1543) se sentiría igualmente aterrorizado por la Inquisición, muriendo, se dice, el mismo día que veía la luz su obra (1543), "*De Revolutionibus*" (*) expresión de su revolucionaria **hipótesis heliocéntrica** (que habían propuesto *Aristarco* casi dos mil años antes y *Plutarco* después): "*Clamarán* -escribió al Papa- *pidiendo una rápida condena de mi persona como de mis opiniones*". *Martín Lutero* había denunciado en 1529 que un "astrónomo advenedizo" estaba trastocando las Sagradas Escrituras sin tener en cuenta que "Jesús ordenó al Sol, y no a la Tierra, que se parara". *Juan Calvino* (1509-1564), para no ser menos, había arremetido contra las nuevas ideas. Y la Iglesia católica corrió a calificar de "infieles" y "ateos" a los copernicanos (**)

(*) "Encontré la idea del heliocentrismo -escribe *Copérnico*- leyendo a los clásicos... De acuerdo con *Cicerón*, *Nicetas* mantenía que la Tierra se movía"... *Plutarco* y muchos otros incluyendo a *Aristarco*, también habían mantenido la misma opinión... Cuando concebí por ellos la posibilidad de que esto fuera así, comencé a meditar sobre el movimiento de la Tierra"... Se dio cuenta de que la teoría tolemaica contenía gran número de epiciclos idénticos y descubrió que podía eliminarlos si consideraba que la Tierra giraba alrededor del Sol. Después, propone una hipótesis matemática para explicar que "el mundo es esférico, inmenso, semejante al infinito... la esfera de las estrellas fijas es inmóvil y en cambio el movimiento de los demás cuerpos celestes es circular". Supuso que si la Tierra no está en el centro del universo, la gravedad no es propia de la Tierra, sino que debe de extenderse a todo los astros. Así rompe definitivamente con la idea de *Aristóteles*, según la cual la gravedad estaba vinculada al movimiento de los cuerpos "hacia su lugar natural" y el de los cuerpos pesados estaba situado en el centro del universo, que coincidía con el de la Tierra. La idea del giro de la Tierra sobre sí misma había sido propuesta por *Oresme*, *Buridán* y *Cusa*, a

comienzos del XV. El heliocentrismo de *Copérnico* fue un duro golpe para los antropocentristas, cuyas teorías se basaban en la Biblia de Josué 10: 12 y 13; Eclesiástico 48: 26; Isaías 38: 8; Eclesiastés 1: 5 y 6; y Apocalipsis 6: 13.

(**) Pero la idea había prendido. En Inglaterra, *Thomas Dignes* (1545-1595) defiende la obra de *Copérnico* y propone un espacio infinito después de la órbita de Saturno. En España, *Diego de Zúñiga* (1536-1600) de la Universidad de Osuna, comenta la obra, y en Salamanca una disposición de 1561 la incluye en la docencia, "si lo pedían los alumnos"... Pocos años después, *Galileo* sería amenazado por la Iglesia; debía abstenerse de "mantener, enseñar o defender" la doctrina condenada de *Copérnico*. Su obra "El Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo" permanecería incluida en el índice de libros prohibidos desde 1633 hasta 1835. El 9 del 5 de 1983 repararía la Iglesia su condena a Galileo, pero sin darle la razón...

Agrícola, George (1494-1555), publicaría en 1546 su obra "*De re metallica*", un compendio de todos los conocimientos sobre minería y metalurgia en varios tomos.

Tartaglia, Nicolás (1505-1557), matemático veronés, resuelve ecuaciones de tercer grado, presenta una nueva forma de hacer ciencia contraria a la doctrina de *Aristóteles*; trata de la caída de los cuerpos y el movimiento de los proyectiles. Traduce las obras de *Euclides* y de *Arquímedes*, y, cuando *Gerónimo Cardano* (1501-1576) plagia sus "hallazgos" matemáticos, lejos de denunciarlo, se mostró correcto al manifestar que un descubrimiento de este tipo tenía que ser publicado. Un siglo después, *Boyle* subrayaría la importancia de publicar con el máximo detalle todas las observaciones científicas.

Servet, Miguel (1511-1553), amigo primero y luego enemigo y víctima de *Calvino* por su deriva hacia un panteísmo emanantista, sería perseguido además por descubrir la circulación pulmonar de la sangre. Huye de España escapando del fuego de la Inquisición para morir en Ginebra, condenado por *Calvino* a ser quemado vivo por sus ideas heréticas, entre ellas su negación de la trinidad. Merecen citarse con él: *A. Vesalio*, anatomista, *R. Colombo* (1510-1559), *Girolano Fabrizi* (1537-1619) y *Andrea Cesalpino* (1519-1603), que llamó por primera vez "circulación" al circuito completo de la sangre.

Ramus, Pedro (1512-1572), erudito humanista, abraza el protestantismo en 1561. En su tesis, defiende la idea de que todo lo que había enseñado *Aristóteles* era falso. Acusado de herejía le abren una investigación inquisitorial en Salamanca. Entre los libros censurados en 1568 (83 por el Santo Oficio valenciano) se mencionan obras de *Pedro Ramus* catedrático de París. Fue asesinado en la noche de San Bartolomé.

Vesalio, Andrés (1514-1564) publica en el mismo año que lo hiciera *Copérnico* (1543) su obra "*De humani corpori fábrica*", que exigía reconocer el carácter erróneo de la morfología galénica (basada en la disección de animales) e influiría sobre el movimiento cultural humanista con la investigación anatómica necesaria para abrir nuevos cauces a la cirugía.

Benedetti, Giovanni Battista (1530-1590), discípulo de *Tartaglia*, verdadero antecesor de *Galileo*, propone que todos los cuerpos caen con la misma velocidad en el vacío y establece algunas relaciones entre velocidad y tiempo en el movimiento acelerado.

Clavius, Christopher (1538-1612), profesor del Colegio Romano de los jesuitas, movido por la aparición estelar de la nova de 1572, terminó aceptando que los cielos no son incorruptibles y proponiendo una revisión de las órbitas celestes. Contribuyó a la adecuación temporal del calendario Juliano, que acumulaba diez días de error. Influyó en la docencia de las matemáticas y en la construcción de observatorios astronómicos en colegios jesuitas.



William Gilbert, en su obra "**De Magnate**" (1600), escribe: "**A vosotros... que buscáis conocimientos... he dedicado estos fundamentos de la ciencia magnética, un nuevo estilo de la filosofía**".

Gilbert, William (1544-1603) delimita por primera vez los fenómenos eléctrico y magnético e introduce el término "**electricidad**"; comprueba la pérdida del magnetismo por incandescencia, concluyendo que debe ser fluido imponderable, y adopta la teoría de los **efluvios**, especie de "varillas materiales" ("líneas de fuerza") de contacto entre el cuerpo electrizado y el atraído, que emitidos por los cuerpos electrizados se extendían por el espacio y establecían contacto con los cuerpos aislados. Aunque no previó la repulsión eléctrica, descubre los polos magnéticos y la inseparabilidad de los mismos. Introduce la palabra *electricus* (lo que atrae) deducida de "electrón" (ámbar, griego) y establece que la Tierra es un enorme imán. Propuso el **magnetismo**, como fuerza que actúa entre los astros, idea que utilizaría *Kepler*, relacionada después con las tormentas magnéticas (*).

(*) **Las tormentas magnéticas:** son potentes corrientes eléctricas generadas por la concentración de energía magnética en la *magnetosfera* y su interacción con el *viento solar*, al que, digamos de paso, *P. N. Lebedev* - aunque hablando de las ondas de luz- le atribuiría siglos después (1899) una fuerza impulsora (presión de radiación) que no se demostraría como tal, pese a la predicción de *Maxwell* ... Sabemos que en los adultos y en las personas sensibles al cambio de tiempo, estos fenómenos alteran la circulación sanguínea, la presión arterial y el nivel de adrenalina. Los flujos normales guían a las ballenas y a las aves migratorias

Los imanes y el magnetismo terrestre.

William Gilbert publicó en 1600 la primera obra científica sobre las propiedades de los imanes y el magnetismo terrestre y unificó los fenómenos del magnetismo de los imanes con el "gran" imán de la Tierra. En 1635 **Henry Gellibrand** (1597-1636) descubrió la variación secular del campo magnético terrestre al observar que la declinación magnética en Londres había variado 7° en 50 años. *Edmon Halley* publicó hacia 1700 uno de los primeros mapas globales de declinación magnética. *Edwar Sabine* (1788-1859) detectó la periodicidad de 11 años de las perturbaciones magnéticas que correlacionó con el ciclo de las manchas solares (*). *Alexander von Humboldt* publicó en su obra monumental "*Kosmos*" todos los conocimientos de la Tierra y el universo

de aquella época. Primero, *Balfour Stewart*, en 1882, y después *Olivier Headviside* y *Arthur Kenelly* propusieron la existencia de la capa ionizada y su asociación a las variaciones periódicas del campo magnético externo, que fue comprobada por las transmisiones de radio de *Marconi* y los experimentos de *Edward Appleton* (1888-1970). La magnetosfera fue propuesta por *Sydney Chapman* (1888-1970), que sería debida a la interacción entre el campo magnético terrestre y el flujo de partículas del llamado viento solar. Las primeras ideas modernas sobre el origen del campo magnético terrestre las concibió *Larmor* en 1919, como producto de la circulación del material conductor en el núcleo de la Tierra, lo que provoca el efecto de una dinamo autoinducida. Los primeros modelos de este fenómeno fueron desarrollados, hacia 1945, por *Walter Elsasser* y *Edward Bullard* (1907-1980). El estudio del paleomagnetismo: la migración histórica de los polos magnéticos y sus inversiones, fue decisivo para el establecimiento de la teoría de la tectónica de placas. Aunque el magnetismo terrestre era conocido en Europa ya desde el siglo XVIII, con la utilización de la brújula en la navegación, no se sabía cuál era su origen (chinos y árabes). La unificación de los fenómenos eléctrico y magnético tuvo un carácter fortuito, hasta que se demostró que ambos fenómenos no eran totalmente distintos, como se creía hasta entonces.

(*) **Manchas solares:** Las mencionaron en Babilonia, Corea y la India. *Teofrasto de Ereso* (372-287), de la escuela de *Aristóteles*, divulgador de la ciencia, autor de "Sistema naturae" fue señalado como hereje por mencionarlas, cuando nadie se atrevía a cuestionar la "perfección" de las esferas supra lunares. *Galileo*, hacia 1610, conculcó los principios consagrados, atreviéndose a dibujarlas. *Scheiner* (1575-1650) publicó en su obra "Rosa Ursina" sus impresiones sobre las manchas solares, desde mucho antes relacionadas con ciertos períodos de actividad solar que repercutían realmente sobre la vida en la Tierra. *Pietro Angelo Secchi* publicó en su obra "El Sol" sus observaciones referidas al caso.

Brahe, *Tycho* (1546-1601) demuestra que los cielos **no eran inmutables**, como sostuviera *Aristóteles* y la escolástica. Se lo permitió la observación de una nova (explosión de una estrella) en 1572. Había instalado en la isla de Hven (Dinamarca) el primer observatorio de Europa, Uraniborg. Posteriormente, la observación de un cometa (1577) le confirmó que también éstos pertenecían a la región celeste hasta entonces tenida por perfecta. Fue lo que le llevó a rechazar las pretendidas esferas cristalinas. Con *Brahe* se empieza a hablar de que los planetas, cuerpos materiales, se mueven en órbitas por el espacio **vacío**, o por un medio fluido muy sutil, **éter**. Era un golpe mortal más para la cosmología teológico-aristotélica. Sin embargo, entre 1583 y 1587 desarrollaría un sistema, con la Tierra fija en el centro alrededor del cual giraban la Luna y el Sol, y en torno a éste último los demás planetas. Esta idea permitió a los *geocentristas* no ser acusados de *heliocentristas*, o copernicanos.

Bruno, *Giordano* (1548-1601), filósofo del Renacimiento y atomista destacado, refiriéndose al problema no resuelto del **vacío** hablaba de un "vastísimo **seno etéreo**" y del estado inseparable de la materia y el movimiento. Se enfrentó a la idea aristotélica de los dos mundos, con su tesis

sobre la unidad material del universo, compuesto según él de un número infinito de estrellas, que serían soles lejanos semejantes al nuestro con sus planetas, en un universo infinito carente de centro. Esta idea jugaría un papel considerable en el desarrollo de la ciencia, conjuntamente con su hipótesis sobre los cambios geológicos de nuestro planeta. "Cuando decimos que muere algo -escribe *Giordano*-, debemos entender que no se verifica más que un **cambio** de existencia, una descomposición de esta combinación, que es al propio tiempo, el principio de otra existencia". Para un hombre como *Giordano* el conocimiento de las leyes de la naturaleza era el fin supremo del pensamiento humano... Fue quemado por hereje en 1600, por relacionar su panteísmo herético con la teoría de *Copérnico*... lo cual hizo de él un mártir de la Ciencia en la época de la revolución científica. Y no fue el único...

Stevin, Simón (1548-1620), introdujo la anotación decimal y estudió el movimiento presentando una primera idea de la **inercia**. En el campo de la mecánica refutó las teorías del "*perpetuum mobile*" e intentó definir los **fluidos** (líquidos y gases), cosa que favoreció la apertura de una vía para el estudio de la naturaleza de la **materia**. Llevó a cabo la comprobación de que, en caída libre, dos cuerpos distintos llegan al suelo al mismo tiempo (1586). De los primeros en escribir en lengua vernácula (holandés), posibilitaría con los demás traductores que los "hombres prácticos" accediesen a conocer (en Holanda, Francia, Inglaterra e Italia) a *Euclides* y *Arquímedes*, los dos clásicos que más influyeron en el desplazamiento de la autoridad aristotélica.

Bacon, Francis (1561-1626), fundador del materialismo inglés y de las ciencias empíricas de los tiempos modernos, se erige en defensor del papel de las sensaciones y la experiencia como base del conocimiento, e introduce la experimentación. Sufrió la influencia del filósofo español *Juan Huarte de San Juan* (1529-1588). Propuso reemplazar el aristotelismo por una nueva ciencia que abandone el estudio de las causas y se base en la observación y el experimento para una función práctica. Fue reconvenido por la Inquisición. *Bacon* enarbola como divisa de la ciencia el principio: "Saber es poder". Contribuye a imponer como distintivo de la escuela inglesa una línea empirista, que le condujo a rechazar el sistema de *Copérnico*... Critica fundamentadamente la escolástica, que se había "convertido -escribió- en una sirvienta de la teología". Culpa a los teólogos del estancamiento de la filosofía natural: "con sus métodos -dice- han hecho peligroso hablar de la naturaleza, provocando más destrucción aún que la filosofía contenciosa de *Aristóteles*". Ejerció influencia, durante el siglo XVII en Inglaterra y durante el XVI en Francia, para el desarrollo de las ciencias que C. G. *Kühn* llamaba baconianas (Electricidad, Magnetismo, Calor, Química y partes de la Mecánica relacionada con los fluidos). Su "*Novum Organum*" (El Nuevo Instrumento) intenta sistematizar el proceso de adquisición de conocimientos a partir de la observación de los fenómenos por un proceso natural de inducción. A su pesar, mientras consideraba las formas como eternas e inmutables, contribuyó al desarrollo de la geología y la biología evolucionista durante su fase de formación en el s. XIX. Mediante la observación, concluye que el calor es "un movimiento expansivo que obra en las pequeñas partes de la materia que va del centro a la

circunferencia juntamente con un movimiento de abajo arriba". En su opinión el fin de la ciencia **"debe tener por objeto el acrecentamiento del poder del hombre sobre la naturaleza para el bien de la humanidad"**. No obstante hablar de la "filosofía espinosa y contenciosa de *Aristóteles*", niega el átomo y el vacío.

Fabricius, David (1564-1617) fue uno de los primeros en hacer ver que la inmutabilidad de los objetos celestes no era cierta. Descubrió que la estrella Omicron Ceti variaba de brillo, tal que sería la primera variable reguladora.

"El verdadero punto inicial de la física, se debe a Galileo, al descubrir y usar el método de razonamiento científico". Albert Einstein.

Galileo Galilei (1564-1642), uno de los fundadores de las ciencias naturales exactas, se vería obligado a desdecirse ante el Papado tras poner en cuestión la idea aristotélica de los dos mundos, el sublunar, corruptible, y el celeste, inmutable, divino... Observa Júpiter y sus lunas cambiantes. Los conocimientos mecánicos obtenidos por éste, y otros, respecto al movimiento local y la caída de los graves se harían extensivos al **movimiento** celeste, descargándolo así de principios teológicos. Su revolución consistió en situar la "inducción" por encima de la "deducción", como el método lógico de la Ciencia. Su desprecio por la introspección estéril y la servidumbre ciega al dogma tendría eco en todos los campos de las ciencias. Defendía que las matemáticas son ajustables a los objetos físicos, de modo que pueden ser herramientas útiles para interpretar la naturaleza e incluso explicar los fenómenos recurriendo a la geometría. Al igual que lo pensaran antes *Leonardo da Vinci* y *Simón Stevin*, **Galileo** sospechó que los objetos al caer aumentan constantemente su velocidad. Tuvo que hacer abstracción de la resistencia del aire, es decir, tuvo que suponer la existencia del **vacío** para establecer que cualquiera que sean su peso y su naturaleza, los graves caen todos con la misma aceleración. Con sus experimentos de la caída de los cuerpos descubriría las **fuerzas materiales que mueven el mundo**. Corrigiendo a *Aristóteles*, sentó los fundamentos de lo que *Newton* formularía como **"principio de inercia"** (*) Demostró lo que *Aristóteles* (**) negaba, que el aire tenía peso. Interesado por el problema de los fontaneros florentinos, que apelaron a él para solucionar la subida de agua con bombas aspirantes a más de 10 metros, su conclusión fue la de que, en efecto, la naturaleza aborrecía el **vacío**, pero sólo hasta ciertos límites, que podrían ser menores empleando un líquido más denso. Y murió sin poder realizar este experimento, que llevarían a cabo sus alumnos *Torricelli* y *Viviani* en 1644 (***). Cuando **Galileo** alcanzó a ver los cielos, escribió: *"Todas las controversias que han atormentado a los filósofos durante tantos siglos se reducen a la nada de una vez por la irrefrenable evidencia de nuestra vida"*... La Inquisición le advirtió en 1616 que dejara de enseñar sus teorías, porque eran "contrarias a las Sagradas Escrituras". En 1633 fue procesado y obligado a retractarse públicamente (el Vaticano no anularía la condena hasta **1986**), aunque -según cuentan- el "blasfemo" susurró para sus adentros: *"eppùre, si muove"* (y sin embargo se mueve), referido a la Tierra. En 1637 quedó ciego, pero continuó su labor.

(*) **Inercia:** lo que hace que los cuerpos se resistan a ser movidos o conserven su impulso". La Primera ley de *Newton* o Ley de Inercia rebate la idea aristotélica de que un cuerpo sólo puede mantenerse en movimiento si se le aplica una [fuerza](#). *Newton* lo explica así: "Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él". En un comienzo, *Newton* definió la masa como la cantidad de materia de un cuerpo. Sin embargo, con el tiempo, esto quedó mejor explicado como la medida de la inercia de un cuerpo ; es decir, la resistencia del cuerpo a cambiar su estado... *Galileo*, que trataba de representar la realidad basándose no en una mera hipótesis matemática, sino a "través de experimentos", no llegó realmente a establecer el concepto claro de inercia. Pero afirma que "Un cuerpo en reposo, o en movimiento, se mantendrá en reposo, o en movimiento rectilíneo y uniforme, a menos que sobre él actúen fuerzas exteriores que lo obliguen a modificar dichos estados". Explicó el movimiento de los planetas como una especie de **inercia** circular moviéndose en órbitas circulares. *Einstein*, con su portentosa experiencia mental del ascensor, demostró la equivalencia entre **inercia y gravedad**... La provoca -podríamos atrevernos a decir- el impulso centrípeto (atracción entrópica hacia el centro) que se genera en el acto mismo de creación de las más elementales partículas. En cada partícula persisten los efectos (gravedad) de la contracción ondulatoria que la origina.

(**) **Aristóteles**, partidario del *Primun mobile*, sostenía que "El cuerpo en movimiento se detiene cuando la fuerza que lo empuja deja de actuar". Cree en la necesidad de un "motor" que pueda ser causa del movimiento.

(***) **Torricelli** (1608-1647) adivinó que la atmósfera no pesaba lo bastante para impulsar el agua a más de 10 metros de altura. Descubrió experimentalmente el valor de la presión atmosférica y el peso del aire. Llenó de mercurio un tubo de 1 m de largo, cerrado por uno de los extremos y lo invirtió sobre una cubeta llena de mercurio, observando que la columna de mercurio permaneció estática a unos 760 mm de altura. *Torricelli* razonó que la columna no caía debido a que la presión atmosférica ejercida sobre la superficie del mercurio era capaz de equilibrar la presión ejercida por su peso

Kepler, Johannes (1571-1630), discípulo y seguidor de *Brahe*, fue el primero en emitir la hipótesis de que **todos los cuerpos se atraen mutuamente**... Corrigió el sistema de *Copérnico* y abrió camino a *Newton* con el descubrimiento de sus leyes: órbitas elipsoidales (y no círculos perfectos); barrido de áreas en tiempos iguales, y; la de las revoluciones y radios de donde obtuvo su constante $T^2 = K(R)^3$. En realidad, no llegó a resolver la razón del movimiento de las esferas planetarias. Creyó que la gravedad podría ser una fuerza magnética. No disponía de una ley de inercia. Para él la inercia consistía sólo en la resistencia de los cuerpos al movimiento. En 1619 fue el primero en pretender medir la presión de la luz para explicar el origen y la forma de las colas de los cometas... Era un místico buscador de símbolos, hasta que el conocimiento de la física experimental y las matemáticas afirmaron su actitud científica: "*En una ocasión -escribió- creí firmemente que la fuerza origen de un planeta residía en un alma..., llegué a la conclusión de que debía ser sustancial..., no espiritual..., no debida a un organismo divino*"...

Harvey, William (1578-1657), ejemplo del trabajo experimental, destaca como un gran adelantado en la investigación objetiva de la naturaleza y el cuerpo humano; descubrió y describió la circulación de la sangre en una obra aparecida en 1638, que causó sensación por las pruebas practicadas y los estudios realizados de modo profundo y cuidadoso.

Beeckman, Isaac (1588-1637) describe correctamente la inercia y desarrolla la teoría de que la presión del aire es la causa del funcionamiento de las bombas y no la creencia popularmente sostenida del *horror vacui*. Ayudó a *Descartes*, que lo negó. Influyó con el atomismo de *Epicuro* sobre *Gassendi*, quien dijo de él: "es el filósofo más grande que jamás he conocido, sabedor de que la materia está compuesta de átomos".

Mersenne, Marin de (1588-1647), de la Orden de los Mínimos, crítico del racionalismo de *Descartes*, reunió en su entorno a *Pascal*, *Descartes*, *Gassendi* y *Fermat*, propulsores de la nueva física en Francia y germen de la Academia de Ciencias. Tradujo a *Galileo* y obras de ciencia griegas. Experimentó la caída de los cuerpos, las leyes de los tubos sonoros y las cuerdas vibrantes.

Cavalieri, F. Buenaventura (1598-1647), trabaja con óptica y lentes. Trata el movimiento y se acerca al concepto de inercia. Figuró entre los primeros que enseñaron la teoría copernicana de los planetas. Elaboró fórmulas relativas a los focos de los espejos y de las lentes. Debe su celebridad a su teoría de los "indivisibles", que son los últimos términos de la descomposición que se puede hacer, por lo que puede ser considerado como uno de los precursores del análisis infinitesimal moderno.

Hobbes, Thomas (1588-1679) mantenía que la materia y las leyes del movimiento lo podían explicar todo, desde la mecánica celeste hasta las manifestaciones más complejas de la materia.

Con esa nueva visión de las cosas tenemos un ejemplo del enorme cambio en la perspectiva de la moderna actitud ante la ciencia.

Con *Kepler*, con *Copérnico*, con *Galileo* y otros muchos, tenemos un ejemplo del cambio iniciado dos siglos antes. Sin esta nueva actitud contraria a los misterios complejos, al oscurantismo y la cerrazón teológica no habría existido nunca ciencia moderna. Hasta entonces no hubo Ciencia, tomada con el significado del proceso, aunque sí hubo investigación e indagación entorno a hechos concretos. Antes, sin que pueda atribuirse al azar y a la necesidad estricta del uso del pedernal, el empleo del fuego y la invención de la rueda; el conocimiento rudimentario y el uso de los medios naturales constituyen una larga fase de tanteos hacia lo que a partir del XVII, cuando se desmorona la primitiva concepción del universo, sería la consolidación de la Física: conciencia de saber y de que los saberes pueden organizarse, diferenciarse y enriquecerse aplicando procedimientos sistemáticos de estudio e indagación.

Se empezaron a desarrollar la Estática y la Hidrodinámica y problemas de flotación obviados por *Arquímedes*. Recuperadas la física, la ciencia y la figura de este último, se favorece el desarrollo de la Mecánica. Un nuevo

ambiente, después del "humanismo", rescataría en Italia, Francia e Inglaterra las obras escritas de la antigüedad clásica y las traduciría en lengua vernácula para los menos doctos... La metodología científica empezaba a abrirse camino. En poco más de dos siglos, el desplome del absolutismo permitiría re alumbrar el pensamiento, recuperar el interés por la física y las ciencias naturales, abrir la mente a la investigación y a los descubrimientos. Se multiplicarían, como iremos viendo, los nuevos conocimientos y decisivos aportes trabajadores concretamente instrumentales: prolongaciones cada vez más acabadas del intelecto humano. Se empezaron a desarrollar aparatos básicos que permitirían un mejor dominio de la observación en general, la producción industrial e incluso la meteorología, a la que le darían un carácter científico a mediados del XVIII el pluviómetro, el anemómetro, el higrómetro y las primeras estaciones públicas (Inglaterra, Francia, Italia y Alemania) para medir por primera vez la presión atmosférica y la humedad... Los holandeses *Hans Lippershey* y *Zacarias Jansen* inventan el **microscopio** hacia 1590, *Galileo*, el **termómetro** (1592), *Lippershey*, el **telescopio** (1608) que usaría *Galileo*, *Torricelli*, el **barómetro** (1641), *Hadley*, el **cronómetro** y el **sextante** (1731), aparatos básicos que permitirían darle un carácter científico a las observaciones. *Thomas Newcomen* (1663-1729), herrero de profesión, desarrolló la **máquina de vapor** (1712) para achicar el agua en las minas, *John Kay*, la **lanzadera volante** (1733) que aplicada a los telares permitía a un solo operario tejer varios anchos de tela... En 1751 vería la luz la "**Encyclopedie ou Dictionnaire raisonné des ciencias**", obra capital del progresismo francés, dirigida y redactada por *Diderot* y *d'Alembert*. *Diderot* anunció la Enciclopedia como el instrumento para la futura revolución del saber". A poco de su aparición y pese a las trabas de la censura contaba ya con más de mil abonados; se hicieron cuarenta y tres ediciones en veinticinco países, y en muchos hogares las familias se reunían por la noche para leer y comentar sus artículos, al igual que lo hacían cuantas asociaciones se fundaron dedicadas a su estudio. Por aquel tiempo (1752) *Franklin* inventaría el **pararrayos**. *Heargraves* inventa y patenta en 1770 la primera **hiladora mecánica** que multiplica por ocho la capacidad productiva de un obrero... La máquina de vapor, realmente operativa, que *Watt* había patentado en 1769 y aplicado a la industria en 1784, permitiría a *Claude F. Jouffrey d' Abbans* fletar el primer barco de vapor, el mismo año (1783) que los hermanos *Montgolfier* elevan un **globo aerostático**. En 1785 *E. Cartwright* compondría el primer gran telar industrial movido con una **máquina de vapor (*)**. *Volta* construiría la primera **pila** en 1800, *Campillo* inventaría el **telégrafo** en 1804. En 1825 haría su aparición el **ferrocarril** en Inglaterra. *Faraday* descubriría en 1831 el **campo eléctrico**, base de lo que sería revolucionariamente la dinamo y el **motor eléctrico**. *Morse* inventaría el código **morse** en 1865, *Siemens*, la dinamo aplicable a la industria (1867), *A. G. Bell*, el **teléfono** (1876), *Edison* fabricaría la primera **bombilla** en 1879. Cuatro años después, 1883, *Carl Gustav de Laval* (1845-1913) presenta su turbina de vapor. En 1886 comenzaría a rodar el primer **automóvil** de gasolina. *Augusto y Louis Lumière* (1864-1948) proyectaron el primer film en 1895, y *Guillermo Marconi*, la radio o **telegrafía sin hilos** en 1897.

(*) ¿De dónde venía aquella *máquina de vapor* que se convertiría en la primera "fuerza motriz" de la Revolución Industrial? El primero en inventarla fue el ya citado *Herón de Alejandría* en el siglo I de n.e., pero se perdió en la oscuridad del Medievo... Después, pasados ¡mil quinientos años!, en pleno agosto vallisoletano de 1602, *Felipe II* decidió prestar más interés al equipo de buceo de *Jerónimo de Ayanz* (1553-1613) que a la máquina de vapor presentada por el mismo. Transcurridos ochenta años más, *Denis Papin* dejaba a medias su "máquina filosófica" (de vapor) por falta de medios y en 1682 construía su "*digesteur*", que ablandaba y cocía los alimentos por ebullición a presión... *Thomas Savery* (1650-1715), socio de *Papin*, aplicó por fin la máquina de vapor para sanear las minas. *Newcomen* la mejoró, y, *Watt* la reparó y mejoró con un regulador, "governor" del griego "kybernetes", "**cibernética**", que modificaría las formas futuras de vida. En 1785, *Cartwright* aplicó definitivamente la máquina de vapor de *Herón*, *Ayanz* y *Papin* a la industria textil. Ejemplos todos, en fin, del papel gradual tan importante jugado por el trabajo y la inventiva de mujeres y hombres en la evolución del progreso histórico-social proporcionando nuevos y cada vez más perfectos instrumentos técnicos y teóricos de producción.

Desaparecido el Imperio Alejandrino, perseguida y sepultada la cultura griego-helénica, todavía existieron algunos destellos de genialidad...

Como ejemplo, a *Herón de Alejandría* le cabe el privilegio de haber identificado el cerebro como el órgano de la inteligencia, que hasta entonces era considerado el corazón. Su logro más famoso "La fórmula de Herón" relaciona el área de un triángulo con la longitud de sus lados. Conocido como matemático desplegó una actitud casi moderna para la mecánica. Describió máquinas sencillas y generalizó el principio de la palanca de *Arquímedes*. Tiene en su haber la invención de la máquina de vapor (eolípila) y la Fuente de Herón. Escribió numerosos tratados. En "La neumática" estudia la hidráulica. En "La dioptra" describe un aparato de uso en observaciones terrestres y astronómicas. En "La métrica" estudia las áreas y volúmenes de distintas superficies y cuerpos. Estudió la reflexión de la luz demostrando que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión. Descubrió de forma arcaica la ley de la acción y reacción de *Newton*, mediante experimentos con vapor y agua.

La Edad Moderna recupera y divulga la idea materialista de los átomos.

El concepto de Ciencia que acuñaría el Renacimiento, se convertiría en el hecho más revolucionario de todo este período. "La ciencia se había establecido de un modo definitivo... En adelante los fundamentos de la ciencia podrían ser apuntalados o alterados, pero el edificio levantado sobre ellos era estable y -lo que es más importante- el método general de construcción era ahora conocido y ya no sería olvidado nunca", escribe *John D. Bernal*. *Stephen Jay Gould* escribiría al respecto: "Una vez que algo ha quedado sentado, no puede ser desplazado fácilmente incluso si la alternativa parece ventajosa"

Sennert, Daniel (1572-1637)) expone su teoría de los "**átomos reales**", que eran para él cuerpos simples *mínima físicos y no mínima matemáticos*, es decir, cuatro elementos aristotélicos (aire, agua, tierra y fuego) y elementos de

segunradio o do orden (prima mixta) producidos por la combinación de los elementos aristotélicos.

Comenio, *Juan Amos* (1592-1670), obispo de la Iglesia de Moravia, proyectó la creación del Colegio Pansófico. Tenía como fin practicar la nueva filosofía experimental baconiana. Expulsado de Bohemia durante la Guerra de los Treinta años (1618-48), acabó en Inglaterra, donde fue invitado a fundar un colegio que vino a menos. Más tarde sus ideas sirvieron de base para la fundación en 1662 de la célebre Royal Society (Sociedad Real de Londres para el **Fomento del Conocimiento Natural**)

Gassendi, *Pierre* (1592-1655), pionero de la Ciencia moderna, recupera y divulga el atomismo, las ideas de *Leucipo* y *Demócrito* a las que accedió a través del poema de *Lucrecio* y la versión que éste da de las ideas revolucionarias de *Epicuro* sobre los átomos. *Gassendi*, consciente del conservadurismo peligroso de su tiempo, recurre a presentar con cierto cuidado "limpios (los átomos) de connotaciones ateas y subversivas"... Su observación de que los gases podían comprimirse y expandirse, le llevó a pensar que estaban compuestos de partículas muy separadas entre sí por **vacíos** indetectables, átomos dotados de **inerencia** moviéndose en el vacío, fruto en fin, todavía, de una filosofía de la naturaleza anclada en dos principios: la materia y el movimiento... Relacionó las propiedades químicas con las formas de los átomos y estableció mecanismos físicos para la combinación de "moléculas" o "*corpusculae*", base de su teoría, que conocieron *Boyle* y *Newton*, claramente enfrentada a la teoría cartesiana de los "vórtices" en la que no tenía cabida el **vacío**. Aunque impregnado de originalidades divinas (comentaron que había bautizado a *Demócrito* y a *Leucipo*), *Gassendi* movió a *Boyle* y a *Torricelli* a realizar actividades más científicas y menos mágicas.

Linus, *Franciscus* (1595-1675), muy criticado por *Boyle*, propuso en 1660 la existencia de una especie de "membrana" invisible, *funículus* (cuerda pequeña en latín), que servía de frontera al **vacío**.

Bradley, *James* (1603-1762) midiendo la paralaje de una estrella, descubrió que el fenómeno de la aberración estelar lo provocaba el pequeño cambio observado en la posición (20") debido al movimiento de la Tierra, desde la que se hace la observación. Esto dio base para sostener que **la luz estaba formada por partículas** (*) que viajan con velocidad finita. Obtuvo para algunas estrellas un valor de 400.000 UA (unidad astronómica: $1,495 \times 10^8$ km) Después se utilizaría el "parsec" (3,26 años luz = $2,06 \times 10^5$ UA)

(*) ¿La luz, ondas o partículas?: *Newton* la definió como partículas, de diferentes colores; para *Huygens* era ondas, que *Maxwell* afirmó dando base al electromagnetismo. *Einstein* zanjó la cuestión: **dualidad**: onda y partícula, y fotón (cuanto de energía). *A. Peruzzo* y *F. Kaiser*, independientemente, han comprobado que es la observación lo que determina el comportamiento dual, mientras que, **entrelazados** dos fotones, se comportan a la vez como onda y partícula. Lo que sería igualmente aplicable al electrón de de *Broglie*. *Faraday* descubrió que el ángulo de polarización de la luz se podía modificar aplicándole un campo magnético, observación que le permitió proponer que la luz era una vibración electromagnética de alta frecuencia.

Michael Faraday (1791-1867)

Hijo de un herrero tuvo que abandonar la escuela a los 13 años. Se habituó a la lectura trabajando de aprendiz con un encuadernador de Londres hasta la edad de 20 años. Se interesó enseguida por los temas científicos. Su asistencia en 1812 a una conferencia de *Humphry Davy* y el envío a éste de las notas tomadas le abrieron las puertas del laboratorio químico de la Institución Real. En 1824 fue nombrado director del laboratorio.



Once años después sucedió a *Davy* como profesor de química. Dos años más tarde le fue concedida una pensión vitalicia de 300 libras anuales. Pero nunca fue considerado como un caballero.

Faraday recibió el encargo de una revista, *Anales de Filosofía*, de escribir sobre la existencia del fenómeno magnético que había observado *Hans Christian Oersted* en 1819. Empezó preguntándose ¿por qué no se podía invertir el procedimiento del magnetismo por electricidad y producir electricidad por magnetismo? *Faraday* estaba en desacuerdo con los criterios de sus contemporáneos, que entendían la electricidad como un fluido continuo que se desplazaba entre los cuerpos.

Él, por lo contrario, propuso imaginarla como un intercambio de cualidades magnéticas, e inventó la noción de campo magnético como un espacio surcado de líneas de fuerzas invisibles que provocan los movimientos por diferencias de energías.

Sus investigaciones le convirtieron muy pronto en el primer científico experimental de su época, con el descubrimiento en 1831 de la inducción electromagnética y su demostración de la inducción de una corriente eléctrica por otra, que serían fundamento de motores eléctricos, generadores de electricidad y transformadores, cuyas aplicaciones prácticas han cambiado el curso de la vida de la humanidad.

Descubrió la existencia del diamagnetismo y comprobó que un campo magnético tiene fuerza para girar el plano de luz polarizada que pasa a través de ciertos tipos de cristal. Investigó los fenómenos de la electrólisis y descubrió dos leyes relativas al fenómeno.

En el campo de la química, un estudio sobre el cloro le llevó a descubrir dos nuevos cloruros de carbono. Descubrió el benceno e investigó nuevas variedades de vidrio óptico y experimento con éxito la licuefacción de gases comunes.

Faraday, al igual que *Newton*, “pudo ver más lejos que otros porque estaba encima de los hombros de gigantes”. Tuvo a su disposición el concepto de líneas de fuerza planteado por *Gilbert*; el electroimán, de *Arago*; la pila voltaica, de *Volta*; el galvanómetro, inventado por *Ampère* y la observación del efecto del magnetismo, de *Oersted*. Pero tuvo, además, lo más importante, su visión científica de la materialidad unívoca, que le guía cuando afirma: “Las varias formas, bajo las cuales están hechas las fuerzas de la materia manifiestan que tienen un origen común”.

Antes de morir *Davy* dijo: “Mi mayor descubrimiento fue Michael Faraday”. *Maxwell* dijo de él: “con los ojos de su mente, vio líneas de fuerza donde los matemáticos sólo vieron centros de atracción a distancia”. Fue un gran popularizador de la ciencia. Inició la realización en Navidad de ciclos divulgativos para niños. Siempre creyó “degradante ofrecer premios por el trabajo intelectual y el que academias y sociedades o monarcas lo hagan no quita su aspecto degradante”.

Descartes, René (1596-1650), matemático, dualista en filosofía, y materialista mecanicista en física, que mantenía la antigua idea de que la luz era una emanación de los ojos, niega el **átomo** y el **vacío**. Identifica **materia** (que combina con **movimiento**) y **espacio**, pero despojada la primera de cualquier acción intrínseca. Explica las "acciones a distancia", por la propagación de impulsos a través de una **materia etérea** (los átomos más ligeros), que llenaba el espacio intermedio. Concibe un universo de materia divisible hasta el infinito constituida de tres tipos de elementos primigenios: ígneos, aéreos y térreos, formando un todo en estrecho contacto de **vórtices** y **torbellinos** materiales interaccionantes, pero sin intersticios, que provocan un movimiento igual en la materia contigua, causa de los movimientos orbitales (acción por contacto directo que se oponía a las acciones a distancia a través del espacio **vacío** y mediante fuerzas, que sostenía *Newton*). Aplazó la publicación de sus "*Principia Philosophiae*" para encontrar una interpretación religiosa y ortodoxa que se adecuara a su concepción de la naturaleza. Explica su teoría del cosmos físico, como una combinación mecánica de materia y movimiento creada por un Dios perfecto y justo, origen de cualquier creencia o conocimiento. Identifica la materia con el espacio mismo: el mundo es para él un continuo físico uniforme, indefinido y no mensurable, dotado de una cantidad de movimiento que se produce naturalmente con velocidad uniforme (principio de inercia) y en línea recta, no en círculo como propuso *Galileo*. Educado en los jesuitas de *La Flèche*, se diferenció de *Bacon* por su énfasis en las matemáticas, que considera la reina de las ciencias; pretendió dar su teoría de los fenómenos y las cosas, pero influido siempre por la idea de un universo físico creado -como antes se ha dicho- por un Dios perfecto, origen de cualquier creencia o conocimiento, idea en definitiva que todavía era el patrón escolástico impuesto en las aulas tradicionales, donde "nada de los descubrimientos trascendentales de un *Copérnico*, o un *Kepler* pudo romper el vigilado cerco". Sin embargo, alcanzó a elaborar su histórico "*Discurso del método y la búsqueda de la Verdad en las Ciencias*". Consideraba los órganos del animal tan sólo como un mero aparato mecánico, puesto en movimiento por una fuerza desconocida. El genio de "*Cogito ergo sum*" (Pienso, luego existo) murió en Suecia de una neumonía debida a sus madrugones ilustrando a la reina *Cristina*, y, sorprendentemente, lo enviaron a Francia sin cabeza, hasta que la recuperó *Berzelius* en 1809.

Boyle, Robert (1627-1691), sin dejar de considerar inmaterial el calor, que según él se adhería a los cuerpos, accedió a la teoría del **átomo**, basado en elementos del materialismo mecanicista y la teología. Se le atribuye haber sido el primero (1675) en traducir la palabra **atomismo** de *Leucipo*, por "**materialismo**", concepto que desarrollaría *Thomas Hobbes*. Anunció el comienzo de la Ciencia moderna, con su definición del concepto "elemento" (*): cuerpos primitivos y simples libres de mezcla", que pueden combinarse con otros para formar compuestos y no pueden descomponerse en una *sustancia* más simple. Denominó "filosofía mecánica" (mecánica-corpuscular) a su filosofía experimental de la naturaleza, que estaba basada como la de

Gassendi en dos principios perfectamente distinguibles: la materia y el movimiento y **un cierto vacío**, contrario al que *Descartes* negaba rotundamente... *Robert Boyle* formuló la ley de los **gases** (**) que hoy lleva su nombre. En 1660 demostró que los objetos ligeros caían con la misma rapidez que los pesados, corroborando así las teorías de *Galileo* contrarias a las de *Aristóteles*, que achacaba las caídas al peso y la centralidad de la Tierra y no a la gravedad... Fue un practicante del llamado "**método científico**". Aplicando sus descubrimientos se pudo observar la inconsistencia de los colores y, por medio del ensayo de la llama, cómo los elementos podían comunicar su color distintivo e identidad.

(*) "**Elemento**": no se haría evidente que los criterios de *Boyle* estaban lejos todavía de concebir la composición real de los elementos simples, sus combinaciones, las moléculas, y qué decir de la divisibilidad del átomo..., hasta contar un siglo después con los trabajos prácticos de *Cavendish* y, más tarde, *Lavoisier*, el primero demostrando que el hidrógeno se combina con el oxígeno para formar agua, y el segundo descomponiendo el aire en oxígeno y nitrógeno. Leamos si no la descripción que el mismo *Boyle* hiciera de la composición del **aire**, cuyo peso (que *Aristóteles* declaró nulo) determinó por fin respecto al agua: "Es un fluido tenue... diferente del **éter**, compuesto de tres especies de corpúsculos: los emanados de las aguas, de los minerales, de los vegetales, de los animales, y otros, mucho más sutiles, pertenecientes al fluido magnético"... En plena Revolución Científica los experimentos, no obstante haber superado en gran parte las "prácticas mentales" propias de las ciencias físicas clásicas y el excesivo dominio matemático-cartesiano, caminaban parejos aún con la idealización de las situaciones que se dan en la naturaleza. Tan es así, que la Revolución Industrial, debiendo tanto a las ciencias, vendría probablemente a deber mucho más al **trabajo práctico**, a la **instrumentación técnica**, a ciertas áreas de la actividad social y a la iniciativa obrera, de donde partieron la máquina de vapor y la realización práctica del motor eléctrico.

(**) La palabra "**gas**" la utilizó *J. B. Helmont* en su obra "*Ortus medicinae*" (1632), por su similitud con la palabra griega "caos".

Huygens, Christian (1629-1695) emitió una teoría ondulatoria de la luz, completamente nueva, de acuerdo con la cual, la luz no es una sustancia, sino una transferencia de energía en forma de ondas (*). *Huygens* se situó frente a las teorías de los vórtices de *Descartes*, corpuscular de *Boyle* y de los "efluvios" lumínico-corpusculares de *Newton*. Desarrolló su teoría, observando la propagación del sonido y las ondas formadas en el agua por una piedra, y basándola en que la luz es la vibración **ondulatoria** (**) que producen los cuerpos luminosos en "**un medio sutil y elástico**", el "**éter**" (o su homólogo el **vacío**, que todavía era para él un sustrato material formado por átomos). Rechazó el modelo corpuscular porque no se avenía con la enorme **velocidad de la luz** (que había medido *Olaus Römer* en 1676) (***). *Huygens* calculó la velocidad de la luz con un error de un tercio de la actual: "Si la luz emplea cierto tiempo para recorrer una distancia, resulta que este movimiento, comunicado a la materia en la cual se propaga, es sucesivo y, por consiguiente, se difunde como el sonido, por superficies esféricas (****) y

ondas". Fue el primero en definir la "*vis viva*" (fuerza viva) como el producto de la masa por la velocidad al cuadrado (mv^2) clarificando los conceptos de **masa**, **peso**, **momento**, **fuerza** y **trabajo**, pero no resolvió cómo se conserva la fuerza en las colisiones (*Jacob Bernouilli* formuló después: "no se pierde, sólo se cambia en otras formas"). Estudia el movimiento del péndulo (y diseña el primer reloj de péndulo) determinando el valor de la aceleración de la gravedad con bastante exactitud. Sobre la teoría ondulatoria de la luz, se ocupa de la **reflexión** y la **refracción** (****) de la luz. Propone que la luz está formada por ondas **transversales** (*****) semejantes a las ondas del sonido en el aire. **Todo frente de ondas puede considerarse como un foco emisor de nuevas ondas**, las cuales originan, al superponerse, un nuevo frente de ondas que envuelve a las anteriores...*Huygens* no acepta la teoría de la gravitación de *Newton* y rechaza el concepto de fuerza actuando instantáneamente a distancia, defendiendo el contacto en el sentido cartesiano. Sus principios, base de la primera corriente europea del mecanicismo, con *Descartes* y *Leibniz* y en especial *Bernouilli*, reducen todos los fenómenos físicos a efectos derivados de los contactos y colisiones entre la materia. Descubre uno de los satélites de Saturno y explica los anillos. *Huygens*, cartesiano y crítico a la vez, en la física del siglo XVII se sitúa en importancia junto a *Descartes* y *Newton*.

(*) **Ondas** son la expresión material de un transporte de energía sin traslación de la sustancia. La onda no arrastra consigo materia ordinaria, sólo arrastra ondas sucesivas, vibraciones, energía. Las olas (**ondas**) como ejemplo, no son agua, sino movimientos en el agua. A partir de esta interpretación, el concepto **onda** encierra la idea no ya de un movimiento impelido a la materia (como en la trayectoria de una bola) sino de un movimiento **propio** de la materia, transmisor de una propiedad de ésta: la energía...Según la teoría del campo cuántico, cada partícula es una excitación, una **onda** o conjunto de ondas que fluye del vacío (protuberancia), cuya densidad de energía es inimaginablemente grande pese a que su valor proviene de la llamada "energía de movimiento de punto cero", de la que sólo podemos detectar la energía de la **onda** o partícula aparecidas. En las **ondas** se distinguen, su amplitud, la longitud (distancia entre dos ondas sucesivas), el período y la frecuencia (nº de ondas que pasa por un punto en una unidad de tiempo). Los colores de la luz corresponden a diferentes longitudes de onda (rojo, 0,00008 cts. de longitud de onda; violeta, 0,00004 cts.)

(**) **Vibración ondulatoria**: Todavía en pleno siglo XVII seguía planteada la duda sobre si la luz era un haz de **rayos lumínicos**, un **fluido**, una **onda** o una lluvia de **corpúsculos** luminosos... Y aún transcurrirían casi dos siglos más, preguntándose los físicos parecidamente lo mismo: ¿qué es realmente la luz, una onda o una lluvia de **fotones**? El problema se complicaría con el paso del tiempo; no parecía existir la posibilidad de ofrecer una descripción basada en uno sólo de los dos lenguajes: corpuscular, ondulatorio. La noción de la **dualidad**: onda (continuidad), corpúsculo (discontinuidad), avanzaría a vaivenes con los años hasta su aceptación práctica, con casos tan anecdóticos como sería el de los *Thompson*, muchos años después: *J. J. Thompson* (padre) recibiría el Nobel en 1906, por establecer la naturaleza corpuscular del electrón, y *G. Páger. Thompson* (hijo) recibiría el mismo galardón en 1937 pero, ahora, por descubrir la naturaleza ondulatoria del electrón.

(***) **Velocidad de la luz:** La creencia tradicional era que la luz se transmitía de forma instantánea. Y así lo creían *Galileo* y *Descartes*. *Olaus Römer* demostró en 1671 que la velocidad de la luz no era instantánea, sino finita, observando diferencias de tiempo en la percepción de un satélite de Júpiter. En 1675 *G. D. Cassini* escribió: "La luz emplea cierto tiempo en venir del Sol hasta nosotros". De los intentos, primero de *Galileo*, luego *Bradley* en 1728, *Fizeau* en 1849, *Foucault* en 1850 y finalmente en 1963 y 1976, se obtendría como resultado último de la velocidad de la luz: 299.727,2 Km/s.

(****) **Superficies esféricas y ondas:** *Huygens* llamó **ondas** al movimiento sucesivo comunicado a la materia en la cual se propagan y difunden, como lo hace el sonido, por superficies **esféricas y ondas**. De acuerdo con esta teoría, la luz -como antes se dijo- no es ya una sustancia, sino una **transferencia de energía** en forma de **onda**... Si bien, ahora, había que entender el fenómeno ondulatorio, no ya como si fuera dado en la planicie del agua -donde el movimiento de avance de la cresta de una onda está limitado a subir y bajar- sino como el movimiento de una onda **esferoidal** propagada por una **perturbación** producida puntualmente en el seno de la **materia espacial**: un punto emisor de ondas **esferoidales, propulsadas** sucesivamente mediante giros de vaivén con el "arrastre" consiguiente de materia adherida: una especie de jalea o gelatina, **¿éter?** En cuyo caso, siendo **transversales** las ondas, no longitudinales, el **éter**, se venía a concluir, tenía que tener, necesariamente, una estructura singular... *Fresnel* propuso considerarlo no como un fluido, sino como una sustancia **sólida, elástica** a la vez que de elevada rigidez. *Laplace*, *Poisson* y *Jean Batiste Biot* reaccionaron hostilmente. Sin embargo, *Einstein*, convencido con el experimento de la *turmalina* de que las ondas son transversales, concluyó teniendo que admitir: "observamos que **el éter interacciona** con la materia en los fenómenos ópticos"... Una imagen tal del fenómeno conduciría posteriormente a pensar, por compleja que parezca la idea, que todas las formas materiales del universo no están sumergidas en..., sino que son parte misma de la materialidad espacial llamada "vacío"....

(*****) **Reflexión:** cambio de dirección que experimenta una onda cuando incide en la superficie de separación de dos medios, siendo devuelta hacia el medio de donde procede... **Refracción:** cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio a otro de mayor densidad. De acuerdo con la teoría mecánica se debe a fuerzas que actúan sobre los corpúsculos luminosos cambiando su velocidad; fuerzas que tienen su origen en las partículas de vidrio, como en el caso del experimento de *Newton* (1666), que es el prisma de vidrio quien las separa o dispersa en el espacio, ocasionando "un haz de luz de vívidos e intensos colores", pero que pueden volver a "mezclarse por completo de nuevo y componer otra vez el color original, lo que -según él- denota la **corpuscularidad** de cada color y su comportamiento como sustancia inmutable...

(******) **Transversales y longitudinales:** se llaman **longitudinales** cuando el sustento material de la onda sufre vaivén; va hacia delante o hacia atrás sucesivamente; las partículas se mueven a lo largo de la dirección de la onda. **Transversales**, cuando el desplazamiento de las partículas es sucesiva e inversamente vertical a la dirección de la onda. Las electromagnéticas en el espacio son transversales (esferoidales) **Elásticas** son las que se propagan en medios sólidos. Planas, es la zona o pequeña región que forma parte de la esfera proyectada. Tardíamente, como se ve, se ocuparían de explicar algo de importancia suma para comprender la naturaleza y comportamiento de la materia, como son las formas de los fenómenos ondulatorios de la luz, cuyo único ejemplo gráfico-visual venía siendo la representación de **ondas** en la

superficie del agua, o sonoras, en este caso rara vez representadas como emisiones de una fuente puntual, proyectadas esferoidalmente.

Pascal, Blaise (1632-1662), prodigioso pensador desde su pequeña infancia (escribió sus famosos "*Pensées*"), experimentó la columna de mercurio observando el efecto (peso) del aire según la altura geográfica: "La masa de aire tiene peso, una vez más que otras". Sus conclusiones sobre el vacío aristotélico fueron, con las de *Galileo*, radicales: "el vacío no es imposible en la naturaleza". Estudió las propiedades de las curvas cónicas, la cicloide y las espirales e hizo un gran aporte a la teoría de los números. Construyó una máquina calculadora, para cuatro operaciones y extracción de raíces cuadradas. Decía que **el universo es un círculo, cuyo centro se halla en todas partes y su circunferencia, en ninguna parte.**

Spinoza, Baruch (1632-1677). Su panteísmo (*) niega y diluye a dios ("la existencia de una mente superior") en la naturaleza, que, según él, está sostenida por una **sustancia** o esencia eterna, "**algo**" yacente en la base que no ha sido creado nunca y por nadie y se manifiesta a través de infinitas propiedades (una es el **movimiento**) y estados. Preconiza la libertad de la ciencia y la instrucción como un remedio contra todos los males sociales. La razón, sin la intervención de los sentidos, puede conocer la verdad. El movimiento sólo es un desplazamiento mecánico, no un atributo de la sustancia.

(*) Panteísmo: es la creencia de que Dios, la naturaleza y el universo son la misma cosa, es decir, Dios no está fuera del mundo, sino que es el mundo, y el estudio de ambos es en realidad el mismo. La razón del mundo contiene en sí las ideas eternas de todo cuanto ha de acontecer, en forma que dichas ideas son, dentro de la razón cósmica, como las semillas de todo el porvenir.

Empiezan a circular revistas y boletines de intercambio y difusión de la Ciencia

Por esta época **se estaba viviendo en Europa un clima nuevo** representado por la pérdida relativa del monopolio docente de las Universidades, con el resurgimiento de nuevas fuentes de riqueza en manos de artesanos, comerciantes y gentes que fueron ganando sitio en los estamentos sociales y se mostraron muy sensibles a las actividades científico-técnicas y sus aplicaciones prácticas, de indudable beneficio.

El rechazo al criterio de autoridad propició la creación de centros de discusión, con la fundación de academias y sociedades científicas. La pionera fue Italia. En Florencia ya funcionaba desde **1470** y duró hasta a 1651 la Academia Platónica, otra era la Academia del Cimento con *Torricelli*. Se celebran reuniones informales en Inglaterra: el *Gresham College* (Oxford) y la *Royal Society* (Londres). En Roma funciona la *Academia del Lincei* (1603 al 30) a la que perteneció *Galileo*. En Londres, la existencia del Colegio Invisible o Filosófico creado en 1644 por *John Wilkin* (1614-1672) serviría de base para que *Comenio* creara en 1662 la Sociedad para el Fomento del Conocimiento. Al Colegio pertenecieron filósofos experimentales como *Boyle*, astrónomos, médicos y teólogos. En Francia se reúnen los del círculo de *Mersenne*:

Gassendi, Descartes y Pascal, y en 1666 funciona la *Académie des Sciences*. *Leibniz* logra la Academia de Berlín en 1700, y Rusia funda en 1724 la de San Petersburgo, trasladada a Moscú en 1934. Londres se vería favorecida con su capitalidad, que devuelve *Carlos III*, y allí vuelven los baconianos de Oxford que reunidos fundarían un "Colegio para la promoción del Saber físico-matemático experimental" (comprometido a no tratar de teología, metafísica, moral, retórica y lógica). Convertido éste en la *Royal Society*, *Newton* fue nombrado miembro en 1671 y presidente desde 1703 hasta su muerte.

En España, 377 años después de las academias italianas, nace la Real Academia de Ciencias Naturales, en un notable esfuerzo por recuperar la Física que se extendería hasta el fin de la República Española (1939).

Es entonces, cuando el gran frente urdido contra la reforma agraria y de la educación en España deja inerte al pueblo ante el nazi-fascismo europeo", cuando la Ciencia en España asiste al gran derrumbe, con la vergonzosa designación franquista del llamado Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que se prestó a poner en marcha la sección de "Mariología" para la "determinación de la doctrina acerca de María, madre de Dios"...

Era una forma sin nombre de encubrir; junto al clima pavoroso de persecuciones, encarcelamientos, asesinatos, desapariciones y apresurados decretos destinados a desraizar todo vestigio republicano, la furia teleológica desatada contra el declarado propósito republicano, de "contribuir a la formación de la conciencia civil y alcanzar ese estado de la responsabilidad de la persona y colectiva, que es -señalaba la Constitución Española- la más alta conquista a que aspira la República". La educación pública -se dijo y merece recordarlo- "debe tener un carácter social, ha de atender todas las necesidades educativas del niño, del joven y del pueblo..., evitar que la cultura sea un privilegio de clase..., dar a conocer los esfuerzos del pueblo y de la humanidad por librarse del atraso y la tiranía... entendiendo que **la enseñanza debe ser un elemento de lucha y liberación**... descriptivo de la evolución que ha través de la historia ha sufrido la clase obrera.."

Hooke, Robert (1635-1703) defendió la "filosofía real, mecánica y experimental" frente a la discursiva del aristotelismo... Experimentó con los gases y los sólidos proponiendo la ley de la elasticidad, que formuló suponiendo más separadas las partículas en los gases que en los sólidos. Mantenía la naturaleza **ondulatoria de la luz** comparando sus vibraciones con las ondas en el agua. Observó, experimentó y construyó un microscopio. Fue de los primeros en incorporar miras telescópicas en los instrumentos astronómicos. Inventó pluviómetros y anemómetros... En 1662 realizó experiencias sobre la conservación del movimiento, que *Descartes* había propuesto dudosamente. En 1675 explica el movimiento planetario y propone que las fuerzas sobre los planetas debían depender de los cuadrados de las distancia, sin demostrarlo matemáticamente, lo que permitiría a *Newton* desarrollarlo en su "*Principia*", dando ocasión a *Hooke* para señalar que era copia de sus obras de 1665.

Hacia 1690 se entiende que la materia es común a todos los cuerpos del universo y está formada por átomos y vacío...

Por entonces, **el éter sigue todavía indefinido**. Pero se dan desarrollos importantes para el futuro de la ciencia y en concreto de la física. Se adelanta el estudio del movimiento, empezado por *Galileo*. Se esclarece el principio de la **inercia**, las propiedades de los gases, la existencia del vacío y la presión atmosférica, temas ya empezados a tratar por *Descartes*, *Huygens*, *Torricelli* y *Pascal*. Sobre el magnetismo se interesa experimentalmente *Gilbert*, que toca la electricidad. Se aplican las matemáticas al comportamiento de la naturaleza. *Descartes* prepara el camino hacia el cálculo infinitesimal que desarrollarían *Newton* y *Leibniz*. *Pascal* y *Fermat*, con sus estudios de geometría se interesan por el cálculo de probabilidades, aunque sin aplicarlo a la física.

Se ha abandonado la doctrina aristotélica y retomado el atomismo de *Demócrito* y *Lucrecio*.

Se entiende que **la materia** es común a todos los cuerpos del universo y **está formada por átomos** que sólo tienen propiedades mecánicas. Y se ha impuesto la corriente mecanicista de las interacciones entre los cuerpos por medio de colisiones. Reina el sistema copernicano y la idea de **un universo infinito**, con los astros moviéndose en el vacío o a través de **un éter sutil que llena todo el espacio**. Sin conocer las leyes que rigen las órbitas de los planetas, se sostiene la teoría de los vórtices de *Descartes*.

Newton, *Isaac* (1642-1727), atomista convencido, explica que la materia está formada por "partículas móviles, sólidas, macizas, duras e impenetrables", con inercia, e intuye que está formada por más **espacio vacío** que lleno. La gravitación, la electricidad y el magnetismo eran para él tres fuerzas distintas que actuaban a distancia, siendo las partículas materiales los agentes de la atracción mutua. Consideraba la existencia del **éter** como "un medio mucho más sutil que el aire y que permanece en el vacío una vez eliminado el aire". En 1672, sugiere que los diferentes colores de un haz de luz blanca podían imaginarse como vibraciones del **éter** de magnitud diferente, y el éter sería algo así como **una sustancia distinta** a la de los átomos (Newton había intuido que la materia está en realidad formada por más espacio vacío que lleno)... Sin embargo, rechaza los "vórtices" de *Descartes*, con lo que desecha la explicación del mecanicismo, que implicaba la necesidad de un contacto físico para explicar cualquier acción. Sus leyes están referidas a **centros de masa** puntuales, sin más contacto entre sí que su relación a distancia a través del **espacio vacío**, o **éter**, por las fuerzas de atracción, salvo cuando habla del primer *papirotazo* (impulso inicial) que diera Dios al movimiento de los planetas. Respecto a la luz, sostiene la teoría de la emanación, según la cual los cuerpos luminosos emitían corpúsculos de lumínico, que era, según él, un **fluido** elástico que se propagaba en línea recta por un **éter** de inmovilidad absoluta, y producía la visión de las formas y colores de las cosas. En su obra "Óptica"

aplica la concepción corpuscular a toda la materia. Consideraba absolutos el espacio y el tiempo, que eran para él entes que no dependían uno del otro, ni tampoco de los objetos materiales que se encontraban en ellos y de los procesos que en ellos transcurrían. Cada cosa estaba separada por completo de la otra. Tenía una visión del mundo esencialmente estática, intemporal, no cambiante, inmutable de las cosas. Sin embargo, demostró, negando a *Aristóteles*, que no hay tal pureza del blanco de la luz, para lo que hizo pasar un rayo por un prisma de cristal descomponiendo la luz en sus colores. Y aplicando su teoría de la gravitación mostró que las fuerzas de la **gravedad (*)** y las que mueven los planetas eran una sola fuerza: “todo ejerce una fuerza sobre todo lo demás”, que se transmite instantáneamente, **sin intermediación de medio alguno (**)**.

Newton enuncia las tres leyes o axiomas del movimiento: todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo (inercia); el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza impresa; con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria... Llamó **vis insita** a la fuerza de **inercia** que “parece dormir en el interior de la materia, hasta tanto esta sea acelerada”... Se dio cuenta de que si un objeto no está sometido a ninguna fuerza permanecerá en reposo o, si está en movimiento, continuará moviéndose en línea recta. Sacó en consecuencia, que si los satélites de Júpiter y la Luna se movían en órbitas circulares, debía existir una fuerza actuando sobre ellos. Y propuso que esta fuerza es la de **gravitación** mutua entre la Luna y la Tierra y entre los satélites jupiterianos y Júpiter.

Su ley de gravitación produjo una impresión enorme, ya que refutaba por completo la opinión de que el movimiento de los planetas se determinaba sólo por voluntad divina. En 1675 relaciona la atracción de los cuerpos por la Tierra con el arrastramiento de esos cuerpos por los **flujos de éter** e intenta explicar la gravitación debido a las propiedades del éter. Pero en 1706 niega totalmente la existencia del éter. Procura dar forma completa a la teoría de la gravitación, aunque sin querer entrar en las causas (“*yo no imagino hipótesis*”), y sin embargo llegó a la conclusión de que existe una **fuerza universal de gravitación** entre todas las porciones de materia del universo: “La gravedad ocurre en todos los cuerpos y es proporcional a la cantidad de materia existente en cada uno de ellos”... Y escribe: “comparando la fuerza necesaria para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra, encontré que prácticamente coincidían”.

Newton se dedica al estudio matemático y a experimentos en óptica y química. Se construye un telescopio de reflexión, cuando sólo existían los de refracción. De entre sus diversas obras sobre cálculo, gravitación y óptica, publica en 1687 su obra suma “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”. Aunque rechaza la teoría ondulatoria de la luz, presenta y prueba mediante la razón y los experimentos las propiedades de ésta: “La luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad (refracción con distintos ángulos). “Toda luz homogénea posee su propio color, que corresponde a su grado de refrangibilidad”. Desarrolla el cálculo infinitesimal antes de 1666, que publica en 1693. En 1704 y 1711 publica su definición del cálculo diferencial e integral.

Siguiendo la tradición de llamar análisis al álgebra, llama análisis al método matemático, e inicia el proceso de algebraización del cálculo que habían abierto *Descartes* y *Fermat* para la geometría, pero empañado por su controversia con *Leibniz* y los hermanos *Johann* y *Jacob Bernoulli*, a quienes un joven suizo, *Nicolás Factio de Duiller* (1664-1753), acusó formalmente de plagio, pensando que *Leibniz* había visto los apuntes de *Newton* cuando fue a visitarlo en 1676. No fue sólo este caso, otros, entre ellos *Robert Hooke*, censuraron su conducta, que respondió parafraseando: si él había visto más lejos que otros “era porque se había subido sobre los hombros de gigantes”. En su formulación de los conceptos de masa y fuerza, quedó clara la influencia de *Galileo* (distinguió *masa* y *peso*: la primera es una propiedad de los cuerpos, el peso depende de la aceleración de la gravedad). Llamó “**masa**” a la propiedad de los objetos, de resistencia al cambio; una observación física esencial.

“... comencé a pensar -escribe *Newton* en 1666- en la gravedad que se extendía a la órbita de la Luna y... a partir de la regla de *Kepler* (tercera ley) deduje que las fuerzas que mantienen los planetas en sus órbitas deben estar en razón inversa a los cuadrados de sus distancias al centro alrededor del cual giran”.

(*) **Gravedad**: ley de la gravitación universal. Fuerza de atracción que ejercen los cuerpos unos sobre otros en razón de su masa. Fuerza propia de todos los cuerpos, interna, gravitatoria, **tensión hacia el centro** en todos los objetos y fenómenos y en nosotros mismos, que actúa más allá de los límites o campos de cada cuerpo. Funciona a la velocidad de la luz y da lugar a una atracción constante e ilimitada entre cada manifestación material y su proceso final de succión gravitatoria... De acuerdo con la **ley de gravitación**, la fuerza de atracción entre dos cuerpos depende de una manera simple de la distancia que los separa. En concreto: resulta $2 \times 2 = 4$ veces menos, si la distancia se duplica; $3 \times 3 = 9$ veces menor si esta se triplica, etc.” *Todos los cuerpos se atraen en relación directa de sus masas e inversa del cuadrado de sus distancias*. “Que la gravedad sea innata, inherente y esencial para la materia -escribe *Newton*-, es para mí algo tan absurdo que creo que no puede acostumbrarse a ello ningún ser humano... Debe existir un agente que cause la gravedad; estaba sentando bases para la gran investigación al respecto que sigue irresuelta todavía... *Einstein* constató que la relatividad especial, opuesta a la transmisión **instantánea** (**), implicaba que la teoría de *Newton* estaba “averiada” y requería enfrentarse a la cuestión de la naturaleza de la gravedad, que *Einstein* identificó con el propio *alabeo del espacio*. Demostró que la gravedad y el movimiento acelerado, asociado con el alabeo del espacio y el tiempo, son efectivamente indistinguibles, deduciendo que el agente causante de la gravedad es, según él, la estructura del cosmos, que, a nivel microscópico, la mecánica cuántica presentó incompatible con la relatividad general. “La gravedad -diría *Mordeghai Milggrom*- es “algo” más de lo que tradicionalmente hemos pensado”.

(**) Pero la cuestión estaba justamente en la transmisión, que según *Newton* podía ser **sin intermediación de medio alguno**, o mediante el efecto **onda**: y no es lo mismo tirar algo para tumbar una ficha distante de dominó, que alinear fichas y golpear la primera para transmitir el efecto hasta la ficha distante. Valga aclarar aquí que el movimiento “de” la materia (una bola que se mueve) no es lo mismo que el movimiento de una **onda** que se mueve “en” la materia. Las leyes

de *Newton* están referidas a puntos materiales aislados, con masa pero inextensos tales que sus posiciones, velocidades y aceleraciones en un instante dado son inequívocas. Digamos sobre el estilo de *Newton* -el "último babilonio" como dijera J. M. Keynes (1883-1946)-, que "consiste en un intercambio entre la simplificación e idealización de las situaciones que se dan en la naturaleza y sus análogos en el dominio matemático, lo que le permite tratar problemas de las ciencias exactas como si fueran ejercicios de matemática pura, dejando de lado el problema de la causa de la gravitación universal y el modo de su acción y transmisión, que vería bajo la óptica de las acciones instantáneas a distancia".

(***) ¿Instantánea? Si movemos un cuerpo con rapidez, cambia la fuerza de gravedad con que éste actúa sobre otro cuerpo... pero si este otro se encuentra lejos, entonces... entonces tardará cierto tiempo antes de recibir el efecto... Luego la incidencia **no** es instantánea, pasa cierto tiempo hasta que se transmite. ¿En ese tiempo dónde habrá estado la perturbación? Sin duda, atravesando un medio concreto: el supuesto "vacío"... No se puede comprender el Universo sin comprender las causas del fenómeno más patente: la gravedad.

Las ideas de Newton se propagaron pronto por toda Europa

La mayor parte en versiones popularizadas, a veces de calado frívolo, al socaire de obras como "*El newtonismo para las damas*" de *Francesco Algaroti* (1712-1764), pero que se convirtieron en símbolo de nuevas ideas, propuestas algunas de ellas como fundamento incluso de reformas sociales y políticas. En la Ilustración, como ejemplo, se generalizó la concepción del universo como un mecanismo autónomo gobernado por unas pocas leyes, que dio origen al "deísmo". Y asimismo se abre camino una visión materialista, que va a desembocar en los siglos XVIII y XIX en un fenómeno cultural vinculado a la ciencia, la física y la tecnología, favorable al interés por las ciencias naturales: la Revolución Industrial.

Se inicia el cambio de una sociedad medieval, agrícola y artesana, a una dominada por la introducción de la maquinaria en el proceso productivo. Nuevas fuentes de energía basadas en el carbón, la electricidad, y más tarde el petróleo, con la aplicación de técnicas instrumentales, el vapor y el motor eléctrico revolucionan la producción, el transporte y el comercio. Son el resultado del desarrollo de la física en el campo de la mecánica, la termodinámica y el electromagnetismo, en presencia también de un factor económico-social predominante por la burguesía "legitimado" hasta nuestros días: la separación del capital y el trabajo...

En las universidades empieza a perder terreno la teología y ganan espacio las ciencias naturales (Göttingen y Berlín, en Alemania, Oxford y Cambridge, en Inglaterra, Edimburgo y Glasgow, en Escocia, y la creación de escuelas de ingenieros en Inglaterra y Francia). Mientras, se irá introduciendo la geometría analítica de *Descartes* y *Fermat*. Los hermanos *Bernouilli* y un discípulo de ellos, *L'Hopital*, todos matemáticos, han aplicado, a la solución de los problemas físicos, el cálculo de probabilidades de *Pascal* y el cálculo infinitesimal de *Newton* y *Leibniz*. Las matemáticas y en concreto el análisis experimentan un enorme desarrollo.

Pero la rápida industrialización europea tenía como único fin enriquecer a la burguesía.

Las viviendas del proletariado se componían de una sola pieza donde se hacinaba toda la familia. Las emergentes ciudades industriales crecían generando nuevos y más problemas crónicos de alojamiento, hacinamiento y miseria. Eran constantes las demandas obreras seguidas de violentas represiones y encarcelamientos. Hasta 1824, el mundo del trabajo no lograría ver derogada la ley que prohibía los sindicatos. Pero hasta 1847 no consiguieron la jornada de diez horas, hecho que sería considerado por los autores del Manifiesto Comunista, *Carlos Marx y Federico Engels*, como la primera victoria del proletariado en su lucha de clase contra la burguesía. No obstante, todavía en 1850 la jornada laboral rara vez era menor de 12 horas diarias, seis días a la semana. Mientras tanto, las máquinas de la Revolución Industrial, al ejemplo de la tejedora inventada en 1770 por *Heargraves* que multiplicaba la producción por ocho, estaban siendo adquiridas con el sudor y el capital acumulado del trabajo obrero, pero que en manos del capitalismo estaban permitiendo al burgués acentuar policíacamente la explotación, reducir los salarios y contratar mano de obra débil y más barata, con mujeres, y con niños con edades desde los cinco años.

Römer, Olaus (1644-1710) obtuvo la primera evidencia (1676) de que la luz se mueve a velocidad finita. Lo explicó observando la diferencia de tiempo de uno de los satélites de Júpiter visto desde un punto situado en dos posiciones distintas de la órbita terrestre. Contrariamente a *Newton*, *Römer* y *Huygens* continuaban pensando en la luz como una serie de impulsos ondulatorios en un medio.

Leibniz, Gottfried Wilthem (1646-1717), precursor de la lógica matemática, rechaza las ideas de *Newton* y apoya la existencia de los vórtices del **éter** de *Descartes* e inicia con *Newton* el proceso de algebraización del cálculo, continuando lo que *Descartes* y *Fermat* habían hecho para la geometría. Se entretendría en proponer como componente armónico universal las **mónadas**, que cumplían mecánicamente todos los fenómenos llamados materiales, e implicaban a su vez la idea de una fuerza que sostiene la oscura actividad de la materia y el **movimiento** causado por Dios, al mismo tiempo que la actividad "libre y consciente del alma". Las **mónadas** eran los elementos constitutivos de la realidad: infinitesimales, de naturaleza psico-física, poseían en sí mismas el principio de sus acciones y su propia finalidad, eran simples, inextensas, e indiscernibles unas de otras. Pero pensaba que respondían a un plan previo trazado por Dios. Su aporte matemático -*Newton* lo acusa de haberle copiado el cálculo diferencial e integral- serviría en particular para extender el razonamiento galileano de que la distancia recorrida es proporcional al cuadrado de la cantidad de tiempo empleada. Para *Leibniz* la **inercia**, entendida también como causa de modificación del movimiento, es una propiedad que permanece intacta en la naturaleza (**vis viva**).

Todavía en el siglo XVIII predominaron las ideas aristotélicas

... sobre todo las relacionadas con la **naturaleza del calor**, pese a que éstas vivieron en pugna con la Escuela Atomista, defensora de que el fenómeno del calor estaba vinculado al **movimiento** de los átomos. La vuelta a la teoría atómica de la materia vino apoyada por la llamada Escuela mecanicista, con *Hooke*, *Huygens* y *Descartes*, que propiciaron volver a vincular el calor como resultado del movimiento de los átomos. *Newton* también consideró que un cuerpo se calienta por el movimiento vibratorio de sus partes. *Boyle* propuso que "el calor parece consistir en la propiedad mecánica de la materia que llamamos movimiento". Pero a finales del s. XVII volvió a imponerse la idea del calor como un fluido material pero imponderable contenido en los cuerpos calientes.

Calor y temperatura (sustancia o movimiento) fueron considerados en la Antigüedad griega y más tarde en Occidente hasta la Edad Media como una sustancia, una cualidad y un accidente de los cuerpos; un fluido imponderable que entra y sale de los cuerpos. La escuela atomista sostenía que el calor está vinculado al movimiento de los átomos y a su mayor rapidez, aunque de un tipo especial de estos. Autores de la llamada escuela mecanicista, como *Hooke*, *Huygens* y *Descartes* recuperaron la versión de las ideas atomistas. *Descartes* afirma en su "*Principia*": "Dondequiera que se alza una velocidad tal de las partículas que forman los cuerpos terrestres, hay fuego, sin que importe cuál sea la causa". *Newton* creía también que "el calor parece consistir en la propiedad mecánica de la materia que llamamos movimiento". *Bernouilli* sugirió en 1738 en su "*Hidrodinámica*" que **la velocidad o movimiento de las partículas** que componen un gas **podía explicar su temperatura y presión**.

Bernouilli, Jakob. (1654-1705), hermano de *Johann Bernouilli* (1667-1748), ambos discípulos de *Leibniz*, participaron en la controversia sobre la prioridad del cálculo diferencial e integral, que había desarrollado *Newton* en 1666 y mostrado a *Leibniz* en 1676. Éste último y sus alumnos fueron acusados en 1699 por *Nicolás Factio de Duiller* de plagiar a *Newton*. La obra "*Analyse des infiniment petits*" apareció en 1699. *Newton* publicó sus obras entre 1704 y 1711. Por entonces, el cálculo sólo era utilizado por unos pocos autores, sus creadores *Newton*, *Leibniz*, los hermanos *Bernouilli* y *L'Hopital*.

Halley, Edmond (1656-1742) Considerado "padre de la geofísica", estudioso de *Newton*, publicó "*Principios*" (1687). Estudió la periodicidad de los cometas, demostró que giran en órbitas elípticas y predijo el regreso del "Halley" en 1758... Elaboró métodos para medir la distancia del Sol, y catalogó las posiciones de 341 estrellas del Hemisferio sur. En 1686 publicó el primer mapa meteorológico del mundo. Cuentan que erró en la solución de la "*paradoja de Olbers*", del cielo oscuro. La solución la dio el propio *Heinrich Olbers* (1758-1840): sólo si estuvieran a igual distancia, todo el espacio estaría cubierto de luz. *Mädler* terció en la cuestión del "cielo oscuro" pensando en 1861 que la luz de las estrellas más distantes no habría tenido tiempo de llegar.

Stahl, George E. (1660-1734) frenó las nuevas teorías que asociaban el **calor** al movimiento, con su propuesta de que las sustancias combustibles

estaban compuestas por otra sustancia a la que llamó flogisto, del griego *phlogizein*, inflamable, un fluido imponderable, causante de que unos cuerpos, al ejemplo del carbón, ardiesen más rápidamente que otros o no ardiesen, según la cantidad de **flogisto** (*) contenida.

(*) **Flogisto, calórico: fluidos imponderables.** *Lavoisier*, que había reconocido como una sustancia nueva el "**calórico**", terminó rechazando la propuesta del flogisto: "No podemos decidimos entre las dos hipótesis. Aunque algunos fenómenos...producen calor cuando se frotan dos cuerpos juntos". Más tarde, experimentando sobre la combustión y la oxidación y utilizando la balanza -por entonces sin presencia en los laboratorios- para medir el flogisto formado en una combustión, observó que medidas antes y después de la combustión las masas, el flogisto no sumaba, tenía una masa negativa... *Priestley*, que había descubierto el oxígeno en 1744, llamó al flogisto "aire desflogitizado". *Laplace* y *Poisson*, apoyaron la idea del calórico, *Rumford* y *Humphry Davy* defendieron la teoría dinámica del calor, la fricción mecánica, *John Herapath* (1790-1868) mantuvo en 1821 que "el calor consiste en movimiento. Y el grado de frío absoluto es cuando las partículas no tienen movimiento". *James P. Joule* experimentaría en 1849 agitando agua hasta calentarla concluyendo que el calor no podía ser una sustancia material, sino efecto del movimiento. Con su trabajo *Gabriel Daniel Fahrenheit* generalizó el termómetro de mercurio en 1714 y situó el 0° con una mezcla de hielo, agua y sal. *René A. Réaumur* (1638-1757) fijó los extremos de la escala entre la fusión del hielo y la ebullición del agua, y estableció 80 partes, *Anders Celsius*, en 1742, estableció 100 partes, *Joseph Black* distinguió entre calor y temperatura y concibió el calor como una sustancia que se puede medir. *Johan C. Wilke* (1732-1796) desarrollo las ideas de *Black*, *Joseph Fourier* formuló en 1822 el problema de la conducción del calor en su obra "Teoría analítica del calor", uno de los primeros tratados de física matemática.

Gray, Stephen (1670-1736) observó las propiedades de la electricidad, de atracción y repulsión, pero creyendo que se trataba de dos fluidos diferentes: vídrioso o resinoso, según se frotase vidrio o resinas. Demostró que los **efluvios eléctricos** se transmitían por los metales (conductores) pero no por el vidrio o la madera (aislantes). Como en el caso del calor, la electricidad se concebía como un **fluido** que podía pasar de un cuerpo a otro.

Berkeley, George (1685-1753), alcanzaría las cotas más elevadas del idealismo puro y duro e iría mucho más allá de todos los más grandes idealistas y metafísicos... En pleno siglo XVIII se atrevería a mantener que el universo está creado por ideas inertes que existen sólo en "la mente de los espíritus": únicamente existo yo mismo (solipsismo), y todas las demás cosas, incluidas las otras personas, son una creación de mi pensamiento. "Un sistema extravagante -escribió *Diderot*-, que, para vergüenza del espíritu humano y de la filosofía, es el más difícil de combatir aunque sea el más absurdo de todos".

Fahrenheit, Gabriel Daniel (1686-1736) dedicado a la fabricación de instrumentos meteorológicos generalizó el uso del mercurio en los termómetros. En 1714 construyó el primer termómetro con mercurio en vez de alcohol. Con el uso de este termómetro, concibió la escala de temperatura conocida por su nombre e inventó un higrómetro de diseño perfeccionado.

Descubrió que además del agua, hay otros líquidos que tienen un punto de ebullición determinado y que estos puntos de ebullición varían con los cambios de presión atmosférica. *Réaumur* construyó uno con mezcla de alcohol y agua.

Meteorología

Hadley, George (1685-1786) fue uno de los primeros autores que trataron teóricamente la circulación del aire en la atmósfera, explicó los vientos alisios: aire frío de los polos que sustituye el caliente que se eleva en el Ecuador. **James Espy** (1785-1860) teoriza por vez primera sobre la convección en la formación de las nubes y su precipitación y sobre la formación de las tormentas por vientos radialmente convergentes. **William Redfield** (1798-1857) refuta a *Espy*, demostrando que el aire de las tormentas circula alrededor de un centro, en dirección contraria a las agujas de un reloj, y a su vez este se desplaza arrastrado por los vientos dominantes. **William Ferrel** (1817-1857) aplica las leyes de la hidrodinámica a la circulación de la atmósfera y muestra el efecto de la rotación de la Tierra en la dirección del viento ("efecto Coriolis"). **Wilhelm Bjerknes** (1862-1951) produjo algunos de los primeros modelos Matemáticos sobre la circulación de la atmósfera y los océanos, y puso las bases de la teoría de los frentes polares y de la formación de los ciclones. **Jule G. Charney** (1917-1981) y **Hans Ertel** (1904-1971) destacaron formulando el primero los teoremas de la vorticidad, y *Charney* con sus ecuaciones para calcular movimientos de ondas a escala planetaria.

Maupertius, Pierre-Louis Moreau de (1698-1759) fue uno de los primeros seguidores de *Newton*. Participó en la traducción de los "*Principia*". En 1744 propuso el principio -criticado por *Voltaire*- de la "mínima acción": "la naturaleza es económica en todas sus acciones", basado en la "infinita sabiduría de dios"... Estableció la ecuación que lleva su nombre, que permite desarrollar analíticamente las ecuaciones diferenciales del movimiento referidas a cualquier sistema de coordenadas. Un año antes, *d'Alembert* había formulado el "principio de Alembert" que generalizaba las Leyes de *Newton*. Entre los que desarrollaron la idea constan *Euler* y *Leibniz*, *Fermat* había introducido anteriormente la idea de que los rayos de la luz, en situaciones ópticas tales como la refracción y la reflexión seguían un principio de *menor tiempo*... *Hamilton* estableció el principio: "De todas las posibles evoluciones de un sistema éste va a seguir la que hace mínima la acción"... Esto ha hecho pensar a alguna gente que estamos ante un principio "profundo" de la física.

Dufay, Charles F. (1698-1739) observó las propiedades de la electricidad. *Antoine Mollet* (1700-1770) se puso de parte de *Stephen Gray*, suponiendo que los fluidos eléctricos eran flujos que se movían.

Bernouilli, Daniel (1700-1782), hijo de *Johann Bernouilli*, desde su visión mecanicista, reflejada en su "*Hidrodinámica*" (1738) había sugerido que la velocidad o movimiento de las partículas que componen un gas podía explicar su temperatura y presión. Pensaba que los "corpúsculos" del gas eran tan pequeños que su número era "prácticamente infinito". Y que la presión que ejercían sobre las paredes de una vasija era el resultado de los impactos de

millones de partículas a una velocidad muy grande. Si un gas encerrado sufre disminución de volumen, la presión será mayor e igualmente el calor por un movimiento más intenso de las partículas. Sin embargo, por aquel tiempo, el trabajo de *Bernouilli* era generalmente ignorado, e igualmente su hipótesis revolucionaria de que el calor consiste en el movimiento de las partículas. Su teoría, al postular el movimiento libre de los átomos a través del espacio vacío, **ignoraba el éter**, que por entonces se empezaba a admitir que llenaba todo el espacio, mientras que el calórico podía fácilmente identificarse como una clase especial de éter. *Bernouilli* había efectuado en su pensamiento un salto para el cual la gran masa de científicos no estaba preparada, pues, la teoría atómica misma, en la que se apoyaba para demostrar la asociación del calor con el movimiento, todavía no tenía una sólida base experimental.

Kleist, *Ewald Georg von* (1700-1748), alemán, y *Pieter van Musschen Broek* (1692-1761), holandés, descubren (1745) la posibilidad de almacenar la electricidad, con la botella de Leyden: una máquina de electricidad estática, que giraba frotándose, conectada a un tubo de hierro y una botella de vidrio. Cinco años más tarde, *John Bevis* y *William Waston* construyeron un condensador con dos láminas metálicas separadas por un cristal.

Celsius, *Anders* (1701-1744) estableció la escala entre la ebullición del agua (100°) y la fusión del hielo (0°). *Joseph Black* y *Johan C. Wilke* distinguirían después el calor y la temperatura, aunque concibiendo el calórico como una sustancia mensurable.

Franklin, *Benjamín* (1706-1790) rechazó la idea de que la electricidad fuera una forma de fuego... Demostró que el calor y la electricidad (*) eran fenómenos distintos e introdujo los términos positivo y negativo, según que los cuerpos tuviesen exceso o defecto de fluido. En 1772 experimentó atando una barra metálica a una cometa conectada por un hilo a una llave que sostenía con la mano... e identificó el rayo atmosférico con una descarga eléctrica derivada de un hipotético **fluido** imponderable -electricidad- que llenaba el espacio, y lo declaró así cuando todavía se creía que era algo divino o relacionado con el fuego. Inventó el pararrayos. Sus experimentos y sus ideas políticas motivaron que se escribiera en un busto suyo: "**arrancó el rayo del cielo y el cetro del tirano**". Digamos, finalmente, que se decantó partidario de la **teoría ondulatoria** y de un **éter vibratorio que llenaba todo el espacio**, pero no pensó que ambos fluidos fueran el mismo como habían sugerido *Euler*, antes, y *Young*, después.

(*) Electricidad: los cuerpos se electrizan cuando sus átomos ganan o pierden electrones. Si frotamos un trapo de lana y una varilla de cristal, el movimiento de frotación los electriza, se produce un traslado de electrones del cristal a la lana.

Buffon, *Georges Leclerc, conde de* (1707-1788), en su obra "Historia natural" (1744) de 44 volúmenes engloba el conocimiento del mundo natural hasta la fecha. Estudia la similitud entre los seres humanos y el mono. Piensa que las especies vivas están infundidas por una *matière vive*. Influyó sobre *Jean-Baptiste Lamarck* (1744-1829) y *Charles Robert Darwin* (1809-1882). Explica la primera teoría sobre el origen del sistema planetario, por "colisiones"

contra el Sol, indicativa de que las estrellas y los planetas no han existido siempre en la misma forma que tienen ahora. Basado en el enfriamiento del hierro, afirma que la edad de la Tierra son unos 50.000 años y no los 6.000 que sostenía la Iglesia Católica, por lo que fue juzgado y hubo de retractarse en el segundo volumen de su obra. En sus últimos años, ya sin temor a la Iglesia, corrigió la edad 75.000 años. Muchos años después, el conocimiento adquirido permitiría situar la edad de la Tierra en algo más de 4.500 millones de años.

Euler, Leonhard (1707-1783), tenido como el matemático más prolífico de todos los tiempos, mantuvo la teoría corpuscular. Propuso que **la luz es en el éter** lo mismo que el sonido en el aire. Participó en el problema de considerar los cuerpos como sólidos "rígidos", en los que la distancia entre cada dos partículas es inalterable y por lo tanto el cuerpo se mantiene indeformable. Fue el iniciador de la mecánica en la forma actual, modificando el formulismo geométrico de *Newton* por el algebraico y analítico. En 1736 publicó "Mecánica Analítica", primero en la historia de la Física, donde queda precisado definitivamente el concepto de "masa puntual" y el significado de "aceleración" con el empleo del concepto "vector" o "magnitud geométrica". En 1765 publica la definitiva "*Teoría del movimiento de los cuerpos sólidos o rígidos*", que extiende a los sólidos deformables, para lo que define "centro de masa" o "centro de inercia", más general que "centro de gravedad" newtoniano. Para los rígidos precisó cómo la resistencia al cambio queda determinada no por la masa, sino por el "tensor o momento de inercia" que utilizaría *Einstein*. Fue el primero en escribir una presentación unificada y completa del cálculo infinitesimal, en sus obras de los años 1755 y 1768-70. Es recordado por la resolución que dio en 1780, con el valor $n = 3$, al denominado "Último teorema de Fermat", que *Pierre de Fermat* (1601-1665) había propuesto en 1637: Si n es un entero mayor que 2, la ecuación $x^n + y^n = z^n$ no tiene solución si x , y , y z son números enteros positivos. Más tarde, otros lo demostraron para $n = 5, 7$ y 13 . Pero, la demostración más completa vendría de *Andrew Wiles* (n.1953), quien, por fin, en 1994, dio solución pública en 148 páginas a uno de los grandes problemas de las matemáticas.

Wright, Thomas (1711-1786), idealista sumo, imaginó (1750) que las estrellas están agrupadas en galaxias y que las de la Vía Láctea, entre ellas el Sol, estaban sobre la superficie de una esfera y luego sobre la de un disco, alrededor de un punto central que era la morada de dios...

De la metafísica y el mecanicismo al materialismo dialéctico

Al finalizar la Edad Media, el proceso productivo había ofrecido un enorme material y nuevos hechos en el dominio de los fenómenos mecánicos, físicos y químicos, que con el desarrollo de la industria plantearon la necesidad de asimilar y analizar las diversas propiedades, causas de sus orígenes y consecuencias. Ello dio lugar a que en las Ciencias naturales adquiriese gran difusión el método experimental, lo que, si por un lado contribuyó a liberarlas en alguna medida de las influencias y ataduras de la Iglesia, por otro, a causa de los éxitos prácticos alcanzados, cobró fuerza la opinión circunstancial de que la descomposición de la naturaleza en sus partes componentes, aislados los

fenómenos y objetos de su conexión natural e histórica, era el procedimiento único y universal de investigación científica, la base del conocimiento... Y arraigó la costumbre de "concebir las cosas -como dijera *Engels*-, no en su movimiento, sino en su inmovilidad". El trasplante que *Francis Bacon* y *John Locke* hicieron de esa visión metodológica de las ciencias naturales a la filosofía, provocaría la estrechez específica característica de estos últimos siglos, **el modo metafísico de pensar**.

Así, desde el siglo XVII (momento en que no obstante estarse estudiando ya la difracción de la luz, el materialismo metafísico y mecanicista se desarrolla en lucha contra el idealismo y la teología), hasta mediados del XVIII (todavía bajo la concepción metafísica de las cosas y su representación mental como objetos aislados, inmutables, desprovistos de actividad interna, dados e impulsados de una vez para siempre, que habían de ser estudiados independientemente unos de otros)..., no surgiría una línea **antimetafísica** que habría de minar las viejas concepciones y sentar las bases científico-naturales que abrirían paso durante el XIX al surgimiento del **materialismo dialéctico e histórico**..

De hecho, hasta que *Faraday*, *Maxwell*, *Becquerel*, *J. J. Thompson*, *Rutherford*, *Lorentz* y *Fitzgerald* y otros no ampliaron la visión que se tenía de la materia, incluso los propios representantes del **materialismo pre-marxista** seguían admitiendo la existencia de una especie de *sustancia* primaria material e inmutable. Todos los objetos podían surgir y desaparecer, cambiar y transformarse, pero, la sustancia, su base material, el átomo era invariable... Del mismo modo, puesto que todos los cuerpos están formados de átomos, subordinados a las leyes de la mecánica, era lógico también pensar que todas las formas de movimiento tenían que reducirse, en última instancia, al movimiento mecánico de los átomos. Después, tuvo que ser muy duro para algunos materialistas, observar cómo su visión del mundo, mecanicista, quedaba puesta en cuestión entre el XIX y el XX, con el desarrollo de la teoría del **campo electromagnético**, el descubrimiento de la **radiactividad (*)**, la **divisibilidad del átomo**, y el **aumento de masa** al aumentar la velocidad del movimiento... Algo, en fin, que no sólo desconcertó a muchos materialistas de la época, sino que, como era de esperar, alentó a los idealistas a creer que los fenómenos descubiertos podían ser interpretados como una violación del principio de conservación de la materia, como una prueba de que la "materia desaparece" y con ello la concepción materialista misma de la existencia, por cuanto ya ¡no había razón alguna para que nada cambiase! Y menos la sociedad dividida en clases.

(*) Radiactividad: La idea del descubrimiento de la estructura de los átomos y de las fuerzas que encierran, fue posible merced a una serie de extraordinarias intuiciones de personas con una gran imaginación y un agudísimo espíritu crítico. Sin embargo, la interpretación de la transformación recíproca: materia-energía, no se formuló, ni siquiera como una vaga intuición; la generó un fenómeno dado (la radiactividad) que no permitía otra explicación: el Radio²²⁶, en 2300 años, emitiendo un núcleo de He se convierte en Radón²²²..., que se convierte en

Polonio²¹⁸ en 5,5 días, y éste en Plomo²¹⁴ en 4,41 días, convertible a su vez en Bismuto en 39 días.

Lomonósov, Mijail Vasíliebich (1711-1765) formularía definitivamente la teoría materialista: “no sólo los átomos son materiales, sino también el espacio que llena los intersticios interatómicos” y, por extensión, los intermoleculares e incluso interastrales (**éter**, espacio vacío) y galácticos. En la química de su tiempo fue uno de los defensores del atomismo, propulsor de la estructura atómica y molecular de la materia. Así, elevó la atomística al nivel de hipótesis científico-natural. Formuló el descubrimiento de la ley de la conservación de la materia y del movimiento como ley natural universal, con cuyo hecho dio origen al **hundimiento de la metafísica y el mecanicismo**. Se manifestó en contra de los “imponderables”, uno de los principales puntos de apoyo y reflejos de la metafísica en las ciencias naturales. Pero el gran mérito de *Lomonósov* consiste en haber rechazado la doctrina del carácter finito del movimiento en el tiempo y en haber postulado que el movimiento no tiene principio ni fin, que es eterno como es eterna la materia. Consideró que todo **el espacio está lleno de cierta materia de “gravitación”** y la interacción de los cuerpos con ella explica su atracción mutua.

Alembert, Jean Le Rond d´ (1717-1783). Participa con *Rousseau* (1712-1778), *Voltaire* (1694-1778), *Diderot* (1713-1784) y otros en la famosa “*Enciclopedia de las ciencias, de las letras y de los oficios*”, que se declara políticamente en lucha contra el régimen feudal-absolutista y la religión católica. Materialista inconsecuente, reconoce la existencia objetiva de los objetos materiales, pero duda de la posibilidad de conocer su esencia. En 1743, resuelve el problema mecánico, pendiente, de una fuerza actuando entre dos posiciones del espacio, y propone su principio: “Las fuerzas de inercia son iguales y de sentido contrario a las que producen las aceleraciones”. Planteó y resolvió el problema de la vibración de una cuerda y fue el primero en formular en 1746 la ecuación diferencial de propagación de ondas. Critica la teoría cartesiana del vórtice: “Por la cual se pueden explicar los movimientos de los planetas pero de una manera que es tan incompleta y poco exacta, que si los fenómenos fueran completamente diferentes, podrían ser explicados igualmente y de la misma manera”.

Kant, Immanuel (1724-1804), para él, espacio y tiempo no eran conceptos objetivos: “sólo podemos conocer las apariencias, pero no la cosa-en-sí”..., idea semejante a la de *Berkeley* y *Hume*, aunque no exacta. Si bien, fue uno de los primeros que situaron la conformación del universo material en las nubes galácticas, “islas”. *Marx* escribió: “La teoría kantiana del origen de todos los cuerpos celestes a partir de *masas nebulosas* (*) en rotación ha sido el mayor progreso conseguido por la astronomía desde *Copérnico*”, frente a la concepción “**creacionista**” (**), teológica, petrificada de la naturaleza. La idea se confirmó, con el descubrimiento por *Herschel* y *Laplace* de que algunas de las nubes difusas (“nebulosas”) eran sistemas estelares independientes de tamaño comparable a la Vía Láctea. Hasta entonces los cuerpos celestes se habían considerado fijos desde el primer momento en órbitas y estados siempre idénticos. *Kant* abrió la primera brecha

en esa representación inmutable. En su "*Historia natural y teoría del cielo*" (1755) explicó que todas las estrellas están agrupadas en unidades semejantes a las que llamó "universo-isla", porque el movimiento de los cuerpos que las forman se halla gobernado por las mismas leyes de la mecánica y la gravitación y se ha formado a través de un mismo proceso... Propuso que los objetos celestes, llamados nebulosas, no eran nubes de gases, sino agrupaciones de estrellas o galaxias a una gran distancia, idea que ya había sido propuesta por *Galileo*... *Laplace*, popularizó en 1796 la propuesta de *Immanuel Kant*, pero, voluntaria o involuntariamente olvidó el nombre de éste: "el Sol, como los planetas, había surgido de una nube de gas incandescente que girando se había enfriado y condensado, quedando el Sol en el centro". *Helmholtz* propondría después (1854) la idea genial de que las nebulosas iniciales no eran gases calientes, sino fríos y su calentamiento se debe a la contracción gravitacional.

(*) Las **nebulosas**: *Kant*, *Herschel* y *Laplace* ven en la evolución de las nebulosas en rotación, la construcción de las estrellas y galaxias, a partir de regiones muy densas y frías del espacio, convertidas en auténticos viveros de estrellas. Pueden ser nubes de "gas" enrarecido o de polvo "estelar", e incluso mezcla, que se colapsan circularmente por efectos de la gravedad intrínseca, formando masas más densas, hasta adquirir una forma redondeada ("protoestrella") que empieza a girar por sí misma, liberando parte al mismo tiempo de la energía que la calienta con temperaturas de hasta 10 millones de grados. Es entonces cuando se hacen visibles o también cuando reflejan la luz de una estrella próxima. *Mädler* hablaba de que en nuestro sistema sideral existen soles apagados y nebulosas que pueden ser "islas" cósmicas independientes, de las que hablara *Kant*. *Laplace* pretendía demostrar cómo de una masa nebulosa se había desarrollado nuestro sistema solar. Las llamadas **nebulosas de emisión** están formadas por plasma interestelar: hidrógeno ionizado y electrones libres, relacionadas concretamente con el nacimiento de estrellas, a ejemplo de las denominadas Trífida (M20) y la Gran Nebulosa de Orión (M42). Las **nebulosas planetarias** tienen un origen distinto, se forman por la expulsión de material de una estrella poco masiva en su fase gigante roja, al final de su vida. Nebulosas como la del Cangrejo (M1) son los restos de la explosión de una nova o supernova, estrellas masivas. Ocurre también que de la explosión y emisión de material de una supernova queda un núcleo formado por neutrones, lo que se llama una "estrella de neutrones", con un diámetro de unos pocos kilómetros y una masa de varias veces la del Sol (un *púlsar*), cuya existencia, propuesta en 1934 por *Fritz Zwicky* y *Walter Baade*, sería observada 30 años más tarde.

(**) *Kant* abrió una brecha demoledora en la **concepción "creacionista"**. Su propuesta aunque de signo idealista encerraba lo que sería el punto de partida de todo progreso ulterior. Pero sucedió que sus estudios no se tradujeron en resultado inmediato alguno. Muchos años después, *Laplace* y *Herschel* se encargaron de desarrollar y fundamentar con mayor precisión su contenido, abriendo camino con ello a la "**hipótesis nebular**". Descubrimientos posteriores como el del movimiento de las estrellas fijas, así como el de la prueba "espectral" que daba identidad química a toda la materia cósmica y la demostración de un medio resistente en el espacio cósmico, darían solidez a sus argumentos.

El siglo XVIII -de la Ilustración o “siglo de las luces”- está caracterizado por los siguientes fenómenos sociales:

Desarrollo del razonamiento científico, pretendiendo desplazar de la ciencia los tradicionales esquemas teológicos; desarrollo técnico-instrumental de la burguesía y consiguiente aparición de brotes capitalistas, y; aumento del poder del Estado político de las minorías dominantes en detrimento del poder eclesiástico y de la clase obrera en particular... Es la época de la fe incondicional en la razón humana, con apegamientos racionalistas al extremo del determinismo representado por *Laplace*, quien preguntado por un *Napoleón* sorprendido de no encontrar a Dios en la obra de aquél, la “Exposición del Sistema del Mundo”, respondió con su célebre “no tengo necesidad de esa hipótesis”. *Newton* también había dicho “yo no hago hipótesis”, si bien, Dios no dejaba de ser para él el creador, protector y armonizador del mundo... Así, quedaba planteado un reto para una próxima Revolución Científica, la de principios del siglo XX, en que inexorablemente será abatido el consistente edificio newtoniano.

Black, Joseph (1728-1799) fue el primero en establecer la distinción entre temperatura y calor. Observó que varias sustancias daban temperaturas diferentes cuando se les aplicaba el mismo calor. Elevar un grado el hierro requería tres veces más calor que el plomo. *Black* demostró que se puede introducir calor sin elevar la temperatura: el hielo se derrite sin aumento de temperatura; el agua sigue hirviendo sin aumento de temperatura.

Cavendish, Henry (1731-1810) desmontó la idea hasta entonces sostenida de los cuatro “elementos” clásicos (*), adversaria del atomismo. Demostró que el **agua** es una combinación de nuevos elementos, de modo que ésta ya no podía ser, como dijeran los griegos, uno de los elementos básicos. Fue de los primeros en utilizar el concepto de **carga eléctrica**. En 1785 llevó a cabo experimentos con descargas eléctricas en mezclas de nitrógeno y oxígeno descubriendo de este modo la composición del **ácido cítrico** ($C_6H_8O_7$) y la existencia del gas noble **argón** ($^{40}_{18}Ar$). En 1793 midió experimentalmente por primera vez el valor de la constante “G”, parte numérica de la ley de gravitación, utilizando una balanza de torsión como la ideada por *Coulomb* en 1784: dos esferas pequeñas de plomo de 730 g de masa, cada una colgada en los extremos de un balancín. Luego, a estas esferas se le acercaban dos esferas más grandes de plomo de 158 Kg de masa, con lo que observó la **atracción mutua** de los cuerpos. Obtuvo una diferencia muy pequeña con el valor actual. Sin embargo, sus trabajos pasaron ignorados hasta que *Maxwell* los dio a conocer en 1879, y ello pese a su importancia para la física, no sólo por la medida, sino y particularmente porque el experimento mostró la universalidad de la Ley de la Gravitación.

(*) Por fin, se haría evidente que ninguno de los llamados “elementos” clásicos eran tales. El **agua** resultó ser un compuesto de hidrógeno y oxígeno. El **aire**, lo demostraría *Lavoisier*, era un compuesto de oxígeno y nitrógeno. Y así, sucesivamente, la escisión de sustancias una tras otra, como la **cal** (en oxígeno y calcio), y la **sal**, el “elemento” de *Paracelso*, (en cloro y sodio), etc., etc., irían derrumbando las paredes corpusculares de la materia y desinflando a la vez la ilusión **alquimista**, al poner de manifiesto qué sustancias podrían descomponerse en otras más simples y cuáles no podrían ser descompuestas

químicamente (*Newton* dedicó gran parte de su vida a la **alquimia**, y el emperador *F.J* de Austria-Hungría financió experimentos para obtener oro hasta fecha tan reciente como 1867). Sin embargo, tanto habían influido el desdén por el conocimiento y, sobre todo, la nefasta escolástica, buscando siempre una garantía contra el error en los libros sagrados, la patrística y la "*auctoritas*" de *Aristóteles*..., que tendría que pasar más de un siglo, todavía, para que el rigor metodológico, la experimentación y el empeño científico permitieran a *Rutherford* en **1919** transmutar realmente el nitrógeno en oxígeno, bombardeando núcleos del primero con partículas *alfa* (núcleos de helio: con dos protones + dos neutrones, con una masa cuatro veces la del átomo de hidrógeno y carga positiva). Sería la primera transmutación científica hecha por el hombre.

Wolf, Caspar Friedrich (1733-1794), anatomista y fisiólogo, en coincidencia contra la perennidad del sistema solar de que hablara *Kant* en 1759, proclama la teoría de la descendencia de las especies (*), la nueva concepción de la naturaleza, que sería definida poco después con más claridad por *Lorentz Oken* (1779-1851), *Lamarck* y *Karl Ernest Baer* (1792-1875), y definitivamente planteada por *Charles Robert Darwin*.

(*) **El protoplasma y la célula** demostraron ser las formas primarias de todos los organismos, quedando así reducida al mínimo la diferencia entre la naturaleza orgánica y la inorgánica. Lo que se consideraba eterno pasaba a ser perecedero y la naturaleza se revelaba como algo que se movía en perenne flujo... Las ciencias naturales retornaban así a la concepción de los grandes fundadores de la filosofía griega materialista, según la cual la naturaleza toda, desde lo más pequeño hasta lo más grande, desde el grano de arena hasta el sol, desde el protozoo hasta el hombre, existe en perenne proceso de nacimiento y extinción, en flujo incesante, en un estado continuo de movimiento y cambio, que favorecen las tres propiedades fisiológicas fundamentales del protoplasma: la irritabilidad, el metabolismo y la reproducción.

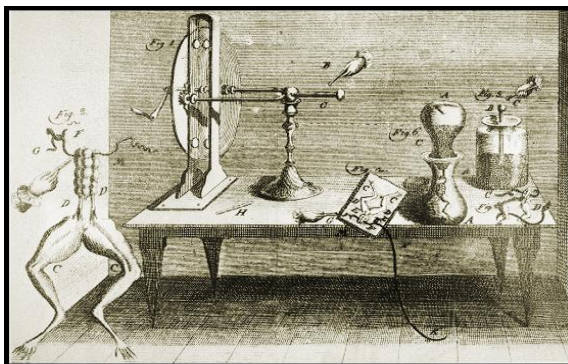
Priestley, Joseph (1733-1804) propuso en 1767 que las fuerzas eléctricas deberían ser inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre cuerpos cargados. Lo demostraría *Coulomb* con una balanza de torsión inventada por él, añadiendo que esas fuerzas se ejercen a distancia a través del **espacio vacío**.

Lagrange, Joseph Louis (1736-1813), en su obra "Mecánica analítica" convierte la mecánica en una nueva rama de análisis matemático. El estilo de su formulación mecánica, dice: "no requiere ni imágenes ni razonamientos geométricos o mecánicos, sino tan sólo operaciones algebraicas..." Es decir, una disciplina cerrada desarrollada en una rama de la teoría de las ecuaciones diferenciales en boga, que *Hamilton* (*) señalaría, admirado, como "un poema científico". *Lagrange* estableció matemáticamente en 1788 el principio de conservación de la energía (**) mecánica.

(*) *W. Rowan Hamilton* (1805-1865) publicó la formulación de las ecuaciones de la dinámica: posición, momento y función, en términos que hoy se llaman hamiltonianos. *Lagrange* y *Maurice Jacobi* representaron el punto culminante para deducir analíticamente las leyes del movimiento.

(**) La palabra **energía** la propondría *Young* en 1807. Hasta 1842 *Julius Robert Mayer* no publicaría su descubrimiento relativo a la conservación y transformación de la energía... **Energía potencial** es la energía que un cuerpo tiene en virtud de su posición o se puede obtener mediante el trabajo mecánico, la energía eólica, hidráulica, térmica, nuclear, química, radiante, etc. **Energía cinética** es la que tiene un cuerpo en virtud de su velocidad. El **vacío** puede contener "energía" equivalente a masa. $E = m.c^2$. Un gramo de masa (energía del supuesto vacío concentrada) enciende 250000 bombillas de 100 watts hora.

Coulomb, Charles A. de (1736-1806) dio nombre a la **unidad de carga eléctrica**, una de las propiedades fundamentales de la materia capaz de generar fuerza atractiva o repulsiva según los signos convencionales (+ ó -). Suya es la ley, que estableció con una balanza de torsión, según la cual la atracción o repulsión de dos cargas es directamente proporcional al producto de las cantidades de electricidad e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas, admitiendo, como en la gravitación newtoniana, que esas fuerzas se ejercen a distancia, sin intermediarios a través del espacio **vacío**. Sin embargo, siguió en la creencia de que existían los fluidos eléctrico y magnético. Asimismo, atribuyó el hecho de la división de un imán en dos, a que el "fluido magnético" estaba encerrado en las moléculas del imán.



Galvani, Luigi (1737-1798) descubre la contracción (eléctrica) entre dos músculos de una rana, y desarrolla la electricidad por contacto entre dos metales, con un líquido interpuesto. Con él empezó el descubrimiento de la carga eléctrica móvil, de las corrientes eléctricas o la "electricidad dinámica".

Herschel, William (1738-1822) concibió nuestra galaxia como una agrupación de estrellas en un disco plano en cuyo centro estaba el Sol. En 1781 descubrió el planeta Urano. En 1789 coincidió con *Laplace* en la idea de que las nebulosas podían ser sistemas planetarios en formación o en diversos estadios en su evolución hacia estrellas y sistemas planetarios por un proceso de contracción. Trasladó un reflector a África del Sur para observar aquél hemisferio. En 1804 construyó un reflector de 25 pies (1,75 m) en el observatorio de Madrid, destruido por los franceses en 1808.

Lavoisier, Antoine L. (1743-1794), padre de la química moderna, reconoció la existencia del oxígeno (que *J. Priestley* llamó en 1744 "aire

desflogistizado) y el nitrógeno en el aire y el papel del oxígeno en la combustión (1772), con lo que acabó para siempre con el **flogisto**, aunque seguiría aceptando como fluidos la luz y el calor (lumínico y calórico), análogos a los que vendrían después a reforzar la concepción de los imponderables: los fluidos de la electricidad y el magnetismo. Anunció la ley de la conservación de la masa. Hacia 1780 propuso la conservación de la materia en las reacciones químicas y la distinción entre elementos simples y compuestos, que sería importante para establecer una diferencia entre "elemento químico" y "átomo".

Châtelet, Emilie du (1706-1749) autora de "*Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*", pretendiendo verificar las fórmulas planteadas por *Newton* y *Leibniz* para calcular el momento o cantidad de energía, mv^1 o mv^2 , encargó experimentarlas dejando caer pesos sobre una plataforma de arcilla blanda. Comprobó que lanzando una esfera de latón con una velocidad doble resultaba que se hundía a una profundidad cuádruple, y si su velocidad era triple, la profundidad a la que se hundía era nueve veces superior. Por tanto, **E = mv^2** parecía responder a una ley de la naturaleza.

Faraday y otros utilizaron la fórmula para la energía; *Einstein* concluyó que los terrenos aparentemente separados de la energía y de la masa podían conectarse, y que el símbolo "**c**" -la velocidad de la luz- era el puente entre ambos: $E = m \cdot c^2$

Militarismo, desarrollismo \neq Desarrollo humano

El desorbitado, desalmado interés por el utilitarismo, que desembocaría en la **Revolución Industrial**, apenas benefició el desarrollo científico, y nada el humanístico, como aún en nuestros días seguimos comprobando. Para cultivar el interés por las Ciencias naturales, se habrían de **activar las luchas sociales** y empeñar las gentes más progresistas; tendrían que surgir sociedades interesadas en la extensión del saber y la difusión de los conocimientos sociales, científicos, técnicos, literarios, filosóficos... Entre las clases populares y el artesanado había interés, pero faltaban estímulos y condiciones favorables para luchar contra el poder dominante y su amparo: el pensamiento retrógrado religioso. En Manchester, por ejemplo, una asociación inaugurada en 1781, hacia 1870 llegaría a contar con más de 100 sociedades en la isla. Gozó de gran nombradía la Sociedad Lunar de Birmingham, que antes de ser disuelta se reunía en el Campo Negro. *Rumford* (*B. Thompson*) fundó en 1800 una asociación, llamando a "formar por suscripción una institución pública destinada a difundir el conocimiento". Y en 1817 instaló en Glasgow el primer laboratorio químico para la enseñanza práctica. *Kelvin* (*W. Thompson*) fundó en 1846 el primer laboratorio para la enseñanza física. Hacia 1850 había en Gran Bretaña más de 600 Institutos de Mecánica, la ciencia en boga; con un nivel en las ciencias físicas muy por delante de las universidades de Oxford y Cambridge. En Alemania el interés por la ciencia se vio favorecido por el ambiente de libertad relativa para aprender y enseñar mediante Seminarios, como fueron los famosos de Könisberg, Giessen y Gottinga. Francia adoptó un plan totalmente centralizado, en detrimento de las asociaciones científicas provinciales, con la

sola alternativa de la Asociación para el Progreso de la Ciencia, que tendría sus reflejos tardíos, cómo no, en la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias en 1908.

Volta, Alessandro G. (1745-1827) interpretó el descubrimiento de *Luigi Galvani* (1737-1798) suponiendo que eran los dos metales los que producían una corriente eléctrica que hacía reaccionar a las ancas de rana. Ello le permitió inventar la **pila eléctrica** (discos de estaño o cobre y zinc separados por otros de cartón impregnados de una solución ácida). Junto al efecto magnético de *Oersted*, el invento de *Volta* encabezaría otra revolución industrial, de tipo eléctrico, tan importante como la térmica de la máquina de vapor, dando lugar a su vez a un cambio trascendente en la interpretación de los fenómenos de la naturaleza, con el abandono de la creencia de que todos los fenómenos pueden ser explicados mecánicamente. La pila eléctrica, un fenómeno químico, se mostraba como una fuente de energía equiparable a la máquina de vapor.

Laplace, Pierre-Simon de (1749-1827) publica en 1796 su obra "Exposición del sistema solar", basada en la teoría de *Kant* de 1755, contraria a la concepción "creacionista", petrificada de la naturaleza. La *hipótesis de Laplace* explica la formación del sistema solar a partir de una **nebulosa** de gas que girando y enfriándose había dado origen, primero a una serie de anillos y finalmente al Sol en su centro y a los planetas y a la Tierra a su alrededor. La propuesta formaría parte de lo que se conoció como "**el gran debate**" (*). Posteriormente, en su obra de 1814, "Tratado de Mecánica" celeste, *Laplace*, exaltado por la ciencia de su época y las conquistas de la **mecánica** y las **matemáticas**, con instrumentos como el **telescopio** inclusive cada vez más perfeccionado, describe el universo regulado por las leyes de la mecánica, afirmando que una sola fórmula podría recoger los movimientos de todos los cuerpos más grandes del universo y los de los átomos más ligeros y predecir con su "calculador divino" la situación espacio-temporal de cualquier objeto: "Una inteligencia -escribió- que conociera todas las fuerzas que animan la naturaleza... podría abarcar... los movimientos... del universo; nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes a sus ojos"... Era la expresión más elocuente del carácter **mecanicista y determinista** de la física clásica. Ello no obstante, fue *Laplace* quien elaboró la formulación definitiva de la física y la cosmología newtoniana, de la que pudo dar cuenta sin recurrir a la hipótesis de Dios. Estudió la órbita de la Luna y los **planetas** (**) del sistema solar y demostró que la excentricidad total de las órbitas permanece constante. Calculó las influencias entre planetas para un período de 900 años. Publicó un ensayo matemático sobre la teoría de las probabilidades de concurrencia en los sucesos de la naturaleza, formulando la regla de *Laplace*.

(*) Se conoció como "**el gran debate**" la polémica que duraría hasta 1920, entre los que pensaban que la nebulosa estaba formada por nubes de gases o polvo (sistemas planetarios en formación, en una sola galaxia con su centro en el Sol)..., y los que veían plagados los cielos con millones de galaxias como la

nuestra, pero con aspecto de nebulosas. *Charles Messier* había publicado en 1774 su famoso catálogo, con objetos (**M**) del espacio profundo de luminosidad débil. Y se identificó una, la primera galaxia que fue localizada como tal, la llamada nebulosa Andrómeda, a 2 millones de años luz de la Tierra.

(**) **Planetas** (objetos errantes): cuerpos siderales, sin luz propia, orbitando en torno a una estrella normal, pongamos de ejemplo al Sol, formados por acumulación gravitatoria de materia atómica estelar. Algunos, sorprenden, orbitando a sólo 3,5 millones de km., de la estrella central, por lo que su año dura tan sólo ¡1,2 días!... Definiciones: Un objeto redondeado por su propia gravedad y cuyo núcleo no llega a sufrir la fusión nuclear durante su vida. Cuerpo sólido que gira alrededor de una estrella y que se hace visible por la luz que refleja. Un cuerpo celeste que gira alrededor del Sol, tiene suficiente masa para que su gravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido, de manera que asuma una forma de equilibrio hidrostático y que haya despejado la zona de su órbita.

El mecanicismo encontró su apoyo en el descubrimiento de nuevos planetas.

La introducción del telescopio permitió a *Johann Titius* en 1776 proponer una ley que relacionaba las distancias al Sol de los planetas con una simple relación aritmética. En 1781, *Herschel* descubrió Urano, más allá de Saturno. El desarrollo de la mecánica celeste permitió a *J. Goodricke* (n.1764) suponer en 1783, que, Algol (diablo), de la constelación de Perseo, cuya luminosidad variable descubriera en 1667 *G. Montanari* (1633/87), sufría esas variaciones debido a "la existencia de un cuerpo grande que gira alrededor de Algol". Pasado un siglo (1889), se confirmó la hipótesis de *John Goodricke*. *Urbain J. Josep Le Verrier* (1811-1877) predijo exactamente la existencia de Neptuno, que descubrió *Johann Gottfried Galle* (1812-1910) y escribió a *Le Verrier* en 1846: "He descubierto al nuevo astro sin dirigir ni una sola mirada al cielo. Lo he visto con vuestra pluma; con la sola fuerza del cálculo habéis determinado la posición y la magnitud de un cuerpo situado más allá de los límites de nuestro sistema planetario". Hecho que quedó en los anales como uno de los más notables frutos del pensamiento humano. Habían sido parte, *Alejo Bouvard* (1764-1843) que observó desarreglos en la órbita de Urano, y *Dominique F. Arago*, que encargó a *Le Verrier* buscarlos. Años después, *Percival Lowell* (1855-1916) predijo la existencia de Plutón, que sería descubierto en 1930.

Rumford, Benjamín Thompson (1753-1814), observó que el metal utilizado en la fabricación de cañones se calentaba al tornearlo, y asoció el movimiento del torno con el calentamiento del metal, concluyendo que el **calórico** (un fluido imponderable) tenía que ser no un fluido sino un "**género de movimiento**" (*) material transmisible. Así, rechazó la existencia del calórico y propuso la conversión directa del trabajo mecánico en calor. Había descubierto una forma de manifestarse la materia, la energía. Fundó la *Royal Institution* para comunicar las ideas científicas a las clases populares.

(*) **Género de movimiento** (según longitud y frecuencia de la onda): *Humphry Davy* apoyó la tesis de *Rumford*, y *Herapath* mantuvo lo mismo en 1821 afirmando que "**el calor consiste en el movimiento**, y la temperatura es la intensidad del movimiento". El grado de frío absoluto equivaldría a la anulación

del movimiento. Mas, pese a la importancia del hecho, que venía a desterrar la teoría del *calórico* y a fundamentar la existencia del **movimiento inherente a la materia**, aquélla, la teoría del calórico, no sería desterrada definitivamente hasta la aparición de la teoría cinética de los gases (basada en la teoría atómica de *Dalton*) que elaborarían independientemente *Maxwell* y *Boltzmann*. Más tarde, quedaría establecido "que la temperatura de un gas es directamente proporcional a la energía cinética media de traslación por molécula". *Mayer* asoció sus observaciones fisiológicas, como médico en un barco, al carácter intercambiable del calor como una forma de energía de la naturaleza.

Proust, Joseph-Louis (1755-1826) Su discusión con *C. L. Bertholet* permitió fortalecer lo que ahora llamamos la "*ley de las proporciones definidas*" de los pesos de los elementos que se combinan durante las reacciones químicas. Con él se redactó y editó en España la primera revista de Ciencias Naturales.

1755, Kant publica la obra "Historia general de la naturaleza y la teoría del cielo"

Con ella la idea del impulso inicial (*Primum mobile*) quedaba eliminada: la tierra y todo el sistema solar aparecían como algo que se había ido formando en el transcurso del tiempo (el calor originario de la nebulosa ígnea no le fue infundido por un milagro desde fuera del cosmos). *Lomonósov* formula por primera vez (1748) el principio general de la conservación de la materia y del movimiento. Lo hace en una carta dirigida a *Euler* y en su obra, "Reflexiones sobre la solidez y la fluidez de los cuerpos" (1760), donde escribe: "La ley natural general rige para todos los cambios que en la naturaleza se operan". La Ley de la conservación y la transformación de la materia y del movimiento la formularían después, en 1842-46, *Mayer*, *Joule* y *William Robert Grove* (1811-1896): "La acción mutua". Mientras tanto, *Mädler* reacciona temeroso e irritado ante los descubrimientos, y escribe: "Todas las instituciones de nuestro sistema solar indican, en cuanto podemos observar en ellas, el mantenimiento de lo existente y su permanencia inmutable... tampoco la inmensa variedad de los cuerpos cósmicos o las especies animales, ninguna planta de la tierra inclusive, nos autoriza a ver en estas formas diferentes fases de desarrollo, sino que, por el contrario, todo lo creado es igualmente perfecto en sí"...

Un siglo de grandes cambios en la Física,

... mientras el **éter**, el fluido imponderable más invocado, ese "fantasma teórico" imperceptible que impedía contestar a la pregunta: ¿cómo actúan entre sí los cuerpos?, seguía considerado como un intruso... Durante el siglo **XVIII** tuvo lugar la gran controversia entre la teoría corpuscular (discontinuidad) y la ondulatoria (continuidad) de la luz. Detrás estaba el interrogante todavía por despejar de las propiedades y carácter material (o no, según algunos) del espacio interestelar e incluso interatómico, hasta entonces considerado vacío (**éter**)... La teoría ondulatoria de la luz, contraria a la del contacto a distancia, exigía la existencia de un sustrato material, real, vehículo de las ondas;

necesitaba explicar las características del medio que sustenta las ondas de luz; como las ondas del agua. Sus teóricos defendían la existencia de una **sustancia**, el **éter**, que llenaba todo el espacio. El propio *Newton* no había eliminado del todo el éter, del que primeramente se vio necesitado para explicar algunos fenómenos de la luz, como la difracción. "Carecemos -escribió- de suficientes experimentos, de los cuales las leyes de acción de ese **éter** estarían estrictamente determinadas y mostradas". Pero en 1706 niega totalmente la existencia del **éter**. Del mismo modo, la teoría del electromagnetismo de *Maxwell* implicaba a su vez, quisiera o no, sostener la idea de la existencia del **éter**, que dieron en llamar electromagnético, el medio material cuyas vibraciones constituyen las ondas electromagnéticas. *Maxwell* había sugerido "determinar la velocidad de la luz" para poder "determinar la velocidad del éter".

Al **éter** se le atribuía -en caso de existir, pues lo habían puesto en duda los experimentos de *Michelson y Morley* (*)- una total falta de resistencia al movimiento a través de él de los cuerpos, propiedad que, desde hacía algún tiempo, se venía encontrando con el descubrimiento de *Huygens*, de que la luz son ondas transversales semejantes a las del sonido en el aire. A partir de entonces -como ya explicamos antes- hablar de la teoría ondulatoria implicaba reconocer la existencia de un sustrato material, que resultaba ser - obligatoriamente para poder permitir la propagación "correcta" de las ondas transversales (esferoidales) del fluido luminoso- un extraño medio material de propiedades físicas aparentemente contradictorias. Como dijera *Fresnel*: "un fluido sutil, a la vez que un sólido tan elástico como de elevada rigidez", que llenaba el espacio vacío, el éter, incluido en el que se ha hecho el vacío y permitía a todos los cuerpos moverse a través de él sin encontrar resistencia alguna. La controversia, recordémoslo, se remontaba a los griegos.

(*) *Michelson y Morley*, para responder a la pregunta sobre si el **éter** es arrastrado por los cuerpos en movimiento o permanece en reposo al moverse los cuerpos a través de él, con las medidas ya muy exactas de la velocidad de la luz, intentaron nuevos experimentos en 1882, a fin de detectar el movimiento de la Tierra a través del **éter** y si éste era o no arrastrado por ella. Cinco años más tarde llegaron a la conclusión de que no había diferencia en las medidas realizadas en dos direcciones distintas. El supuesto estado de movimiento o reposo de la Tierra respecto al éter daba el mismo resultado para la velocidad de la luz, por lo que la conclusión más natural parecía ser negar la existencia del éter. No se podía suponer que los cuerpos en movimiento arrastran el éter consigo. El resultado fue un veredicto de "muerte" para la hipótesis del éter en reposo a través del cual se moverían todos los cuerpos. Esto originó una de las situaciones más dramáticas en la historia de la ciencia. Sin embargo, la dificultad de concebir un fenómeno ondulatorio sin un medio material de base obligó a sostener la idea de su existencia. Se admitió que el espacio (**éter**) tiene la propiedad física de transmitir las ondas electromagnéticas. Pero seguía negada la existencia del **éter**. Los experimentos para medir el "**viento del éter**", de *Illingworth* en 1927, *C. H. Townes* en 1958, *Chempni* en 1963 y de nuevo *Townes* en 1964, terminaron obligando a admitir que *el éter no existe*.

Así las cosas, con el éter como un advenedizo, si bien considerado por *Joseph Larmor* como una sustancia, pero ignorado por *Maxwell* y no reconocido por *Einstein*: “han fallado -escribió- todos los intentos de convertirlo en una realidad”, se dio un hecho sorprendente que vino a dar nueva luz al conocimiento del problema. Independientemente, dos autores, *Lorentz* y *Fitzgerald*, proponen matemáticamente en 1892 la teoría, que afinaría *Lorentz* en 1904, de que **los cuerpos se contraen (*)** al viajar a través del **éter** de una forma dependiente de la velocidad, como consecuencia de la **interacción** del éter con los cuerpos..., aunque, eso sí, el hecho sólo cobra importancia a velocidades cercanas a la de la luz... Y no sólo se reduce la longitud de los cuerpos, sino el espacio y el tiempo mismo, quisieras o no, e incluso la masa de un electrón varía con la velocidad. Todo apuntaba a tener que reconocer la existencia real de una forma de manifestarse el llamado **éter**, que parecía dotado de propiedades físicas insólitas, hasta ahora y todavía, desconocidas.

Otra consecuencia y muy importante de la teoría de *Lorentz* y *Fitzgerald* sería la reformulación que hubo de hacer *Einstein* de la visión que él tenía de la materia y la energía como entidades independientes. Ahora, al depender la masa de la velocidad se estaba indicando que ambas están relacionadas y se pueden transformar la una en la otra. La fórmula **$E = mc^2$** , dejaba perfectamente claro que toda **masa** tiene una **energía** asociada y toda energía una masa, y pueden transformarse la una en la otra (**), con una sola ley de conservación para la masa y la energía conjuntamente.

Otra derivación más del fenómeno de la interacción induciría a *Einstein* a proponer (una vez rechazada la existencia de un espacio absoluto euclídeo y su consecuencia: que el movimiento curvo sólo podía ser el resultado final de la actuación de una fuerza sobre la partícula) que la **gravitación no es una fuerza física** actuando instantáneamente a distancia a través del espacio, como había propuesto *Newton*, sino la manifestación de la **geometría del espacio**, causada por la presencia de las masas interactuando.

(*) **Los cuerpos se contraen.** Tan revolucionaria conclusión llevaría a *Einstein* a aplicar la relatividad a los conceptos espacio y tiempo, negándoles el valor absoluto que les asignara *Newton*.

(**) **Masa-Energía:** una masa de un gramo puede convertirse en 9×10^{20} ergios de energía. Con 1 gramo, una persona, cuyo gasto diario son 2 500 kilocalorías, podría vivir 28 200 años, que es equivalente a 32 millones de litros de gasolina.

Dalton, John (1766-1844) recupera definitivamente y desarrolla el atomismo, concluyendo que la materia está constituida por diminutos corpúsculos indivisibles e independientes (átomos), de distintas clases que pueden combinarse en moléculas constitutivas de los cuerpos sólidos, líquidos o gaseosos. Reconoce la prioridad de *Demócrito* y emplea la palabra “átomo” que aquél aplicara 2.300 años antes. Demuestra que las diversas normas descubiertas por *Avogadro* (*), regidoras del comportamiento de los gases, podían explicarse mejor tomando como base la naturaleza atómica de la materia (**), si bien, ahora, atribuyendo a los átomos “griegos” otras características: cada tipo de materia estaba formado por átomos de una misma

clase, con diferencias físicas que radicaban en su peso. En 1803 presentó su obra, que publica en 1808: "Un sistema nuevo de filosofía química", con la teoría atómica completa aplicada a la química, fruto de sus trabajos sobre el comportamiento de las mezclas de gases y el vapor de agua, y la meteorología. Y escribe: "*La materia aunque divisible en grado extremo... tiene que haber un punto a partir del cual... la existencia de estas últimas partículas no se puede poner en duda*". Racionalizó las leyes de las combinaciones químicas, afirmándose en la conservación de la masa (*Lavoisier*). A cada elemento le asignó un peso atómico relativo. "*Es importante mostrar la importancia y ventaja de determinar lo pesos relativos de las últimas partículas, tanto simples como compuestas de los cuerpos*".

(*) **Avogadro** había demostrado que volúmenes iguales de un gas estaban formados por el mismo número de partículas (moléculas compuestas de átomos). *Berzelius* había establecido y publicado en 1828 una lista con los pesos relativos de los átomos, referidos a los pesos del oxígeno y del hidrógeno, pero que pasó desapercibida hasta que en 1860 la recuperó *Estanislao Cannizzaro* (1826-1910). El desarrollo de la teoría atómica -que describía los gases como grupos de moléculas- permitió considerar que el volumen de éstos dependía de la velocidad (movimiento) de las moléculas.

(**) **a)** La materia consta de átomos indivisibles. **b)** Los átomos no pueden transformarse los unos en los otros. **c)** El diámetro de cada partícula difiere de una sustancia a otra. **d)** Los compuestos químicos están formados por **moléculas**, compuestas de átomos. **e)** Todos los átomos o moléculas de una sustancia pura son idénticos. **f)** En las reacciones químicas, los átomos ni se crean ni se destruyen, solamente cambia su distribución.

Fourier, Joseph (1768-1830) publicaría su obra "Teoría analítica del calor", uno de los primeros tratados de física de temas no mecánicos.

Humboldt, Alexander von (1769-1859) en su obra monumental "Cosmos", publicó todos los conocimientos de la Tierra y el universo de aquella época. Había realizado numerosas observaciones magnéticas y meteorológicas, así como de las corrientes marinas, volcanes y características cambiantes geológicas, atmosféricas, oceánicas...

Cuvier, Georges (1769-1832) Cuando se hizo posible cuestionar la supuesta inmutabilidad geográfica, vegetal y animal de la Tierra, montó su teoría subjetiva de los sucesivos cataclismos casuales. Según él, las grandes catástrofes geológicas en el pasado habían modelado la superficie actual terrestre, en períodos de tiempo invariables a capricho del creador... Tuvo de bueno, que permitió a *Charles Lyell* hacer entrar en razón a la *geología* con su demostración de que todo ocurre por la acción gradual de los factores naturales y de las condiciones de la vida que actuaban constantemente, lo que conduciría a la doctrina de la transformación evolutiva de los organismos y su adaptación al medio cambiante.

Seebeck, Thomas Johan (1770-1831) En 1821 descubrió la expresión de un fenómeno físico esencial, denominado "*efecto Seebeck*", al observar que se produce una corriente eléctrica entre materiales conductores que se mantienen a diferentes temperaturas. Formuló que era posible ordenar los distintos

materiales conductores en una serie termoelectrónica, habiendo observado la reacción anómala de magnetizado de hierro al rojo vivo (histéresis)

Brown, Robert (1773-1858), investigando sobre el polen de las plantas, observó por vez primera en 1827 un fenómeno de extraordinaria importancia: granos de polen suspendidos en el agua aparecían animados, causa en sí de movimientos erráticos ("movimiento browniano"). El fenómeno aportaría una prueba más de la teoría cinético-molecular. Sin embargo 36 años después (1863) hubo quien sugirió que tal movimiento sería debido a un bombardeo desigual de las partículas.

El "movimiento browniano"

... se encargaría de sentar las bases demostrativas de la existencia material de los átomos, que todavía se ponía en duda. Por fin, las partículas elementales, los átomos, pasarían de ser abstracciones semi-místicas a convertirse en objetos casi tangibles. El "movimiento browniano" puso de manifiesto la existencia real de las moléculas, constituyó la prueba casi visible de que el agua, y la materia en general, tienen "partículas" dotadas de "movimiento interno propio". Entonces se pudo decir que el hombre había logrado "ver" los átomos. **Norbert Wiener** (1894-1963) explicó que el movimiento está condicionado por el movimiento térmico de las moléculas en el líquido y por las colisiones de éstas y no por las fuerzas externas. Años después (1908), **Jean Perrin** (1870-1942), a quien se le atribuye haber sugerido en 1921 que la energía solar se producía por la fusión de cuatro protones para formar una partícula *alfa*..., observaría que la sedimentación es obra de la gravedad a la que se oponen las colisiones generadas por las moléculas procedentes de niveles inferiores, de modo que el **movimiento browniano** se oponía a la fuerza gravitatoria, y utilizó este descubrimiento para calcular el tamaño de las moléculas de agua.... Pasados los años, ya en 1955, con el "microscopio de campo iónico" de **E. W. Müller** (1911-1977) -anterior al "electrónico"-, podrían verse los puntitos brillantes de cada uno de los átomos que componían la punta de una aguja. Pero quedaba por saber cómo eran en realidad los átomos, que en un cristal no están inmóviles.

Young, Thomas (1773-1829), físico y médico, fue autor en 1809 de trabajos clásicos sobre la teoría de la circulación de la sangre, incluyendo trabajos referentes a la propagación de las ondas pulsátiles en las arterias. Demostró definitivamente la naturaleza ondulatoria de la luz, aunque la instauración definitiva de la teoría ondulatoria sería obra de **Fresnel**. Enterado de que **Newton** había convencido a muchos de que la luz consistía exclusivamente en partículas, demostraría la sinrazón de **Newton**, del que dijo: "Por más que venere su nombre... veo con pena que... su autoridad quizá haya a veces retardado incluso el progreso de la ciencia", como ocurrió con **Aristóteles**. Propuso llamar "*energy*" a la "fuerza viva" de **Leibniz** ($F=m.v^2$), "el término energía se puede aplicar -escribe- al producto de la masa o peso de un cuerpo por el cuadrado de la velocidad... este producto ha sido denominado fuerza viva". Hacia 1800, estudiando los fenómenos de interferencia de la luz, propuso que la teoría ondulatoria tenía muchas más ventajas que la corpuscular. Sostuvo que la incidencia de dos ondas que coincidan con un máximo y un mínimo de amplitud deben anularse, dando como resultado una franja oscura. El experimento decisivo consistió en demostrar la naturaleza ondulatoria de la

luz, haciendo pasar un rayo de luz por **dos rendijas** (*) que producían una serie de franjas luminosas y oscuras. Basado en la teoría ondulatoria, explicó el fenómeno de la aberración estelar afirmando que “el éter luminoso impregna la sustancia de todos los cuerpos materiales con pequeña o nula resistencia”, lo que motivó una reacción hostil en su contra que le llevó a abandonar sus estudios de óptica. Midió la longitud de “ondas” de los diversos colores, que varían de entre 7×10^{-7} metros para el rojo y 4×10^{-7} para el violeta.

(*) Hacia 1803 realizó el famoso experimento de la “**doble rendija**”: agujereó una persiana, la cubrió con un trozo de papel grueso que taladró con un diminuto punzón y utilizó un espejo para desviar el fino haz de luz que pasaba a su través. Después cogió un trozo de cartón de unos tres mm de grosor y lo puso de canto en el recorrido del haz, dividiéndolo en dos. El resultado fue una sombra de bandas alternativas de luz y oscuridad, fenómeno que sólo podía explicarse si los dos rayos se relacionaban como ondas, quedando así demostrada la naturaleza ondulatoria de la luz.

Biot, Jean Baptiste (1774-1862) y **Félix Savart** (1791-1841), midiendo la fuerza ejercida sobre una aguja magnética por un hilo conductor, encontraron que es directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al conductor (ley de Biot y Savart).

Ampère, André Marie (1775-1836) sugirió lo que a muchos pareció descabellado hasta su descubrimiento a finales del XIX: que las propiedades magnéticas tenían su origen en corrientes eléctricas microscópicas circulantes dentro del imán. El resultado indiscutible sería la unificación de las fuerzas eléctricas y magnéticas. Demostró que dos cables paralelos, por los cuales circula la corriente en la misma dirección, se atraían. Y se repelían cuando las corrientes circulaban en direcciones opuestas. Denominó “electrodinámica”, para distinguirla de la electrostática, a la teoría mediante la que explicó matemáticamente la interacción entre la electricidad y el magnetismo. Afirmó por primera vez que las propiedades de los imanes eran debidas a que sus moléculas estaban formadas por esferas en las que circulaba una corriente eléctrica, por cuanto concluyó, que todo campo magnético está producido por una corriente eléctrica.

Avogadro, Lorenzo Amadeo (1776-1856). **Planck** lo significó como “el único teórico entre los físicos”. **Avogadro** propuso su **famosa hipótesis** de que cualquier gas en un mismo volumen, a presión y temperatura constantes, contiene el mismo número de moléculas. El *mol*, **átomo-gramo**, “número de Avogadro” contiene $6,0247 \times 10^{23}$ de átomos (600.000 trillones). Mostró que gases como el oxígeno y el hidrógeno, eran diatómicos. Explicó la composición del agua: H_2O . Distinguió los átomos, de las moléculas y los pesos de cada elemento. Encontró la posibilidad de unir la teoría atomística de **Dalton** con la ley de **Gay-Lussac**. Pues bien, hasta casi cien años después del anuncio de su hipótesis y 52 después de su muerte no se reconocieron sus méritos gracias a que lo presentó **J. Perrin**.

Oersted, Hans Christian (1777-1851) descubre en 1820 el efecto magnético de la corriente eléctrica. Observó un fenómeno trascendente: una

corriente eléctrica que atraviesa un cable desvía la aguja de una brújula situada en su proximidad. Concluyó que la corriente debía formar líneas magnéticas de fuerza en torno al cable. Explicó que "las fuerzas o sustancias eléctricamente negativas corren vía de una línea espiral curvándose hacia la derecha".

Oersted, *Rowland* y *Faraday* en particular, que habían seguido en la línea de experimentar los efectos del descubrimiento accidental de *Galvani* que condujo a *Volta* a construir su *pila eléctrica*, situarían al mundo científico en trance de tener que abandonar completa y definitivamente el **mecanicismo...**, es decir, la creencia tradicional de que todos los fenómenos pueden ser explicados mecánicamente. La interpretación mecánica se basa en la suposición de que todos los fenómenos pueden explicarse por la acción de fuerzas que dependen únicamente de la distancia y no de la velocidad. Los experimentos de *Rowland* (un imán que se va desviando conforme gira a su alrededor un pequeña esfera electrizada) pusieron de manifiesto que no se hacía necesario el contacto directo; el movimiento, la velocidad, su capacidad interventora en los fenómenos físicos (el comportamiento en fin de una pequeña aguja imantada) quebraron, por fin, las aparentemente bien fundadas y eficaces teorías mecanicistas.

Gauss, *Friedrich* (1777-1855) estableció el primer Observatorio Magnético en Göttingen. En 1832 desarrolla el primer magnetómetro, para las medidas de la intensidad y la orientación del campo magnético terrestre. La unidad e inducción magnética (gauss) lleva su nombre. Propuso el desarrollo del campo magnético en armónicos esféricos, lo que le permitió separar el campo de origen interno del de origen externo. (Geometría no-euclídea).

Gay-Lussac, *Joseph Louis* (1778-1850) formuló hacia 1805 su ley de combinación de los volúmenes de gases a presión y temperatura constantes. Descubrió que el agua la constituyen dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno. *Dalton* rechazó la idea, porque ignoraba la existencia de las moléculas, y *Henry Roscoe* dio razón a *Gay-Lussac*. A él se deben muchos descubrimientos, el aislamiento de elementos como el sodio, potasio, yodo, boro, y la ley sobre la combinación de volúmenes de gases en proporciones múltiples. El acuerdo entre la ley de los volúmenes de *Gay-Lussac* y el atomismo de *Dalton* fue obra de *Avogadro*. En 1804 ascendió en globo a 5.000 metros para observar los cambios en la presión atmosférica y la temperatura.

Davy, *Humphry* (1778-1829) explicó en 1807 que el proceso generador de la electricidad lo constituyen los cambios químicos en la pila. Utilizó la pila de *Volta* de 1800 para separar metales introduciendo los electrodos en disoluciones de sales, iniciado así el proceso de la electrólisis.

Berzelius, *Jöns* (1779-1848) establece los pesos relativos de los átomos. En 1828 publica una lista de pesos atómicos basados en dos patrones de referencia, el oxígeno y el hidrógeno. Su mérito lo recuperaría *Cannizzaro* en 1850, que fijó en 16 el peso del O y en 1 el del hidrógeno. Una mayor exactitud la conseguiría *T. W. Richards*; dedicado a ello a partir de 1904 introduciría la idea de que los átomos tienen propiedades eléctricas. Asignaría al átomo, además de masa (peso atómico), carga eléctrica (*valencia*) (*), y establecería los pesos relativos de los átomos, pesando la cantidad de cada átomo, separado de un compuesto, y haciendo deducciones a partir del

comportamiento químico de los elementos, basado en las propiedades eléctricas de estos. Tiene particular importancia el hecho de que extendiese las ideas de la afinidad química a los compuestos orgánicos. *Berzelius*, partidario del "vitalismo, pensaba que sólo el tejido vivo podría crear un compuesto orgánico.

(*) La idea de "valencia" (poder combinante de un elemento químico) aparece registrada (1884) por el alemán *Vaer*, si bien fue *Edward Franklan* (1825-99) quien introdujo el concepto... Antes fue interpretada como los "ganchos" que unían unos átomos a otros.

Poisson, *Simeón Denis* (1781-1840) fue el primero en aplicar a la electricidad las ideas de *Laplace* sobre el potencial gravitacional, pensando al igual que *Cavendish* y *Coulomb* en los dos fluidos eléctricos, negativos y positivos. Formuló las ecuaciones del movimiento de un cuerpo elástico, propuestas por *Navier*.

La forma y rotación de la Tierra:

Con los datos de *Jean Picard* (1620-1682) y *Jean Richer*, *Newton* defendió la forma esférica con el radio ecuatorial mayor que el polar. A *Descartes* le pareció alargada por los polos, y le dieron razón *G. D. Cassini* (1625-1712) y *J. Cassini* (1677-1756). Entre los años 1735 y 1743, *Claude Clairaut* (1713-1765), *Charles de la Condornine* (1701-1744), *Pierre Bourguer* (1698-1758), *Jorge Juan* (1713-1773) y *Antonio Ulloa* (1716-1795) permitieron confirmar que *Newton* tenía razón. Con los estudios de éstos se determinó la forma elipsoide del globo terráqueo. Las dimensiones modernas se deben a *Friedrich Wilhem Bessel*. *Adrien Marie Legendre* (1752-1833) aportó al estudio de los problemas geofísicos los polinomios y las funciones que llevan su nombre. Pero, la demostración más palpable la llevó a cabo *Foucault* en 1851 que experimentó el movimiento de rotación de la Tierra.

Bessel, *Friedrich Wilhem*. (1784-1846) demostró el giro de la Tierra en torno al Sol, midiendo por primera vez en 1838 la paralaje anual de la estrella 61 Cygni, que dio un resultado de 0,3 segundos de arco. A él se debe una de las primeras determinaciones modernas del elipsoide terrestre. Obtuvo para el radio ecuatorial 6.377,299 Km. y para el aplanamiento 1/299,15, observados desde dos extremos de la órbita terrestre.

Peltier, *Jean Charles Athanase* (1785-1845) Descubrió (1834) el singular fenómeno físico denominado "efecto Peltier" (*), una propiedad *termoeléctrica*, inverso al "efecto Seebeck", que sintetizaría *Kelvin* en 1851, fruto de observar cómo cuando circula una corriente eléctrica por un conductor formado por dos metales distintos, unidos por una soldadura, ésta se calienta o enfría según el sentido de la corriente... En 1840 *Peltier* introdujo el concepto de inducción electrostática, referido a la modificación de la distribución de la carga eléctrica en un material, bajo la influencia de un segundo objeto próximo a él y que tenga una carga eléctrica.

(*) "**Efecto Peltier**": fue descubierto de forma independiente trece años después del descubrimiento por *T. J. Seebeck* del mismo fenómeno. Cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al de *Seebeck*. En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. La parte que se enfría suele estar cerca de los 25° C, mientras que la parte que absorbe calor puede alcanzar rápidamente los 80° C. Lo que lo hace aún más interesantes es el hecho de que, al invertir la polaridad de alimentación, se invierte también su funcionamiento; es decir: la superficie que antes generaba frío empieza a generar calor, y la que generaba calor empieza a generar frío.

Navier, Henri (1785-1836) sería el primero en considerar el equilibrio y vibraciones de un sólido elástico y el tratamiento sistemático de la teoría de estructuras. Publicó en 1826 la primera edición de sus "*Leçons*", el primer texto de Mecánica en la Ingeniería. Un tratado sobre la resistencia y las deflexiones de materiales de cualquier sección, con problemas resueltos sobre arcos, columnas, puentes colgantes, etc.,

Arago, Dominique F. (1786-1853) construyó el primer electroimán. Rodeando una barra de hierro dulce con una bobina por la que circulaba una corriente eléctrica, observó que la imantación cesaba al cortar la corriente eléctrica, pero, cuando se sustituía la barra de hierro por una de acero templado, éste se convertía en un imán permanente. Participó en la búsqueda de Urano con *Le Verrier* y en la propuesta de medir la velocidad de la luz.

Ohm, Georg Simon (1787-1854), basado en la idea (propuesta por *Fourier*) de la conducción del calor entre dos cuerpos a distintas temperaturas, llegó a formular la ley que lleva su nombre, luego de considerar la corriente eléctrica como un flujo entre dos potenciales distintos, teniendo en cuenta la resistencia del conductor, que declaró inversamente proporcional al área de la sección y directamente proporcional a su longitud.

Fraunhofer, Joseph (1787-1826) descubrió en el espectro continuo de la luz solar que cuando ésta pasaba a través de una estrecha rendija y su aspecto visible se examinaba con sistemas de buenos prismas, la continuidad de los colores aparecía rota por una serie de *rayas oscuras* ("líneas de Fraunhofer"), irregularmente espaciadas. *Fraunhofer*, constructor del espectrógrafo, descubre (1815) que las líneas oscuras aparecían también en el espectro del Sol y de las **estrellas** muy brillantes, aunque en posiciones diferentes. *Fraunhofer*, contó más de 700 líneas negras (hoy son más de 22.000). Señaladas como la "llave maestra del universo", en manos de *Kirchhoff* y *Bunsen* sentaron las bases (1859) del análisis espectral. Cada material: átomos normales o ionizados, algunas moléculas, podría identificarse a partir de su **espectro de emisión** de líneas, de la misma manera que podemos ser identificados por las huellas de nuestros dedos. Como cada sustancia tiene su espectro propio, esta técnica se convirtió pronto en un instrumento muy valioso en el análisis químico de sustancias para descubrir sus componentes, incluso, como ya se ha dicho, en las estrellas: la nueva técnica permitió descubrir el *helio* antes en el Sol que en la Tierra. *Henry. A. Rowland* (1848-1901) registró cerca de 20.000 rayas en el espectro solar.

Poncelet, Jean Victor (1788-1867), francés, estudioso de la geometría proyectiva aplicada militarmente, expone la idea del trabajo como el producto de la fuerza por el espacio recorrido ($T = F \cdot e$). Pero faltaba explicar el concepto de energía...

Fresnel, Augustin Jean (1788-1827) reconoce definitivamente la existencia del **éter**. Lo ve como el soporte (*) o medio material de transmisión de las ondas luminosas. Sostiene que todos los fenómenos ópticos conocidos eran explicables con la hipótesis de que la luz consistiera en vibraciones ondulatorias transversales del éter (**). La propuesta de *Fresnel* conducía a considerar el éter no como un fluido, sino como una sustancia **sólida, elástica** a la vez que de elevada rigidez. *Laplace, Poisson* y *Jean Batiste Biot* reaccionaron hostilmente. Pero *Fresnel* encontró un defensor en su alumno, *Dominique Arago*, que propuso medir la velocidad de la luz en dos medios de densidad distinta. *Fresnel*, persistiendo en sus trabajos desarrolló la primera teoría de la **difracción** (***) y trató de explicarla como el resultado de la interferencia de ondas secundarias. Así las cosas, todo daba a entender que la teoría ondulatoria de la luz había arraigado definitivamente, desplazando para siempre la teoría corpuscular..., pero no sería así.

(*) En pleno siglo XIX seguía sin resolverse la falta de un soporte o medio reconocible para las ondas luminosas, como lo eran el agua y el aire respecto al movimiento de los otros tipos de ondas. A finales de siglo, los científicos creían hallarse próximos a una descripción completa de la naturaleza. Imaginaban que el espacio estaba lleno de un medio continuo denominado **éter**. Pero empezaron a aparecer discrepancias. Para salvarlas, *Michelson* y *Morley* decidieron medir la resistencia del **éter**, el **"viento del éter"**.

(**) Habida cuenta de que la propagación transversal es propia de los sólidos, aceptar la hipótesis suponía admitir que el **éter** fuera un fluido imponderable, sutil pero que permitiese interpretarlo como si fuera un rígido, para que en él se pudieran producir ondas transversales (*Einstein* explicaría después al carácter físico de este tipo de ondas).

(***) **Difracción**: El fenómeno pone de manifiesto las propiedades ondulatorias de la luz, cuando ésta contornea los cuerpos opacos y, por consiguiente, penetra en la región de la sombra geométrica. Se produce cuando en el camino seguido por una onda se antepone una pantalla provista de un orificio, cuyas dimensiones son del mismo orden de magnitud que la longitud de dicha onda... Hacia 1803 *Young* realizó los experimentos denominados de "doble rendija", que se convirtieron en la norma para determinar la naturaleza ondulatoria de la luz radiante. *Fresnel* comprobó que dos luces polarizadas perpendicularmente no se interfieren, lo que le llevó a abandonar su idea de la luz como una onda longitudinal y a proponer que se trata de ondas transversales, teniendo que considerar el **éter** no como un fluido, sino como un medio elástico. En 1912, *Max von Laue* encuentra manchas de **difracción** en el caso de rayos X, propias de las ondas. En 1927, *Clinton Davisson* y *Lester Halber Germer* (1896-1971), en EEUU, y *G. Pager Thompson* (hijo) en Inglaterra, observan, fortuitamente, que un haz de electrones reflejado por la superficie de un cristal de níquel produce interferencias sobre una placa fotográfica, análogas a las de *Laue*, lo que confirmaba la predicción de *de Broglie* de la difracción de los electrones.

Teoría de la resistencia y la elasticidad.

Galileo trató por primera vez la resistencia de los cuerpos a su ruptura (flexión, por ejemplo, de una viga). Sobre la elongación, torsión de un cuerpo, comportamiento elástico de barras, etc., se ocuparían *Robert Hooke*, en 1660 y *Edme Mariotte* (1620-1684), en 1680. *Hooke* enunció la ley que relaciona la elongación con la fuerza aplicada, dando origen al estudio de la **elasticidad**. *Mariotte* aplicó la ley de *Hooke* al estudio de "la viga de *Galileo*". *Euler* trató la elasticidad como "una línea de partículas que resisten la flexión". Pero, el primero en considerar el efecto de la torsión fue *Coulomb*; formuló el problema de la resistencia al movimiento debida al rozamiento y la fricción. *Navier* desarrolló las ecuaciones de equilibrio y las vibraciones de un sólido elástico. *Louis Cauchy* (1789-1857) generalizó la ley de *Hooke*. *Poisson* formuló las ecuaciones de un cuerpo elástico en términos de integrales y propuso por primera vez que en un sólido elástico sólo hay dos tipos de ondas, longitudinales y transversales. *George Green* (1703-1841) incorpora las corrientes desarrolladas en Francia y Alemania y formula la ecuación del movimiento de un cuerpo elástico en términos de la energía potencial elástica. *Augustus E. Love* (1863-1940) propuso los fundamentos de la teoría de la elasticidad y sus aplicaciones a problemas geofísicos, como la propagación de ondas superficiales transversales, llamadas hoy "ondas Love". Ya se conocían como "ondas Rayleigh" las generadas en la superficie libre de un medio elástico. La teoría de la elasticidad y los aparatos de medida (sismógrafos, italianos) permitieron el desarrollo de la sismografía. *Emile Wiechert* (1861-1928), *Kart Zöppritz* y *Bero Gutenberg* (1889-1960), sismólogos alemanes, pudieron estudiar las ondas generadas por los terremotos. En 1906 *Richard Oldham* (1885-1936) descubre la existencia de un núcleo en el interior de la Tierra con distintas propiedades elásticas y posiblemente líquido. Y en 1914 *Gutenberg* deduce la naturaleza líquida del núcleo y su profundidad a 2.900 km. En 1936 *Inge Lehmann*, sismóloga danesa, descubre la existencia de un núcleo interno sólido. Los geofísicos británicos *Harold Jeffreys* y *Keith Bullen* proponen un modelo en el que la velocidad de las ondas sísmicas varía con el radio. *H. Nagaoka* aplica en 1923 al estudio de los terremotos y sus focos los primeros modelos de *Lamb* y *A. E. Love* basados en las fuerzas y las dislocaciones en un medio elástico.

Prout, William (1785-1850) daría lugar a pensar por primera vez (1815) que los átomos eran divisibles y a su vez originarios unos de otros. Basó su hipótesis en la idea de que todos los pesos atómicos eran múltiplos enteros del peso del hidrógeno, por cuanto todos los elementos estaban compuestos de átomos de hidrógeno, algo así como la "materia prima" de los griegos. La idea fue desechada a partir del momento en que *Jöns Berzelius*, *Jean-Baptiste André Dumas* (1800-1884) y *Jean Servais Stas* (1831-1891), entre otros, comprobaron que los pesos atómicos no eran múltiplos enteros exactos del hidrógeno. *Prout* se había basado en los valores primitivos de *Dalton*. Más de un siglo después (1935), *Arthur Jeffrey Dempster* (1886-1950), utilizando el dispositivo con el que *Francis William Aston* indagó la existencia de los

isótopos estables, pudo reivindicar definitivamente la teoría de *Prout*. Se demostró que los elementos *estaban* contruidos por bloques estructurales uniformes; que si no eran átomos de hidrógeno, sí, por lo menos eran unidades con masa de hidrógeno.

En 1821 se publicó la primera lista con el hidrógeno (H) como unidad. En 1900 se cambió, tomando como unidad 1/16 del peso del oxígeno (O). En 1961 se tomó como unidad 1/12 del Carbono 12 (el peso atómico del hidrógeno es ahora 1,008)... *Dumas*, en un documento de 1896, junto a su aporte para establecer los pesos atómicos del C y del O publicó su método para la determinación de densidades de vapor y la demostración de que en todos los fluidos elásticos las moléculas se colocan a distancias iguales.

Faraday, Michael (1791-1867)), uno de los fundadores de la teoría de la electricidad, experimentando durante 10 años descubrió la relación dinámica entre la electricidad y el magnetismo. Una revista, "*Anales de Filosofía*", le encargó escribir sobre los experimentos realizados en 1820 por *Oersted*. Haciendo prácticas, observó cómo mediante acciones mecánicas podían generarse por "inducción" acciones eléctricas y a la inversa. Pensó que el vacío podía componerse de *líneas de fuerza* (un concepto que había planteado *W. Gilbert* en 1600), e incorporó a la física el concepto revolucionario de **campo**, es decir, un nuevo modelo para las interacciones: los campos de fuerza en un medio "cartesiano" contrario a las acciones a distancia newtonianas, pero que era decir, sin intermediación de medio alguno. En 1832 logró producir el efecto de la inducción eléctrica: Haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una bobina rodeada por otra bobina conectada a un galvanómetro, observó que al conectar o desconectar la primera bobina se producía una corriente en la segunda. De este experimento pasó a generar una corriente eléctrica en una bobina en cuyo interior movía un imán, consiguiendo el mismo efecto si el imán estaba quieto y movía la bobina. De esta forma demostró el efecto buscado durante tanto tiempo de generar una corriente eléctrica por el movimiento de un imán, poniendo de este modo el fundamento de lo que sería el motor eléctrico. Explicó el fenómeno magnético de *Arago*, al demostrar que se podía generar una corriente eléctrica haciendo girar un disco de cobre entre los polos de un imán muy potente. Observó por primera vez que el plano de polarización de la luz giraba haciendo pasar un rayo de luz polarizada por un medio transparente en presencia de un campo magnético, demostrando así la relación de la luz con la electricidad y el magnetismo..."Las varias formas, bajo las cuales están hechas las fuerzas de la materia -escribe *Faraday*- manifiestan que tienen un origen común". *Faraday* explicó la electricidad y el magnetismo abandonando la teoría de los fluidos (imponderables) y propuso el concepto moderno de líneas de fuerza: entidades físicas que llenan el espacio en torno a un conductor o un imán. Con esta interpretación se apartaba también de la teoría newtoniana, mantenida por *Ampère* y *Coulomb*, de la acción entre cargas y corrientes como una acción a distancia... En el campo de la electrólisis, propuso sus dos leyes que relacionan la corriente eléctrica con su acción química y la cantidad de material depositado en los electrodos. *Faraday* comprendió enseguida la

sinrazón de pretender reducir los fenómenos electromagnéticos a la interacción a distancia. Pensó que si un cuerpo electrizado atrae o repele a un segundo, esto sucede mediante una acción intermedia determinada; el primer cuerpo crea en el espacio circundante inmediato un determinado estado, el cual se expande a partes más lejanas del espacio conforme a una ley espacio-temporal determinada (estos estados que se dan en el espacio es lo que hoy llamamos campos). *Faraday* se figuraba estos **campos físicos (*)** como **estados de tensión "mecánica" del medio que llena el espacio**, al igual que los estados de tensión en un cuerpo elástico estirado. Quedaba por resolver -y lo haría *Maxwell* aunque matemáticamente y según su visión de las cosas- la forma de concatenar la teoría de los medios continuos con el concepto de "**campo**".

(*) **Campos físicos**: el concepto de campo (eléctrico o magnético) lo introdujo *Faraday*; campo (región del espacio finita o infinita donde interactúa una fuerza): campo electromagnético, gravitacional, de la fuerza fuerte y de la fuerza débil ... Fueron reconocidos por la teoría de la relatividad como una realidad física primaria. Pueden existir como "partículas" y manifestarse, libre e independientemente de las fuerzas que los generaron, por cuya razón es necesario considerarlos como una fuerza peculiar de la materia. Y se representan como un sistema físico con una cantidad infinita de grados de libertad... La teoría moderna de las partículas elementales se construye como una teoría de **campos cuánticos** en interacción. Igualmente, los campos cuantificados describen la aniquilación (o formación) de partículas y al mismo tiempo la creación (o aniquilación) de **antipartículas (**)**

(**) **Antipartículas**: Denominación convencional que aplican a las partículas elementales con los mismos valores de masa, el mismo spin y demás características que sus "homólogas", pero que difieren de estas, p.ej.: por la carga eléctrica, el momento magnético, etc. Postuladas teóricamente (1931) por *P. Dirac*, quedó asumido que el encuentro físico de una partícula y su antipartícula conduce a su aniquilación resultando dos o más partículas distintas, **fotones**...La **antimateria** estaría compuesta por antiprotones y antineutrones y en vez de electrones sus capas contendrían positrones. Pero queda por decir, que no se han registrado radiaciones venidas del universo propias de grandes procesos de aniquilación, por lo que no existen datos de la existencia de regiones ocupadas por antimateria...

Historial: 1932: *C David Anderson* (1945-2004) experimentó en una cámara de Wilson la existencia de un electrón con carga positiva (*positrón*). En 1936: descubre en los rayos cósmicos los *muones* + y -, que son una partícula y su correspondiente antipartícula. 1947: se descubre que procedían de la desintegración de *mesones* (piones) partículas más pesadas. 1955: *O. Chamberlain*, *O. Segre*, *C. Wiegman* y *Th Ypsilantis* registran antiprotones y antineutrones. 1956: *B. Cork*, *G. Lamberston*, *O. Piccion* y *V. Wetzel* descubren el *antineutrón* partícula neutra de masa igual a la del neutrón, pero de signo contrario y de momento magnético idéntico (un neutrón cuyo movimiento se ha invertido). En 1965, *L. Lederman* demostró la combinación partícula antipartícula en el núcleo, un estado enlazado del antiprotón y el *antideuterón*. En 1969, *Yu. D. Prokoshkin* registró el *antihelio* y en 1974, los núcleos del *antitritio*.

Faraday explicó en la década de 1820: 1º) la experiencia de *Peregrinus (Maricourt)*; cómo, en una hoja de papel situada encima de un imán, las limaduras tendían a alinearse alrededor de unos arcos que iban del polo norte al polo sur del imán, dando lugar a pensar que estas líneas magnéticas de fuerza constituían un campo magnético; 2º) las conclusiones de *Oersted*, al observar que cuando una corriente atraviesa un cable y desvía la aguja de una brújula situada en la proximidad, la corriente debía formar líneas magnéticas de fuerza en torno al cable, y; 3º) la comprobación de *Ampère* (de que dos cables paralelos se atraían, si la corriente circulaba en la misma dirección, o se repelían si circulaba en dirección opuesta), deduciendo que era similar a lo que ocurría con los polos norte y sur de un imán: un polo norte atraía a un polo sur y los norte y sur se repelían...

Faraday realizó un experimento en 1831 que cambiaría el curso de la historia: para demostrar el principio de la inducción eléctrica, empleó un imán permanente, que introducía una y otra vez en el interior de una bobina de cable, para sacarlo luego del mismo; comprobando que pese a que no existía fuente alguna de electricidad, se establecía corriente siempre que las líneas de fuerza del imán atravesaban el cable... Así se podía comprender que lo que creaba la corriente era el **movimiento** de las líneas magnéticas de fuerza a través del cable, y no el magnetismo propiamente dicho. Años más tarde (1879), *Edwin Herbert Hall* (1855-1938) descubriría que cuando se aplica un campo magnético perpendicularmente a una placa de metal por la que circula una corriente eléctrica, aparece un campo eléctrico perpendicular: ("*efecto Hall*"), confirmado experimentalmente muchos años después (1980) por *Klaus von Klitzing*. Con estos descubrimientos, la investigación y el laboratorio pasarían a constituirse en base de la industria científica, se estaban forjando las condiciones para la creación de la dinamo generadora de electricidad, la energía revolucionaria que sustituiría a la primitiva rueda hidráulica, a la fuerza eólica y al vapor. Acababa de nacer la ingeniería electromagnética que abriría las puertas a una nueva revolución industria complementada con el desarrollo de nuevos tipos de semiconductores para láser o de transistores de efecto de campo más rápidos.

"Es degradante ofrecer premios por el trabajo intelectual y el que academias y sociedades o monarcas lo hagan no quita su aspecto degradante". Faraday

Faraday fue un gran popularizador de la ciencia. En 1826 inició en la *Royal Institution* la realización en Navidad de ciclos divulgativos sobre temas científicos para niños, que continua en la actualidad. Hijo de un herrero tuvo que abandonar la escuela a los 13 años. Sobre *Faraday*, *Maxwell* escribió: "con los ojos de su mente, vio líneas de fuerza donde los matemáticos sólo vieron centros de fuerza de atracción a distancia...*Faraday* vio un medio donde ellos no vieron más que distancia"... En cierta ocasión, interrogado por el ministro de hacienda inglés, *Mr. Gladstone*, acerca del valor "práctico" de la electricidad, respondió: "*un día, señor, podrá gravarla con impuestos*"... Y así fue real-

mente, pues la interacción misma entre imanes y corriente se convirtió muy pronto en un factor productivo beneficioso y de repercusiones sociales impensables.

Morse, Samuel F. B. (1791-1872) desarrolla la telegrafía y crea el primer código que lleva su nombre (Morse). **Alexander G. Bell** (1847-1922), **Thomas A. Edison** (1847-1931) y **Edwing Huhes** perfeccionaron instrumentos, modelos de transmisión y micrófonos.

Lobachévski, Nikolái Ivánovich (1792-1856) se anticipa a **Bernhard Riemann** (1826-1866) proponiendo en 1826 que se podía construir una geometría coherente perfectamente dialéctica en la que no se cumpla el postulado euclidiano de las líneas paralelas.

Carnot, Nicolás Léonard Sadi (1796-1832), uno de los fundadores de la **termodinámica**, que aceptaba todavía la doctrina del "calórico", explica que el trabajo debido a una fuente de calor sólo puede obtenerse por el traslado del calor de un cuerpo más caliente a uno más frío: "el calor no puede producir trabajo sin el empleo de dos fuentes térmicas con temperaturas distintas", y añade de modo ingenuo que "semejante al agua, el calor sólo produce trabajo cuando cae de un cierto nivel a otro inferior".

En pleno apogeo del mecanicismo venía a demostrarse lo que era falso:

... que el calor pudiera convertirse íntegramente en trabajo mecánico. La **entropía** (noción que introduciría *Clausius* en 1865) serviría para expresar rotundamente la irreversibilidad de las transformaciones naturales de energía, permitiendo entender lo que se interpreta como un crecimiento del desorden molecular. De tal manera, el universo concebido como máquina, cartesiana o newtoniana, regido por leyes que no distinguen entre pasado y futuro, sufriría un duro golpe, daría paso a un mundo que tiene una dirección definida, hacia el aumento de la entropía, lo que la comunidad científica ha dado en llamar desorden, calificado como una "**flecha del tiempo**" impuesta por el segundo principio de la termodinámica: "Es imposible transformar calor en trabajo si no se dispone de dos fuentes caloríficas a temperaturas diferentes"... Los partidarios de la **muerte térmica** del universo plantean que aún sin destruirse la materia, ésta perderá su actividad; no se transformará, contradiciendo la ley de la conservación y transformación de la energía. Pero es falsa la afirmación que se hace de la degradación de la energía, pues se contradice con las leyes en que se funda la termodinámica y la totalidad de las ciencias naturales. La **muerte térmica** sólo podría ser si materia y movimiento no fueran uno.

Muerte térmica, máxima entropía, flecha del tiempo

Después de un período, prácticamente inimaginable en nuestra escala temporal (10^{100} años), el cálculo vaticina que la temperatura del universo se acercará al cero absoluto; pero cabe que con un margen residual posible de energía formidable debido a las inimaginables dimensiones cósmicas... Al respecto, *Herman von Helmholtz* predijo en 1854 lo que *William Thompson* avanzó dos años antes, que el destino final del universo es una situación

donde la temperatura será la misma en todos los lugares... Degradada, si fuera en absoluto (máxima entropía), toda la energía del universo, el destino de toda forma de vida sería la muerte sin posibilidad alguna de evitarla, según la teoría. La idea de la muerte térmica, basada en la Segunda Ley de la Termodinámica, un final nada atractivo para toda existencia, tuvo una repercusión tremenda como la "flecha del tiempo" sobre la filosofía de finales del siglo XIX y principios del XX y sumió en el pensamiento a muchas grandes mentes. A comienzos del siglo XX *James Jean* escribió sobre la muerte del universo, que él denominó "muerte térmica". A su vez el filósofo *Bertrand Russell* expresó con elocuente rigor su punto de vista referido al caso, en un párrafo destinado a ser famoso, que resumimos:

"... el hombre es producto de causas que no previeron la finalidad que perseguían... sus orígenes, su desarrollo, sus esperanzas y sus miedos, sus afectos y sus creencias, no son más que el resultado de la ordenación accidental de los átomos... todo el edificio erigido por los logros del hombre deberá inevitablemente terminar enterrado bajo los restos de un universo en ruinas..."

Lyell, Charles (1797-1895), geólogo, fundador de la teoría evolutiva de la "uniformidad" opuesta a las del "catastrofismo" (*) de *Cuvier* y el "neptunismo" (**) de *Werner* en el campo de la **geología** (***), propone un desarrollo geológico lento, gradual, indeterminado, de cambio inconexo, casual. Frente a la creencia bíblica de una **edad de la Tierra** estimada en 6.000 años, que *Buffon* elevó de 50.000 a 75.000 años, y *Kelvin* y *Helmholtz* situaron para el enfriamiento de la Tierra entre 20 y 80 millones de años, elevados después por *Kelvin* a 100 ó 200 millones de años..., *Lyell* calcula una edad superior a varios centenares de millones de años, necesarios para explicar el conjunto del proceso evolutivo de la Tierra. *Charles Robert Darwin*, a su vez, necesitaba también contar con una duración mayor de tiempo para explicar su teoría de la evolución de las especies... La controversia entre físicos y geólogos, duraría hasta el descubrimiento de la radiactividad, que explicaría los procesos de fusión nuclear en las estrellas y al mismo tiempo la producción de calor en el interior de la Tierra.

(*) "Catastrofismo": *James Hutton* considerado por muchos el padre de la geología, fue acusado de hereje por negar la teoría del "catastrofismo cíclico".

(**) "Neptunismo": *A. G. Werner* (1749-1817) propuso que la superficie terrestre fue creada en el fondo de los océanos. Otra teoría, la del "plutonismo", sostuvo en su tiempo que fue el fuego interno el que determinó la superficie terrestre.

(***) Con el resurgir de la **geología** se vino a demostrar que no sólo existían estratos sucesivos superpuestos de animales desaparecidos y troncos, hojas y frutos de plantas que ya no se conocían. Hubo que reconocer la evidencia de que no sólo la tierra en su conjunto, sino también **las plantas y los animales que en ella vivían tenían su historia desarrollada en el tiempo**. Pasados los años (1989), *Stephen Jay Gould* (n.1941-2002) escribiría: "La historia de la vida no es un continuo de desarrollo, sino un registro interrumpido por episodios breves, a veces instantáneos geológicamente, de extinciones en masa y de diversificación subsiguiente".

Termodinámica. Entropía: **Carnot, Clausius, Kelvin.**

Entre los primeros que propusieron una máquina movida por vapor de agua está **Denis Papin** (1647-1712), inventor de la olla a presión, había sido ayudante de *Huygens* en Holanda y más tarde de *Boyle* en Inglaterra... *J. P. Joule* fundamentó la primera ley de la termodinámica; la forma en que el calor puede convertirse en trabajo y viceversa, que fue la idea básica de las máquinas térmicas y su gran importancia. *Carnot* comparó en 1824 una máquina térmica con un salto de agua, en la que el calor pasa de una temperatura superior a una inferior (para él era el calórico la sustancia que pasaba). Las ideas de *Carnot* fueron utilizadas por **Émile Clapeyron** (1799-1864) quien añadió el estudio del ciclo de la máquina térmica en términos de presión y propuso la ecuación del estado de los gases perfectos. *Gay-Lussac* propuso que los gases a presión constante se expanden de la misma manera. La aplicación práctica de las ideas sobre el calor y el trabajo y el concepto de máquina térmica se encuentra en el desarrollo de la máquina de vapor que tuvo una importancia decisiva en la Revolución industrial. Las primeras máquinas verdaderamente operativas se desarrollan en Inglaterra en 1712, por obra entre otros del ingeniero *Thomas Newcomen*. Hacia 1765, *James Watt* (1736-1819) perfeccionaría la máquina de Newcomen, añadiendo un condensador frío del vapor lo que aumentaría su eficacia, con su funcionamiento definitivo en 1776, usando el término de "caballo de potencia" y la unidad de potencia, el vatio. Hacia 1808 se empezó a utilizar para mover los barcos de vapor, y en 1825 **George Stephenson** (1781-1848) la aplicó a una locomotora para el transporte terrestre. En 1865 *R. Clausius* introduce la noción de **entropía: medida de la disipación irreversible de energía** (el calor no puede pasar espontáneamente de un cuerpo frío a uno caliente). La idea chocó por su irreversibilidad contra el determinismo de la mecánica clásica para la que los fenómenos eran siempre reversibles. Sus dos principios: "La energía del universo es constante y la entropía tiende a un máximo", constituyen la 1ª y 2ª leyes de la termodinámica. Crece la entropía de un sistema, postula *Boltzmann* en 1872, cuando la evolución de un sistema cerrado se realiza en la dirección de la distribución más probable de energía por los sistemas individuales. Y *Kelvin* añade: "No es posible transmitir continuamente calor de un cuerpo a otro sin ayuda de un agente exterior".

Neumann, Franz (1797-1895) desarrolló en 1847 la expresión matemática entre la fuerza electromotriz y la derivada con respecto al tiempo del flujo magnético.

Henry, Joseph (1797-1878) se le atribuye haber descubierto al mismo tiempo que *Faraday* la producción de electricidad a partir del magnetismo, pero publicó sus trabajos un año después. Experimentando con distintos arrollamientos metálicos dio con el fenómeno de la autoinducción de una corriente eléctrica en una bobina, y propuso combinar un condensador y una bobina para producir corrientes oscilantes. En 1829 construyó uno de los primeros **motores eléctricos** de funcionamiento práctico.

La unificación de los fenómenos eléctrico, magnético y luminoso marca un hito importante en la historia de la Física y de la industrialización

Jacobi, Maurice H. (1801-1875) descubrió la dualidad del efecto de la dinamo y el motor que pueden funcionar como uno u otro. Demostró que era suficiente la utilización de un solo hilo para transmitir, explicando que la Tierra puede servir de segundo conductor para hacer funcionar un circuito eléctrico.

Lenz, Henrich F. (1804-1865) estableció la primera ley de la **inducción**: una corriente inducida por fuerzas electromagnéticas produce efectos que se oponen a aquella fuerza.

Weeber, Wilhem (1804-1891) propuso que las partículas son intrínsecamente magnéticas, pero que sólo en ciertos materiales se mantienen todas ellas alineadas. Es uno de los primeros en proponer una geometría no-euclidiana. Contribuye al desarrollo de diferentes campos de las matemáticas, entre ellas, estudio de las funciones de variables complejas, ecuaciones diferenciales, geometría diferencial y fundamentos del análisis, destacando el teorema que lleva su nombre.

Grassmann, German (n.1807), próximo al materialismo, expuso la primera teoría del espacio euclidiano pluridimensional, y trabajos sobre acústica, combinación de colores y electromagnetismo.

Agassiz, Louis (1807-1875) desarrolló las ideas de *Lyell* sobre **geología** demostrando que la superficie terrestre había sufrido grandes cambios, siendo mucho más fría durante ciertas épocas y que el hielo había cubierto partes inmensas de los continentes.

Bunsen, Robert Wilhelm. (1811-1899) colabora con *Gustav Kirchhoff* descubriendo que cada sustancia emite luz que tiene su propio patrón de líneas espectrales, lo que permitiría descubrir nuevos metales, como el cesio y el rubidio. Sus trabajos sobre el análisis químico constituyen el fundamento de la **espectrografía** química. En 1859, *Bunsen* escribe entusiasmado a *Roscoe*: “*Kirchhoff* ha encontrado la causa de las líneas oscuras en el espectro solar... En consecuencia se abre camino a la determinación de la composición química del Sol y de las estrellas, con el mismo grado de precisión que se hace en la Tierra”.

Mayer, Julius Robert (1814-1878), anticipándose (1842-45) a *J. P. Joule*, a *Helmholtz*, y casi al mismo tiempo que *Grove*, *Holding* y *Lenz*, descubre “la ley de la conservación y la transformación de la energía”, ya anunciada por *Lomonósov* en el siglo XVIII. *Mayer* sugirió por primera vez la idea de considerar la equivalencia y conservación general de todas las formas de la energía como una concatenación sucesiva de *causa-efecto*, pues la ley ponía de relieve que la fuerza mecánica, el calor, la luz, la electricidad, el magnetismo, los procesos químicos, es decir, **las diferentes formas del movimiento de la materia no se hallan aislados, sino en estrecha conexión cósmica y transformación continua** (eterna) de una forma en otra... *Mayer* (médico en un barco en 1840) había estudiado los procesos del oxígeno en la circulación venosa y en la digestión concluyendo que el calor y el

trabajo son intercambiables: "una fuerza no puede anularse, sólo puede tomar otra forma". Especulando sobre la relación entre el calor animal y las reacciones químicas llegó a considerar el **carácter intercambiable de todas las energías de la naturaleza**. Sus experimentos le permitieron sostener que si se engendra calor cuando dos superficies rugosas se encuentran en movimiento una con otra, entonces el calor debe ser una forma de movimiento. *Rumford y Humphry Davy* coincidían con esta idea.

A mediados del XIX nuevos aportes acreditarían la propuesta del materialismo dialéctico:

1º) la transformación de la energía: el equivalente químico del calor (*Mayer, Joule y Holding*): el calor, la irradiación, la electricidad, el magnetismo, la fuerza química de asociación y disociación demuestran ser modalidades de existencia de una y la misma energía material, es decir, del movimiento, y, como tal, de formas reales de la naturaleza que podemos reproducir nosotros mismos;

2º) la célula orgánica -descubierta por *Theodor Schwann* (1810-1882) y *Mathías Jacob Schleiden* (1804-1881)- como unidad de cuya multiplicación y diferenciación nacen y se desarrollan todos los organismos. Quedaba explicado el proceso que se operaba con cargo a una ley esencialmente idéntica para todos los organismos;

3º) la teoría de la evolución de las especies de *Charles Robert Darwin*, que explicaba la infinita variedad desde lo más simple hasta llegar al hombre, y;

4º) la teoría de la evolución de la sociedad de *Marx*, que explica la mutabilidad real de las formaciones socio económicas.

Hacia 1815 se perfila la aparición de una nueva clase social, política e ideológicamente reconocible... Hasta ese momento, con la llamada paz europea y la implantación industrial, el centro de la lucha histórico-social lo ocupan dos clases aspirando a gobernar, la **aristocracia** y la **burguesía**. Pero, a partir de 1830 entraría en liza una clase social, ya existente. Era la clase desde siempre no interesada en la perpetuación del régimen basado en la explotación del hombre por el hombre, pero que emerge ahora organizada como una tercera clase: la **clase obrera**, que apareció y se formó en los países capitalistas avanzados durante los siglos XVII y XVIII, y sólo a mediados del XIX alcanzó cierta madurez política, saliendo a la palestra histórica como una fuerza social nueva e independiente. En 1831, entra decisivamente en escena, dando fuerza a la primera insurrección de los obreros de Lyon (1834), que se ve secundada por la de los tejedores y a continuación (1836) por el primer auge del movimiento cartista... Pocos años después (1840), verá la luz el primer partido obrero de masas en la historia del movimiento obrero, la Asociación Cartista Nacional... Hasta entonces, evidenciado el fracaso del socialismo utópico temprano de los siglos XV-XVIII, de los ideales de libertad, igualdad y fraternidad de los ilustradores, que "resultaron ser -escribe *Engels*- una triste y decepcionante caricatura", han predominado las corrientes del

socialismo utópico crítico de comienzos del XIX. Pero que no sabían explicar la naturaleza de la esclavitud asalariada bajo el capitalismo, ni descubrir las leyes de su desarrollo. No llegaron a descubrir el origen de la plusvalía. Seguían negando la lucha política y de clase. Ignoraban que la lucha de clases es una de las leyes más importantes del desarrollo social.

Carlos Marx profundiza definitivamente en la relación dialéctica que existe entre naturaleza, ser humano y sociedad.

A mediados del XIX, las leyes físicas descubiertas sobre el proceso de la naturaleza negaban por completo la **inmutabilidad**, ponían de evidencia la estupidez religiosamente sostenida, tan del gusto de la burguesía capitalista, de que desde la "creación" cielos y tierra, plantas, animales y seres humanos, clases sociales incluso, se habían reproducido sin que nada hubiese cambiado ni desarrollado ni evolucionado. Nada extraño. Pues, hasta entonces, la mayor parte de los historiadores, sociólogos y economistas anteriores a *Marx* consideraban la desigualdad, la existencia de pobres y ricos, como algo **inmutable**, lo más: injusto e inhumano; cosa propia de una forma eterna de vida, natural e imperecedera... Un pensamiento absurdo e insostenible, cierto, pero, tan celosamente guardado por la burguesía, que seguía impidiendo ver cómo la dinámica de cambios, la lucha histórica entre clases, que había dado paso a la "moderna sociedad burguesa" con su victoria sobre el feudalismo, reaparecía, indetenible, portando ahora las aspiraciones de cambio del proletariado. La cuestión estaba en descubrir qué motivaba esos cambios... Resaltaba la victoria del capitalismo sobre el feudalismo, el desarrollo de las fuerzas productivas, las ventajas del nuevo modo de producción. Empezaron a utilizarse por doquier mecanismos y máquinas de vapor; el siglo XIX lo llamaron "siglo del vapor". Los gremios de artesanos fueron desplazados por la industria. Gran parte del trabajo manual cedió lugar a las máquinas. De 1800 a 1850, la producción industrial mundial aumentó en el 330% y continuó creciendo a ritmos elevados. El volumen del comercio mundial se incrementó en cerca del 700%. El desarrollo de las fuerzas productivas condicionó el rápido progreso de todas las ramas de la cultura, la ciencia, la técnica, la literatura y las distintas artes. La población mundial creció de 600 millones en 1700 a 1.300 en 1860. A mediados del XIX, fruto de la exclusión, explotación y empobrecimiento de las masas, se manifestaron crisis cíclicas de "superproducción". Las relaciones capitalistas provocaron la opresión de las naciones fuertes sobre las débiles y las guerras por el reparto del mundo. El antagonismo, en fin, entre la burguesía y el proletariado pasó a ser la principal contradicción sociopolítica de la sociedad capitalista. Antes de *Marx y Engels* no existía la ciencia integral y auténtica de las leyes del desarrollo social. Ahora, había necesidad de crearla... Pero no podía aparecer, por sí sola, ni a mediados ni durante la segunda mitad del XVIII porque no existía la situación social que propiciase su nacimiento, ni era suficiente todavía el dato de las ciencias naturales.

Marx, Carlos (1818-1883), educado en las ideas de la "ilustración" francesa, estudioso de las ciencias naturales, dedica su tesis doctoral (1839/41) al análisis de un tema tan concreto como singular en aquel tiempo, motivo de interés por *Feuerbach*, que escribe "*Sobre la diferencia entre la filosofía de la naturaleza según Demócrito y según Epicuro*", tema de donde emergerían los grandes desacuerdos de *Marx* con *G. W. Friedrich Hegel*. En "Anales franco-alemanes" (París 1843) hace pública "su crítica implacable contra todo, en particular, las armas". Pero lo más remarcable serían sus artículos titulados "Contribución a la crítica de la filosofía de *Hegel*", donde *Marx* profundiza en el idealismo hegeliano que superaría revolucionariamente con la ayuda de *Ludwing Feuerbach*. Después de un período de trabajos literarios contra la filosofía idealista; de crítica severa contra la injusticia y el irracionalismo rampantes, su encuentro en París (1844) con *Engels* determinaría el principio de la puesta en común de sus luchas por la **clase obrera**. En 1845, escribe con *Engels* "La Sagrada Familia" y la "Ideología alemana" y consagra la mayor parte de su tiempo al estudio de la Economía política y de la Historia de la revolución francesa... Incansable, aplicando el método dialéctico a los nuevos conocimientos y su relación con el proceso histórico-social, consigue poner al descubierto un hecho que nadie había observado ni podido explicar científicamente: **la mutabilidad de las formaciones socio económicas y la pertenencia del mundo de las ideas al mundo material de la naturaleza y la sociedad**... Formulando el concepto de "**proceso histórico-natural**" puso fin a la concepción de la sociedad como un agregado mecánico que admite toda clase de cambios por voluntad de un jefe de gobierno. Elaboró con *Engels* entre otras obras el célebre "**Manifiesto del Partido Comunista**" publicado en febrero de 1848, una guía para la clase obrera mundial. *Carlos Marx* destinó sus últimos años a la composición de su principal obra científica, "El Capital" (1867), expresión científica de una nueva concepción del mundo, de la historia del hombre y de la sociedad que destaca las relaciones de producción como factor determinante de toda la estructura de la sociedad.

Engels, Federico, entre 1845 y 1847 hace compatible sus estudios científicos con su apoyo a las organizaciones obreras de lucha clandestina. Autor entre otras obras de una de capital importancia: "La situación de la clase obrera en Inglaterra" (1845), escribe "Principios del comunismo". En colaboración con *Marx*, escribe "Revolución y contra-revolución en Alemania" y el ya citado "Manifiesto del Partido Comunista". Elaborando el "Anti-Dühring" (1877/78) relacionaría también y al mismo tiempo los problemas de la filosofía con las ciencias naturales y sociales, lo que le permitiría continuar luchando junto a la clase obrera, reanudar su trabajo de investigación y seguir forjando su obra inacabada, "Dialéctica de la naturaleza". Refiriéndose a *Marx*, escribe: "Aunque la ciencia social es todavía joven, posee ya una base sólida y síntesis acabada, y esto constituye el mayor mérito de *Marx*, que elevó la ciencia social al grado de una teoría social, trocando el socialismo, de utopía que era, en una ciencia". En 1888 publica su libro "Ludwing Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana", que, con el "Anti-Dühring", servirá a las nuevas generaciones

para conocer los elementos del materialismo dialéctico y del materialismo histórico.

Antes de Marx y de Engels los anhelos de libertad y justicia venían quedando a merced de los criterios morales, filosófico-sociales o políticos, de teorizantes condenados al olvido, relegados, reabsorbidos por el pensamiento de clases dominante. Sus benefactoras intenciones redentoras se estrellaban contra el idealismo religioso, contra el creacionismo y la inmutabilidad de todo lo habido y por haber, expresado a manos llenas por el servilismo de cátedra, las plumas a sueldo de unos cuantos, árbitros absolutos por imposición del destino de las masas. Hasta ese momento, los filósofos e ilustradores burgueses [*F. Bacon* y *John Toland* (Inglaterra), *C. Helvecio*, *D. Diderot* y *P. Holbach* (Francia), *B. Spinoza* (Holanda), *B. Franklin* y *T. Jefferson* (EEUU), y *Alzate* (México)], progresistas, críticos con el idealismo y la religión, que preparaban ideológicamente el asalto a los pilares del feudalismo, eran partidarios de la explicación materialista de la naturaleza. Pero no veían como sujeto del cambio a la clase obrera ni tampoco veían las bases de la vida social influidas por el desarrollo económico, sino por el progreso del "espíritu", de la "razón", de las "ideas"...

Sólo a comienzos del siglo XIX, el socialismo utópico crítico, una de las fuentes teóricas del marxismo inspirado en los ideales de **Saint-Simón**, **Fourier** y **Owen**, fue un avance en comparación con las ideas del periodo anterior, reflejo de las primeras aspiraciones del proletariado industrial; aunque, según el criterio elitista más extendido, a las luchas para el cambio histórico-social sólo "podían ayudar personas cultas e inteligentes", "elementos juiciosos" de la burguesía, gentes interesadas en realizar "razonablemente" una sociedad mejor, benefactora:

Claudio Enrique Saint-Simón (1760-1825), como ejemplo, que pasó el resto de su vida sumido en la miseria, buscando una explicación científica a los fenómenos sociales, piensa que debía dominar la "razón" de los "industriales" basados en un "nuevo cristianismo" bajo la consigna: "Todos los hombres son hermanos". Un discípulo suyo, *Augusto Comte* (1798-1857), pregonó la economía del *laissez-faire*, como ejemplo del orden natural que sustituía a la divina providencia... *Charles Fourier* (1772-1837) suple el papel de la "razón" por el de las "pasiones", que son alteradas y causa de una "producción desordenada"... Denuncia la degradación democrática, a través de la cual los ricos dominan a los pobres. Concluye llamando a destruir el "régimen civilizado" y construir una sociedad basada en la "producción social atractiva, que garantice la "armonía de las pasiones", con ayuda de los burgueses inteligentes. *Robert Owen* (1771-1858), fiel a los materialistas franceses del XVIII, denuncia el enriquecimiento de unos cuantos con la esclavización de las masas y llama a trabajar en propiedad colectiva. Crea una colonia comunista (Nueva Armonía en EEUU) para el perfeccionamiento moral de las gentes mediante la "verdadera religión" socialista. Pero niega la lucha política y de clases y no comprende la esencia del movimiento cartista. Ni él ni sus seguidores descubrieron el origen de la plusvalía y no vieron la rapiña

contenida en la ganancia obtenida por el empresario capitalista... Por todo ello los socialistas utópicos no podían ir más allá; no sólo porque tenían como base principios mera y generalmente especulativos, como los observados, sino porque no podían señalar una salida real. Atascados en sus concepciones sociológicas idealistas no podían ver lo fundamental: que abrían un abismo entre la naturaleza y la sociedad, sin ver ni comprender que el hombre y, en cierto sentido la sociedad, aunque parte específica, es una parte del mundo material único.

Marx y Engels hicieron suya la tarea de dar una respuesta científica a los candentes problemas engendrados por el desarrollo capitalista y la aparición de una nueva clase. Tomaron como base las anteriores conquistas de la ciencia y del pensamiento, en particular la economía política inglesa, la filosofía clásica alemana y el socialismo utópico crítico francés. Todo lo que había en el pensamiento humano, lo sometieron a crítica, empezando por quitarle la envoltura mística al método dialéctico de *Hegel* y unirlo al materialismo, al conocimiento y las concepciones materialistas del filósofo *Ludwig Feuerbach*. A ellos, en fin, se debe la teoría viable de un futuro social planificado científicamente, lograda la emancipación de la clase obrera. Su entregada preparación les permitió crear la concepción del mundo revolucionaria y su método de análisis, el **materialismo dialéctico**, que aplicado al estudio de la sociedad sería conocido como el **materialismo histórico**. A partir de entonces y con los aportes de extraordinario valor que haría *Lenin*, quedaría establecido que ni el ambiente geográfico ni la naturaleza en general (incluida la humana) determinan el carácter de la sociedad; que a cada cambio en el sistema económico va vinculada la aparición de una nueva clase en la sociedad, con muy diferente participación en el trabajo, y en la apropiación de los productos de éste; y que la fuerza determinante, donde el hombre es esencial, son las **fuerzas productivas** y las correspondientes **relaciones de producción**. *Lenin* se refiere a *Marx y Engels*, reconociendo que nutrieron su crecimiento filosófico-social en las fuentes de *Feuerbach*, y que, ambos -señala con insistencia-, "hicieron en sus obras más hincapié en lo *dialéctico* que en lo *materialista* del materialismo dialéctico e insistieron más en lo *histórico* que en lo *materialista* del materialismo histórico".

Bueno será recordar, que han sido puntos de partida de la línea anti-metafísica y de la creación y desarrollo marxista del materialismo dialéctico,

... las propuestas de *Lomonósov* (1748) ⁽¹⁾, de *Kant* (1755) ⁽²⁾, de *Wolf* (1759) ⁽³⁾, de *Herschel* (1781), *Laplace* (1796), *Dalton* (1800) y *Mädler y Secchi* (1865) ⁽⁴⁾; como asimismo de *Lyell* (1820) ⁽⁵⁾, de *Wöhler* (1828), *Zinin* (1842) y *Miller* (1952) ⁽⁶⁾, seguidas de las de *J. E. Purkinje* ⁽⁷⁾, *Grove* (1846) ⁽⁸⁾, *Darwin* (1859) ⁽⁹⁾; y la serie de descubrimientos de los años 1895 ⁽¹⁰⁾, 1896, 1897 y 1898, que dieron lugar a la pataleta de los que habían proclamado la "desaparición de la materia" ⁽¹¹⁾. Cuestión ésta nada baladí, como vino a demostrarse enseguida... La burguesía, a medida que las ciencias iban demoliendo en la linde de los siglos XIX y XX los fundamentos de la metafísica,

desencadenó una lucha encabezada por los defensores de las viejas ideas. A *Ostwald* le tocó vocear su "energetismo": no existe la sustancia, no existe la materia, sólo la energía, como única "realidad última"... Era una de tantas tentativas idealistas de concebir el movimiento sin la materia, sin las moléculas ni los átomos... La transformación del electrón y el positrón en dos fotones, le llevó a pensar que todo era pura energía... Él, *Mach* y *Duhem*, como buenos mecanicistas idealistas y subjetivos, se emplearon en afirmar que todos los fenómenos de la naturaleza se pueden representar como procesos entre energías. La igualdad $E = mc^2$ dejó de ser para ellos una **ley** representativa de **la conexión y condicionalidad recíproca** de la masa y la energía. Concepciones de este carácter serían utilizadas para hilvanar ideológicamente la inmutabilidad y el orden del régimen, e inocular la filosofía del mecanicismo como una variedad de la metafísica en las ciencias naturales. *Helmholtz*, como ejemplo, reduciría las formas del movimiento a simples desplazamientos mecánicos. La ley de *Malthus* sería utilizada para vaciar de contenido la doctrina de *Darwin*. Por lo contrario, otros, como *Mendeléiev*, guiándose por la **ley dialéctica del tránsito de los cambios cuantitativos a los cualitativos**, pudieron afirmar su predicción de la existencia de una serie de elementos químicos. Asimismo, la electrodinámica de *Faraday* formulada por *Maxwell* se encargaría de poner de manifiesto la conexión y condicionalidad recíproca de los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos. De la misma manera, el estudio del fenómeno de **las formaciones sociales** permitiría a *Marx* descubrir **las conexiones y condicionalidad recíproca**, dialéctica, del proceso histórico-social con todos los fenómenos y procesos de la realidad existente...

(1) **Lomonósov** refuta la idea del calórico (con la teoría cinético-molecular del calor), quebrando así la concepción de los "imponderables", sustancias especiales, dudosamente materiales: los fenómenos térmicos, eléctricos, magnéticos y lumínicos, éter inclusive, se consideraban como dominios sin conexión alguna entre sí. Fundamenta experimental y definitivamente la **ley de la conservación y transformación de la materia y del movimiento**: "todos los cambios que tienen lugar en la naturaleza se producen de modo que lo que se suma es restado de la misma cantidad a otro", "el cuerpo que mediante un choque provoca el movimiento de otro, pierde tanto movimiento como el que comunica a este último". "No hubo un primer movimiento, es eterno". Expresa el carácter perenne e indestructible de la materia y del movimiento, la interconexión e interdependencia de los fenómenos. Da a conocer la idea del desarrollo de las capas de la Tierra: "tanto las cosas corporales que vemos en la Tierra -escribe *Lomonósov*- como todo el universo no se hallaban, desde el principio de la creación, en el estado en que ahora los encontramos, sino que se han producido grandes cambios". Y sitúa el **origen evolutivo de los suelos, de los vegetales de la turba, del carbón y del petróleo, teniendo en cuenta el desarrollo evolutivo de las plantas y animales**. Critica a los que separan el conocimiento racional de la percepción sensorial. Y opone la concepción materialista de los átomos, a las mónadas intelectuales de *Leibniz*, elevando así la atomística a nivel de hipótesis científico-natural.

(2) **Kant** publica su obra "Historia general de la naturaleza y teoría del cielo". Una hipótesis cosmogónica completa, con la formación de los cuerpos celestes por **vía natural** a partir de nebulosas, dotadas de un **propio movimiento** rotatorio.

La idea elimina el **impulso inicial**, divino, metafísico..., habla del desarrollo evolutivo de los estados **geológicos** de la Tierra, sus plantas y animales, de su carácter natural y evolutivo.

(3) *Caspar F. Wolf*, refutando el "preformismo", demuestra que el desarrollo de un organismo es un proceso de nueva formación a partir de una entidad indiferenciada y no el resultado del crecimiento de una entidad preformada.

(4) *Herschel, Laplace, John Henrich Mädler* (1794-1874) y *A. Secchi* darían acabada razón a las tesis cósmicas de *Kant*... *Dalton* experimenta (1800) cómo las sustancias químicas se combinan entre sí según relaciones o proporciones múltiples sencillas y consagra la palabra "átomo", dando fundamento a la "moderna" química.

(5) *Charles Lyell* refuta la teoría de los cataclismos de *Cuvier*, demostrando que los cambios han sido consecuencia de lentas transformaciones en la Tierra. Y arguye que los valores dados por *Kelvin* y *Helmholtz* resultaban muy pequeños para los procesos geológicos que habrían de explicar también la evolución de las especies biológicas en la Tierra y su ulterior evolución propuestas por *Charles R. Darwin*, quien, al reconocer la **mutabilidad de las especies**, comenzó a andar por el camino del materialismo dialéctico.

(6) *Friedrich Wöhler* (1800-1882). En 1828 calentó cianato amónico (un compuesto de carbono, hidrógeno y oxígenos) y obtuvo una sustancia blanca idéntica en sus propiedades a la **urea**. En 1842, *N. N. Zinin* sintetiza la **anilina**. En 1952, *Stanley Miller* (1930-2007) obtendría (1953) **aminoácidos**, disparando chispas eléctricas durante semanas contra una "sopa" de metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua. Y *Adolf Wilhelm H. Kolbe* (n.1885) reconstruye la composición del ácido acético, a partir de conocer sus componentes.

(7) *J. E. Purkinje* (1787-1869) y otros, durante la década de los treinta crean la **teoría celular** o unidad de estructura de los organismos vegetales y animales, de importancia decisiva en la explicación del proceso de su aparición y crecimiento.

(8) 1846: *William Robert Grove* publica "La acción mutua de las fuerzas físicas", demuestra la **convertibilidad recíproca** de los fenómenos magnéticos, eléctricos, calóricos, químicos, mecánicos, lumínicos. Todo se reducía a distintas formas de movimiento de la materia, al ciclo perenne de la materia en movimiento.

(9) 1859: *Charles R. Darwin* crea la **teoría de la evolución**. *Lamarck* había desarrollado antes una doctrina integral en su obra "Filosofía zoológica", opuesta al creacionismo, pero con algunas tesis erróneas.

(10) 1895: descubren los rayos X. En 1896, la radiactividad. En 1897, el electrón, el núcleo atómico y la dependencia entre masa y velocidad. En 1898, el radio.

(11) Finalmente, frente a los que hablan de la "desaparición de la materia", **Lenin** habla de la infinitud de ésta y de la inagotabilidad del electrón... y vendrían a darle razón todos y cada uno de los descubrimientos posteriores. ¿Por qué? Probablemente, porque alcanzó a poder observar y estudiar los nuevos descubrimientos de las Ciencias como filósofo pertrechado con el método de pensamiento más progresista, que no poseían la mayor parte de los especialistas en Física.

Una historia, en fin, científica y social apasionante, pero que empezaba a convertirse en algo ya demasiado peligroso...

La necesidad de la ciencia en el proceso industrial sería vista con recelo. La clase recién aupada por el pueblo al poder, se sintió alarmada. Temerosa de una ciencia que empezaba a ofrecer sin sombras la observación

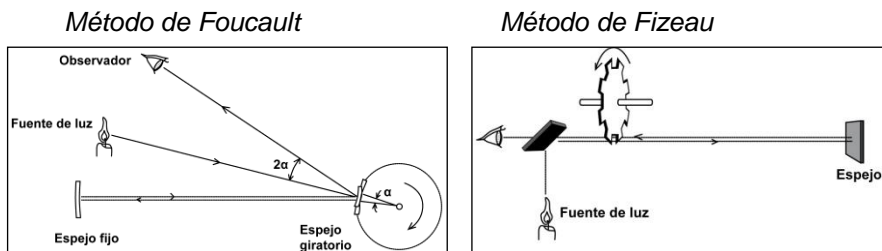
de todos los fenómenos, fueran físicos, espirituales o sociales; que ponía en peligro "el aparte" de la injusticia social, optó por presentar los nuevos descubrimientos como una "hecatombe general de los principios" de la ciencia... Enseguida un grupo de científicos bien alineados con la burguesía (*Poincaré* en Francia, *Pierre Duhem* en Bélgica, *Pearson* y *Poynting* en Inglaterra, etc., con *Mach* y compañía) se aprestaron a proclamar el hundimiento de los fundamentos físicos del siglo XIX. En pleno siglo XX, la lucha por desacreditar la **ley de la causalidad** pretendiendo igualarla al determinismo mecánico, y por cuestionar la **ley de la conservación de la energía** y otros esfuerzos similares, reflejan la tendencia ideológica general (de *Bohr*, *Heisenberg*, *Kramers*, *Slater*) proclive a rechazar la herencia materialista de la física del siglo XIX y con ello todo lo que representa interpretar el proceso histórico-social desde una óptica humanística, científica, solidaria, progresista... Cosa en fin, ciertamente, que sólo puede hacerse si se ha podido aprender que -como dijera *Pietro Angelo Secchi*-, **"todo se liga en la Naturaleza y los fenómenos del universo son innumerables anillos de una cadena"** y que **"no hay más que una fuerza en el universo que depende del movimiento y sólo existe una materia"**.

Secchi, Pietro Angelo (1818-1878) concluye en 1864 que los fluidos imponderables fueron eliminados y sustituidos por "un mismo éter que es la causa de los fenómenos luminosos y de los fenómenos eléctricos (comprendidos los magnéticos), pero en los primeros actúa vibrando y en los segundos desplazándose". Explica que las manchas **nebulosas gaseiformes** representan soles aún no plasmados. Estudia los espectros de absorción de la luz de las estrellas y su relación con la temperatura y las clasifica por primera vez según sus espectros desarrollando un sistema de cuatro categorías. Experto en el estudio de las manchas solares, sugiere que el núcleo del Sol se encuentra en estado gaseoso y su temperatura decrece desde el centro hasta la superficie. Concibió y desarrolló el llamado "disco de Secchi, uno de los instrumentos más simples para medir la transparencia de las aguas marinas.

Joule, James Prescott (1818-1889) demostró experimentalmente que el calor no podía ser una sustancia material, sino que mostraba claramente que era un efecto del movimiento o forma de la energía mecánica. Con sus trabajos quedó definitivamente desechada la idea del calor como un fluido imponderable. Sus experimentos confirmaron la conservación de la energía. Colaborando con *Kelvin* descubrió el conocido "efecto de Joule-Kelvin", por el que un gas que se expande bajo ciertas condiciones, se enfría por la expansión. Determinó para el equivalente mecánico del calor un valor muy próximo al de 4,18 julios por caloría. Resumió sus resultados de muchos ensayos como sigue: 1) La cantidad de calor producida por fricción... es siempre proporcional a la cantidad de fuerza gastada; 2) La cantidad de calor capaz de elevar la temperatura a una libra de agua (pesada en el vacío, entre 55° y 60° F.) en un grado *Fahrenheit* requiere el gasto de una fuerza mecánica representada por la caída de 772 libras desde una altura de un pie".

Foucault, Jean Bernard León (1819-1868) dio un golpe demoledor a la teoría corpuscular con su comprobación en 1850 y, con más precisión, en 1862, que utilizó espejos en rotación, demostrando que la luz se propaga más lentamente en los medios más densos, conclusión contraria a la teoría newtoniana que sólo podía explicar la **refracción** si la luz se propagaba más rápidamente en los medios más densos. Así, desechada de alguna manera la teoría de la emanación desaparecía la terminología del fluido imponderable, el famoso *lumínico*, quedando por resolver los problemas planteados por el **éter**, al que *Fresnel* se había referido. Debemos a *Foucault* la demostración experimental (1851) de que la Tierra gira sobre su eje, para lo que suspendió una bola de hierro de 28 kilos de la cúpula del Panteón en París, con un cable de 67 metros: “si las oscilaciones continúan durante 24 horas, el plano ejecutará una revolución completa alrededor de un eje vertical que pasa por el punto de suspensión”.

Instrumentos para medir la velocidad de la luz



Fizeau, Armand-Hippolyte-Louis (1819-1896), independientemente de *Doppler*, descubre el efecto del mismo nombre, por cuanto se denominaría “efecto Doppler-Fizeau”. En 1849 se propone experimentar la propuesta de *Arago*, consistente en medir la velocidad de la luz en el agua y en el aire, que ya había medido *O. Römer* en 1676 (215 000 km/s) observando un satélite de Júpiter: Io. Realizó la prueba por medio de una rueda con 720 dientes que daban paso a la luz. Instaló un espejo en Suren y el otro en Montmarte (París), con el resultado contrario a las predicciones de la teoría corpuscular de *Newton*, obteniendo para c el valor de 299 870 km/s. *Foucault* después, en 1868, *Michelson* en 1932, y *Aslakon* y *Essen* en 1976, empleando métodos diversos, no han conseguido obtener un valor único para la velocidad de la luz, situada por acuerdo internacional en 299 792,5 km/s. En 1850 midió la velocidad de la electricidad y estudió la expansión térmica de los sólidos, utilizando un método para medir la dilatación de materiales metálicos. En 1868 sugirió un método para medir los diámetros estelares.

Engels, Federico (1820-1895), considerado por *J. B. S. Haldane* como “el hombre probablemente de más extensa formación de su tiempo”, concibió como reales las manifestaciones físicas del **éter**, mientras que en las cabezas de muchos físicos vivía la idea de un éter luminoso, dudosamente observable. Alineado con la penetración del conocimiento en la profundidad de la materia,

pensaba en el descubrimiento próximo de nuevas partículas, más pequeñas que los átomos. En 1875 movido por su deseo de investigar las características del **éter** lo presupone formado por algún tipo de materia más simple que los átomos. Sostenía la idea de que el éter tiene una estructura discreta y que sus **ondas** eran divisibles y medibles hasta lo infinitesimal... Esta opinión está reflejada en las notas "*Divisibilidad*", "*Teoría cinética de los gases*" y "*El éter*". "El éter -escribe-, aunque dudoso a veces, si es que admitimos su existencia, es un portador material de las formas radial y eléctrica del movimiento". Sus ideas relativas aparecen en los dos artículos consagrados a la física ("*El calor*", 1881, y "*La electricidad*", 1882). Más adelante hablaría de separar de la física molecular las ramas que estudian la electrodinámica y la óptica, de las cuales, dice, deberá formarse la futura "mecánica del éter". Y aclaremos aquí su concepto de la "mecánica", pues la dimensión dialéctica del enfoque de *Engels* permite incluirla en el número de las ciencias más abstractas que las ciencias naturales habituales, y así lo desarrolla en "*Formas fundamentales del movimiento*".

Ranking, William (1820-1872) fue el primero en proponer el concepto *energía*, como capacidad de realizar un trabajo, distinguiendo entre energía cinética y energía potencial.

Propagación del sonido

Desde la antigüedad se intuyó el sonido como un fenómeno vibratorio del aire. *Marin de Mersenne* fue de los primeros en estudiar en el siglo XVII la vibración de las cuerdas. *Gassendi* hizo la primera medición de la velocidad del sonido, 478 m/s, corregida en París (1738) a 331,29 m/s. *Newton* había propuesto que la velocidad del sonido dependía de la raíz cuadrada del cociente entre la fuerza elástica del aire y su densidad. *d'Alembert* aplicó las ecuaciones de la propagación de ondas en el sonido del aire. *Laplace* mostró la necesidad de tener en cuenta la influencia de los cambios en la temperatura. *Ernst Chladni* (1756-1827) determinó la velocidad del sonido en distintos gases, líquidos y sólidos. *Helmholtz* llegó a distinguir claramente entre la amplitud y la frecuencia de las vibraciones. Finalmente, *John W. Strutt*, lord **Rayleigh** (1842-1919), estableció los fundamentos básicos de la teoría del sonido.

Helmholtz, Hermann L. von (1821-1894), figura descollante de las Ciencias naturales, estudió la producción de calor durante la contracción muscular. Observó las transformaciones químicas que se producían, no a través de los nervios o de la sangre, sino que eran producidas por los propios tejidos. Y dedujo un equivalente mecánico del calor que incorporó en su memoria de 1847. Su persistencia en establecer las relaciones entre fisiología, medicina, química y física a lo largo del XIX, muestra que existe una **unidad intrínseca en el orden material**... Hizo lo que no habían hecho ni *Joule* ni *Mayer* ni *Lomonósov*..., dar una interpretación matemática de la ley de la conservación y transformación del trabajo en los distintos campos (mecánica, calor, electricidad, magnetismo, química, física y astronomía). Tuvo un

particular papel en la explicación de los fenómenos calóricos en función del movimiento de las partículas. Inclinado al kantismo (*) -aunque a juicio de *Lenin* no de manera consecuente-, es unas veces agnóstico, como cuando escribe: "Yo he designado las sensaciones como *símbolos* de los fenómenos del mundo exterior, y les he negado toda analogía con las cosas que representan", y otras veces materialista, leamos: "Nuestras nociones y representaciones son los *efectos* que los objetos que vemos o nos representamos producen en nuestro sistema nervioso y en nuestra conciencia... No existe -afirma- ninguna diferencia entre las acciones químicas y la mecánica en el cuerpo vivo y fuera de él". Sin embargo, cae incluso en el subjetivismo, en la negación de la realidad objetiva, de los kantianos, cuando escribe: "La idea y el objeto representado por ella son dos cosas que pertenecen, evidentemente, a dos mundos distintos por completo". Sugiere, concluyendo como lo hiciera *J. R. Mayer*, que una fuerza (energía) no puede anularse, sólo puede tomar otra forma. En 1854, apuntó que el principio de *Thompson* (Kelvin) llevaba consigo el **enfriamiento del universo** (**). Toda energía, eventualmente, se transformaría en calor a temperatura uniforme y los procesos naturales cesarían; a partir de ese momento, "el universo quedaría condenado a un estado eterno de reposo": **muerte térmica** (***). Al mismo tiempo, propone que las nebulosas iniciales no eran gases calientes, **sino gases fríos** y su calentamiento, para formar estrellas, se debe a la contracción gravitacional, en la que la energía mecánica se convierte en calor. En 1857, estudia por primera vez el movimiento de un fluido producido por turbulencias, como el de la circulación de la atmósfera al moverse en círculos según la dirección del viento (fuerza de Coriolis).

(*) *Alberto Rau* (1843-1920) diría de *Helmholtz*, que "paga con su teoría de los símbolos un tributo al **kantismo**, pues adolece de una falsa comprensión de las palabras: masa, fuerza, etc., que no son para él sino nociones, producto de nuestra fantasía, y en modo alguno realidades existentes fuera del pensamiento". *Hans Kleinpeter* (1869-1916), en el mismo sentido que *Rau*, advierte que *Helmholtz* no se atiene en rigor a sus propias concepciones, usa "unos giros que recuerdan algo la comprensión puramente lógica de palabras" como materia, masa, fuerza, causa, etc. Por si todo esto fuera poco, *Federico Engels* le criticaría en 1847 que tenía ideas tan poco claras acerca de las relaciones mutuas entre fuerza viva y trabajo, que ni siquiera se da cuenta de que convierte la medida proporcional de la fuerza viva en su medida absoluta. Ciertamente que la idea de *Kant*, de que la biología como ciencia tenía que ser diferente en carácter a la física, dio lugar a que persistiera la explicación teleológica, combinada con teorías mecanicistas. Otros no lo vieron así, como *Claude Bernard* (1813-1878): "Yo considero el hospital como el vestíbulo de la medicina científica; pero el verdadero santuario de la medicina científica es el laboratorio".

(**) *Kelvin* y *Helmholtz* calcularon inicialmente para el **enfriamiento** de la Tierra entre 20 y 80 millones de años. Entre 1860 y 1870, *Kelvin* calculó de 100 a 200 millones de años para alcanzar unos 4.000 a 6.000° C. Geólogos como *Lyell* necesitaban varios centenares de millones para explicar su evolución. *Darwin*, a su vez, necesitaba también una duración mayor para la evolución de las especies.

(***) Así se hacía explícito el concepto de **muerte térmica** del universo, que un siglo antes había previsto *Jean-Sylvain Bailly* (1736-1793). *Clausius* establecería en 1865 el concepto de **entropía**, su constante y la tendencia al máximo. En 1878, *Boltzmann* condicionaría los efectos del principio a probables cambios en el sistema

Büchner, *Luis* (1824-1899) escribe "Fuerza y Materia" (1855), vulgarizando burdamente un materialismo pretendidamente supletorio de la falta de ciencia real en la decadente Alemania burguesa de mediados del XIX. Racista declarado, a propósito de inculcar el ateísmo recoge una concepción fundada en la lucha por la existencia que [con las de *Carlos Vogth* (1824-1899), *Jacobo Moleschott* (1822-1893), etc.] apenas se justifica tras "la pretensión de aplicar a la sociedad -escribe *Engels*- las teorías acerca de la naturaleza y de reformar el socialismo". Bajo esa huella, *Büchner* escribe: "La naturaleza no tiene designios ni objeto; ningún poder natural le ha impuesto condiciones espirituales ni materiales... La formación de la Tierra no tiene nada de prodigioso más que la inmensa cantidad de tiempo que para ello ha necesitado... Sea cualquiera la distancia a que llegue el telescopio no ha encontrado más que esta sola y misma ley, llamada fuerza de atracción... La atracción de las menores partículas ha aglomerado los globos, ha producido su rotación y sus actuales evoluciones... La Naturaleza no es otra cosa que un movimiento incesante, en el que cada movimiento se convierte en causa de otro equivalente... No hay fuerza sin materia; no hay materia sin fuerza".

Kelvin, *lord. William Thompson* (1824-1907) y *Rudolf Clausius* forman la pareja de "padres" del segundo principio de la termodinámica. Colaboró con *Joule* en estudios relacionados con el comportamiento de los gases y estableció con él el efecto según el cual "un gas que se expande bajo ciertas condiciones se enfría por la expansión", así quedaba desechada la idea del "calórico" como una sustancia material. Descubrió que en la expansión libre de un gas muy diluido (gas perfecto) no se desprende ni absorbe calor. Se había establecido definitivamente que el calor es una forma de la energía mecánica, y rechazado la vieja idea del "calórico" como un fluido material. Se había aceptado la conversión del trabajo en calor, pero no así la del calor en trabajo. En su obra "Sobre la teoría dinámica del calor" deja clara la idea de que la energía es una propiedad intrínseca de cualquier sistema, es decir, una función de estado, e interpreta la primera ley de la termodinámica como "el cambio de la energía bajo la influencia del trabajo y del calor", y propone una de las formulaciones rigurosas de la segunda ley: "Es imposible, por medio de un agente material inanimado, el producir un efecto mecánico de una porción de materia, enfriándola por debajo de la temperatura de los objetos circundantes más fríos". Introdujo el concepto de cero absoluto en la escala de temperatura, situándolo teóricamente en -273° C. Relativo al segundo principio de la termodinámica, escribe en 1851: "Yo he dado la demostración, antes de saber que *Clausius* la había anunciado, de que no es posible transmitir continuamente calor de un cuerpo a otro sin ayuda de un agente exterior"...Al mismo tiempo (1851), sintetiza las observaciones físicas experimentales de *Seebeck* ("efecto Seebeck", de 1821) y *Peltier* ("efecto peltier", de 1834): **la**

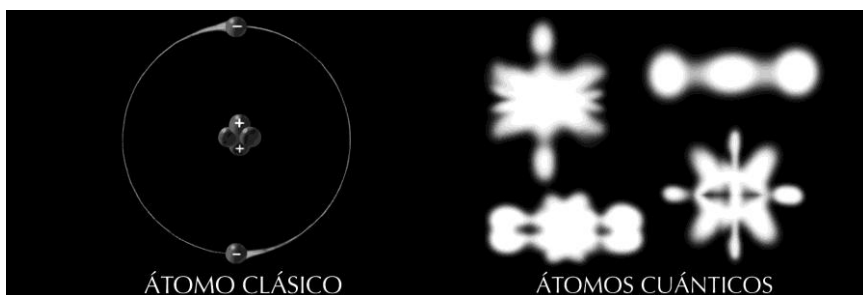
conversión de la diferencia de temperatura en electricidad... describiendo a su vez los fenómenos termoeléctricos: un material -explicaría *Kelvin*-, sometido a un gradiente térmico y recorrido por una corriente eléctrica intercambia calor con el medio exterior ("efecto Thompson")... En su obra, "Disipación de la energía mecánica" (1852), formula la ley de la conservación de la energía. Reconoce que aunque la energía no se puede destruir hay cierta disipación irreversible sin producto de trabajo. Afirma la "tendencia universal en la Naturaleza respecto a la disipación de la energía mecánica"... Había llegado a la conclusión de que "dentro de un tiempo ya transcurrido, la Tierra debe haber sido desajustada por la presencia del hombre. En **1853** aclaró el efecto propuesto por *Joseph Henry*, relativo a que la "combinación de un condensador y una bobina en un circuito lleva a la producción de corrientes oscilantes". Entre 1860-1870, enzarzado todavía en la discusión con geólogos y biólogos sobre la edad del planeta, calculó un nuevo período para la edad de la Tierra, entre 100 y 200 millones de años. Primero había calculado, entre 20 y 80 millones de años, y varios centenares para el Sol, aplicando la disipación mecánica del calor (todavía no se había descubierto la radiactividad que permite el recalentamiento interno de planetas y estrellas).

En 1866 participó en la instalación de un cable submarino (*) y entre 1866 y 1874 en la formación de "ingenieros telegráficos". Hacia 1896-1897, interesado por los rayos X, aún no definidos por *Röntgen*, se pone en contacto con *George G. Stokes* (1819-1903) que había intentado detectar fenómenos de interferencia pero sin éxito, y le explica su asombro: he visto "cómo una muestra de uranio descarga un conductor electrificado, que es más como **magia** que cualquier otra cosa que haya jamás visto u oído en ciencia"... En 1901, publicó un trabajo afirmado en la teoría de que el calor y la luz son **géneros de movimiento**. Y escribe: "Ni *Fresnel* ni *Young* tenían idea de que el **éter** de su teoría ondulatoria de la luz, con sus vibraciones transversales es esencialmente un **sólido elástico**". Se estaba refiriendo a la sugerencia de *Fitzgerald* y *Lorentz*, de la contracción que puede ejercer la velocidad... Y terminaba afirmando que "el movimiento del **éter** a través de la materia puede alterar ligeramente sus dimensiones lineales"... Antes de proponer su modelo de átomo, había escrito: "Nunca estoy satisfecho hasta que puedo construir un modelo que me permita entender el fenómeno... Así fuimos avanzando con todos los riesgos de la intuición"... Poco después, presentaba el **primer modelo de átomo No simple**, el llamado "*pastel de pasas*", las pasas representaban los "*electrones*". En 1902 optó por una esfera difusa de partículas positivas, dentro de la cual se encontraban unos pocos *electriones* en equilibrio estático, donde los movimientos térmicos habituales producían emisiones ocasionales de electrones... El modelo lo había sugerido en 1759 *Franz Aepinus* (1724-1802).

(*) El primer cable submarino lo sumergió *O'Shanguessy* en el Ganges (1839), cerca de Calcuta. En 1840, *Wheatsstone* propuso unir Dover y Calais. En 1849, la "gutapercha" (goma, insoluble en el agua, procedente de la India) permitió unir Dover con Londres y París. La dedicación de *W. Thompson* le fue reconocida en 1866 confiriéndole el título de "Sir" y luego de "Lord" (*Kelvin*) en 1892.

A finales del siglo XIX se había empezado a observar el fenómeno de la radiactividad

... que llevaría a la consideración de que **el átomo no puede ser simple...**, sino formado por otras partículas más elementales. Todavía era conocido como una partícula impenetrable e indivisible, pero a sabiendas ya de que se desenvolvía con movimiento propio, en el **vacío...** Desde los primeros modelos del átomo compuesto, se comprobó que la aplicación de los principios de la mecánica y el electromagnetismo clásicos, no podían explicar todos los fenómenos atómicos. Sin embargo, nada presagiaba el que se estuviese al borde de una revolución. A finales del XIX el átomo, los 92 elementos conocidos hasta entonces desde el hidrógeno al uranio, seguía siendo una partícula impenetrable e indivisible vinculada con cargas eléctricas.



El átomo No era indivisible.

El descubrimiento revolucionario de que el átomo está compuesto de partículas más pequeñas acabaría definitivamente con la vieja idea de la inmutabilidad e indivisibilidad del átomo... Años después, correrían la misma suerte una tras otra de las partículas y subpartículas que irían apareciendo en la búsqueda infructuosa de la "última". Idea ésta que venía encarnada en la teoría mecanicista de los elementos químicos y de los átomos, en oposición a la cual el materialismo dialéctico venía considerando que no hay partículas "últimas" de la materia en el sentido de ladrillos absolutamente simples e individuales del universo. *Lenin* había puesto en guardia contra tales intentos, subrayando que "el electrón es tan inagotable como el átomo" y que la naturaleza es infinita en todas sus manifestaciones y formas... El primer modelo lo presentó *Kelvin* en 1901. El átomo estaba formado por una esfera eléctricamente positiva cubierta de partículas con su carga negativa, que los hacía neutros. *J. J. Thompson* reformó el modelo en 1904: ahora los electrones giraban en órbitas circulares concéntricas sobre una concha esférica de electricidad positiva difusa. Hasta entonces, las únicas partículas conocidas eran solamente los electrones y las partículas *alfa* de carga positiva (doble que la del electrón) y de peso cuatro veces el del átomo de hidrógeno. Poco después (1911), *Rutherford* descubrió con *H. Geiger* y *E. Marsden* una nueva partícula, el "protón". Lo dedujo al observar no la desviación esperada de una

partícula *alfa* (+) disparada contra una lámina muy delgada de oro, sino el rebote de ésta, de vez en cuando hacia atrás, por el choque contra el núcleo positivo de protones. El nuevo modelo quedó formado como un sistema solar, con un núcleo masivo de protones y un número igual de electrones, sin más, girando a su alrededor en órbitas circulares, que corregiría después *Sommerfeld* con sus órbitas elípticas. En 1920, *Rutherford* propondría la existencia en el núcleo de otra partícula más, neutra: el "neutrón", suma de un protón y un electrón, ya predicho por *Nernst* en 1903, que sería observado en 1932 por *James Chadwick*. Pero aquel modelo "planetario" de *Rutherford* se demostró matemáticamente inestable, hasta que *Bohr* introdujo los "saltos cuánticos".

Stoney, George J. (1826-1911) bautiza con el nombre de **electrones**, a las unidades de carga eléctrica, y emite sus teorías sobre la electricidad, opuestas a las teorías del fluido o fluidos eléctricos continuos. Este carácter corpuscular de la electricidad ya había sido admitido por *Helmholtz*, en 1881, afirmando que "no se podía evitar el concluir que también la electricidad está dividida en cuantos elementales". Más de un siglo después, cuando el átomo se abrió a la investigación y aparecieron los electrones, *Horst Störmer* observaría que pasaba alguna cosa muy rara a muy baja temperatura y con campos magnéticos muy intensos: Los electrones, que se creía que cristalizaban, no lo hacían así, creaban un nuevo estado de la materia en que aparecían densidades cuánticas de carga eléctrica igual a una fracción del electrón (1/3), poniendo de manifiesto una cosa sorprendente: que la carga del electrón no es la carga eléctrica elemental. Además, las referidas densidades cuánticas serían "cuasipartículas" fundamentales, cuya interacción estaría creando un nuevo estado desconocido de la materia, lo que darían en llamar **fluido cuántico** poblador del llamado "**vacío**", la nada aparente...

Kirchhoff, Gustav R. (1824-1887) En 1859 publica una explicación del fenómeno de la luz y sus líneas oscuras, relacionándolo con la emisión y la absorción de energía por un cuerpo caliente. Mostró que si un gas en forma incandescente emite radiaciones en ciertas frecuencias, cuando la luz pasa a través de él absorbe la radiación de esas mismas frecuencias, lo que permitió comprender que las líneas oscuras se debían a la absorción de la radiación en ciertas frecuencias, producidas por las sustancias presentes en la atmósfera. Una línea que aparecía en la zona del verde del espectro solar, no correspondía a ninguna sustancia conocida, y como era propia del Sol se le dio el nombre de "helio", el gas descubierto poco después en la Tierra. Interpretó correctamente el significado de diferencia de potencial. Formuló las dos leyes que llevan su nombre: sobre la conservación de carga eléctrica de forma que la suma de las corrientes en un nudo es nula, y que en un circuito cerrado la suma de las tensiones es nula. *Kirchhoff*, en 1859, y *R. Bunsen* sentaron las bases del **análisis espectral**. En 1860, *Kirchhoff* planteó el problema de la radiación del **cuerpo negro**: si el cuerpo absorbía radiación en todas las longitudes, hasta una temperatura dada, al enfriarse debería emitir energía en todas las longitudes de onda. Pero *Wilhelm Wien* descubrió más tarde (1863) que la intensidad de emisión no era la misma en todas ellas. Un problema que tuvo en jaque a la comunidad científica y que desesperó a los físicos, hasta que *Planck* lo resolvió con su propuesta de la emisión **discontinua**, en paquetes de singular intensidad, energía, cuantos...

Nace una nueva ciencia. La Astrofísica

A partir de ahora (1859) y por primera vez en la historia podríamos estudiar la composición de los astros por lejanos que estuvieran, sin tener que trasladarnos de lugar; bastaría con analizar la luz que recibimos de ellos,... El paso no tiene nombre. Quedaría comprobado lo que parecía imposible saber, sin movernos de la Tierra: que todos los cuerpos celestes del universo al alcance, estaban compuestos de las mismas sustancias que nuestro planeta... Precedentes: En 1666 *Newton* pule un prisma de cristal triangular y descompone la luz. En 1752 *Thomas Melvill* (1725-1753) practica con prismas la primera observación de un **espectro de emisión**. En 1802 *William Hyde Wollaston* (1766-1828) observó *rayas oscuras* que *Newton* creyó que eran bordes de los colores. En 1815, *Fraunhofer* descubre 600 rayas oscuras y sitúa la posición regular de 324 de ellas. *Kirchhoff* y *Bunsen*, uno con su **espectroscopio** y el otro con su **mechero de gas**, metodizaron la investigación, a la que más tarde se sumaría *Foucault*, quien, en 1849, observó que la denominada línea D (oscura) coincidía con la llama del sodio detectada por *Bunsen*. Fue entonces cuando *Kirchhoff* interpuso a los rayos solares una llama de sodio, y observó que la línea D aumentaba... Se había descubierto que una llama absorbe los mismos rayos que emite. Poco después, *Kirchhoff* escribe a *Roscoe*: "He podido indicar hasta 72 rayas oscuras en el espectro solar, que corresponden a las rayas brillantes del espectro del hierro". Y, con particular énfasis, le señala "**La importancia que los instrumentos tienen en el desarrollo de la ciencia**". Estaba reconociendo uno de los postulados básicos de la interpretación materialista de la existencia humana y la sociedad: cómo el grado de poder que los hombres han alcanzado sobre las fuerzas de la naturaleza, cobra expresión en los instrumentos de trabajo.

Clausius, Rudolf (1822-1888) introdujo por primera vez (1865) la noción de **entropía** en la *termodinámica* para definir la medida de la disipación irreversible de energía, el crecimiento del desorden molecular. *Clausius* mostró que el proceso de transformación de calor en trabajo se supedita a una ley física, denominada *segundo principio de la termodinámica*: "es imposible un proceso en el cual el calor pase espontáneamente de los cuerpos más fríos a los más calientes". Se dice *adiabático* cuando la temperatura de todas las partes componentes de un sistema en estado de equilibrio es igual.

Con la termodinámica se produce un gran salto desde el universo concebido como máquina,

... que admite avanzar o retroceder sin impedimentos, a un mundo que tiene una dirección definida -lo que ya se ha calificado como "la flecha del tiempo"- impuesto por el segundo principio de la termodinámica, conocido también como ley de disipación de la energía... El primer principio de la termodinámica es la ley de la conservación de la energía, la equivalencia energética entre calor y trabajo. El tercer principio equivale a que la entropía de todos los cuerpos en estado de equilibrio **tiende a cero** a medida que la temperatura se acerca al cero absoluto.

Sobre la naturaleza y comportamiento de los gases:

La teoría cinética de los gases explica el comportamiento de las sustancias gaseosas, a partir de suponer que las moléculas están a grandes distancias entre sí en comparación con su tamaño, sin ejercer otra interacción que la de su movimiento desordenado, lo que justifica que un gas pueda expandirse indefinidamente. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es el movimiento, la velocidad con que se mueven. Contrariamente, en los líquidos y los sólidos la distancia entre moléculas es menor y actúan otras fuerzas que les impiden moverse arbitrariamente. En los sólidos sólo se realizan pequeñas oscilaciones en torno a posiciones fijas y movimientos como en algunos cristales, salvo al calentarse, que pueden llegar al estado líquido. En los líquidos las moléculas no se alejan excesivamente unas de otras, salvo temperaturas que los transformen en gas o en vapor... En 1755, *W. Cullen* (1712-1790) produce hielo, formando vacío para forzar la gasificación sobre pequeñas cantidades de agua... En 1787, *J. A. C. Charles*, observando la relación de la temperatura con el aumento o disminución del volumen de un gas, comprueba que cada grado de enfriamiento contrae el $1/273$ del volumen, concluyendo que a -273° el gas desaparecería... 1820: *Faraday* descubre que a temperaturas normales un gas (cloro) sometido a presión (reducción del volumen) se licua y enfría... 1839: *Thomas Andrews* (1813-1885) deduce la "temperatura crítica" de licuación para cualquiera presión... 1860: *Thompson* (Kelvin) sugiere que el aumento o disminución lo establece la velocidad (temperatura/energía) de las moléculas, apoya el índice de reducción por enfriamiento establecido en $1/273$ fijándolo como el "cero absoluto" (Kelvin), donde las moléculas permanecerían inmóviles... 1877: *Pictet* licua oxígeno a -140° , con el método de "cascada"... En 1900 *Dewar* consigue licuar hidrógeno a -200° , y lo solidifica a -240° ... 1905: *Nernst* piensa que no es la energía la que se convierte en 0 absoluto, sino una propiedad vinculada a la misma: la "entropía"... 1908: *Onnes* enfría bajo presión y licua helio a -255° y logra con el mismo los $-272,3^{\circ}$... En 1911 observa la desaparición súbita de la resistencia eléctrica del mercurio a $-268,88^{\circ}$, lo que ocurriría con otros metales (los "superconductores"), quedando demostrado que a baja temperatura existen propiedades únicas en la materia, como la de la "**superconductividad**" (*)... 1933: *Walter Meissner* (1882-1974) descubre que la superconductividad excluye las líneas de fuerza de un campo magnético y hace a la sustancia "diamagnética", fenómeno destruible por debajo de determinadas temperaturas... 1935: *Keeson* y *Kapitza* descubren la imposibilidad de reducir el helio a estado sólido a $-270,8^{\circ}$, y que éste así conduce el calor tan perfecta y rápidamente que está siempre a la misma temperatura. Tiene propiedades únicas de "superfluidez": colocado en un recipiente abierto que contenga otro mayor menos lleno, fluiría subiendo por éste hasta verterse en el primero e igualar los niveles de ambos recipientes. Su evaporación puede dar los $-272,5^{\circ}$... En 1950, *I. Y. Pomeranchuk* (1913-1966) empleó técnicas de licuación del helio que proporcionaron los $-272,999999^{\circ}$, es decir, casi el "0" absoluto... Pero que es inalcanzable, no sólo porque cada diferencia cuanto más reducida más aumenta las dificultades, sino porque supondría lo absolutamente

imposible, eliminar la materia, el movimiento... Sin embargo, con estas experiencias y las de la aplicación de "altas presiones" para forzar a los átomos y moléculas a adoptar agrupaciones más compactas (diamante/grafito), se había dado un gran paso para obtener **una información fundamental sobre la naturaleza y comportamiento de la materia** y sobre la unidad de ésta, evidenciada en el nexo existente entre los estados sólido, líquido, gaseoso y plasmático resultantes a saber, de una diferencia física en la gradación del movimiento (temperatura y / o presión).

(*) **Superconductividad:** La teoría, propiedad de los conductores, pérdida casi total de la resistencia de un metal a conducir corriente eléctrica a muy baja temperatura, próxima a -273°C , fue propuesta por primera vez en 1957, por *John Bardeen, León N. Cooper* y sus colaboradores. Sitúan su origen en la **superfluidez** manifiesta en las propiedades mismas del núcleo atómico que dan lugar a la superconductividad de los metales o a la superfluidez del helio líquido a bajas temperaturas. *Landau* creó la teoría: "hidrodinámica de los líquidos", **líquidos cuánticos** y su presencia en ellos de excitaciones elementales (cuasipartículas); explicó la viscosidad y los estados de fluidez extrema...

Meyer, Julius (1830-1895) trabajó, al igual que *Mendeléiev*, en la clasificación de elementos comparando el volumen atómico con el peso, y descubrió ciertas propiedades. Pero no publicó sus resultados hasta 1870, perdiendo el derecho a la prioridad del descubrimiento.

Maxwell, James C. (1831-1879), apoyándose en *Faraday* y sus líneas y campos e incluso interpretando el fenómeno mecánicamente, consideró que las acciones eléctricas y magnéticas son perturbaciones (presiones y tensiones) que se propagan en el éter (vacío) en forma de ondas con velocidad constante. "*Tenemos poderosas razones para concluir -diría- que la luz misma (incluyendo la radiación térmica y otros tipos de radiaciones) es una perturbación electromagnética propagándose en forma de ondas a través del campo electromagnético*". En otro momento describiría la luz "*como una onda que se propaga por el éter, un fluido eléctrico hipotético de una inmovilidad absoluta*". Curiosamente, en el mecanicismo de *Maxwell* aparece un sentido en cierta medida metafísico, en cuanto sostiene que el "espacio vacío" es conductor de tensiones y energías responsables de las acciones electromagnéticas, pero sin ninguna dependencia con la existencia o no de materia... Sin embargo, su teoría electrodinámica evidencia la conexión y condicionalidad recíprocas, dialéctica, de los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos; se elevaba considerablemente por encima de la limitación metafísica y mecanicista de la concepción científico-natural del mundo en boga en el siglo XVIII... Los fenómenos físicos, según *Maxwell*, deben ser considerados como movimientos, gobernados por leyes fijas, de puntos materiales en el espacio, lo que contrasta con su propuesta de considerar el éter luminoso como algo dable de convertir en éter electromagnético. "Parece -vino a decir- que ciertos fenómenos de electricidad y magnetismo llevan a la misma conclusión que los de la óptica, a saber, que **hay un medio etéreo que ocupa todos los cuerpos** y sólo está modificado levemente por su presencia".

La aparición de las ecuaciones de *Maxwell* (*) que predecían la existencia de las ondas y el **campo electromagnético**, era la culminación de un trabajo experimental y teórico de los predecesores de *Maxwell* y de sus contemporáneos, especialmente de *Faraday*. El concepto de **líneas de fuerza** (que ideara *Faraday*) supondría ahora el abandono de la doctrina clásica mantenida por *Coulomb* y *Ampère* de las fuerzas eléctricas y magnéticas como actuando a distancia. Se apoya en el modelo mecánico del éter: un medio elástico capaz sólo de vibraciones transversales. Antes, había cuestionado la posible existencia del éter. Ahora, piensa que "las leyes de la naturaleza no son meras decisiones arbitrarias de la Omnipotencia, sino partes esenciales de un sistema universal en el que el poder infinito revela su impenetrable sabiduría"... Finalmente, estudia las colisiones entre las moléculas y su relación con la viscosidad. Para él la entropía es una propiedad del conjunto de las moléculas. Formaliza sistemáticamente las ideas de *Faraday* sobre campos eléctricos y magnéticos y su concepto de *líneas de fuerza* e incorpora definitivamente la explicación de la naturaleza de la luz al fenómeno electromagnético unificando la óptica y el electromagnetismo.

(*) Las ecuaciones llamadas de *Maxwell* pueden ser así resumidas: 1) las cargas distintas se atraen y las iguales se repelen; 2) no hay polos magnéticos aislados; 3) la corriente eléctrica crea campos magnéticos, y; 4) los campos magnéticos cambiantes pueden dar origen a una corriente eléctrica. Del desarrollo de sus ecuaciones resultaría la velocidad de propagación de las ondas, que, para el caso particular del vacío, resulta ser la velocidad de la luz, que había determinado *Römer* en el siglo XVII. El descubrimiento de las **ondas hertzianas** (un tipo de las electromagnéticas predichas por *Maxwell* veinte años antes), elevaría a *Maxwell* a una categoría científica sólo comparable con la del ya lejano *Newton* y el ya próximo *Einstein*... **Con Maxwell el éter luminoso, de la teoría ondulatoria de la luz, se convierte ahora en el éter electromagnético, de naturaleza formalmente distinta a la de la materia corpuscular.**

Crookes, William (1832-1919), uno de los científicos más activos en el estudio de las radiaciones relacionadas con los rayos **catódicos**, habla en 1898 de cómo el "uranio extrae su energía de alguna fuente que se regenera constantemente, que es -dice- inagotable, y cuya existencia no se sospechaba hasta ahora"... Interesado por el átomo, había hecho suya la teoría de los "vórtices" *descartianos*, antes propuesta por *Kelvin* y sostenida por *Helmholtz* hacia 1858, para un modelo de átomo parecido a las estructuras en forma de anillo que se dan en fluidos... Después, se expresaría así: "Intenté penetrar en el tormento misterioso del átomo. ¿Qué es el átomo? ¿Es el mismo que aparece en los estados sólido, líquido o gaseoso?". Finalmente, después de señalar la visión que tenían del átomo, *Newton* (como un cuerpo duro), *Rudjer Bosovich* y *Faraday* (como un centro de fuerza), y *Kelvin* (con su teoría vorticial), terminaría confesando que también para él "un átomo aislado es una entidad desconocida difícil de concebir"... Hacia 1900 estaba tan empeñado como *Mendeléiev* por desarrollar una visión electromagnética de la materia. Finalmente, estudiando descargas eléctricas en tubos con aire enrarecido, escribe: "Los fenómenos en los tubos vaciados abren a las ciencias físicas un

nuevo mundo en el que la materia puede existir en el **cuarto estado**, y llamé la atención sobre la enorme cantidad de energía almacenada en el **éter**".

Roscoe, Henry (1833-1914) corrigió a *Dalton* y dio razón a *Gay-Lussac* (*), proponiendo que "una **molécula** es un grupo de átomos formando la proporción más pequeña de una sustancia química", idea que compartía con *Juts von Liebig* (1803-1873) y *Victor Reignault* (1833-1915). Invitado por *Kirchhoff* a mirar a través del espectroscopio, escribe: "Nunca olvidaré la impresión que me produjo... la evidencia de que el hierro, tal y como lo conocemos, en esta Tierra, está contenido en la atmósfera solar..."

(*) Se trataba de la ley según la cual "los gases a presión y temperatura constantes se combinan en las proporciones más simples".

Zöllner, Friedrich (1834-1882), contrario a la idea de un universo estático, propone (1865) que las estrellas empiezan como cuerpos muy calientes y muy brillantes y por un proceso de enfriamiento y contracción van evolucionando, como las estrellas rojas más frías, para finalmente llegar a su extinción.

Mendeléiev, Dimitri I. (1834-1907) fue reconocido como el investigador que puso orden en la selva de los elementos; no sólo montó la "**tabla periódica**" que lleva su nombre, sino que **intuyó el comportamiento de la materia**, acertó a asignar la dedicación de espacios vacíos para elementos (átomos) aún no descubiertos, que irían apareciendo después. Es sabido que una de las ideas directrices en sus investigaciones era la de **la unidad del mundo material y la conexión y condicionalidad recíprocas de los fenómenos de la naturaleza**. Descubrió que cuando se clasificaban en orden creciente los pesos atómicos aparecían ciertas periodicidades en sus propiedades. Ordenó 63 elementos, desde el hidrógeno al uranio, en 12 filas, de forma que las 8 columnas resultantes mostraban los átomos de propiedades similares. Y pudo apreciar que los de características similares aparecían a intervalos regulares, ordenados en las mismas columnas, de ahí el nombre de "tabla periódica", con la que pudo predecir la existencia de tres elementos que faltaban, descubiertos más tarde. Hacia 1880, la Tabla era universalmente admitida, pese a su carácter empírico. Hasta 1700 sólo se conocían 12 elementos. Cien años después eran 33 y en 1900, 83, hoy, el Ununocio, es el 118 de entre los hallados en la Tierra y producidos artificialmente. Se dice de *Mendeléiev* que fue reconocido por la Ciencia porque tuvo el valor y la confianza de llevar sus ideas más allá... Cuando se conociese que las propiedades de los diferentes tipos de átomo dependen de la acumulación cuantitativa de sus partículas componentes se estaría descubriendo ya que **los cambios cuantitativos determinan los cambios cualitativos** y viceversa, como asimismo que **el cambio y el desarrollo están en el seno de la propia materia**.

Después de que *Cannizzaro* estableciese en 1862 el **peso atómico**, un geólogo (*Chancourtois*) y un químico (*Newland*) comprobaron que los elementos atómicos se podían disponer en forma de tabla, según el peso atómico, de forma que los

de propiedades similares se hallaran en la misma columna vertical, trabajo que llevó a cabo *Mendeléiev* hasta la presentación de su tabla periódica..

Haeckel, Ernesto (1834-1919), contrario al idealismo que permanecía enquistado en las Ciencias Naturales, formuló y fundamentó una **ley biogenética** (1886). En su obra "Morfología general", escribe: "todas las funciones de la vida se deben precisamente a la albúmina carente de estructura". Aunque en política compartía las opiniones burguesas, al defender el materialismo en su libro "*Enigmas del universo*" (1899), demostró la total inconsistencia del idealismo. No era casual que la burguesía de todos los países acosara al autor, e incluso condenase el libro. "Ese librito popular -escribió *Lenin*- ha llegado a ser un arma en la lucha de clases", de tal manera resalta el partidismo de la filosofía en la sociedad contemporánea, que el autor conquistó a las masas. No obstante, inventa una religión propia.

Lockyer, Joseph Norman (1836-1929), fundador de la revista *Nature*, planteó su punto de vista sobre el origen de las estrellas, que, según él, estaba en la agrupación de meteoritos, rocas frías y no gases calientes, "que se van calentando al comprimirse y terminan como un cuerpo frío". Analizando el espectro solar, descubrió la existencia de helio en el astro.

-Para el caso de la Tierra se había propuesto un hipotético grado de calentamiento parecido al de las estrellas en varias etapas: rápido, que fundió parte de su material y depositó el más pesado (hierro) en el núcleo, durante unos mil millones de años, y de equilibrio térmico, en que el calor de la radiactividad lo compensa un enfriamiento ralentizado hacia el exterior, con el engrosamiento de la litosfera, la capa exterior y fría, durante unos 4,5 mil millones de años.

Mach, Ernest (1838-1916) defensor del "positivismo físico" (*), no tuvo reparos a la hora de restablecer las concepciones de *Berkeley* y *David Hume* (1711-1776) sobre la teoría del conocimiento (**). En su opinión, los elementos químicos, átomos, moléculas, cargas eléctricas y otros elementos estructurales de la materia eran "cosas mentales", "productos de nuestra conciencia". Sostenía que el espacio **vacío** era conductor de energía sin dependencia con la existencia de materia. Negaba la **causalidad** (***), el espacio y el tiempo y la existencia del mundo exterior. Sólo aceptaba el movimiento relativo. Negaba que la inercia fuera una propiedad intrínseca de la materia. Para él, el fenómeno dependía de todas las masas presentes en el universo (****). Formó escuela propagadora del idealismo filosófico con *Poincaré*, *P. Duhem* (1861-1916) y *Karl Pearson* (1857-1936) "La filosofía de *Mach* es a las ciencias - escribe *Lenin*- lo que el beso del cristiano *Judas* fue a *Cristo*. Aliándose, en el fondo, al idealismo filosófico, entrega *Mach* las ciencias naturales al fideísmo".

(*) El **positivismo** físico niega la realidad de las cosas en el mundo de la microfísica, y la realidad objetiva como fuente de nuestros conocimientos. La mayor crítica a *Mach* le vino de *Lenin*, quien escribe en su obra "Materialismo y empiriocriticismo" (1908): "Para mí es totalmente incomprensible cómo puede hablarse de la existencia absoluta de las cosas sin relacionarse con alguien que las perciba"... Las ideas de *Leibniz* sobre el espacio fueron dicutidas por *Mach*.

(**) **Hume**, un filósofo burgués, defensor del capitalismo, que influiría sobre *Kant*, continuista del sensualismo idealista de *Locke* que iniciara *Berkeley*, pese a admitir la sensación como base del conocimiento, negaba la interpretación materialista de la **causalidad**, y consideraba insoluble el problema de la existencia del mundo exterior. La física clásica se basaba en el principio de la causalidad, pero no son pocos los que consideran que la transición de la física clásica a las modernas teorías han traído consigo la destrucción del fundamento en que descansaba el principio de la causalidad, que era el determinismo (mecánico) de Laplace, que se afianzó en la física clásica dentro de los marcos del materialismo metafísico, mecanicista.

(***) **Causalidad**: Las conquistas de la física en el siglo XX pusieron de manifiesto vínculos causales más profundos, existentes en la naturaleza, que no se podían reducir a las nociones del determinismo mecánico. **En la filosofía marxista**, el concepto de la **causalidad** se desprende de la concepción dialéctica del movimiento, del desarrollo del mundo material, y más exactamente, de la doctrina sobre el **automovimiento** de la materia... Sólo si la materia y el movimiento existiesen por separado o no fuesen eternos, si se pudiesen destruir, sólo entonces no se podría explicar todo objeto o fenómeno de la naturaleza como producto del automovimiento de la materia. El **automovimiento** de la materia es para *Lenin* el punto de partida en la definición de la **causalidad**: "La causa y el efecto no son, ergo, nada más que momentos de la interdependencia universal" Concluiremos, por tanto, que el nexo causal se manifiesta y se funda, ante todo, en las **leyes** de la conservación y, en particular, de la conservación de la masa y la energía... Leyes que expresan la eternidad e indestructibilidad de la materia y el movimiento. Recordemos que fue la fundamentación de esta ley la que hizo posible eliminar de la ciencia el misterioso "**impulso inicial**" de *Newton*, que dejaba fuera de la materia la fuente del movimiento. Y fue uno de los argumentos más convincentes en contra de la teoría de la **muerte térmica** (*J-S. Bailly*) del universo. Antes del descubrimiento de la ley de la conservación y transformación de la energía, era un enigma la naturaleza de los fenómenos térmicos. Finalmente, el escollo que representó la aparente **acausalidad** quedó superado, dando una vez más razón al postulado materialista de la causalidad dialéctica contenida, una de las cuestiones fundamentales de la filosofía; entendiéndolo por **dialéctica**, la **ciencia de las leyes generales del movimiento y la evolución de la naturaleza, la sociedad humana y el pensamiento**, la teoría marxista del conocimiento.

(****) Se dice, que el simplismo de esta idea de *Mach* condujo a *Einstein* a proponer que **la gravitación no es una fuerza física actuando instantáneamente a distancia**, como dijera *Newton*, sino la manifestación de la **geometría del espacio**, causada por la presencia de las masas.

Una teoría precisa y concreta de la materia o el calor

Hasta el siglo XIX la hipótesis atomística no había dado lugar a **una teoría precisa y concreta** de la materia o el calor. El concepto *elemento químico* (sustancia que no puede descomponerse en otras por métodos físicos o químicos) se impondría al final del XVIII, a partir de los trabajos de *Boyle* (que publica *Sceptical Chymist* en 1661) y *Lavoisier*, frente a los seguidores de *Aristóteles* y *Paracelso* defensores todavía de que los *elementos* eran, esencialmente distintos tipos de materia. Correspondería a *Dalton*, auténtico autodidacta, dar fundamento a la "moderna" química con sus trabajos desde 1800, fundamentos en general que serían contemplados por *Gay-Lussac*, *Avogadro* y *Mendeléiev*, con *Cannizzaro* y *Proust*, hasta que resucitara y fuera

rechazado el modelo de gas de *Bernouilli*, dando lugar a la aparición de una nueva teoría, con *J. P. Joule*, quien mostró en 1847 que una **teoría cinética del calor**, unida a una **teoría atómica de la materia**, podía explicar una amplia variedad de fenómenos. *Clausius*, *Maxwell* y *Boltzmann* pusieron manos a la tarea a partir de 1875, y al comienzo del XX, *J. Williard Gibbs* había desarrollado un método experimental de *mecánica estadística* que podía aplicarse a los tres estados de la materia.

Gibbs, Josiah Willard (1839-1903). Aunque, como escribe *Einstein*: “con un lenguaje seco, abstracto y desabrido”, *Gibbs* puso los cimientos de la físico-química, introdujo la función de la energía libre, y contribuyó a la recta compresión del concepto de entropía, mal interpretado hasta entonces incluso por el mismo *Maxwell*. Una de sus obras, “Sobre el equilibrio de sustancias heterogéneas”, se reveló de importancia trascendental para la posterior evolución de la fisicoquímica, de la que se le considera el padre fundador. En ella acuñó términos como energía libre, potencial químico, y regla de las fases, de interés para el estudio en esta disciplina. Durante un tiempo centró su atención en el estudio de la máquina de vapor de Watt, ocupado en el análisis del equilibrio de la máquina. Definió una nueva función de estado del sistema termodinámico, la denominada energía de Gibbs.

Cohen, Arminio (1842-1918), matemático idealista, próximo a *Mach*, *Poincaré* y otros, pregonaba la “transformación de la materia en fuerza”, arguyendo que “la electricidad ha destruido la vieja teoría de la estructura de la materia... ha hecho -dijo, probablemente sin pensarlo mucho- desaparecer la materia”... Entusiasmado por el “espíritu idealista de la física moderna”, llega incluso a recomendar la enseñanza de las matemáticas... para “inculcar a los estudiantes el espíritu del idealismo”...

Mecánica de los fluidos

Hidrodinámica e Hidrostatica

Daniel Bernouilli, hijo de *Johan Bernuilli* propone la ecuación que relaciona la presión, la velocidad y la altura de un fluido que circula por un tubo. *Gustave Gaspar Coriolis* (1792-1843) desarrolló el concepto de “fuerza de Coriolis”: una fuerza inercial que actúa sobre un cuerpo en movimiento relativo a un sistema en rotación desviándolo de sus trayectorias, muy importante en el estudio del movimiento de fluidos sobre la Tierra. **Navier** publicó en 1842 sus trabajos sobre mecánica de fluidos. Él y **Stokes** sentaron la consideración de la viscosidad de los fluidos en las ecuaciones de su dinámica: la viscosidad es debida al rozamiento interno de sus moléculas. La consideración de la turbulencia en el movimiento de un fluido fue estudiada por primera vez en 1858 por **Helmholtz**. El paso del flujo laminar de un fluido a flujo turbulento fue estudiado, también por primera vez, por **Osborne Reynolds**. **Ernest Mach** estudió las ondas de choque que se forman al moverse un cuerpo en un fluido con una velocidad mayor que la del sonido. Sus ideas filosófico-metafísicas sobre la autoría exclusiva de las sensaciones influyeron en los autores del positivismo lógico.

En 1842, hizo época el conocimiento de las Ciencias Naturales:

W. Robert Grove publicó "*The Correlation of Physical Forces*" (La acción mutua de las fuerza físicas). *J. R. Mayer*, en Heilbronn, y *Joule*, en Manchester, pusieron de manifiesto la mutación del calor en fuerza mecánica y la de ésta en calor. *Grove* contribuyó a demostrar cómo las fuerzas químicas se trocaban en determinadas condiciones la una en la otra, con lo que venía a corroborarse la tesis cartesiana de que la cantidad de movimiento existente es invariable. Con ello, las fuerzas físicas particulares, las "especies" inmutables de la FÍSICA, se reducían así a distintas **formas de movimiento de la materia**, es decir, formas diferenciadas que se convertían las unas en las otras con sujeción a determinadas leyes. La física había llegado, como antes la astronomía, a un resultado que apuntaba en definitiva, necesariamente, al **ciclo perenne de la materia en movimiento**.

Chamberlain, *Thomas C.* (1843-1928) y **Forest Moulton** (1872-1952) proponen que los planetas se formaron por agregación de **material frío**, gases, polvo interestelar y pequeñas rocas, "planetesimales" (*), agregaciones de partículas, fragmentos estelares arrancados por la **colisión** (**) de una estrella con el Sol. La teoría se asemejaba a la propuesta por *Buffon* en su obra "Les époques de la nature" (1778).

(*) *Víctor Safranov* y *George Wetherill* propusieron que los planetesimales eran condensaciones de gases existentes en torno al Sol.

(**) La **teoría de las colisiones** se utilizó para explicar el supuesto origen de la Luna -hoy alejándose 4 cm por año- por el choque con otro planeta que arrancó fragmentos materiales de la Tierra, que orbitaron hasta compactarse. La teoría de los planetesimales la sostuvo hasta muy tarde *Harold Jeffreys* (1891-1989). Fue conocida como la "de la marea", un suceso bastante improbable al depender del acercamiento entre dos estrellas.

Miescher, *Friedrich* (1844-1895), importante fisiólogo, encontró en la química la clave para comprender el desarrollo orgánico de los seres vivos. En 1868 descubrió en el núcleo celular una sustancia que denominó *nucleína*. Más tarde se la denominó ADN.

Boltzmann, *Ludwig E.* (1844-1906) combate sistemáticamente la corriente machista y su solipsismo, y el energetismo de *Ostwald*. Enfrenta la Física fenomenológica de *Mach*, afirmando que "*a quienes piensan eliminar la teoría atómica por medio de ecuaciones diferenciales, los árboles les impiden ver el bosque*". Defiende que "*deducimos la existencia de todas las cosas por las impresiones que producen en nuestros sentidos*". Replica a quienes creían que la materia no es sino un complejo de percepciones sensoriales, y escribe: "*en este caso, los demás tampoco son sino sensaciones de quien habla*". No renuncia al ideal científico de representar el espíritu y la voluntad como "**acciones complejas de partículas de materia**". Respecto al **éter**, "es a sus ojos material en el estricto sentido de la palabra". Conjuntamente con *Maxwell*, entierra la teoría del calórico, después de conocer la experiencia de *Rumford*,

quien había observado cómo al torrear un cañón el calor fluye de un cuerpo caliente a otro. Teórico de la “*flecha del tiempo*”, planteó que la **entropía** se incrementa en la dirección del futuro, no del pasado. Afirma lo improbable de pasar de un estado de desorden a uno de orden, sin aportación de energía desde fuera. Pionero de la mecánica estadística, sostiene que “la tendencia de la entropía de los sistemas aislados a crecer siempre, muestra que los procesos naturales llevan naturalmente al desorden”. Temiendo denominarse materialista, declara que “no tiene nada en contra de la existencia de Dios”.

Röntgen, Wilhelm K. (1845-1923) descubrió en 1895 que cuando un haz de rayos **catódicos** (*) chocaba contra un obstáculo daba lugar a un nuevo tipo de radiaciones: **rayos X** (**), de poder penetrante superior al de la luz, aunque inferior a los **rayos gamma** (***), que se propagaban en línea recta, no se desviaban con un campo magnético y penetraban los cuerpos e impresionaban una placa fotográfica (obtuvo por primera vez una fotografía de los huesos de la mano). El poder penetrante de los rayos X, distinto ante cada elemento y más intenso cuanto más pesados fueran éstos, permitió confirmar el lugar de los átomos en la Tabla periódica según su estructura interna, sabido que cada elemento producía “rayos X” con su longitud de onda característica, es decir, de fuerza similar a la que empleaba el núcleo positivo del átomo para sujetar al electrón. **Röntgen** sostuvo que eran vibraciones longitudinales del **éter**. Otra cuestión sería saber si eran corpusculares u ondulatorios.

(*) **Rayos catódicos**: En 1820 *Faraday* pretendió enviar una descarga eléctrica a través del vacío, pero nunca logró hacer un vacío suficiente. En 1854 lo consiguió *Heinrich Geissler* (1815-1879) en un tubo de vidrio, en el que colocó dos electrodos en su interior (“tubo de Geissler”). Cuando produjo descargas eléctricas en él, comprobó que en la pared opuesta al electrodo negativo aparecía un resplandor verde. *Eugen Goldstein* (1850-1930) sugirió en 1876 que se debía al impacto causado por algún tipo de radiación originada en el electrodo negativo, que *Faraday* había denominado “cátodo”, y llamó a la radiación “**rayos catódicos**”, emisión de electrones estudiada también por *Crookes*. La demostración de *J. J. Thompson* (1897) de que reaccionaban como partículas que podían ser desviadas por cargas eléctricas, llevó a considerarlos como las partículas elementales de la electricidad, a las que *Stoney* dio el nombre de “**electrones**”. *Jean Perrin* resolvió en 1895 la naturaleza negativa de los rayos catódicos (**electrones**), observando en su **electroscopio** cómo las dos “hojas de oro” colgadas de una varilla dentro de un recipiente metálico, se separaban, al paso de los rayos catódicos.

(**) **Rayos X**: Se engendran, cuando un haz de electrones (rayos catódicos) de alta velocidad incide sobre un blanco, dando lugar a un nuevo tipo de radiación electromagnética de gran poder de penetración, al que **Röntgen**, su descubridor en 1895, llamó “**rayos X**”. En 1912 *Max von Laue* demostró que difractaban, luego eran ondulatorios. En 1926 *Davison y Germer* lo confirmaron. Entre sus aplicaciones, numerosas, hay que destacar su papel en la medicina y en el análisis espectral de los componentes estelares.

(***) **Rayos gamma**: Radiación electromagnética de gran poder penetrante, que se observa en los procesos de radiactividad natural. Son las más energéticas del espectro electromagnético, con longitud de onda menor de 10^{-11} m y con energía superior a 120 keV. Surgen también de colisiones espaciales entre un agujero

negro y una estrella neutrónica (hay decenas en nuestra galaxia) o entre dos de estas. El 27/12/2004, un fogonazo de rayos gamma pudo ser una erupción fulminante, producida en la superficie de una estrella, resto de una supernova, con apenas 25 km de diámetro, con una masa superior a la del Sol. El 3 de septiembre de 2005 se detectó un fogonazo procedente de una distancia de 12.700 millones de años luz, el más lejano observado hasta ese momento. "Es el caso ideal que llevábamos esperando mucho tiempo", comentó *Alberto Fernández de Soto*, del Observatorio de la Universidad de Valencia. Cuando el fogonazo dura entre un par de segundos y cien segundos, lo pudo provocar una **supernova**, la explosión con que concluye la vida normal de las estrellas masivas que han consumido su combustible nuclear y colapsan.

Rücker, Arthur William (1848-1915), materialista espontáneo, para quien "los átomos no son meros conceptos, sino realidades físicas", avanzado como nadie en su tiempo y hasta nuestros días, se planteó dilucidar la estructura esencial del átomo y sus componentes, clave para la explicación del origen de las formas de la **materia ordinaria** (*). *Rücker* eligió por tema de su discurso en Glasgow (1901), el valor de la teoría de la física y las dudas que se tenían de la existencia de los átomos y, en particular, del **éter**. "¿Difieren los átomos del "medio básico" que los rodea (éter) o bien **son partes de este medio** que se encuentran en un estado particular?

(*) **Materia ordinaria**, ponderable: denominamos así, a la que conforma y determina objetivamente la totalidad de fenómenos y objetos físicos registrados experimental y científicamente del micro y macromundo. Materia informal e imponderable, sería el componente del "medio básico" universal, fondo etéreo, llamado vacío, que no emite radiación perceptible por los medios actuales.

Lodge, Oliver Joseph. (1851-1940), conocido por sus trabajos en ondas de radio y sobre temas de carácter especulativo, consideraba real la existencia del éter: "lo primero que destaca del **éter** es su continuidad absoluta". En su libro "Modern Views of Electricity" (1889) lo compara con "una gelatina elástica llenando todo el espacio".

Jvolson, Orest Danilovich (1852-1934). En 1900 censura categóricamente a *Augusto Comte* por sus opiniones relativas a la conveniencia de ir olvidando el **éter**, y escribe: "¡No, y mil veces no!... La existencia del éter actualmente, no es menos auténtica que la rotación de la Tierra sobre su eje y en torno al Sol". Diseñó el actinómetro, instrumento para medir la intensidad de la luz solar, en las estaciones meteorológicas. Su "Curso de Física" revolucionó la enseñanza en la URSS. Postuló el concepto de "**lente gravitatoria**", adelantándose a *Einstein* en 12 años: el "anillo de Jvolson ó de Einstein" explica cómo la luz procedente de un objeto lejano se amplifica y adquiere la forma de anillo por la influencia gravitatoria de otro objeto más cercano situado entre el primero y el observador... *Jhoann Georg von Soldner* (1776-1833) predijo la desviación de la luz hace más de 200 años usando la física newtoniana.

Becquerel, A. Henri (1852-1908) descubrió el fenómeno de la radiactividad o **desintegración** del átomo, permitiendo ver que éste, hasta

entonces considerado indivisible, estaba formado a su vez por partículas más pequeñas, que llamaron elementales. Investigando en 1896 la posible procedencia de los rayos X, en las reacciones fluorescentes del sulfato de uranilo potásico, descubrió cómo el propio **uranio** (*) contenido en el sulfato había impresionado una placa fotográfica. "Viví -escribió- uno de esos momentos de profunda sorpresa y felicidad que son los sueños de todo científico"... Luego se demostraría que las **radiaciones** de las sustancias radiactivas eran más penetrantes y de mayor energía que los rayos X... Hoy se llaman rayos **gamma**. Después se descubriría que los elementos radiactivos, al emitir radiación, se transformaban en otros elementos, una versión moderna de la **transmutación** hecha ahora realidad física. Experimentando con las radiaciones producidas en el fenómeno de fosforescencia de algunas sales, observó que al ser iluminadas con luz ultravioleta impregnaban un papel fotográfico; vio que ciertas sales de uranio provocaban el mismo efecto sin estar iluminadas, llegando a pensar que estas sales emitían por sí mismas una radiación que llamó "fosforescencia invisible", descubriendo que la desviaba un campo magnético como a una partícula con carga eléctrica.

(*) **Uranio**: está formado por tres **isótopos** radiactivos: U^{238} , U^{235} y U^{234} . Los dos primeros, con el Torio, Th^{232} son los padres de las tres cadenas naturales de **desintegración** radiactiva más importantes. El U^{238} decae a través de 14 etapas en Plomo, Pb^{207} ... Pongamos como ejemplos el potasio (K^{39}) y el carbono (C^{12}) contenidos en el cuerpo humano, que producen 8.000 desintegraciones por segundo. Su período de semidesintegración (tiempo de desintegración sucesiva de la mitad, tras mitad, etcétera., de los núcleos de una muestra radiactiva) es muy largo, 4.479 años.

Eötvös, Roland (1848-1919) demostró (1888) que era cierta la igualdad entre esas dos propiedades de la materia tan aparentemente diferentes, M y m (masa e inercia). La M , masa gravitatoria, es la que atrae a otro objeto. La m , masa inercial, es la que resiste a una fuerza externa.

Michelson, Albert (1852-1931) y **Morley, Edward** (1838-1923). **Michelson** había desarrollado un interferómetro. Quería saber si la luz viajaba a velocidad distinta según el movimiento de la Tierra. Ambos, sugestionados por lo que había escrito **Maxwell** sobre el **éter** (el único fluido imponderable todavía vigente que se consideraba fijo): "la posibilidad de determinar su velocidad una vez determinada la velocidad de la luz midiendo lo que ésta tarda entre dos estaciones terrestres", diseñaron un experimento (*) con el que iban a medir el "viento del éter", algo así como la brisa del éter en el rostro de quien se mueve en su seno, y, con respecto a él, el movimiento "absoluto" de la Tierra.... Y sucedió lo imprevisto, no encontraron diferencia alguna en la medida, por lo que todo parecía negar la existencia del éter... Es decir, no había éter o, si lo había, no afectaba en absoluto a la velocidad de la luz, ni ésta obedecía al esquema newtoniano de composición de velocidades. Habían logrado así plantear dudas, no sólo sobre la existencia del éter, sino también sobre el concepto total de reposo absoluto y de movimiento absoluto. Respecto a la

Tierra, parecía como si estuviera inmóvil en el éter. No se encontraba explicación al fracaso...

(*) La explicación más famosa para justificar el experimento vino por separado de *Fitzgerald* y *Lorentz*. El éter no desaparecería y ya no sólo porque las teorías de *Maxwell* lo necesitaban, puesto que se apoyaban en la existencia de un medio material o sustrato transportador de los fenómenos electromagnéticos..., sino porque, en 1882, *Fitzgerald* y *Lorentz*, de acuerdo con los resultados de *Michelson* y *Morley*, de que la velocidad de la luz no variaba..., proponían, independientemente, que todos los objetos sufren una reducción de la longitud en la dirección del movimiento a través del éter, dependiendo de la velocidad... la conclusión era que **ninguna velocidad mayor que la de la luz es posible**, porque aparecería una longitud negativa, lo cual carece de sentido en nuestro mundo físico... La forma matemática de *Lorentz* permitiría ver en 1904 que el espacio y el tiempo se veían afectados por la velocidad, e igualmente la masa de un electrón, obligando a admitir que estos efectos, los cambios mismos en las dimensiones de las moléculas de un cuerpo, eran consecuencia de la interacción del éter: "si lo que determina el tamaño y la forma de un cuerpo sólido es la intensidad de las fuerzas moleculares; cualquier causa que altere a éstas, influirá también al tamaño y a las dimensiones".

Ostwald, Wilhelm Friedrich (1853-1932) contrapuso al atomismo de *Dalton* y al mecanicismo de *Newton* su teoría basada en la *energía*. Fundó el "**energetismo**" (*), que estuvo de moda a fines de los años 90, un agnosticismo enrevesado que cae a veces en el idealismo, en cuanto que confunde el concepto sustancia. Según *Ostwald* no existe la materia, sólo la energía, que considera como única: la "realidad última"... *Mach* y *Ostwald*, como buenos mecanicistas e idealistas subjetivos, afirmaban que todos los fenómenos de la naturaleza se pueden representar como procesos entre energías, haciendo desaparecer de la ciencia el concepto de materia; no consideraban necesario, por ejemplo, recurrir a modelos físico-matemáticos para explicar que el calor fluye de un cuerpo caliente a otro frío.

(*) **Energetismo**: En las postrimerías del siglo XIX y en los albores del XX comenzó una verdadera revolución en las Ciencias Naturales: se descubrieron los rayos **X** (1895), el fenómeno de la radiactividad (1896), el electrón (1897) y, al estudiar sus propiedades, se descubrió la mutabilidad de su masa en dependencia de su velocidad, el radio (1898), etcétera. Se dio un desarrollo inusitado de la ciencia, pero que mostró el carácter limitado del cuadro físico del mundo, existente hasta entonces, obligando a revisar toda una serie de conceptos elaborados por la Física clásica anterior. Y esa acción la hubieron de realizar físicos formados en el materialismo espontáneo, a menudo metafísico. Tanto, que, como ocurrió, algunos de ellos se aprestaron a señalar la "inconsistencia" del materialismo y de la realidad objetiva. *Ostwald*, como ejemplo, utilizó la ley de la conservación y transformación de la energía para argumentar la teoría del *energetismo* e intentar demostrar la "desaparición" de la materia y su transformación en energía, incluso se atrevió a decir, que se podía concebir el movimiento sin materia... *Marie Alfred Cornu* (1842-1902) trató de "presuntuoso y folletinesco" a *Ostwald*. Y *Hertz* piensa que el energetismo "es el modo que mejor permite hablar de cosas de las que sabemos poco"...

Contribuyó a esta crisis el matematismo en la Física, así como el principio del relativismo, conceptos débiles todavía coincidentes por entonces con las corrientes *solipsistas* del siglo XVIII (*Berkeley, Locke, Hume*) que abanderarían *Mach* y otros, defensores a ultranza de "la sensación como base única del conocimiento" considerado insuficiente para desvelar la existencia del mundo exterior. No obstante, los nuevos descubrimientos, afirmativos de que la realidad objetiva es precisamente la materia en movimiento y esta es a su vez inseparable de la energía, se encargarían a posteriori de poner de manifiesto que lejos de cuestionar el desarrollo materialista de las ciencias naturales lo confirmaban, como el hecho mismo inusitado de la destructibilidad del átomo, traducible en la expresión de nuevas formas de la materia: "su inagotabilidad y su mutabilidad, pilares en definitiva -como dijera *Lenin*- del materialismo dialéctico...".

Lorentz, Hendrik A. (1853-1928) sienta los cimientos de la teoría electrónica de la materia. Consideró y así lo propuso, que la **luz emitida por los cuerpos podía proceder del movimiento oscilatorio de los electrones** del átomo (jóvenes investigadores del CSIC lo han hecho visible en nuestros días). En 1892 propuso la existencia de partículas con carga eléctrica positiva y negativa y consideró que una corriente eléctrica se debe siempre al movimiento de cargas. Coincidió con *Fitzgerald* en la búsqueda de la explicación al fracaso del experimento de *Michelson y Morley*, en 1887, que intentaba medir el "viento del **éter**". *Lorentz* había obtenido de sus cálculos una dilatación del tiempo, y, ambos, una contracción de la longitud, lo que ponía en cuestión el cosmos newtoniano, donde el espacio y el tiempo son absolutos y la simultaneidad y el "ahora" coincidentes para cualquier punto del universo... Se planteó el problema del movimiento de los cuerpos a través del **éter** y el efecto que esto tiene en sus dimensiones: la masa del electrón aumenta con la velocidad. Reconoce "las graves dificultades que se encuentran cuando se busca representar los movimientos de las partículas más pequeñas y la unión de éstas y los fenómenos que producen en el **éter**". Continuó y refinó la teoría electromagnética de *Maxwell*. Para *Lorentz*, el **campo** y los **corpúsculos** eléctricos se revelan como elementos de idéntico valor para la comprensión de la realidad. *Lorentz* apoyaba la idea de la existencia del **éter** electromagnético que interactuaba con la existencia propia de las partículas (corpúsculos) con carga eléctrica. Luego se vería que el éter no era una entidad independiente del espacio. "Los campos -diría *Lorentz*- son los estados físicos del espacio". Explicó varios fenómenos de la refracción y la reflexión de la luz. Expresó que si tenía que escoger entre la formulación ondulatoria de *Schrödinger* y la matricial de *Heisenberg*, escogería la primera por su mayor claridad intuitiva.

Onnes, Heike Kammerling (1853-1926), que llevó a cabo por primera vez la licuefacción del helio, pudo descubrir en 1911 el fenómeno de la **superconductividad**, presente en ciertos metales a muy bajas temperaturas, a partir de las cuales se pudieron sentar bases para la descripción cuántica de los sólidos y el descubrimiento de las propiedades de materiales en ese estado. Experimentó enfriando helio a 2,17 Kelvin, observando que fluía sin fricción alguna a través de grietas y aberturas tan estrechas que ni el gas más ligero podría traspasar, y no ofrecía resistencia alguna a que los objetos lo atravesasen.

Poincaré, Henri (1854-1912) Destaca en la teoría de las ecuaciones diferenciales y en los trabajos matemáticos de mecánica celeste. Filosóficamente se aproximaba a las teorías de los idealistas subjetivos *Ernest Mach* y *Richard Avenarius* (1843-1896). Sostenía que "una mirada de inspección revela que los **cuerpos sólidos (*)** en la naturaleza no son rígidos, puesto que su geometría depende de la temperatura, las fuerzas externas" e internas, etc. Aprovechando el Congreso Internacional de París de 1900 planteó preguntarse: "**¿Existe de verdad nuestro éter?**". Después, sostendría "que el éter no tiene menos realidad que un cuerpo exterior cualquiera"... Considerando el problema del **éter** y las propuestas de *Lorentz* y *Fitzgerald*, escribió: "la mecánica, está a punto de sufrir una total revolución. Las ideas que parecían más firmemente establecidas están siendo demolidas por atrevidos innovadores". Escribió las primeras ideas de lo que ahora se conoce como **teoría del caos**. En 1904 estuvo a punto de desarrollar el tema de la **relatividad**: "es imposible -escribió- disponer de medio alguno para distinguir quién se mueve cuando se trata de movimientos relativos de traslación uniformes". "Las leyes físicas son las mismas en todos los sistemas de referencia. No existen sistemas de referencia preferentes". "En el vacío, la velocidad de la luz tiene el mismo valor que en todos los sistemas de referencia"... Probablemente por ello, cuando *Einstein* sentó las bases de la relatividad, *Poincaré* "reaccionó con frío desdén". En 1908, anticipándose a *Rutherford* escribió lo siguiente: "Todos los experimentos con la conductibilidad de los gases... nos permiten considerar que el átomo se compone de un centro cargado positivamente, cuya masa es aproximadamente igual al mismo átomo, con la particularidad de que alrededor de este centro giran electrones atrayéndose entre sí".

(*) **Cuerpos sólidos**: todos los cuerpos pueden pasar al estado sólido aunque estén sometidos a elevadas temperaturas, siempre que estén bajo la acción de presiones tan elevadas que permitan reducir sus espacios intermoleculares.

Swing, James A. (1855-1935) llamó *histéresis* a la permanencia de la señal magnética en un sistema tras retirar el campo magnético que ha producido dicha señal.

J. J. Thompson (1856-1940). 6 de diciembre de 1919, con cierto retraso, "*The Times*" anuncia: "Revolución en la ciencia -nueva teoría del universo- las ideas de *Newton*, derrocadas". Otro diario, saludaba a *J. J.*, como "Uno de los principales exploradores del universo del átomo". La recepción no fue la misma en los casos del físico *Félix Ehrenhaft* (1879-1952) y del propio *Millikan* que defendía la existencia de "subelectrones" con cargas fraccionarias... *J. J.* comenzó sus trabajos de investigación atraído (1881) por los experimentos de *Crookes* sobre rayos catódicos y por explicarse en qué consistían las cargas eléctricas en la teoría de *Maxwell* y su comportamiento ante un campo magnético (no creía que la propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío tuviera lugar de acuerdo con las ecuaciones de campo de *Maxwell*). En 1895, estudia la estructura de la radiación emitida por las sustancias radiactivas... Hasta entonces, el electrón libre no había pasado de ser una

hipótesis radical. Tanto es así, que, cuando *J. J.*, llegó a hablar de ello en el *Royal Institute*, un físico le confesó: “pensé que nos estaba tomando el pelo”. No obstante, antes de 1897, ya se sabía que la electricidad se transportaba en cantidades fijas de carga por partículas discretas mucho **más pequeñas que los átomos más ligeros...** El 30 de abril de 1897, utilizando el método de la “**cámara de niebla**” (*) descubre que los *rayos catódicos* eran en su opinión corrientes de “corpúsculos”, pequeñas partículas con carga negativa y daba un valor para el cociente entre la masa y la carga ($1,6 \times 10^{-7}$). En 1899 presentó dos tipos de experimentos: el bombardeo de un metal con luz ultravioleta (es decir, el efecto fotoeléctrico) y la emisión de corpúsculos de un **filamento incandescente** (**). Su importancia radicaba en que era posible extraer de un átomo pequeños **corpúsculos** (***). El átomo, pues, ahora se sabía bien, **no era simple** y podía admitirse la existencia de partículas subatómicas... *J. J.* escribió: “Considero al átomo como conteniendo un gran número de cuerpos más pequeños que llamaré «corpúsculos», partículas de masa un milésimo de la del átomo de hidrógeno, con una velocidad tres veces menor que la de la luz. Aunque los corpúsculos se comportan como iones negativos, cuando se reúnen en un átomo neutro el efecto negativo se compensa por `algo` que hace que el espacio por el que los corpúsculos están dispersos actúe como si tuviesen una carga de electricidad positiva igual en magnitud a la suma de las cargas negativas”... Estaba presentando su primer modelo atómico (1901) conocido como el del “**pastel de pasas**” (****). En un segundo modelo las cargas negativas se encontraban en el interior de una esfera de electrización uniforme positiva que produce una fuerza atractiva radial en cada corpúsculo proporcional a su distancia al centro de la esfera. El átomo de hidrógeno, como ejemplo, sería una esfera de radio 10^{-8} cm. con un electrón oscilando en el centro... Poco después, comprendió que el modelo era inestable para más de 7 u 8 electrones... Las propuestas seguirían siendo múltiples; incluso se había sugerido que cada átomo estaba formado por miríadas de fragmentos con cargas equivalentes positivas y negativas (las *dinamidas* que propondría *Lenard* en 1903), o bien, que se trataba de una esfera homogénea con una capa exterior y los electrones en su interior como las semillas de una calabaza moviéndose en órbitas circulares.. La cuestión se planteaba incierta. En 1909, “el entendimiento de la naturaleza del átomo -en palabras del propio *J. J.*- era poco menos que desesperado”... Traía de cabeza a los más versados: se había podido calcular que los átomos de los elementos radiactivos no son inmortales: pero unos como los del uranio perecen después de miles de millones de años y otros como el actinio, en segundos... La esperanza de vida de un átomo no disminuye cuando envejece. La vida de un átomo de radio es la misma a temperatura de un horno que a la del aire líquido... Finalmente, unas observaciones experimentales, ciertamente sorprendentes, permitirían fijar la **estructura del átomo** (*****). No sólo quedaba probada la insolidéz del átomo, sino también, por fin, que estaba dotado de un centro, que resultaba “positivo” cuando arrancaban al átomo un electrón periférico.

(*) La “**cámara de niebla**” hacía visible, a través de la condensación del vapor, las trayectorias de partículas cargadas. El método, descubierto en 1880 por *John*

Aitken (1839-1919), lo había aplicado *J. S. Edward Townsend* (1868-1957). Lo desarrolló, en el laboratorio de Cavendish, *Charles T. R. Wilson* (1869-1959), y, éste último, con *Harold Albert Wilson* (1874-1964), colaboraron con *J. J. Thompson* en los experimentos.

(**) **Filamento incandescente:** Este descubrimiento llevó al desarrollo de la lámpara de radio y a suponer que el movimiento de estas partículas en los vórtices solares podría dar lugar a poderosos campos magnéticos.

(***) Los **corpúsculos** eran las unidades elementales de carga eléctrica negativa bautizadas años antes como **electrones** por *Stoney*, que habían estudiado también *Crookes*, *Perrin* y *Wilhelm Konrad Röntgen*; *Stokes* y *Kelvin* ya habían mantenido correspondencia referida al caso. Si bien, *Crookes*, hacia 1898 todavía seguiría preguntándose, “¿Qué es un átomo? ¿Es un espacio sólido, líquido o gaseoso?” Intentando penetrar “en el tormentoso misterio del átomo”, *J. J.*, un año antes (1897), se había preguntado igualmente, ¿Qué son estas partículas? ¿Son átomos, o moléculas, o materia en una forma todavía más fina de división? No obstante, todo parecía favorecer la hipótesis de que los portadores de la carga negativa eran más pequeños que los átomos de hidrógeno.

(****) “**Pastel de pasas**”. Bebía de dos fuentes: *Alfred Marshall Mayer* (1836-1878) que jugaba con un corcho con puntos magnéticos flotando en presencia de un electroimán, y el átomo que propusiera *Kelvin*: una esfera difusa de electricidad positiva, dentro de la cual se encontraban electrones en equilibrio estático.

(*****) **Estructura nuclear del átomo:** *Hans Geiger* (1882-1945) y *Ernest Marsden* (1889-1970) comprobaron que algunas partículas **alfa** disparadas contra una lámina, sufrían desviaciones superiores al ángulo recto, luego existía un núcleo...

Esta nueva e importantísima indagación sobre la naturaleza y comportamiento de la materia, aunque incompleta todavía permitía descubrir que los átomos no eran exactamente las unidades últimas indivisibles de la materia descritas por *Demócrito* y reconocidas veinte siglos después por *Bruno*, *Gassendi*, *Sennert*, *Boyle*, *Newton*, *Cavendish* y *Dalton*... Lo delató un resplandor verde aparecido al producir descargas eléctricas en un tubo al vacío (“tubo de *Geissler*”). **Goldstein (*)** dio a la radiación el nombre de “rayos catódicos”. *Crookes*, con un tubo mejorado (“tubo de *Crookes*”) experimentó que las radiaciones originadas en el “cátodo” eran desviadas por un imán. La demostración de *J. J.*, de que podían ser también desviadas por cargas eléctricas permitió aceptarlas definitivamente como partículas elementales de electricidad y como subpartículas del átomo: los “**electrones**” de *Stoney*. Finalmente, *Rutherford* en 1911 y *Bohr* a continuación abrirían el conocimiento a los inmensos espacios “vacíos” internos del átomo, existentes entre sus componentes, el electrón y el núcleo, y entre los componentes del núcleo, el protón y el neutrón. Los átomos escrutados venían a añadir nuevas e inimaginables dimensiones al vacío espacial micro cósmico, se imponía interpretarlos semejantes a una esfera hueca prácticamente vacía: en un átomo, comparado con la esfera de la Tierra, el núcleo equivaldría a una naranja y el electrón a una cereza... Luego, resultaría lo imprevisto: el núcleo del átomo y su satélite el electrón no serían tampoco partículas macizas...,

tenían también propiedades ondulatorias. El vacío, por tanto, se hacía más y más inmensurable; la aparente ausencia de materia, se mostraría ahora no sólo presente en los espacios interatómico sino también en los internucleares.

(*) **Goldstein** detectó en 1886 una partícula que fluía por los orificios de un cátodo perforado en un tubo catódico, que podía atravesar fácilmente la materia, deduciendo que era positiva, contrapuesta al electrón, pero que era mil ochocientos treinta y seis veces mayor, a la que llamó "rayos canales" y que sirvió en 1902 para detectar el "efecto Doppler-Fizeau", similar al de una locomotora cuyo tono aumenta cuando se acerca y, en cambio, disminuye al alejarse.

Tesla, Nikola (1856-1943) descubre el "efecto del campo magnético rotante", desarrolla sus aplicaciones técnicas a motores y dinamos, crea el sistema de iluminación fluorescente (1886) y bases para la transmisión inalámbrica (1891). Sueña con "hacer la energía eléctrica accesible y disponible para toda persona en cualquier lugar del planeta". Pugna con *Marconi* por la radio y diseña e inventa más de 700 ideas. Relacionado con *Kelvin* y *Walter Russell*, acuña el término *aksha*, con el que describe y formula la teoría de un **éter eléctrico transmisor**, fuente, existencia y construcción de la materia formal, "un sistema completo de energía, del que lo primero que destaca es su continuidad absoluta". Y escribe: "La substancia primaria desatada en infinitos torbellinos de prodigiosa velocidad, se convierte en materia total", que vuelve -viene a decir- a la substancia primaria cuando el movimiento se apacigua.

Larmor, Joseph (1857-1942) consideró el **éter** como el "sustrato del movimiento de todas las ondas electromagnéticas que llenan todo el espacio". Lo interpretó como **una verdadera pero diferente sustancia material**, un fluido homogéneo, incomprensible y elástico, donde se movían los átomos. Predijo la dilatación del tiempo y la contracción del espacio, como un efecto dinámico. Rechazó la curvatura y defendió el tiempo absoluto.

Hertz, Heinrich R. (1857-1894) acusa a los "energetistas" de utilizar el lenguaje "que mejor les permite eludir hablar de cosas de las que sabemos muy poco". En 1887 fue el primero en experimentar la propiedad que tenía la luz ultravioleta de extraer corpúsculos cargados negativamente (electrones) de la superficie de una placa de metal. Para dar base a su teoría de que la luz era una radiación electromagnética producida por la fluctuación periódica de una corriente eléctrica, experimentó con dos esferas metálicas pulimentadas, separadas por una pequeña zona de aire y conectadas a una gran carga eléctrica que permitía, al ionizarse el aire, hacerlo servir de conductor y que saltase la chispa, haciéndose de nuevo no conductor, mientras se cargaban otra vez las esferas y se producía otra serie de oscilaciones por el mismo proceso. Así, demostró la existencia de ondas electromagnéticas equivalentes a los "rayos luminosos", pero de frecuencias distintas, que se transmitían a través del espacio, las "**ondas hertzianas**" (*). Sus experimentos le permitieron afirmar que el magnetismo, la electricidad y la luz podían integrarse en **una teoría única**. Pero lo más importante resultó al advertir que cuando brillaba la

luz violeta en el terminal negativo la chispa oscilante saltaba más fácilmente..., era la primera observación que se hacía en 1887 del efecto **fotoléctrico** (**), cuyo descubrimiento e investigación jugarían un papel importante en la argumentación experimental de la teoría cuántica. Hasta que *Hertz* se puso a trabajar, las ideas sobre el electromagnetismo no habían pasado de ser una especulación matemática de *Maxwell* (***) fundada en los trabajos experimentales de *Faraday* y *Joseph Henry*.

(*) **Ondas hertzianas** (Hz): una corriente eléctrica, dígame, oscilante o de fluctuación periódica emite ondas electromagnéticas llamadas hertzianas que tienen todas las características de la luz, excepto la visibilidad para el ojo humano, que es decir, de frecuencia por encima y por debajo de las que forman el espectro luminoso "visible". En 1887, *Sir Oliver J. Lodge*, y más tarde *George F. Fitzgerald* (1851-1901) realizaron experimentos similares a los de *Hertz*. (La frecuencia Hz de las ondas electromagnéticas va desde un mínimo de 10^3 para los flujos electrónicos, pasando por $7,5 \times 10^{14}$ para la **luz visible**, hasta un máximo de 10^{23} para los procesos de desintegración nucleares). La sensación de la luz **roja** la producen en nosotros las oscilaciones del éter (materia espacial) con una frecuencia aproximada de 450 billones por segundo. Y la del **azul**, 620 billones por segundo.

(**) **El efecto fotoléctrico**, cuya teoría desarrollaría *Einstein*, lo constituye la expulsión cuantificada de electrones de átomos o moléculas por radiación electromagnética. *Einstein* explica en 1905 que el efecto en sí tampoco puede comprenderse si no se admite que la luz que lo produce -desde *Maxwell* considerada de naturaleza ondulatoria- está formada por cuantos (corpúsculos) **discontinuos** de energía que él llamó **fonones**: un desarrollo, en fin, coincidente con las ideas que acababa de exponer *Planck* sobre la cuantificación de la radiación luminosa. A modo de recordatorio, insistiremos en que siendo cierto que *Einstein* formuló teóricamente (1905) el fenómeno de la fotoelectricidad, consistente en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con luz visible o ultravioleta, quien lo descubrió realmente y describió en 1887 fue *Heinrich Rudolf Hertz*. *Einstein*, para su formulación, se había basado en un trabajo de *Max Planck* sobre los cuantos. *Robert Andrews Millikan* experimentó durante diez años para demostrar que la teoría de *Einstein* no era correcta y terminó concluyendo lo contrario. El fenómeno de la fotoelectricidad vino a corroborar la teoría corpuscular de *Newton*, que apoyó *Einstein* con su explicación: "el arranque de electrones del átomo mediante la acción de la luz no puede provocarlo la onda; la onda -argumentó- no puede proporcionar semejante concentración de energía, había que suponer que la luz es el conjunto de partículas fonones que chocan contra el electrón".

(***) Para *Hertz* lo único válido de la teoría de *Maxwell* era su formulación matemática, que había desarrollado dejando de lado la existencia o no el éter.

La física cuántica

Paradójicamente, a finales del siglo XIX no se dudaba de que la materia fuera de naturaleza corpuscular (discontinua, equivalente a "acción a distancia"); pero tampoco se dudaba de la naturaleza ondulatoria (continua) de la radiación. Coincidiendo con el cambio de siglo, *Planck* presenta su idea revolucionaria, basada sobre un principio: la radiación no se produce de forma

continua, sino que está cuantificada, es decir, es siempre un múltiplo de una cantidad indivisible. La aplicación del principio llevaría, separada en dos etapas, al nacimiento de la física cuántica : la mecánica cuántica que abarca desde 1900 a 1930 y comprende la teoría de la materia a nivel atómico y subatómico, y el carácter cuántico de la radiación o física cuántica, a partir del campo electromagnético, hasta que pusieron sus fundamentos en 1975. Estos desarrollos reciben el nombre de teoría cuántica de campos (el espacio vacío ocupado por todos los campos) e incluyen la teoría electrodinámica cuántica de campos y la teoría que *Gell-Mann* denominó cromodinámica cuántica de campos (CMD).

Planck, el cuanto y la mecánica cuántica

Planck había llegado a la teoría del cuanto aplicando la formulación estadística de la entropía y postulando lo dicho anteriormente: que la materia no puede emitir energía radiante más que por cantidades finitas proporcionales a la frecuencia. Esta cantidad venía dada por una constante universal que tiene la dimensión de una acción mecánica (energía x tiempo) “La idea -escribió de *Broglie*- estaba destinada a conmovier todas las concepciones clásicas de la física. Los teóricos advirtieron que la discontinuidad traducida por la hipótesis de los cuantos es incompatible con las ideas generales de la física clásica y exigía una revisión completa de estas ideas”. Ello a pesar de que *Planck* había calculado su constante sin tener en cuenta los resultados experimentales.

Planck, Max (1858-1947) escribe: “El hecho de que terminase pasándome de las matemáticas a la física tuvo que ver con mi pasión por las cuestiones relativas a la concepción del mundo”... En octubre de 1914 firmó un llamamiento justificando la invasión de Bélgica. Hombre persuadido del mundo físico objetivo, afirmado en la existencia de la causalidad, investigando sobre la radiación negra (*) propuso la hipótesis de que los electrones oscilan alrededor de una posición de equilibrio bajo la acción de una fuerza elástica, es decir, proporcional a la elongación... Desarrolló una fórmula semiempírica para la densidad de la energía radiante y, poco después (con el nacimiento de la teoría cuántica, el 14-12-1900), dio a conocer su célebre y revolucionaria fórmula o constante de Planck (**), resultante de la “**catástrofe ultravioleta**” (***), postulando que la materia no puede emitir energía más que por cantidades finitas (por saltos, cuantos, de manera sorprendentemente discontinua) proporcionales a la frecuencia. No obstante, *Planck* intentó casi desesperadamente recuperar la continuidad de la radiación, porque sólo así podía mantenerse el carácter ondulatorio de la misma... La cuestión es que *Planck* había detectado en 1893 que la longitud de onda a la que se produce un máximo de radiación está en proporción inversa a la temperatura absoluta de la fuente. Su fórmula para la distribución de la energía radiada por un **cuerpo negro** (****) estaba de acuerdo para las longitudes de onda pequeñas, pero no para las grandes... En 1900, con la publicación de su trabajo “sobre la teoría de la ley de la distribución de la energía en un espectro normal”, propone por primera vez su idea sobre el “*cuanto* elemental de acción” (constante de

Planck) y escribe: "este cuanto representa algo novedoso, insospechado hasta ahora, que parece estar destinado a dar la vuelta a la filosofía física, fundada sobre la misma noción de continuidad"... Más tarde, reconociendo que su propuesta se apartaba de todos los principios de la física aceptados hasta entonces, comentó que lo había hecho como en un "acto de desesperación". H. A. Lorentz declararía 25 años después: "estamos aún muy lejos de una mecánica cuántica que admita lo discontinuo"... Planck había sostenido en 1909: "no podemos progresar en la teoría de la radiación, si no dividimos la energía en cuantos. Sin dejar de entenderlos como átomos de acción". Pensaba que se sabía muy poco de los procesos de emisión y absorción de la luz, cuestión que era para él el "punto débil en toda la teoría de los electrones", cuando todavía no se conocía "la interacción entre la radiación en el vacío (éter) y la materia". Para Planck y Einstein el problema era "cómo visualizar algo como esto", problema que empezaría a resolver Bohr en 1913 con su modelo atómico y Einstein en 1916 con sus coeficientes de absorción y emisión.

(*) **Radiación negra**, llamaron, a la radiación de equilibrio o estado en que se compensan los cambios de energía entre materia y radiación, dependientes de la temperatura en una cavidad, pero independientes de las dimensiones, forma y materiales que la componen. Para la cavidad se ideó un objeto hueco isotérmico, con un solo y pequeño agujero por donde entra la radiación que por sucesivas reflexiones queda prácticamente **atrapada**.

(**) h (constante de Planck) = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s.

(***) **"Catástrofe ultravioleta"**. Así quedó bautizada la confirmación de que la fórmula propuesta en 1900 por John W. Strutt (lord Rayleigh) y James Jeans (1877-1946), basada en que la irradiación térmica es tanto más intensa cuanto más corta es la longitud de onda..., en las longitudes de onda muy pequeñas llevaba a valores casi infinitos, que corrigió la constante de Planck. lord Rayleigh había basado su ley en los trabajos de Friedrich Paschen y Wilhelm Wien de 1893 y en la "ley de desplazamiento" antes formulada por Wiem. Juntos, habían comprobado que la irradiación de los cuerpos varía con la temperatura (longitud de onda) La radiación visible del hierro calentado va del color rojo (600° C) hasta el blanco (2000° C) Por debajo de 600° no vemos la radiación porque se sitúa en el infrarrojo. Más allá de los 2000° la radiación también se nos escapa porque se sitúa en el ultravioleta.

(****) **Cuerpo negro**: el formado por una sustancia ideal capaz de absorber toda la radiación electromagnética que incida sobre él y, recíprocamente, capaz de emitir más radiación que cualquier otro a igual temperatura. La teoría de **radiación del cuerpo negro** fue planteada por Kirchhoff hacia 1860: el cuerpo absorbía radiación en todas las longitudes de onda, hasta una temperatura dada, y al enfriarse debería emitir igualmente en todas las longitudes de onda. Wilhelm Wien descubrió que la intensidad de emisión no era la misma, lo que produjo desconcierto hasta que Planck demostró que el cuerpo negro no tenía porqué emitir radiaciones en todas las longitudes de onda, sólo podía emitir en paquetes de energía, **cuantos**. Rayleigh y Wiem calcularon en 1900 la **energía de un cuerpo negro**. Ambos predijeron una intensidad que siempre crecía, tendiendo a infinito. En 1901 Planck publicó su suposición, calculada en este sentido: mediante una pequeña argucia matemática, supuso que entre dos valores enteros no cabía cualquier **energía** arbitraria, sino valores entre los cuales no es posible ningún valor... Valor del cuanto de energía: C. de Planck. $6,63 \cdot 10^{-34}$ j.s.

Nagaoka, Hantaro (1865-1950) propuso en 1904 un modelo de átomo "planetario" en el cual se representaba un núcleo central rodeado de cargas eléctricas que giraban en anillos semejantes a los de Saturno.

Skłodowska, Marie-Curie (1867-1934) esposa de *Pierre Curie* (1859-1906) describió en sus notas autobiográficas cómo continuaron el trabajo de *Becquerel* en el problema de la radiactividad (y los posibles cambios en el átomo mismo) hasta el aislamiento por primera vez (1898) del radio: "De hecho -escribió *Marie*- sólo fue después de varios años del más arduo trabajo cuando tuvimos finalmente éxito en separar completamente la nueva sustancia, ahora conocida por todo el mundo como radio". Descubrió que una onza de oro podía proporcionar 4000 calorías por hora durante décadas..., sin que la reacción tuviera nada que ver con la **temperatura**, pues podía darse a la temperatura del hidrógeno líquido. En 1900, *Marie* explica su concepción del mundo material: Siempre donde hay electricidad hay materia, los rayos catódicos son cargas de electricidad y ello lleva a pensar que son materiales. "La materia radiactiva sería, por consiguiente, materia donde reina un estado de movimiento interior violento". *Marie* ocupó la cátedra de *Pierre* en la Sorbona, siendo la primera mujer en hacerlo, pero no fue admitida en la Académie des Sciences, a pesar de recibir dos premios Nobel, uno de Física y otro de Química. *Marie* y *Pierre* descubrieron la **radiactividad** (*) (término creado por *Marie* en 1898 para describir la capacidad irradiante del uranio) del torio y aislaron el radio en estado metálico. Antes, *Marie* había descubierto el radio y el polonio. Desde la década de 1890, ciertos minerales traídos desde el Congo y Checoslovaquia desprendían misteriosos haces de energía. Si las muestras se hubieran desgastado no habría sido demasiado sorprendente; cabría pensar en algún tipo de combustión. Pero ni las mejores mediciones de la época eran capaces de detectar ningún cambio en los pedruscos de los que parecía provenir esa energía... El polvo radiactivo que golpeó el ADN de los huesos de *Marie*, causándole probablemente la anemia aplásica de la que murió, apenas se medía en millonésimas de gramo. Ahí la importancia de la ecuación de *Einstein*: la energía contenida en unos gramos de masa puede generar progreso y seguridad o, como haría luego la bomba nuclear, reventar los edificios, levantar las calles y sus conducciones de agua, gas y electricidad de dos grandes ciudades, desgarrando y calcinando los cuerpos de centenares de miles de niños, adultos y ancianos en unos minutos...

(*) **Radiactividad, desintegración: emisión** espontánea -para ciertos núcleos atómicos- de partículas formadas por dos neutrones y dos protones. Fenómeno físico mediante el cual las sustancias llamadas radiactivas emiten radiaciones ionizantes, en forma de partículas o de radiaciones electromagnéticas que tienen la propiedad de impresionar placas radiográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atarvesar cuerpos opacos de luz ordinaria. Debido a esa capacidad, se les suele denominar radiaciones ionizantes. Las radiaciones emitidas pueden ser electromagnéticas, en forma de rayo X o rayos gamma, o bien corpusculares, como pueden ser núcleos de helio, electrones o positrones, protones u otras.. Todo se desintegra por emisión de partículas del átomo, sobre todo de los más pesados. En resumen, es un fenómeno que ocurre en los núcleos de ciertos elementos, inestables, que son capaces de transformarse, o

decaer, espontáneamente, en núcleos atómicos de otros elementos más estables... La vida media del uranio 238 (U^{238}) es de 4.500 millones de años. El potasio 40 tiene una vida media de 1.300 millones de años. El estroncio 90, 28'5 años. La inestabilidad del radio y el polonio, ambos de radiación tan intensa y por tanto vida tan corta que no debiera quedar ya ni rastro, llevó a conocer que todavía existen porque se van formando continuamente en el curso de la desintegración del uranio y el torio, para acabar transformándose en plomo. La desintegración natural de un protón, tarda unos 10^{30} ó 10^{32} años.

**En 1904, era ya evidente el valor económico
de los materiales radiactivos.**

El Imperio austro-húngaro había prohibido el **comercio de residuos** resultantes de la fabricación de sales de uranio. La Academia de ciencias vienesa se constituyó en el centro con mayor material radiactivo del país, e hicieron envíos a Manchester. La industria radiactiva de EEUU, en Búfalo, extraía carnosita, un mineral de uranio y vanadio. De cada tonelada se extraía un gramo de sales de bario radiactivo, que valía un millón de veces más que el uranio. *Rutherford* determinó en 1905 la carga que transportaban. El contador Geiger contaría el número de partículas (un gramo de radio emitía cada segundo una media de $3,4 \cdot 10^{10}$ partículas alfa).

Villard, Paul (1860-1934) estudioso experimental de las emisiones radiactivas descritas por *Pierre Curie* y *Rutherford*, detecta (1900) un tercer tipo de radiación (*gamma*) de poder penetrante superior a las radiaciones *alfa* y *beta* que normalmente acompaña. Serían radiaciones como las de la luz pero más energéticas que los rayos X, capaces de penetrar hasta 22 cm. de acero. Las radiaciones *gamma*, con longitudes de onda inferiores a 10^{-11} m, se mueven a la velocidad de la luz, sin carga ni masa aparente, constituidas por fotones con su onda asociada (*de Broglie*). Son los fenómenos más energéticos del universo, originados por fenómenos astrofísicos de alta energía, como explosiones de supernovas o núcleos muy activos de galaxias. No llegan a la superficie terrestre, absorbidos por la alta atmósfera. Pueden producir cambios en el ADN, se usa para esterilizar, exterminar bacterias o insectos, tomografías, radioterapia, cirugía, etc. Registradas en 1967, las confirmaría *Wheaton* en 1973. *Villard* es autor entre otras obras de "Los rayos catódicos" (1900)

Lenard, Philipp (1862-1947) demostró en 1895 que una corriente de rayos catódicos (electrones) penetraba fácilmente a través de láminas de distintos materiales, por lo que era lógico pensar que sus átomos no eran impenetrables (*), semejantes a una bola sólida, sino más bien una estructura abierta, porosa... Estableció que la velocidad de los electrones emitidos dependía de la frecuencia de la luz empleada, mientras que su número dependía de la intensidad de la luz. De esta forma aumentando la intensidad de la luz aumentaba el número, pero su velocidad sigue siendo la misma. Eso contradecía lo esperado según las leyes del electromagnetismo. Si la luz es una onda, su energía depende de su amplitud, no de su frecuencia.

(*) Apenas un año después (1896), *Becquerel* descubriría que los átomos de los elementos más pesados como el Uranio, el Torio y el Radio se desintegraban espontáneamente por la emisión de una partícula elemental. Pocos años más

tarde, entre 1909 y 1911, *Rutherford* penetraría en la naturaleza del átomo: "Fue entonces -escribió- cuando tuve la idea del átomo formado por un **núcleo** masivo como centro".

Drude, Paul (1863-1906) estudió la conductividad térmica y eléctrica. Consideró el movimiento de los electrones en un metal como las moléculas de un gas. Pero no sería hasta el desarrollo de la mecánica cuántica cuando se pudieron explicar efectos como la conductividad eléctrica de los metales (o física del estado sólido), las propiedades magnéticas, el comportamiento de los semiconductores y la superconductividad.

La mecánica cuántica se abriría camino asistida por la interpretación cuantificada del efecto fotoeléctrico de *Einstein*

... y por la interpretación probabilística implícita en las palabras de *Eddington* y *Schrödinger*, que darían lugar, por otro lado, a las posiciones conservadoras de *Heisenberg*, *Bohr* y otros, basadas en la **incertidumbre**, **indeterminación** (*), **complementariedad** (**), etc. Ahora, las partículas *subatómicas* recién descubiertas no se podían explicar con la mecánica clásica, sólo se podían definir a juicio de algunos como la relación sujeto-objeto, como un conjunto de relaciones entre su estado "actual" y "virtual". Es decir, las propiedades "fijas", la descripción puramente objetiva de los objetos, estaban en cuestión con la aparición de las **probabilidades** (***) intrínsecas. Mas, lo peor de todo vendría del aprovechamiento que hicieron del grado de incertidumbre e indeterminación (no poder medir sin actuar sobre la situación del objeto, debido a la interacción mediante el sujeto, que impedía indagar las causas). No fueron pocos los que se mostraron a favor de la no-existencia en general de la causalidad, relación de causa y efecto (****). Según éstos ya no podíamos estar seguros de nada... Dirían, que es imposible saber nada, explicar nada, de una partícula que se mueve a 8.000 Km por segundo y en diferentes direcciones... *Einstein* rechazó esa corriente de opinión, con su célebre frase: "Él (Dios) no juega a los dados". *Schrödinger*, con su paradoja del "gato" (colapso de la función de onda) expresó irónicamente el grado de incertidumbre e indeterminación absoluto introducido por *Bohr* y *Heisenberg*. En la física de los cuantos, se había dicho: "hay tal o cual probabilidad de que una partícula sea así o así y tenga estas o aquellas propiedades". Pero había más; la aparición del concepto **campo** sumado al concepto materia, ya existente, permitían sentar bases, aunque falsas, para el establecimiento de una teoría dualista. Tan es así, que *Bohr*, *Heisenberg* y físicos como *Pauli* y *Jordan* (*****), a los que se unió *Born*, llegaron a pensar que con la formulación de la cuántica se había creado un cierto espacio al espiritualismo y a la parapsicología... *Heisenberg* llegó a decir: "la vida es un misterio..., después de la experiencia de la física moderna nuestra actitud hacia conceptos tales como los de inteligencia, alma humana, o vida o Dios, serán diferentes de los del siglo XIX...". Sobre éste último, *Isaac Asimov* (1920-1992) escribió: "*planteó una cuestión que proyectó las partículas, y la propia física, prácticamente al reino de lo incognoscible*". Se denominó "escuela de Copenhague", al grupo

acorde con la teoría de *Bohr* (*Heisenberg, Born, Jordan*) que construiría en 1925 la **mecánica de matrices**, dando por hecho la discontinuidad absoluta de los procesos físicos y del electrón, y en abierta discrepancia incluso con *Schrödinger* quien, adoptando la dualidad establecida por *de Broglie* en 1924, daría a conocer en 1926 su formulación de la mecánica ondulatoria: forma diferente de un mismo esquema conceptual: la mecánica cuántica.

(*) "**Incertidumbre e indeterminación**" (*Heisenberg* 1927). El "principio de incertidumbre" estipula que es imposible atribuir a una partícula subatómica en un instante dado una posición y una velocidad determinadas. El "principio de indeterminación" se refiere, siendo similar el término, más a la naturaleza de la partícula que a la imperfección de la medición.

(**) "**Complementariedad**" significa para *Bohr* (1927) poner punto final al dualismo onda-corpúsculo, Interpretando ambos aspectos como dos representaciones "complementarias" de una sola y misma realidad. Años más tarde (1967), *Mario Bunge* (1919), materialista cuántico, propondría sustituir partícula por "cuanto", para diferenciar la cosa corpórea.

(***) "**Probabilidad**": como ahora la partícula ya no es más un "punto material", sino que es un paquete de ondas (probabilistas), ya no es posible asignarles una posición determinada; lo único que se puede hacer es evaluar las posibilidades de encontrarla en una determinada porción de espacio. Se diría que la probabilidad es el resultado de omitir de nuestra descripción las variables -ocultas- que determinarían por completo el movimiento de un objeto.

(****) **Relación de causa y efecto, causalidad**: Para el materialismo marxista no sería tanto el reconocimiento de las leyes de la naturaleza, que son reconocidas por idealistas y materialistas, como reconocer la primacía de la naturaleza sobre la voluntad y la conciencia del hombre. El principio de incertidumbre ejerció una influencia directa sobre la cuestión filosófica de "causalidad". Para unos, la ciencia no sabría nunca hacia donde se dirige; el conocimiento científico estaría siempre a merced de los caprichos imprevisibles del universo donde el efecto no sigue necesariamente a la causa. Para otros, la ciencia podía recurrir a leyes que las moléculas suelen acatar (caso de los gases) siendo su conducta previsible sobre una base estadística.

(*****) Para *Jordan* "la naturaleza de la mecánica cuántica permitía considerar la vida y la conciencia como algo primario, que no puede explicarse mediante las leyes científicas", algo parecido a la opinión de *Heisenberg*, para quien la vida es un misterio que ninguna ley física puede explicar por completo...

Minkowski, Hermann (1864-1909) escribió: "De aquí en adelante los conceptos de espacio, por sí mismo, y de tiempo, por sí mismo, están condicionados a desaparecer y transformarse en unas sombras pálidas y sólo la unión singular de estos dos conceptos conservará una realidad independiente". Ganado por las ideas de *Einstein*, intuyó la insuficiencia del espacio tridimensional euclidiano y la necesidad de establecer un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, en el que la cuarta es imaginaria y viene dada por el producto del tiempo por la velocidad de la luz. (*Poincaré* formuló estas ideas en 1906 y *Einstein* reconoció la influencia de *Minkowski* en el desarrollo de la teoría de la relatividad). Planteó que la velocidad de la luz en un medio móvil no es igual a la suma de ésta más la del propio medio.

Marie Sklodowska-Curie (1867-1934)

“(…) Es más como magia”, escribe *Kelvin* a *Stokes* el 25 de febrero de 1897. Se está refiriendo a unas sales radiactivas, descubiertas: “he visto con mis propios ojos su eficacia descargando un conductor electrificado. Ciertamente que *M. H. Klaproth* (1743-1817) había bautizado en 1789 con el nombre de *Uranio*, tomado del planeta *Urano*, una sustancia encontrada en unas muestra de *pechblenda* (*pech*, en alemán, *brea*, y *blenda*, *mineral*) Años después, *Henri Becquerel*, que se había interesado por la fluorescencia y su aunque lejano parecido con los rayos X de *Röntgen*, recurrió al *uranio* (utilizado en las porcelanas por los intensos colores de sus óxidos y sales) en busca de la clase de radiación que perseguía. Expuso al Sol la sustancia



fluorescente, situada sobre un envoltorio de papel negro conteniendo una placa fotográfica y una moneda agujereada que apareció después en el negativo. Lo sorprendente fue (1896) que en ausencia de la luz solar, el compuesto de *uranio* emitió una radiación capaz de impresionar la placa. *Becquerel* creyó que el fenómeno era producido por movimientos vibratorios: “radiaciones armónicas luminosas”, de pequeñas longitudes de onda, que era decir, de gran poder de penetración, como las observadas en los rayos X. Para él fue “el primer ejemplo de un metal que exhibe un fenómeno del tipo de una fosforescencia invisible”. El asunto interesó también en sobre manera a *Ferdinand F. H. Moissan* (1852-1907). Pero sería una mujer de origen polaco, *Marie Skłodowska*, quien continuaría con particular empeño el estudio de las nuevas propiedades descubierta en el *uranio*, la *radiactividad*, término que introdujo ella en el mundo de la física.

Marie Skłodowska-Curie, progresista y anticlerical, participa en actividades clandestinas de movimientos universitarios contra la Rusia zarista. Con dieciséis años, deja la casa paterna y trabaja como institutriz para superar el bache creado en la familia con el despido de su padre, subinspector de un colegio, acusado de tener sentimientos nacionalistas.

De vuelta a Varsovia (1889) *Marie* se marcha a París: “la ciudad de la libertad y la ciencia”. En la Sorbona sería una de las pocas mujeres entre miles de hombres. Obtiene la *licence ès sciences*, siendo la primera de su curso. Logra la *licence ès mathématiques*, y conoce y se casa con *Pierre Curie*, licenciado en física en la Sorbona hijo de un republicano, socialista y radical anticlerical. *Pierre* había estudiado con su hermano *Jacques* la aparición de cargas eléctricas en la superficie de ciertos cristales sometidos a presión (piezoelectricidad).

“Mi marido y yo -escribió *Marie*- estábamos muy excitados por este nuevo descubrimiento (se refiere a las sales del raro metal uranio), y decidí emprender un estudio especial sobre él... Mis determinaciones demostraron que la emisión de rayos es una propiedad atómica del uranio”. Trabajaban en un húmedo y frío cobertizo de la Escuela Municipal de Física, estudiando la radiactividad del uranio. Examinaron metales, sales, óxidos y minerales ligeramente radiactivos, pero los más activos resultaron ser el uranio y el torio, “que son los que poseen los mayores pesos atómicos”. Después observaron que en la pechblenda y la chalcólita la radiactividad era mayor que en el propio uranio. Finalmente, utilizando el electrómetro piezoeléctrico consiguieron descubrir (1898) el polonio (400 veces más radiactivo que el uranio) y meses después el radio, mucho más activo que el polonio. Trabajaron con 100 gramos de pechblenda machacados en un almirez, después lo harían con toneladas. Con varias de éstas pudieron separar 100 miligramos de radio (tarda 1.600 años en disminuir a la mitad su actividad. El polonio, 138 días. El uranio, 4.500 millones de años). ¿Qué era la radiación? El tipo de radiación, “rayos gamma”, se mostraría más penetrante y de mayor energía que los rayos X. El fenómeno era una versión moderna de la transmutación. En 1905 se dio un primer paso hacia la resolución. *Einstein* concluiría que energía y materia están relacionadas en la célebre expresión $E = mc^2$. En 1903, *Marie Curie* presentó un resumen de su trabajo como tesis al vez la mejor tesis de la historia de la ciencia. Ello le supuso no sólo uno, sino dos premios Nobel. *Marie* y su marido, juntos con *Becquerel*, recibieron, en 1903, el de Física. Y en 1911 -*Pierre* había muerto accidentalmente-, *Marie* fue galardonada con el de Química. Ante la oportunidad de patentar el tratamiento de la pechblenda y asegurarse unos beneficios, *Marie* declaró el acto contrario el espíritu científico. Rechazó una pensión.

En 1906 fue la primera mujer a quien el Consejo de Facultad de ciencias le otorgó una cátedra. 35 años manejando el radio, muchas veces sin otro alimento que té con pan y mantequilla, hasta quedarse anémica y en extremo debilitada, muere a los 67 años víctima de un ataque de gripe.

El período histórico, de la aparición de la cuántica coincidió con los años siguientes a la 1ª guerra mundial (1914-1918)

El 14 de noviembre de 1918, tres días después de la firma del armisticio, *Max Planck*, que había firmado un "Llamamiento" en octubre de 1914 justificando la invasión germana de Bélgica, contrario al llamamiento que prohibieron a *Einstein* instando a levantarse contra las armas, abrió la sesión de la Academia Prusiana de Ciencias proclamando: "Cuando nuestros enemigos han quitado a nuestra patria toda defensa y poder... existe una cosa que nadie pudo quitarnos: la posición que la ciencia alemana ocupa en el mundo" (a Alemania le precedieron en el liderazgo científico mundial Francia y Gran Bretaña, pero esto cambió a partir de 1900). La firma del armisticio se había visto precedida de acontecimientos pro-paz sociales y políticos, tales como el de la rebelión de la flota de Kiev, la extensión de los consejos de trabajadores y soldados, la abdicación del Kaiser y la entrada por primera vez de socialdemócratas en el gobierno del Reich, que proclamarían la república, constituirían un nuevo Gobierno y firmarían el armisticio el 11 de noviembre de 1918. En enero de 1919, el fascismo asesinaba a *Rosa Luxemburgo* (1871-1919) y a *Karl Liebknecht*. El 31 de julio aprobaban la constitución de la "República de Weimar". Se ahonda la herida de las condiciones impuestas en Versalles y comienza una caída en picado de las condiciones sociales y económicas. La investigación sufrió las consecuencias. *Stefan Meyer*, Director del Instituto del Radio de Viena, escribe a *Rutherford* en 1920: "La llamada paz ha agravado las dificultades. Me temo que no seremos capaces de continuar investigando". En octubre de 1920, 40 académicos germanos crean la Asociación de Emergencia de Ciencia Alemana (NGW) a la que dotó el Reich con una pequeña ayuda y otras que recibirían, extranjeras, japonesas y de EEUU (*Rockefeller* y la *General Electric Company*). *Planck* escribe para un informe lo siguiente: "Precisamente, sin esta ayuda probablemente no hubiesen sido realizados en Alemania los trabajos de *Heisenberg* y *Bohr*"... Después, funcionó una organización, ya existente desde 1913, para "el avance de la investigación físico-técnica", sustentada por individuos, asociaciones e industriales y científicos. Años antes (1918), se había creado un ambiente especialmente influido por el libro de *Oswald Spengler*, "La decadencia de Occidente", que invitaba a renegar de todas "otras concepciones que no sean las antropomórficas... No existe ciencia natural... que pueda ser considerada común a todos los hombres"... Acusaba al positivismo, al mecanicismo y al materialismo de haber conducido a Alemania a la derrota"... Una cierta situación esquizofrénica llevó incluso a desarrollar entre los físicos un movimiento encaminado a abandonar el principio de causalidad, que resumía todo lo que de repudiable tenía la ciencia física, y ello cuando la **acausalidad** estaba todavía demasiado lejos como para ser siquiera intuida. Un físico como *Richard von Mises*, que un año antes ocupó una cátedra de Mecánica en Dresden, pronunció una conferencia titulada "La crisis actual en la mecánica": "Existen dentro de la puramente empírica mecánica fenómenos de movimiento y equilibrio que nunca podrán ser explicados en base a las ecuaciones diferenciales de la mecánica"... *Wilhelm Wien* elaboró en 1921 un "Llamamiento"

para promover apoyos y ayudas: "Encontrándose paralizada la raza germana debido al declive económico, la ciencia alemana se ve amenazada por la destrucción. La investigación física está especialmente en peligro ya que debe conseguir equipos cada vez más caros... No será posible educar para la industria a los físicos... y que solamente pueden ser educados enseñándoles también a investigar". *Walther Nernst*, dirigiéndose a una audiencia académica (1921) opinó que la filosofía había estado tiranizada por las ciencias naturales exactas, "cuyo concepto del principio de causalidad como una ley de la naturaleza absolutamente rigurosa aprisionaba a la mente como una **gota malaya**"... Sin embargo, *Einstein* y *Planck* no veían las cosas como *Nernst* y *Mises*, que cuestionaban la validez del principio de causalidad, algo que era para *Einstein* y *Planck* como cuestionar la propia física... Muchos se han preguntado después, en qué extraña medida estos acontecimientos pudieron conducir, por absurdo que parezca, a la interpretación probabilística de la mecánica cuántica a la que se llegó en 1925-1926... Podría pensarse en los factores externos que surgieron en la República de Weimar y que rechazaban el valor de conceptos como el de la causalidad. Lo único constatable es que la situación de crisis política y económica provocó otra crisis, esta vez social, cultural, de valores... Y que los científicos no pudieron ser inmunes a semejante virus. Pocos años más tarde (1925), *Fritz Haber*, después de reconocer que los científicos alemanes ya no se sentaban entre los directores del mundo, sostenía el derecho de contar entre quienes tenían derecho a ser reconocidos entre las naciones principales. En Junio de 1925, *H. A. Lorentz* presentaba en la Academia de Ciencias de Dinamarca la propuesta de anular la prohibición de admitir a las potencias centrales. En ese momento todavía no habían llegado a Europa las teorías del estadounidense *Arthur Holly Compton*.

Nernst, Walther H. (1864-1941) formuló la tercera ley de la termodinámica, postulando que si durante una reacción química el calor es absorbido, la tasa de absorción disminuye con la temperatura y es nula para el cero absoluto: "las entropías se anulan en el cero absoluto"... Su libro de texto "*Theoretische Chemie*" (1893), donde se establece por primera vez la física-química, fue usado durante más de 30 años. En 1903 predijo la existencia de una partícula masiva y neutra, a la que dio el nombre de **neutrón**. Inventó la llamada *lámpara de Nernst*, cuyo filamento de óxidos de circonio e itrio se hace conductor al calentarse, pudiendo alcanzar los 1000° C, empleada como fuente de rayos infrarrojos.

Wien, Wilhelm (1864-1928) investiga sobre la radiación del **cuerpo negro**, desarrolla la "ley de desplazamiento de Wien", que *Planck* sustituiría después por la "ley de radiación de Planck". *Wien*, culmina con *Friedrich Paschen* (1865-1947) la ley según la cual hay una relación inversa entre la longitud de onda en la que se produce el pico de emisión de un cuerpo negro y su temperatura. En 1900, *lord Rayleigh* propondría una segunda ley: "la potencia de radiación es proporcional a la temperatura absoluta", es decir, la radiación es tanto más intensa cuanto más corta es la longitud de onda. Pero

resultó que aplicada en las longitudes de onda más pequeñas, daba valores casi infinitos... *Paul Ehrenfest*, como veremos después, bautizó el fracaso con el nombre de **"catástrofe ultravioleta"**, problema que salvó *Planck* con su propuesta revolucionaria de la *constante*, y el *cuanto* que obligaba a replantearse la continuidad o discontinuidad física de la materia.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX se habían hecho descubrimientos que trajeron consigo transformaciones nuevas, profundas y revolucionarias en la física.

En la segunda mitad del XIX se aceleró la dimensión internacionalista de la ciencia, cuando el nacionalismo político se estaba intensificando y la ciencia se ofrecía de valor útil para los Estados. Francia defendía un sistema métrico único. Se creó el *Bureau des Poids et Mesures*. La industria de la electricidad y la comunicación pugnaban entre 1880/90 por un sistema común de unidades eléctricas. *Thompson, Kelvin*, jugaba un papel destacado en los debates con alemanes. En 1876 se había creado la "Asociación Internacional de Hombres de Ciencia" y otras de carácter específico (Geodesia, Ciencias Matemáticas, Pesos Atómicos, Fotometría, Sismología, Investigaciones Solares, Radio). En 1901, la Institución Nobel (*Alfred Nobel*: 1831-1896). En 1911, *Ernest Solvay* (1838-1922) sufragó el primer Consejo Solvay.

Se había descubierto el fenómeno de la radiactividad y la desintegración de átomos pesados, como asimismo la existencia del electrón, que acabó con la inmutabilidad del átomo... Se había demostrado que la **masa** podía variar en función de la velocidad; quedaba patente la profunda conexión recíproca interna de la masa y del movimiento, velocidad. Empero, la demostración misma de que en la radiación se ponían de manifiesto propiedades tanto ondulatorias como corpusculares, planteó en forma nueva el problema de lo continuo y lo discontinuo, y de su interconexión. Agarrados a esto, repetimos, un grupo de idealistas, titulándose "físicos" -*Mach* y sus partidarios, *Poincaré* en Francia, *Duhem* en Bélgica, *Pearson* y *Poynting* en Inglaterra- pusieron el grito en el cielo; comenzaron a considerar los nuevos descubrimientos como una "hecatombe general de los principios" de la física, preocupados por la dependencia entre la masa del electrón y su velocidad (40 mil billones de km por segundo), así como por la "quiebra de la conservación de la masa", por la "quiebra del principio de la conservación de la energía" y por la, según ellos, desmaterialización o desaparición de la materia... Y, sin embargo, todo significaba lo contrario: que desaparecían el límite de los conocimientos y las barreras infranqueables, empezando a hacer ver la unidad dialéctica de la materia. En este sentido, correspondió a *Vladimiro Ilitch Lenin* (*) argumentar desde bases científicas cómo los nuevos descubrimientos eran casualmente "testimonio de los éxitos gigantescos de los conocimientos científicos y de la dialéctica del tránsito entre los siglos XIX y XX, y no de ninguna manera una "hecatombe" resultante de la catástrofe de las anteriores teorías de la física"... Con la aparición de la mecánica cuántica ("que terminaría siendo síntesis de lo continuo y lo discontinuo") y de la teoría de la relatividad, los idealistas de turno pretendieron incluso identificar el materialismo dialéctico (**) con la concepción

cuántico-mecánica de la "Escuela de Copenhague" y con los primeros puntos de vista idealistas de *Einstein*: "La materia es la síntesis de espacio y tiempo". Para mayor escarnio se dedicaban a adulterar la verdad al afirmar que el sujeto y el objeto adquieren "verdadera realidad" únicamente durante el proceso de interacción, fundamento de la tesis de *Mach*, cuya finalidad no era otra que negar la realidad objetiva.

(*) **Lenin** se planteó la tarea de explicar y defender la filosofía marxista frente a la denominada filosofía de la "experiencia crítica", el empiriocriticismo o machismo, una variedad del positivismo, que pretendía jugar el papel de "única filosofía científica", en esencia idealista, subjetiva y reaccionaria, en la que algunos socialdemócratas vieron la última palabra de la ciencia llamada a sustituir la filosofía dialéctica del marxismo.

(**) **El materialismo dialéctico**: La expresión la utilizó por primera vez G. V. *Plejánov* (1856-1918) en 1891. "La esencia del materialismo dialéctico -escribe V. A. *Fock*, físico de prestigio internacional- es precisamente la combinación de un punto de vista dialéctico y de la aceptación de la objetividad del mundo exterior". Como método de análisis propio de una nueva concepción del mundo, es obra de *Carlos Marx* y *Federico Engels*. Hunde sus raíces en la historia del pensamiento; pretende ser una guía para el análisis y transformación de la sociedad; un método para la interpretación científica de las leyes del desarrollo de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento y la concepción del mundo. Como filosofía de la ciencia, advierte sobre el carácter aproximado, relativo, de toda tesis científica acerca de la estructura de la materia y de sus propiedades. Cada teoría científica -escribe *Lenin*- no nos da a conocer la verdad objetiva en forma completa, de una vez, de modo absoluto, sino de modo relativo e incompleto. La dialéctica, en particular, explica los cambios al mostrar que nacen de las tensiones y de los conflictos engendrados, unos en el interior mismo de los procesos habituales y otros en la relación con los procesos del entorno. El materialismo dialéctico sitúa como centro teórico la enérgica actividad transformadora práctica del hombre. Estudia la interacción del sujeto cognoscente con el objeto, y la interdependencia e influencia recíprocas resultantes. Observa el curso "de la contemplación viva al pensamiento y de éste a la práctica" como forma suprema del conocimiento. Tal es la virtud del método, que su observancia, la aplicación misma de la visión dialéctica al propio instrumento como tal, exige la necesidad de revisar su "forma", sobre todo, sus proposiciones relativas a las ciencias de la naturaleza. Pues -como dijera *Lenin*-, "a cada descubrimiento que hace época, incluso en el campo de las ciencias naturales, el materialismo debe cambiar inevitablemente de forma", sin dejar por eso de conservar lo esencial, el tipo de materialismo dialéctico.

Sommerfeld, Arnold (1868-1951), un científico sin el cual -se dice- es imposible escribir la historia de la física cuántica. Estudió los rayos X y la propagación de las ondas electromagnéticas. Supera la concepción corpuscular y explica que un electrón se desplaza a la manera de una onda, para la cual los átomos dejan de ser un obstáculo, postulando finalmente que sólo puede haber un electrón en un determinado estado de movimiento (asociado a una cierta onda): los demás electrones -dice- son excluidos de dicho estado. Estaba convencido de que los datos espectroscópicos eran esenciales para una explicación teórica del universo atómico: "el problema

-escribe- estaría resuelto cuando los físicos hubiesen aprendido a comprender el lenguaje de los **espectros ópticos (*)**, la verdadera “música de las esferas” dentro del átomo”. Desarrolla el modelo de átomo de *Bohr*, e introduce dos nuevos números cuánticos *l* y *m*, relacionados con su propuesta de la órbita elíptica, además del número cuántico *n* propuesto por *Bohr*. Los cuantos, escribe, “pueden determinar la posición de las órbitas en el espacio... esta cuantización espacial es uno de los resultados más sorprendentes de la teoría cuántica”. Si bien, ésta, referida al modelo atómico de Bohr-Sommerfeld, aún se mantendría incompleta, favorecida solamente por la expresión relativista de la variación de masa y un supuesto **momento angular**, que no sería tal, todavía, hasta que el **spin** sentase las bases de la “nueva teoría cuántica” (cuántico-relativista).

Sommerfeld escribe una obra matemática monumental (más de mil páginas: “Teoría de la peonza”, 1897-1910). Es a través de él, ciertamente, que más se conoce a *Miguel Antonio Catalán* (1894-1957), aragonés (**), con quien mantuvo relaciones estrechas y a quien, confidencialmente, *Karl Bechert* (1901-1981), colaborador de *Sommerfeld*, le escribe: “Apareció la primera parte de la quinta edición del libro de *Sommerfeld*, me costó casi dos años de trabajo y el resumen para mí: dos líneas en el prefacio, y la verdad es que casi todas las cosas que han cambiado en la nueva edición se las he enseñado y después él escribió el texto que yo tenía que releer para que desapareciesen todos los errores de derivación etc”... Algo similar le sucedería con *Michelson* y *Morley*, quienes habían establecido (1887) la denominada “estructura fina” del hidrógeno, relacionada más con la relatividad que con el modelo cuántico de *Bohr*, pero que llevó a hacer creer que en la teoría de *Sommerfeld* sobre la “estructura fina” (***) había una razón para aceptar la teoría cuántica de los átomos...El 2 de abril de 1912, *Sommerfeld* se opone a que *Walter Friedrich* y *Paul Knipping* (****) experimenten una propuesta de *Laue*: comprobar si la longitud de onda de los rayos X se adaptaba a la estructura espacial de los cristales, cosa que se pudo verificar irradiando con rayos X un cristal de sulfato de cobre y obteniendo puntos negros distribuidos periódicamente en una placa fotográfica colocada detrás del cristal. La confirmación e interpretación matemática del fenómeno, que por otro lado se remontaba a la teoría de la difracción del retículo óptico que aplicara *Schwerd* en 1835, obligó a *Sommerfeld* a reconocer “la brillantez” de la idea de *Laue*: “está tan felizmente adaptada a la longitud de onda de la radiación *Röntgen*, como la estructura de la rejillas de *Rowland* estaba adaptada a la longitud de onda de la luz”... Algo parecido le ocurrió también con *William Wilson* (1887-1948), quien acusó a *Sommerfeld* de silenciar su publicación sobre “las condiciones cuánticas para sistemas con varios grados de libertad”, en su famoso “*Atombau*”..., la “Biblia” de los espectroscopistas y de la vieja cuántica. *Sommerfeld* lo admitió: “Tiene usted razón que debería haber citado sus artículos de 1915.”. Sin embargo, se vio favorecido con propuestas que le ayudaron, algunas tan consistentes como la de *Moseley* (1913) quien, conociendo lo propuesto por *A.J. van den Broek* (1870-1926) de que el número de electrones es igual a la mitad del peso atómico, había establecido que “los espectros de los rayos X provienen de los

anillos más internos", y otras como la de *Walter Kossel* (1888-1956), quien sostenía en 1914 que los rayos X se originan cuando el electrón transita desde una capa interna a otra externa. En 1920 encargó a *Heisenberg* estudiar el "efecto Zeeman anómalo" (****) Éste le propuso la idea de que podían explicarse asignando a los estados estacionarios números cuánticos internos semienteros, $1/2$, $3/2$, $5/2$, lo que sorprendió a *Sommerfeld* que la declaró como "algo absolutamente imposible", en cuanto equivalía a dividir los cuantos de energía.

(*) **Espectros** ópticos: se llama espectro de la luz al conjunto de colores que se observa cuando la luz del Sol atraviesa un prisma... Todos los cuerpos, si se les calienta o se les comunica energía, emiten luz, y a su vez son capaces de absorber, en condiciones normales, luz de idénticas características que la emitida.

(**) *Miguel Antonio Catalán*, mientras estudiaba las posibles interpretaciones del espectro del manganeso, y "hacía progresos en los espectros de los astros", descubrió los multipletes. *Catalán* pensó que "mediante la observación de las líneas *espectroscópicas* y en particular de los multipletes (más de tres líneas; términos de 5, 6 ó 7 niveles, combinados a su vez para conformar grupos de 9 a 15 líneas), se podía llegar al descubrimiento de los niveles de energía atómicos"... Demostró que grupos formados por numerosas líneas distribuidas sin aparente regularidad en el espectro pueden tener un origen físico común. De hecho, su introducción en el estudio constituyó un paso importante en el desarrollo de la teoría cuántica (y de la **astrofísica**). En 1926 asistiríamos a la edad de oro de la **espectroscopia**.

(***) La denominada "**estructura fina**" del espectro del hidrógeno, que había sido establecida por *Michelson* y *Morley*, permitió a *Sommerfeld* atribuirse la introducción de la relatividad especial en la formulación de *Bohr* de 1913. Establecía el grado de libertad electrónico en las órbitas del átomo, admitiendo la influencia relativista de la masa con la velocidad, que al cambiar la posición de afelios y perihelios (referidos a *Kepler* y al planeta Mercurio), dejaba abiertas las **órbitas elípticas**, permitiendo pensar que la energía del electrón no dependiese ahora de la suma de los números cuánticos **n** y **m**. "Por esta razón -escribiría *Sommerfeld*- la separación en las rayas espectrales es sólo leve y únicamente se puede detectar por los medios espectroscópicos más refinados" (se trataba de la susodicha "estructura fina")

(****) *Walter Friedrich* y *Paul Knipping* pretendían experimentar lo que había propuesto *Max von Laue*: comprobar si la estructura espacial de los cristales está adaptada a la longitud de onda de los rayos X... De ser así se debían producir interferencias. Y midiendo distancias entre los máximos de intensidad en el diagrama e interferencias, se podría calcular la longitud de onda de los rayos X. Por entonces, señala *Paul Forman*, estaba aceptado que un cristal estaba formado por moléculas o átomos distribuidos a lo largo y ancho de una red espacial. La idea de *Laue* tuvo consecuencias importantes para el estudio de la materia... La posibilidad de distinguir entre los diferentes átomos sugería que la difusión de los rayos X varía entre los diferentes elementos químicos (es proporcional al número de electrones que contiene). Pero el método de *Laue* resultó inadecuado, debido a que utilizaba el espectro continuo de rayos X, es decir, rayos de diferentes longitudes de onda. Una solución surgió de la colaboración de *William Henry Bragg* y *William Lawrence Bragg*, padre e hijo. Encontraron que cada metal utilizado en el tubo de rayos X como fuente de

radiación daba un espectro de rayos X característico de longitudes de ondas definidas. Así, se podían examinar las diversas caras de un cristal sucesivamente, y midiendo los ángulos y la intensidad con que esas caras reflejan los rayos X, se puede deducir la forma en que los átomos se encuentran distribuidos en capas paralelas a estas caras.

(****) "**Efecto Zeeman**", *Pieter Zeeman*. Investigando el efecto de un campo magnético en las líneas espectrales, con un electroimán Ruhmkorff y una red de difracción Rowland, encontró que bajo la influencia de un campo del orden de 32000 gauss, una línea del espectro del cadmio se dividía en dos en observaciones longitudinales y en tres en las transversales. **Anómalo**: la mayoría de las rayas espectrales han mostrado los dobletes y tripletes que exige la teoría elemental. Numerosas excepciones, entre ellas la de la raya D del sodio, hace ver, no un triplete sino un cuádruplete, estando desdoblada en dos rayas la componente central del triplete ordinario. Algunas veces el nº de componentes es todavía más considerable. *Alfred Landé* (1888-1975) para explicar el "efecto anómalo" dedujo de los datos espectroscópicos experimentales los valores numéricos del factor **g** que había de asociar a cada nivel energético del átomo.

Millikan, Robert Andrews (1868-1953) demostró que los "rayos cósmicos" (*) son de origen externo, probablemente extragaláctico. Calculó la carga eléctrica elemental, o carga del electrón, observando la velocidad controlada de caída de finísimas gotas de aceite entre dos placas horizontales conectadas a una batería. Como cada gotita se cargaba de **electricidad (**) estática**, se podía controlar la velocidad de su descenso alterando el voltaje de las placas. Llegó a la conclusión (1912) de que la carga sólo podía asumir determinados valores fijos. El más pequeño era la carga del electrón. En 1915 estudia experimentalmente la energía cinética de los electrones emitidos por un metal iluminado por irradiaciones monocromáticas diferentes y ¡confirma la hipótesis de *Einstein*!, cuyo valor numérico es idéntico al de la constante de *Planck*. Es decir, la luz está formada por "granos" de energía, "fotones" (como se llamarían a partir de 1923). Hasta entonces, desde *Huygens* en el XVII, se conjeturaba que la luz era un fenómeno ondulatorio análogo al de las ondas en el agua, comprobado por *Fresnel* al explicar las interferencias y el hecho de que dos rayos pudiesen atravesarse sin deformarse ni desviar sus trayectorias.

(*) "**Rayos**" cósmicos, galácticos y solares. En 1911 y 1912, *V. F. Hes*, con ayuda de globos y del "electroscopio" ideado en 1706 por *Hauksbee*, registró unos "misteriosos" rayos, que *Millikan* llamó "**rayos cósmicos**", del espacio, radiaciones electromagnéticas. *Compton* los registró como un flujo de partículas cargadas que se curvaban bajo la acción del campo magnético de la Tierra, partículas elementales formadas fundamentalmente de **protones**, e incluso núcleos atómicos ionizados muy energéticos que atravesaban planchas de plomo de varios centímetros. En 1942 se asoció su naturaleza con las protuberancias solares. Como fuente energética se puede concebir el aniquilamiento mutuo entre núcleos pesados. Otra posibilidad, sugeriría *Fermi*, era que alguna fuerza existente en el espacio acelerara las partículas cósmicas procedentes de grandes explosiones, actuando sobre ellas como gigantescos sincrotrones. Realmente inundan el espacio y bombardean sistemáticamente la Tierra. Son causa de **mutaciones en los seres vivos**, al inducir cambios en el ADN, que luego prosperan o no en los descendientes del animal o la planta tocados. ¿De dónde

proceden y cómo se forman? ¿En nuestro Sol, en un astro más distante, en la Galaxia, incluso en una supernova, un púlsar o un cuásar, en los agujeros negros, provienen de las cuerdas cósmicas? A comienzos del 2006, esos interrogantes seguían sin resolver todavía. Para estudiarlos inauguraron un observatorio astrofísico con 1600 detectores, en la Pampa Amarilla de Argentina. De los rayos cósmicos sólo se pueden detectar las sucesivas **cascadas** de partículas que generan cuando chocan a velocidades próximas a las de la luz con las partículas de la atmósfera, emitiendo radiaciones ultravioleta. *Pierre Victor Auger* (1899-1993) descubrió en 1938 el fenómeno de las cascadas.

(**) **Electricidad**: fenómeno que se manifiesta por atracciones y repulsiones. Desde 1880 se sabe que la luz procede de las oscilaciones de electrones; que los átomos pueden **perder** o **ganar** electrones, y se electrizan (si se mantienen aislados) de forma positiva cuando pierden y negativa cuando ganan. Frotando un trapo de **lana** y una varilla de **crystal**, los electrones pasan del cristal a la lana, el cristal se electriza de forma (+) y la lana de forma (-). Si lo hacemos con **ámbar** (*élektron*), el traslado de electrones va de la lana al ámbar; el ámbar se electriza de modo (-) y de forma (+) la lana. Las **cargas** eléctricas (+) y (-) en movimiento crean el **magnetismo**, los **imanes** con sus polos inseparables.

Duperier Vallesa, Arturo (1868-1859). Investigador español, estudioso de los "**rayos cósmicos**", constituye una importante aportación a la física. En la revista "El Catoblepas" (nº 26, 4/2004) *José María Laso Prieto* (1926-2009) destacó la laboriosidad de *Arturo Duperier*, señalándola sobresaliente, como la de *Enrique Moles* (1883-1953), dedicado a la determinación de los pesos atómicos y los volúmenes moleculares... Ambos, trabajadores científicos de una pléyade memorable, de la España Republicana que sufrió persecuciones, cárceles, pérdida de vida y exilios durante la dictadura franquista, dignos de recordar, como *Odon de Buen*, *Blas Cabrera*, *Pedro Carrasco*, *Martínez Risco*, *Pérez Vitoria*, *García Banus*, *Miguel Catalán*, *G. Jiménez*, *Carboner*, *Alcaraz*, *Santaló*, *Busch*, *Bolívar*, *Alvarez* y otros muchos más que merecerían citarse.

Boltwood, Bertran Borden (1870-1927) Postula en 1907 que el calor de la Tierra provenía de la desintegración de elementos radiactivos (*), causa de que el tiempo de vida del planeta fuese de miles de millones, frente a los 98 calculados por *Kelvin*. Plantea un nuevo modelo cosmológico que tiene como base el teorema de la incompletitud de Gödel

(*) En 1907 se afirmó la precisión de las edades geológicas basadas en la radiactividad. En 1950 perfeccionarían la datación ($U^{238} > Pb^{206}$ en 4,5 millones de años / $U^{235} > Pb^{207}$ en 704 / $Th^{232} > Pb^{208}$ en 14.000 millones de años).

Rutherford, Ernest James (1871-1937) dio luz al nacimiento del **átomo nuclear**, y con ello al descubrimiento de la naturaleza de la materia. Hasta ese momento, lo más que se aceptaba es que cada átomo estaba formado por miríadas de fragmentos masivos con cargas positivas y negativas. Existía la experiencia de *Lenard*, sus *dinamidas* (*), estaba el modelo de *J. J. Thompson*, inspirado en el del "pastel de pasas" de *Kelvin*. Otro modelo era el que el propio *Rutherford* proponía: una esfera homogénea con una capa positiva y en su interior las cargas negativas situadas de modo parecido a las pipas de una calabaza...*Kelvin* y *Nagaoka* (**) venían intentado colocar adecuada y

formalmente las cargas opuestas, distribuyendo las posiciones de los electrones u órbitas en una forma estable, de manera que no originasen una dispersión o colapso de toda la estructura... Pero no daban con la estructura correcta... Dominaba la imagen de un átomo con una masa esférica de electricidad positiva uniformemente distribuida... Mientras tanto, *Rutherford* y *Soddy* habían precisado y dado nombre a las partículas o rayos **alfa** y **beta** (***) y observado que cada elemento radiactivo tiene su propio ritmo de emisiones. De tal manera, que *Rutherford* invitó a *H. Geiger* y *E. Marsden* a bombardear con partículas **alfa** una hoja de oro estructurada por 10 capas de átomos. *Geiger* y *Marsden* terminaron observando que, aunque en muy rara ocasión, las radiaciones tropezaban con algún centro duro... Poco después, confirmaron que alguno de los proyectiles (rayos alfa) era desviado tan fuertemente que casi se invertían sus trayectorias. "Llegué a la conclusión -escribe *Rutherford*- de que el retroceso debía ser el resultado de una simple colisión... Fue entonces cuando tuve la idea del átomo formado por un núcleo masivo como centro y con carga"... Resultaría ser el "**núcleo atómico**": ¡una cienmilésima del volumen del átomo!, alrededor del cual giraban los electrones. Se trataba de un descubrimiento desconcertante: ¡los átomos de los que está formada toda materia son en casi su totalidad **espacio vacío**!... A la vez, identificó y dio nombre a una nueva partícula o radiación, el **protón**, que, con el **neutrón** (****), formaba parte del átomo. Había dado luz al nacimiento del **átomo nuclear**. Quedaba lejos el átomo que concibiera años antes..., algo así como un grumo difuso de electricidad.

Pero, no terminó ahí la cosa. Imaginó a los átomos de modo parecido a un sistema planetario, con un pequeño y pesado núcleo cargado positivamente y circundado por un electrón con carga negativa. El modelo permitía hacer una analogía entre el microcosmos del átomo y el macrocosmos del universo, formado éste por estrellas con sus planetas girando en derredor. Sin embargo, tenía un problema; de acuerdo con la mecánica clásica este átomo era inestable, el giro de los electrones le haría perder energía en forma de una radiación electromagnética que iría haciendo menores sus órbitas y colapsaría. La gravedad denunciaba que "el electrón debía caer sobre el núcleo"... aunque en realidad esto no ocurría... Fue aquí donde intervino *Bohr* (****)... Puesto a revisar el modelo, sin perder de vista la objeción hecha por *Planck* (*Planck* mantenía que debía haber discontinuidad "cuántica" en la emisión de energía), pudo precisar que el electrón, para irradiar un fotón o absorber energía, debe aumentar o disminuir su órbita. Es decir, el electrón puede mantenerse, subir o descender ganando o perdiendo un fotón ("saltos cuánticos"), pero no estar nunca entre dos órbitas o capas del átomo (*****) ni caer por debajo de una llamada "fundamental". *Bohr*, introdujo el primer **número cuántico n** (*****) en el modelo. *Sommerfeld* lo relativizó, introduciendo a su vez la discontinuidad en el seno del átomo, y añadiendo dos números cuánticos más, **l** y **m** , y, *Pauli*, un cuarto, **s** .

En 1919, *Rutherford* había sugerido que estaba a punto de cumplirse el antiguo sueño de los alquimistas, con la "transformación" inducida de la materia. Había llegado a la conclusión de que bombardeando gas de nitrógeno

con partículas *alfa* ocurría una **transmutación** del núcleo de nitrógeno en un isótopo de oxígeno. La proposición iniciaba toda una nueva forma de pensar en física nuclear. La reacción histórica de este proceso, que permitía formular la conversión de hidrógeno en helio, permitiría a su vez calcular las reacciones nucleares en cadena de la bomba atómica y del Sol, donde cuatro núcleos de hidrógeno se convierten en un núcleo de helio en ciclos que incluyen la emisión de energía en diferentes radiaciones. Con la colaboración de *James Chadwick* consiguió transformar el boro en potasio. Tardó en aceptarse, pero al fin se comprobó que la mayoría de los núcleos pueden sufrir transformaciones cuando son bombardeados con partículas *alfa* con energía suficiente para superar la repulsión de las cargas positivas del núcleo. Al mismo tiempo, la explicación de la teoría cuántica de la radiactividad permitió a *Rutherford* saber, aplicando el llamado "método del reloj radiactivo", que la desintegración del torio da lugar al isótopo Pb208 y que los dos isótopos del uranio producen Pb207 y Pb206, y de aquí traducir la edad geológica de la Tierra.

Rutherford escribió; **"No está en la naturaleza de las cosas el que un hombre cualquiera pueda hacer un repentino descubrimiento; la ciencia va paso a paso y todos los hombres dependen del trabajo de sus predecesores... Los científicos no dependen de las ideas de un hombre único, sino del conocimiento combinado de cada uno de ellos"**.

(*) Las **dinamidas** de *Lenard*, fruto de su experiencia, le permitieron pensar, habiendo atravesando con rayos catódicos láminas delgadas, que la red de átomos era porosa...

(**) **Entre los modelos de átomos**, uno era el de *J. J. Thompson*, criticado en 1904 por *Nagaoka*, quien proponía a su vez un núcleo con carga positiva rodeado de cargas negativas como los anillos de Saturno. El átomo propuesto por *J. J. Thomson*, después de su primer modelo (el "pastel de pasas" inspirado en el de *Kelvin*), sólo era estable si se suponía que los electrones estaban dispuestos en anillos con 2 electrones en el más interno, hasta 11 en un segundo anillo, y así sucesivamente.

(***) **Alfa, beta y gamma**, partículas subatómicas o radiaciones corpusculares. *Rutherford*, con *Schrödinger*, *Marie Sklodowska* y *Pierre Curie*, establecieron los tres tipos de emisiones radiactivas, de baja penetración: **alfa** (positivas, nucleones de helio: dos protones + dos neutrones); la emisión va acompañada por la transformación de los elementos químicos), **beta**, atraviesan láminas de aluminio de 1 mm, a 2 m. de distancia (emisión de un electrón, positrón o con captura de un electrón orbital) y **gamma**, sólo los detiene un bloque de plomo de 22 cm de espesor (análogas a los rayos X, normalmente ligadas a los procesos de emisión de protones y neutrones como resultado de transiciones electromagnéticas entre distintos estados cuánticos de un mismo núcleo). Son los fotones más energéticos del espectro electromagnético.

(****) **Neutrón**, predicho por *Rutherford* en 1920, lo descubriría *Chadwick* en 1932. Se consideró en un principio formado por un electrón y un protón. Su alto poder de penetración se lo confiere su carga neutra. Su variación en el núcleo atómico da a éste carácter de isótopo.

(*****) **Bohr**, superando la teoría de *Maxwell-Lorentz*, que de algún modo aceptaba la inestabilidad permanente del modelo atómico dejando margen a pensar que los electrones acabarían por precipitarse sobre el núcleo..., propuso

que los electrones no irradian en sus estados estacionarios, pero era posible la transición entre estados con la consiguiente emisión cuantificada de energía.

(*****) **Capas del átomo:** C. R. *Bury* (1890-1968) sugirió (1921) que el número de electrones en cada capa podía no estar limitado a la cantidad asignada, que una capa podía tener más si no estaba en el exterior. Lo que confirmaría *Bohr* demostrando que las más internas podían absorber más en "subcapas" de niveles de energía ligeramente distintos. Una vez conocida la cantidad de energía necesaria para la separación de un electrón (distinta para cada capa y mayor cuanto más internas), igual a la necesaria para la ocupación, pudieron calcular las capas del átomo (K.L.M.N.O.P.) y explicar la distribución de electrones.

(******) **Número cuántico:** con valores de $\frac{1}{2}$ y $-\frac{1}{2}$, corresponden al **spin** o momento angular intrínseco del electrón, del que permiten caracterizar sus estados en las órbitas del átomo. Obligó a introducirlos la experiencia espectroscópica. En 1924 *Pauli* formularía el "principio de exclusión" o "principio de Pauli", que explica la expansión en las estrellas: dos partículas no pueden tener la misma posición y la misma velocidad (dos electrones en un mismo átomo no pueden tener los mismos **números cuánticos**). Como el spin sólo puede tener dos valores, esto lleva a que en una misma órbita sólo puede haber dos electrones con valores distintos del **espín**. Con este principio quedó clara la distribución orbital de los electrones, expresada en términos estrictamente cuánticos. **Spin:** propiedad de giro de las partículas elementales que abrió camino a la cuántica. Su descubrimiento, aplicado por *Albert Fert* en 1997 en la superindustria de la informática, ha servido para crear cabezas lectoras del disco duro de gran capacidad.

Langmuir, Irving (1871-1937) pudo llevar a cabo en 1916 una demostración práctica de la tendencia de los átomos incompletos a mantener completa su **capa** de electrones y fuertemente cohesionados los átomos. Los electrones pueden ser compartidos o cedidos. De este modo, por ejemplo, el Flúor, el Oxígeno y el Nitrógeno, forman moléculas de átomos. El átomo de carbono, con sólo cuatro electrones en su capa L, compartirá cada uno de ellos con un átomo distinto de hidrógeno, para completar así las capas K de los cuatro átomos de hidrógeno.

Sitter, Willen de (1872-1934), con las ecuaciones de la relatividad general, mostró en 1917 que era posible otra solución en la que se obtiene un universo con una densidad distinta, tan infinitamente pequeña, que podemos hablar de un modelo estático de universo **vacío**, donde el espacio íntimamente ligado al tiempo tiene estructura propia, independientemente de la materia que contenga y está en continua expansión.

Langevin, Paul (1872-1946), materialista consecuente, combatió las interpretaciones idealistas de la Física moderna. Dedicó sus trabajos a la ionización, el magnetismo y la acústica. Tomó parte activa en la elaboración de la teoría de la cuántica y, sobre todo, de la relatividad.

Rey, Abel (1873-1940), materialista espontáneo y positivista, partidario de las posiciones idealistas de *Mach* en la teoría del conocimiento, sostiene que "ni la cantidad de materia ni la cantidad de energía permanecen constantes... Los físicos progresistas -escribe- no tienen ya miedo a la duda que se arroja sobre los principios de la conservación de la masa o de la materia gravitacional. Pues es sabido que ésta permanece constante sólo a velocidades moderadas, inferiores a una décima de la de la luz... Los

electrones son los últimos elementos de toda realidad física. Simples cargas eléctricas, o bien **modificaciones del éter**, simétricamente dispuestas". Los positivistas declaran que la ciencia es por sí misma una filosofía y que no necesita de ninguna otra filosofía; renunciando a una filosofía avanzada caían en manos de los idealistas del pasado como *Hume* y *Berkeley*.

Marconi, Guillermo (1874-1937) aplicó la propagación de las ondas hertzianas para transmitir señales, creyendo que la curvatura de la Tierra no permitiría enviar a más de 30 Km. En 1901, él mismo se sorprendió transmitiendo entre Europa y América, lo que llevó al descubrimiento de la ionosfera (capa electrificada a unos 100 km de altitud)

Slipher, Vesto Melvin (1875-1969) Explica (1915) la velocidad radial de varias nebulosas y de M-31 de Andrómeda. Muestra (1918) que en las Pléyades existen *nebulosas de reflexión*. Fundamenta la expansión y la presencia de polvo interestelar.

Russell, Henry Norris (1877-1957) acepta la teoría de la contracción y propone que el proceso a partir de una "gigante roja" iría reduciendo el tamaño, al mismo tiempo que aumentaba su densidad, alcanzando la mayor temperatura a la mitad de su vida. *Eddington*, que había estimado en 1926 una temperatura en los núcleos de 10^7 grados kelvin, propuso que para mantenerse deben estar en equilibrio la fuerza de gravitación con la fuerza de expansión producida por la presión de los gases y la radiación. Rechazó la idea propuesta en 1935 por *Chandrasekhar* de que "si la masa de una estrella es mayor de 3,2 veces la del Sol acabará colapsando en un agujero negro". *Eddington* había formulado que las estrellas con masas por encima de 50 veces la del Sol son inestables. Antes (1933), había descrito (*) y publicado los modelos de universo propuestos por *Einstein* (en equilibrio), *Friedman* y *Lemaître* (en expansión) y *de Sitter* (en expansión hasta densidad cero). Luego aparecerían los modelos de *T. Gold*, *F. Hoyle*, *H. Bondi*, "estacionarios" y el "oscilante" de *R. Dicke*.

(*) Tengamos en cuenta que por entonces todavía se pensaba que la edad del universo era de algunos miles o millones de años. El problema empezó cuando se abrió paso la idea de una edad de muchos miles de millones de años, en cuyo caso había que explicarse cómo obtenían las estrellas la energía que irradiaban.

Soddy, Frederick (1877-1956) descubrió en 1913 que había elementos con el mismo **número atómico** (*), pero con distinto peso, **masa atómica** (**), a los que llamó **isótopos** (***). *Soddy* y *Rutherford* propusieron la teoría de la desintegración y radiactividad de los átomos. Se había admitido, por fin, que los **átomos** (****) no son simples, los pesados son en sí inestables y espontáneamente pierden por radiación masa y carga y se convierten en otros elementos, al modificarse la composición del **núcleo atómico** (*****) En 1912, *Soddy* confirmó con *Ramsey* la formación del helio.

(*) **Número atómico**: número de orden (Z) de los elementos químicos. Es el número de protones en el núcleo del átomo, igual al de electrones en los átomos neutros. Determina las propiedades químicas y la mayor parte de las físicas.

Número másico (A): suma de neutrones + protones en el núcleo.

(**) **Masa atómica:** antes se denominó **peso**. No representa la masa física del átomo, sino tan sólo un valor comparativo entre átomos neutros. Primero se tomó el H como valor de masa comparativo, después se tomó el O. En 1961 se acordó definir la **umm** (unidad de masa atómica) como 1/12 de la masa del ^{12}C . Como ejemplo, el superíndice del cloro (^{35}Cl) significa que sus átomo son 35 veces mas pesados que 1/12 del átomo ^{12}C .

(***) **Isótopos:** del griego (*isos*) **mismo**, y (*topos*) **lugar**, debido a que ocupan el mismo lugar en la tabla periódica. Átomos con el mismo número de protones, pero con distinto número de neutrones. Son elementos con propiedades químicas muy similares, pueden ser estables o radiactivos. Dos isótopos pueden corresponder al mismo elemento, pero tienen una masa atómica distinta, resultado de la suma de protones y neutrones del núcleo. Ejemplos de notación simbólica: Isótopos del uranio (U), del oxígeno (O) y del helio (He): $^{92}\text{U}^{234}$, $^{92}\text{U}^{235}$, $^{92}\text{U}^{238}$ / $^8\text{O}^{16}$, $^8\text{O}^{17}$, $^8\text{O}^{18}$ / $^2\text{He}^3$ y $^3\text{He}^4$, el superíndice señala la masa atómica, y el subíndice el número atómico (Z), número de protones

(****) **Átomo:** del griego, (*a*) **sin**, y (*tomón*) **corte**, indivisible. *Leucipo*, *Demócrito* y, finalmente, *Epicuro* formularon la **hipótesis materialista del átomo**, de la que más tarde se haría eco *Lucrecio* en su obra "*De rerum natura*". Entre los atomistas más destacados figuran *G. Bruno*, *P. Gassendi*, *R. Boyle*, *J. Newton* y *J. Dalton* que reconoció la prioridad de *Demócrito*. *Avogadro* estableció los "pesos" relativos de los distintos átomos, que había publicado *J. Berzelius* y defendido *S. Cannizzaro* en 1860, primero en base al hidrógeno y finalmente al oxígeno. *D. I. Mendeléiev* y *J. Meyer* ordenaron todos los elementos habidos y por haber en la "tabla periódica". Entre naturales y generados artificialmente estamos por el número 114. El átomo se demostró finalmente divisible, e irradiante, con un núcleo de protones + neutrones y una o varias envolturas de electrones, siendo el más ligero el hidrógeno, con un protón y un electrón. (*****)

Núcleo atómico: parte central del átomo (nucleón) constituida por protones y neutrones. Su masa es 4.10^3 mayor que la de todos los electrones que componen el átomo. La existencia en el núcleo atómico del **neutrón** fue propuesta en 1932 por *James Chadwick* y *D. D. Ivanenko*, complementada con la teoría del protón-neutrón.. En 1949/50, *M. Goepert-Maver* y *H. D. Jense* defendieron el "modelo de capas" propuesto a la vez como no esférico (elipsoidal) por *J. Rainwater* y desarrollado por *Bohr* y *B. Mottelson*. En 1958, *N. N. Bosoliúbón* sugirió la **superfluidez** en el núcleo. En 1965, *E. Fermi* y *A. B. Migdal* presentaron el núcleo fluctuando como un "**líquido cuántico**".

Cabrera, Blas (1878-1945) estudia las propiedades magnéticas de la materia. Forma parte de los físicos españoles perseguidos por la dictadura franquista. Rector de la Universidad de Madrid en 1936 y de la de Verano de Santander hasta su exilio en septiembre, fue obligado a renunciar a su puesto en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, que ocupaba en la capital francesa. *Joan Peset* y *Leopoldo García-Alas*, antiguo rector de la Universidad de Valencia, encabezan la lista de docentes universitarios asesinados por los franquistas en las doce universidades españolas de la época... En 1936, figuraban 600 catedráticos; en 1940, sólo quedaban 380. Había comenzado el gran derrumbe sistémico de la Ciencia: el llamado Consejo Superior de Investigaciones Científicas designado por los vencedores, se aprestó a poner en marcha en 1939 -volvemos a señalarlo- la sección de "Mariología" para la determinación de la doctrina acerca de María, madre de Dios.

"Manhattan Engineer District"

1938-1939. Dos jóvenes investigadores, *Otto Hahn* (*) y *Fritz Strassman* (1902-1980), sin poder ni por asomo imaginarse el resultado final de sus experimentos, empezaron a bombardear uranio con neutrones, que no tienen carga eléctrica. Querían observar las posibles reacciones interatómicas, nucleares... Tras sucesivos ensayos llegaron a descubrir que obtenían, entre otros elementos, bario, un elemento mucho más ligero (casi la mitad) que el uranio (éste tiene número atómico 92 y el bario, 56) Todo parecía indicar que el núcleo del uranio se había fisionado... Pero la conclusión fue otra. ¿Por qué? Simplemente, porque no se atrevieron a aceptar la evidencia, pensando sobre todo en la opinión de los físicos más autorizados: "Quizá -escribieron-, después de todo, nuestros resultados hayan sido falseados por algún accidente extraño". Finalmente, emitieron la noticia del descubrimiento, anunciando que el bombardeo del uranio con neutrones había cambiado una parte de aquél en radio. Un radio tan peculiar que no hubo manera de separarlo del bario... Entonces, *Lise Meitner*, valientemente, divulgó una conjetura de *Hahn* en la revista *Nature* de enero de 1939: "que si no se podía separar el bario del radio era porque allí no había ningún radio, el presunto radio tenía un nombre: bario radiactivo, que se había formado mediante el bombardeo del uranio con neutrones". Y tuvo la audacia de afirmar que el núcleo de uranio se había escindido... La absorción de un neutrón había ocasionado lo que ella denominaba "**fisión**". Pero, al decir que el bombardeo consumiría apenas seis millones de electronvoltios, chocaba con la idea generalizada de un gasto necesario superior a centenares de millones... Un sobrino de *Lise Meitner*, *Otto Hahn* y *Strassman* corrieron a verse en Dinamarca con *Niels Bohr* quien, poco después, en una conferencia en Washington, lo hizo saber..., y todos los asistentes regresaron a sus laboratorios a comprobar la hipótesis. Dos meses después cundía la noticia estremecedora de la posibilidad de una "reacción nuclear en cadena": un neutrón desintegra un átomo de radio; este libera dos neutrones que ocasionan dos nuevas fusiones, y así sucesivamente... Una onza de uranio rendiría la potencia de 600 Tm de TNT. *Szilard*, *Wigner*, *Teller* y *Einstein* se apresuraron a escribir a *F.D. Roosevelt* (agosto de 1939) una carta que llegó el 11 de octubre, mientras estallaba la II Guerra Mundial. Y todo se aceleró. Huidos de los países fascistas: de Alemania llegaron *James Franck*, *Max Born*, *Rudolf Peierls*, *Hans Bethe*, *Eugen Wigner*, de Italia *Enrico Fermi* y *Bruno Pontecorvo*, y de Hungría *Leo Szilard*, *Edward Teller* y *Johann von Neumann*... El 6 de noviembre comenzó el proyecto "*Manhattan Engineer District*". Al día siguiente, los japoneses atacaban Pearl Harbor. Durante junio y julio de 1945, el curso desfavorable de la guerra para el "eje" llevó a los japoneses a buscar la forma de rendirse a los norteamericanos que hicieron oídos sordos a conciencia... La conveniencia de la alianza imperialista, de hacer ver a la Unión Soviética el poder recién adquirido llevó al gobierno de EEUU a exhibir el gigantesco poder destructivo de la bomba nuclear. Y en agosto de 1945 hizo explotar sobre las poblaciones civiles de Hiroshima y Nagasaki, sendas bombas atómicas... Murieron calcinados más de doscientos cincuenta mil seres humanos... En la producción de la bomba atómica se

invirtió más dinero del utilizado por la ciencia en todo el curso de la historia humana...

(*) **Otto Hahn** dio lectura al discurso que honró la memoria de *Lise Meitner*, figura prominente de la ciencia alemana, muerta en Inglaterra, donde se exilió tras dimitir para no obedecer la ley hitleriana que obligaba a apartar de sus puestos a todos los funcionarios de origen no ario...

Meitner, Lise (1878-1968), una de las mujeres más brillantes de Alemania (*Einstein* la llamaba "*nuestra Madame Curie*"), consiguió en 1918 aislar el isótopo más estable del protactinio, completando así uno de los huecos de la Tabla Periódica. En 1934 propuso a **Otto Hahn** y **Fritz Strassman** la tarea de dirigir haces de neutrones de baja velocidad hacia núcleos de uranio, el más pesado de los elementos. La sorpresa de que apareciese bario, sin poderlo separar (como hacían con el que utilizaban en el experimento), movió a *Lise* a pensar, que aunque parecía imposible la ruptura del núcleo, por la cantidad de energía que creía necesaria, la ruptura se había producido; el núcleo de uranio al absorber un neutrón se había inestabilizado, roto la fuerza fuerte y dividido en dos partes, a cuyo fenómeno llamó "**fisión**", recordando que la "gota de agua" de *Bohr* se alongaba hasta dividirse en dos. Pero faltaba explicar la falta de masa final. *Lise*, recordando a *Einstein* ($E = mc^2$), explicó que esa **masa** aparentemente desaparecida era la **energía** (masa radiada) que proporcionaba su velocidad de escape, convertida como prometía la ecuación de Einstein. Había abierto el camino a la producción del ingenio más destructivo, la bomba nuclear sería una división en dos partes del núcleo de uranio. .

Un cuarto de siglo después de que **Otto Hahn** tratase de borrar de la historia a *Lise Meitner*, con la usurpación del mérito del descubrimiento, *Lise* no se vio reconocida con el Premio Nobel de Física de 1944, que otorgaron a **Otto**. Vivió refugiada, huida del nazismo, murió en Cambridge. Se situó en contra del arma nuclear. Cuando en 1982 se obtuvo el elemento 109 de la Tabla Periódica, se le puso por nombre Meitnerio. En su tumba podemos leer:

"Lise Meitner, una física que nunca perdió su humanidad".

Hahn, Otto (1879-1968, guiado por *Lise Meitner* y junto a *Fritz Strassman* pudieron observar experimentalmente que al bombardear con neutrones átomos de uranio, los núcleos se dividían produciéndose átomos de bario (fisión del uranio): Un isótopo de uranio, U^{235} , puede absorber un neutrón y romperse en isótopos del bario y kriptón, más tres neutrones. La emisión sucesiva de neutrones hace posible que uno de estos procesos nucleares desencadene otros varios en la inmediata vecindad y, como cada una de las reacciones exotérmicas engendra otros tantos, se origina, en consecuencia, una reacción en cadena explosiva, como la producida en la bomba nuclear que segó las vidas de centenares de miles de personas en Hiroshima y Nagasaki...

Marie Sklodowska, Lise Meitner, Cecilia Payne

Pioneras de la ciencia, mujeres del mundo científico que se sumergieron en la naturaleza del átomo, trabajadoras y trabajadores todos de la ciencia, no es pensable de ninguna manera que hubieran podido investigar como de suerte pudieron hacerlo, creativamente, de haber vivido cegados por la ambición de poseer la llave del átomo para calcinar a centenares de miles de seres humanos, como lo hicieron los que decidieron aquella masacre... Uno y otro pensamiento son irreconciliables, absolutamente, entran en contradicción flagrante; léase si no en los rostros sombríos de aquellas gentes, que todavía nos rodean, gentes que no les tembló la mano para ordenar la matanza, y compárese con los ojos y las mentes de las físicas y físicos que buscan utilizar las leyes de la naturaleza, solidariamente, en beneficio del ser humano, ¡porque lo necesitan! En esta aventura, en busca de las posibilidades colosales de prosperidad que encierran las leyes de la naturaleza, digno es de recordar, además de los renombrados físicos de todos conocidos, a cuantas mujeres participaron y entre ellas a las tres físicas aludidas. *María Sklodowska (Marie Curie)* habiendo recibido dos premios Nobel, de Física y Química, no fue aceptada como candidata a la *Académie des Sciences*. *Lise Meitner* fue prácticamente despojada de su participación directa en la investigación nuclear, en su tumba se inscribió "*Lise Meitner, una física que nunca perdió su humanidad*". *Cecilia Payne* sufrió las dificultades propias de vivir entre machistas mientras resolvía cómo se procesa físicamente el "derrumbe" nuclear en el Sol... Mencionemos con ellas a *Tappatt-Belatekallim*, química, 1.200 a.n.e., *María la Judía*, que nos legó el "baño maría", e *Hypatia*, astrónoma, *Mary Leakey*, paleontóloga, *Emilie le T. Breteuil*, erudita, *Mary Sommerville*, geógrafa, *Ana Byron*, *Sonia Kovalevskya*, *Laura Bassi* y *María Agnesi*, matemáticas, *Rosalind Franklin*, descubridora del ADN, *Hildegarda de Bingen*, historiadora, y la española *María Antonia Casamayor*.

Laue, Max von (1879-1960), con la ayuda de los estudiantes **Walter Friedrich** (1883-1968) y **Paul Knipping** (1883-1935), observó la **difracción** de rayos X en un cristal de sulfato de cobre, obteniendo puntos negros en la placa fotográfica colocada detrás del cristal, lo que les permitió asociar las estructuras cristalinas con los rayos X y clarificar así la naturaleza de ambos. Con las técnicas que introdujeron en 1913, **William Henry Bragg** (1862-1942) y **William Lawrence Bragg** (1890-1971), determinaron la estructura del diamante y de otros minerales. Desde entonces, la difracción de rayos X se convirtió en uno de los campos de investigación preferentes para determinar las estructuras cristalinas, entre las que se estudiarían incluso las del **ADN**.

Einstein, Albert (1879-1955), bajo la influencia de *Leibniz* -que tardaría en superar-, puso de relieve con su teoría de la relatividad especial, la dependencia existente del continuo espacio-temporal respecto a la velocidad de su movimiento. Andando el camino trazado por otros, daría pasos de gigante siguiendo las huellas de *Newton*, *Faraday* y *Maxwell*. Revisó la teoría del *campo* (donde "no" hay materia aparente). Refiriéndose a la partícula, llegó

a definirla como una **“región del espacio donde el campo es extremadamente intenso”**. Se estaba cuestionando el **éter**... Al mismo tiempo que negaba la *simultaneidad* establecida por *Newton* (para quien el tiempo no intervenía en las acciones, sólo dependían de las distancias) dedujo que lo que viaja por el espacio es una onda electromagnética, en definitiva, una transferencia de energía que, según él, (como en el caso de la luz) hacía innecesario el éter. Algo que, pasados los años, prácticamente en nuestros días, resultaría impensable, pues, no saldrían las cuentas... No saldrían porque, según los cálculos, faltaría materia espacial -llámesele vacío o **éter**- para frenar la supuesta **expansión**, si no es que existe otra cosa extraña que la acelera, pendiente de investigar, pero que en cualquiera de los casos nunca absolutamente sería inmaterial.

Digamos de *Einstein* que su intuición física o sentido para entender cómo funciona el universo no cedía ante nadie (“con sus veintitantos años, lo desconocido le intrigaba”). Un día, preguntándose cómo vería él el mundo si cabalgara en un rayo de luz, dio con la “relatividad especial”. Otro día, pensando que cuanto más materia se acumulase en un punto del espacio-tiempo, más se curvaría éste a su alrededor, dio con la “relatividad general”... Y escribió: “lo que el mundo tiene de eternamente incomprensible es su comprensibilidad”. Sin embargo, no creía en el **éter**; había llegado a la conclusión de que la electricidad y el magnetismo podían definirse como el movimiento de masas eléctricas “verdaderas” poseedoras de una realidad física dentro del vacío... En 1902 demostró que la energía cinética media de las partículas en el *movimiento browniano* es la misma en lo que respecta a las moléculas. Estaba poniendo de manifiesto la realidad molecular del átomo que, hasta entonces, seguía siendo discutida. En su famosa publicación de 1905, “*Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*”, pretende dar solución a una **asimetría** (*) detectada en la teoría de *Maxwell* cuando se aplicaba al movimiento relativo entre espiras e imanes, que tiene que ver con la teoría de campos.

(*) **Asimetría**. Para *Maxwell* existe *asimetría* en el fenómeno; él piensa que cuando es la bobina lo que está en movimiento, la carga que contiene sufre una fuerza debida al campo magnético estático, y cuando es el imán el que se mueve, el campo magnético variable produce un campo eléctrico que hace circular la carga a lo largo de la bobina. *Einstein*, por lo contrario, ve simetría en el fenómeno: “un imán que aproximamos a una bobina produce una corriente que no podemos distinguir de la corriente generada cuando acercamos la bobina o el imán”. El problema, y muy importante, que señala *Einstein*, era el siguiente: que se había prestado una atención insuficiente al hecho de que la electrodinámica depende siempre de un punto de vista cinemático. Para ello, *Einstein* extendió la equivalencia entre sistemas inerciales en mecánica -lo que se considera el principio clásico de relatividad- al electromagnetismo. Con esta generalización postulaba que todas las leyes de la Física eran idénticas en todos los sistemas inerciales de referencia, lo que constituye el principio de la relatividad restringida o especial, al que añadió una ley universal: que la velocidad de la luz es constante e igual a *c* en todos los sistemas inerciales y “nada puede viajar a mayor velocidad que la luz”. Este aspecto asestaría un serio golpe al

planteamiento newtoniano basado en la teoría de acciones instantáneas a distancia -la simultaneidad, el "ahora"- en un universo donde el espacio y el tiempo son absolutos, es decir, transcurren con independencia de objetos externos y de que sean o no medidos. Pero lo más revolucionario, en abierto contraste con la mecánica newtoniana sería la dependencia de la masa con la velocidad, y la relación entre masa y energía. Bastaba observar que si actuaban dos fuerzas iguales sobre dos masas en reposo y las velocidades resultaban distintas, era que las masas eran distintas, en la misma proporción que las velocidades resultantes. Había descubierto que las entidades físicas (su masa) eran depositarias de una energía colosal, deducible de la fórmula $E = mc^2$, a la que había llegado *Einstein* a partir de la observación aparentemente irrelevante de que nada que se moviera podía alcanzar la velocidad de la luz.

La **Relatividad especial** (1905) Sólo trata aquellos fenómenos físicos en los que no intervienen las fuerzas gravitatorias. *Einstein* situó junto al Principio una ley universal: que la velocidad de la luz es constante e igual a **c** en todos los sistemas inerciales, y la máxima con que puede transmitirse información. "A veces me pregunto -escribió *Einstein*- ¿cómo pude ser yo quien desarrollara la teoría de la relatividad? Creo que fue por mi desarrollo intelectual retardado"...

La idea clave sobre la relatividad -es decir, sobre la paradoja de la luz detenida- cuenta *Einstein* que le sobrevino conversando en la oficina de patentes con un colega, *Michele Besso*. *Einstein* había deseado desde pequeño saber qué ocurriría si una persona corriera tan deprisa que lograra alcanzar a una onda de luz, y cayó repentinamente en la cuenta de que vería que ésta está quieta... Pero, sabida su velocidad, tendría que concluir que lo que se ha detenido no es la luz, sino el tiempo. Luego, siendo la **velocidad** de un objeto la **distancia** que ha recorrido dividida por el **tiempo**, el tiempo quedaría detenido. A juicio del historiador *John Stachel* existen evidencias de que el principal empujón intelectual que permitió a *Einstein* cuestionar lo que a todo el mundo le parecía incuestionable -que el tiempo pasaba igual para cualquiera- no fue una lectura científica, sino filosófica: el "Tratado de la naturaleza humana", de *David Hume*, filósofo idealista continuador de *Berkeley*, donde *Hume* sostenía que el tiempo y el espacio no debían verse como entidades autosuficientes, sino como "la forma en que un objeto existe".

Con la relatividad, que postula la continuidad de cuanto constituye el universo, recibían un serio golpe la simultaneidad y el "ahora" newtonianos coincidentes para cualquier punto del universo. *Einstein* puso de relieve el papel de la velocidad no contemplado por *Newton* en su teoría, según la cual la fuerza gravitatoria entre dos cuerpos depende de la *masa* y de la distancia entre ellos; en la relatividad, la masa y la distancia varían con la velocidad de modo que la fuerza de la gravitación universal no es constante. Fue un revulsivo para físicos, matemáticos y filósofos, incluso para muchos políticos e interesados en los movimientos sociales. Desaparecían conceptos trabajosamente elaborados durante años, como el reposo absoluto y por tanto la posibilidad de un sistema de referencia privilegiado. Igualmente, la idea del **éter**, el socorrido fluido imponderable, parecía desaparecer como medio hipotético elástico, mientras cobraba autoridad el concepto fundamental de **campo** como una realidad física primaria... Habremos en fin de reconocer que

la relatividad especial, el alumbramiento de la ecuación $E=mc^2$ y los fundamentos de la mecánica cuántica permitirían en la práctica, entre otras muchas cosas, convertir la electricidad en imágenes al comprender el efecto fotoeléctrico, desarrollar las técnicas de fotocomposición, diseñar las tripas de los ordenadores basados en la física del estado sólido, inventar el transistor, aplicar el láser a la medicina para distinguir células cancerígenas de células sanas, etc., etc., pero sin que apenas nada cambiase para beneficiar a la inmensa mayoría.

Curiosamente, Einstein no propuso que su teoría se llamara de la "relatividad", sino teoría de la "invariabilidad". Demostró que conceptos tales como espacio y tiempo, que anteriormente parecían estar separados y ser absolutos, en realidad están entrelazados y son relativos, al igual que otras propiedades físicas del universo también interrelacionadas: como ejemplo más importante el de la famosa fórmula ($E = mc^2$) donde Einstein afirma que la energía de un objeto y su masa no son conceptos independientes.

Relativo al fotón (efecto fotoeléctrico). *Max Planck* había propuesto en 1900 que radiaciones como la luz podían dividirse a veces en paquetes discretos. *Einstein* vio más allá. No era que la luz se organizara en cuantos (paquetes), o **fotones** bajo ciertas condiciones: es que consistía en ellos... En 1905 nadie podía comprender el llamado efecto fotoeléctrico, es decir, que ciertos sólidos (metales) pudieran generar una corriente eléctrica, emitir electrones, cuando reciben un rayo de luz. Nadie podía explicarse que una **onda** fuera capaz de provocar tal efecto. *Einstein* definió el fotón como un *cuanto* de radiación visible sin masa aparente; un chorro de partículas sobre el que no actúan las fuerzas gravitatorias, idea que produjo cierto revuelo... Proponía que la energía de la luz no estaba distribuida de un modo uniforme sobre el frente de onda, sino que estaba concentrada o localizada en pequeñas regiones discretas (como en "bolsas", "paquetes" o "fotones"). Toda onda que parte de un foco incandescente habría de considerarse como una superficie tachonada de fotones, algo así como pequeños puntos sobre un globo que se estuviera hinchando con la velocidad de la luz. Su propuesta desembocó en la demoledora conclusión de que los fenómenos luminosos solamente son explicables si la luz se comporta a la vez como una onda y como un flujo de *diminutos paquetes* o partículas. De su revisión, hoy aplicada a todas las entidades, resultó la **dualidad** onda-corpúsculo, estimando innecesaria la existencia del éter. Propuso que la energía de cada fotón fuera proporcional a la frecuencia de la onda luminosa tomando como factor de proporcionalidad la constante de *Planck*, quien, sin embargo, escribiría en 1910: "si se aceptaba la teoría del fotón "la teoría de la luz sufriría un retraso de siglos".

Relatividad General (1915) se basa en el hecho experimental de la igualdad entre la masa de inercia (que entra en la segunda ley de Newton) y la masa gravitatoria (que entra en la ley de la gravitación) para cualquier cuerpo, lo que conduce al *principio de equivalencia*. Para *Einstein*, la Física o aceleración **g** en un ascensor es indistinguible de la Física de la caída de los

cuerpos, o, lo que es decir, la masa gravitatoria es igual a la masa inerte. Conjeturó, además, que una masa (o cantidad de energía) localizada en un lugar, produce una "incurvación" del espacio que la rodea cuya métrica deja de ser euclídea y las geodésicas no son rectilíneas: la elipse de la Tierra es la geodésica del espacio "incurvado" por la presencia del Sol. Lo que también resultaba contrario a la teoría de *Newton*: ya no eran las acciones gravitacionales a distancia lo que conformaba la geometría del espacio, eran los campos gravitacionales lo que decidía la geometría del espacio (espacio curvo de *Riemann*).

Teoría Cuántica: *Einstein* verificó la existencia del "cuanto" de *Planck* y desarrolló su interpretación cuantificada del "efecto fotoeléctrico" descubierto por *Lenard*, que probaría definitivamente *Compton* en 1923 dando naturaleza a la existencia del **fotón** (*) y a la cuantificación de la energía y las órbitas de la teoría atómica de *Bohr* de 1913 (**). Pero su mayor desazón le llegó con la aparente acausalidad de la teoría, que se resistió a aceptar, rebelado, hasta que cayó en las virtudes completamente contrarias (profundamente causales, aunque dialécticamente determinadas) de la nueva visión de la física que aportaba el mundo de la cuántica. Pero su mayor desacuerdo se haría evidente con *Bohr* (octubre de 1927, 5ª conferencia del Instituto Solvay, Bruselas). *Einstein* se niega a abandonar la idea de una realidad física que existe independientemente de toda observación. "La teoría -escribe a *Born*- nos aporta muchas cosas, pero todavía no es el *nec plus ultra*". Pionero, no obstante, de la cuántica no puede aceptar que los físicos deban contentarse con "probabilidades". Piensa que lo que hoy no podamos ver "se debe a que nuestros medios son aún insuficientes" (estaba hablando de las **variables ocultas**). *Bohr* y *Heisenberg* (representativos de la Escuela de Copenhague) piensan que la cuántica permite prever los resultados de las experiencias, pero sólo en términos de probabilidades seleccionables. En mayo de 1935, *Albert Einstein* y sus colegas *Boris Podolsky* (1896-1966) y *Nathan Rosen* (1909-1995) (***) quisieron probar que la teoría cuántica era un artefacto, y plantearon un problema, el de dos cuantones ligados por un pasado común que, según ellos, probaba el carácter incompleto de la física cuántica. Trataron de demostrar que la velocidad y posición existentes antes de una medición estaban determinadas por parámetros suplementarios ("las variables ocultas" que, según ellos, la física cuántica no tiene en cuenta). *Einstein*, contrario a la incertidumbre de la cuántica, había manifestado su repugnancia ante la idea de que el resultado de una medida tuviese que depender del proceso de medición.

(*) **Fotón:** Cuanto de radiación visible sin masa aparente, ni carga y spin . Los fotones se distribuyen sobre el frente de ondas de un modo estadístico y no hay que pensar que se encuentren localizados en puntos determinados.

(**) **Bohr** propuso que los electrones no irradian en sus estados estacionarios, pero era posible la transición entre estados con la consiguiente emisión cuantificada de energía radiante.

(***) **Con la paradoja EPR** (*Einstein, Podolsky, Rosen*) pretendía demostrar mentalmente que la teoría cuántica era ridícula cuando afirma que la observación

del giro de una partícula (B) predice el giro de la otra (A), con spin opuesto, aunque esté en el confín del cosmos, obviando que la comunicación no podía ser instantánea debido a la velocidad finita de la luz. *Niels Bohr* se apresuró a argumentar que el formalismo mecánico cuántico no puede adaptarse a un punto de vista filosófico, y se inclinó a favor de “una renuncia final al ideal clásico de la causalidad y de una revisión radical de nuestra actitud hacia el problema de la realidad física”. En 1935 rechazó el supuesto de EPR, sosteniendo que sólo son reales los actos de medición. En su opinión: “no se puede atribuir una realidad independiente al fenómeno”, considera equivocado pensar que la tarea de la física es averiguar cómo es la naturaleza...

En 1932, *Einstein* sugiere la conversión de materia en energía ($E=mc^2$). Teoriza sobre la relatividad especial, y encuentra en la variación que sufren la **masa** y el **campo**, bajo los efectos de la **velocidad**, la explicación relativista que permite combinar en un solo principio, el de la conservación de la masa-energía. El factor determinante ha sido la velocidad finita de la luz. Que a su vez conduciría a reconocer como una realidad material, la existencia del **éter**, concluyendo lo más sorprendente, que “la materia se mueve a través de un éter en reposo”, es decir, los cuerpos no arrastran al éter consigo. Recordemos al respecto que para *Einstein* y *Planck* el vacío puede contener energía equivalente a masa que está actuando como la constante cosmológica de la que abjurara el primero.

En alusión a su trabajo en la oficina de patentes de Berna, *Einstein* diría: ***“Una profesión práctica es una salvación para un hombre como yo. Las carreras académicas obligan a los jóvenes a la producción científica, y sólo caracteres fuertes pueden resistir la tentación de un análisis superficial”.***

Einstein anhelaba ***“La seguridad, el bienestar y el libre desarrollo del talento de todos los hombres”.*** Pensaba que ***“el máximo conocimiento consiste en saber reducir la explicación de todos los fenómenos de la naturaleza a la interacción de partículas materiales”.***

Finalmente..., conocidos por *Einstein* los trabajos de *Arthur Edward Ruark* (1848-1901) en 1945 sobre la “neutralización recíproca”, el “aniquilamiento mutuo” de un electrón y un positrón, sin dejar rastro aparente de materia, sólo energía en forma de radiación “gamma”, o, la inversa, la desaparición súbita de los rayos gamma, para dar origen a una pareja electrón-positrón..., creyó reconocida su primera sugerencia de que “la materia puede convertirse en energía, y viceversa” ($E = mc^2$). Y se enzarzó en la carrera por la bomba atómica...Trató de convencer a americanos e ingleses para que compartiesen el secreto de la “bomba” con la URSS... Decía en 1947: “Debo confesar francamente que la política exterior de los Estados Unidos, desde el final de las hostilidades, me ha recordado a veces, de modo irresistible, la seguida por Alemania bajo el emperador *Guillermo II...*”. En un escrito dirigido a *Born* el 12 de octubre de 1953, califica a la Alemania nazi de ser “un país de asesinos de masas”. *Einstein* fue acusado de “sicario comunista”. Reconoció en *Vladimiro Ilitch Lenin*: “al hombre que ha dedicado toda su energía al

establecimiento de la justicia social... hombres de su calibre son los guardianes y los restauradores de la conciencia humana".

La expansión cósmica y la teoría de la "relatividad general"

Einstein, al aplicar su teoría, que contemplaba la distribución de materia en el universo y la denominada "*curvatura*" (*) en un espacio finito (considerado por él, estático, permanente, sin centro ni límites), observó que la *gravitación* aparecía como un factor pronto a colapsar las galaxias, por lo que se aventuró a teorizar que debía existir alguna fuerza que mantuviera separados los componentes del universo, e introdujo (1917) una "*constante cosmológica*" (expresión matemática de una hipotética forma de energía que penetra el espacio y *contrarresta* la fuerza de gravedad), de manera que el universo resultaba **estacionario** (**). *A. Friedman*, sin embargo, demostró en 1922 que las ecuaciones de *Einstein* permitían un universo en expansión (el radio crece con el tiempo). Pues bien, para cuando *Edwin Hubble* concluyó en 1924 que el "efecto Doppler" (***) demostraba que la expansión era cierta (aunque cada vez menor debido a la atracción gravitatoria que servía de freno), *Einstein* ya había calificado su famosa *constante* como su "mayor error". En 1927 concebía un mundo conformado por entidades localizables en el espaciotiempo provistas de propiedades que constituirían su realidad física, contrariamente a *Bohr* que se negaba a admitir todo razonamiento sobre la realidad misma de las cosas. Ahora, sin embargo, acaban de descubrir que la expansión cósmica ¡se acelera! Pues, según últimas observaciones "dichas galaxias están entre un 10% y un 15% aún más lejos de lo esperado".... Lo que quiere decir, que "algo" real está actuando contra la gravitación universal, algo que no puede resolverse sin la explicación del **éter**, el "vacío", en fin, esa nada aparente que "puede ser lo más misterioso y fundamental de la ciencia básica". Estamos, nos están diciendo los físicos, ante "otro *habitante* extraño del espacio vacío que está alejando a las galaxias unas de otras"..., al mismo tiempo que otras galaxias colapsan (como acaba de observar el Hubble), mientras en otras regiones brotan nubes galácticas, criaderos de estrellas y galaxias.

(*) **Curvatura**: La propuesta de *Einstein* de la "curvatura", y su corolario, la distorsión y vuelta atrás, inclusive, son consecuencia de la dinámica relativista, general, aplicada al espaciotiempo. Para *Einstein*: el universo está lleno de materia, y ésta deforma el espaciotiempo de tal suerte que los cuerpos se atraen, quedando así como única solución... aplicar la constante cosmológica, que curvaba el espaciotiempo en el sentido opuesto, de manera que ahora los cuerpos se repelían..., y de cuya solución se arrepintió, aunque hoy volvamos a considerarla válida de alguna manera. El valor obtenido de la "curvatura" es doble del pronosticado por *Newton* y efectuado por *Johan Soldner* en 1801, partiendo de la hipótesis de que la luz era un chorro de partículas. Un universo, ¿cómo? Esférico, plano, medio euclídeo, total... Si hay curvatura igual o mayor que uno habrá Gran Contracción, mientras que si fuese igual o menor que uno el destino sería el llamado por los energetistas "Gran Frío". Otra última sugerencia sitúa el universo en forma de sacacorchos. *Nodlan* y *Ralston*, de Rochester y Kansas, afirman que la luz, a medida que atraviesa el universo, es retorcida en un ligero movimiento de sacacorchos, con un mayor retorcimiento en una dirección que en

otras. El proyecto Boomerang, cuyos análisis aportó EEUU, pretendió que el universo es prácticamente "plano: su expansión será eterna pero se irá frenando indefinidamente".

(**) "**universo estacionario**": *Fred Hoyle*, con *Hermann Bondi* y *Thomas Gold*, propusieron en 1948 el modelo de "universo en estado estacionario" o "universo en creación continua", sin principio ni fin, con una densidad de materia constantemente reinyectada, que permite la expansión, para lo que se requeriría que se forme por año un átomo de hidrógeno en mil millones de litros de espacio. Pero, quedó planteada la pregunta, todavía sin resolver, de la procedencia de esta nueva materia...*Friedman* declaró en 1922/24 que el universo ocupado por una sustancia gravitatoria no puede ser estacionario, debe dilatarse o bien comprimirse.

(***) "**Efecto Doppler-Fizeau**": Alejamiento galáctico a velocidad proporcional a su distancia de nosotros, concebido a partir de observar que la frecuencia de las líneas espectrales derivaba "hacia el rojo". Una observación en los años 1920 en el telescopio de 100 pulgadas del Monte Wilson vino entonces a dar razón al primer cálculo de *Einstein*, el universo se estaba expandiendo, cuanto más lejos miráramos, con mayor velocidad se alejaba.

"Las estrellas nacen (*) del hundimiento gravitatorio de nubes interestelares",

...en rotación sobre sí mismas, donde el gas está suficientemente frío y sus cuasipartículas se hallan en forma de hielo sólido. El que una parte de la nube no caiga directamente sobre su centro lo origina el que las estrellas no tengan velocidades de rotación superiores a las observadas. Este fenómeno es en alguna medida similar al del proceso -como es lógico sólo teorizado por aproximación- de formación de **galaxias** (**), frenadas sus rotaciones por las prolongaciones de sus brazos. (Resumido de Caroline T. y Jhon C. B. M.C.231.48). En la dirección del centro galáctico, a 400 años luz se encuentra "Barnard 68", una nube interestelar en proceso de condensación para formar estrellas. Podría ser el resto de una nube mucho más vasta barrida por los violentos vientos estelares de estrellas masivas cercanas. (Resumido de *J. F. Alves. Nature. 409.159*). Algunas de las regiones más bellas del cielo, como la nebulosa del Águila, son auténticos criaderos de estrellas. Una galaxia donde se observa luz azul en abundancia es necesariamente rica en estrellas jóvenes. La mayor parte de las **estrellas** (***) jóvenes no viven en los centros de las galaxias. La nebulosa de Orión está compuesta por polvo de hasta 5 μm , mucho más grueso que el de las nebulosas cósmicas. Estos discos proto-planetarios, de menos de un millón de años, dependen de ser o no barridos por vientos de 100.000 Km/h. *Fabián Walker* y *Alberto Bolatto* registraron con el ALMA chileno vientos que despojan de su material a la galaxia NGC253

(*) **Las estrellas nacen**: *Adriaan Blaauw* (n.1914) calculó en 1953 que las estrellas de la asociación Perseo II, con velocidades de extensión de 12 km/s., son objetos originados hace unos **1,3 millones de años**, es decir, recién nacidos. Hacia 1965 se localizaron, utilizando radiación infrarroja, centenares de estrellas tan frías que no tenían brillo, con enormes cantidades de materia gaseiforme, en trance de aumentar su temperatura y brillar, dependiendo de su masa.

(**) **Las galaxias y sus componentes, las estrellas, los planetas, satélites y meteoritos nacen, se desarrollan y mueren.** Las estrellas de primera generación nacen de nebulosas (concreciones de "cuasi-partículas" que emergen del fondo material etéreo). Concentradas a presiones enormes, por rotación y gravitación, generan elevadas temperaturas y complejas reacciones nucleares: **1)** formación de las "partículas subatómicas" y los subsiguientes átomos de hidrógeno (${}^1\text{H}^1$). **2)** comienzo de la llamada "**secuencia principal**" que puede durar miles de millones de años, con la fusión de cuatro átomos de hidrógeno (${}^1\text{H}^1$) en uno de helio (${}^4\text{He}^4 + e$) y grandes dosis de irradiación, de tal fuerza expansiva que contrarresta la gravitación... Cuanto mayor sea la masa estelar, mayor será la temperatura central requerida para equilibrar la fuerza gravitatoria. Durante este período la estrella sufre cambios de luminosidad, temperatura y tamaño. Acabado el combustible (${}^1\text{H}^1$), termina la **secuencia principal** y la gravitación se impone de nuevo; **3)** la estrella se contrae y calienta hasta superar los 1.000 millones de grados; transforma en helio el hidrógeno que quedó en su corteza exterior y, con el helio almacenado en su centro, genera un nuevo proceso (**núcleo-fusión**) de formación de átomos y emisión de energía, utilizando como combustible asociado los elementos mismos que va generando: $3 {}^2\text{He}^4 \rightarrow 1 {}^6\text{C}^{12} + e$; con este ${}^6\text{C}^{12} + {}^2\text{He}^4 \rightarrow {}^8\text{O}^{16} + e$; con este ${}^8\text{O}^{16} + {}^2\text{He}^4 \rightarrow {}^{10}\text{Ne}^{20}$ (neón) + e, período en que la estrella se contrae y calienta de nuevo volviendo a incorporarse a la **secuencia principal**. El aumento de temperatura desencadena reacciones de conversión del neón en magnesio (${}^{10}\text{Ne}^{20} + {}^2\text{He}^4 \rightarrow {}^{12}\text{Mg}^{24}$), que combinado a su vez puede formar silicio, argón, manganeso, etcétera, hasta el "**pico del hierro**", final del fenómeno **fusión**. Mientras tanto, la estrella se expande y convierte en una **gigante roja**, todavía en condiciones de procesar, por **núcleo-síntesis**, en presencia de una fuente de neutrones libres y con captura de éstos por los núcleos, elementos cada vez más pesados, entre otros ${}^{82}\text{Pb}^{207}$, ${}^{79}\text{Au}^{197}$, ${}^{88}\text{Ra}^{226}$ y ${}^{83}\text{Bi}^{209}$ hasta el ${}^{92}\text{U}^{238}$; **4)** momento en que no quedando nada por quemar **colapsará** vencida por la gravitación, explotando finalmente toda su corteza exterior como una **supernova**... Con los elementos expulsados al espacio podrán formarse estrellas de **segunda o tercera generación**, como nuestro Sol, y **planetas**, donde los diversos elementos podrán combinarse químicamente y, de suerte, formar plantas y seres vivos... Con el **remanente** dejado tras la explosión podrá crearse, si su masa fuera menor de 15 veces la del Sol, una estrellas **de neutrones**, con un núcleo superfluido, sopa de quarks y gluones, a punto de convertirse, probablemente, si fuera 15 o 20 veces la del Sol, en un agujero negro... Las estrellas con menos masa que el Sol, una vez quemado el H se convertirán en una **enana blanca de helio** con una larga vida. Las de tipo medio como nuestro Sol vivirán unos 10.000 millones de años, quemado el H acaban convertidas en una **enana blanca de carbono y oxígeno**, explosionando y formando una nebulosa planetaria.

(***) **Las estrellas** se clasifican según su tamaño, su magnitud o brillo y su color. *Ejnar Hertzsprung* (1873-1967) y *Henry Norris Russell* idearon en 1911 un diagrama en el que se pueden representar las estrellas por clases según su **temperatura** superficial y su **luminosidad**: O, B, A, F, G, K, M (****)... La vida de las estrellas de tipo medio como nuestro Sol, probablemente una estrella de **tercera generación**, es de unos 10.000 millones de años. Las de más masa viven menos tiempo, al quemar más deprisa su combustible... Con más de 15 o 20 masas solares pueden morir, como sus galaxias, convertidas en agujeros negros. Se denominan **cúmulos estelares o globulares (esféricos)**, en función de la cantidad y conformación de las agrupaciones de estrellas que poseen.

Estelares, por ejemplo, el de las Pléyades, y, globulares, cuando tienen cantidades desde 10.000 hasta un millón (de estos hay unos 200 en la Vía Láctea).

(****) **Temperatura** según las clases: **O**, 25.000 a 35.000 e incluso 100.000 ° C. **B**, 15.000 a 25.000, **A**, 11.000, **F**, 7.500, **G**, 6.000, **K**, 4.500, **M**, 2.000 a 3.500° C. **Temperatura estelar**: enana marrón 1000° C, estrella roja 2.800, amarilla 5.500, blanca 10.000, azul 24.000° C.

Ehrenfest, Paul (1880-1933), autor destacado de la teoría cuántica y amigo íntimo de *Einstein*, tuvo la oportunidad de transformarse en el sucesor de éste en la Universidad de Praga, pero renunció por dignidad. Rechazó ajustarse al requisito de declarar una filiación religiosa... Tal comportamiento le hizo merecedor de ser considerado por sus colegas como "*la conciencia de la física*". En 1893, al mismo tiempo que *Planck*, detectó que la longitud de onda a la que se produce un máximo de **radiación** está en proporción inversa a la temperatura absoluta de la fuente. Cuando fracasó la fórmula propuesta en 1900 por *John W. Strutt (lord Rayleigh)* y *James Jeans*, porque llevaba a valores casi infinitos en las longitudes de onda muy pequeñas -lo que corrigió *Planck* con su constante-. *Ehrenfest* bautizó el resultado con el nombre de "catástrofe ultravioleta".

Wegener, Alfred (1880-1930), modificaría de manera radical las ideas que (como en el caso de *Charles Lyell* en el siglo XIX) se tenían acerca de la estructura y dinámica de la Tierra. "Tuve la primera intuición de la movilidad continental ya en 1910"... En 1911 conoció, casualmente, un trabajo referente a las primitivas conexiones entre Brasil y África e investigó la similitud entre los perfiles continentales de Sudamérica y África (*F. Bacon* ya lo había observado en 1620). Faltaba por saber mediante qué mecanismo se desplazaban los continentes. *Wegener* propuso en su obra "El origen de los continentes" (1915) la idea de que los continentes se encuentran en movimiento: en el Pérmico (hace 250 millones de años), y durante el Triásico (hace entre 245 y 208 millones de años), los continentes estaban agrupados en una gran masa de tierra, Pangea. En el Jurásico (entre 208 y 144 millones de años), apareció la primera fisura entre Europa y África... Argumentaba que los continentes, formados por *sial* (silicio y aluminio, granito) "flotaban", sobre los más densos fondos marinos y continentales formados por *sima* (silicio y manganeso, basalto). Pero no fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial, con la investigación oceanográfica al servicio de la "guerra fría", cuando los geólogos contemporáneos de *Wegener* terminaron admitiendo esta realidad. La pauta la marcaría en 1957 el Año Geofísico Internacional. Poco más tarde (1960), *Harry H. Hess* (1906-1969) propondría la hipótesis conocida como "expansión de los fondos marinos", y, *J. Tuzo Wilson* introduciría la idea de la "tectónica de placas" (seis grandes placas que se mueven sobre estratos más profundos, debido a corrientes lentas de magma viscoso)

Born, Max (1882-1970), fiel a sus maestros *Minkowski* y *J. J. Thompson*, destacó como teórico del electrón y de la teoría de la elasticidad. En 1911 participa en el primer Consejo Solvay de Física, donde 21 físicos intercambiaron ideas de gran significado para el desarrollo de la física cuántica.

En 1912, elabora con *Theodor Karman* (1881-1963) una teoría sobre la estructura atómica de los sólidos y las vibraciones de las redes cristalinas. Entre 1920/22 sigue el estudio de *Alfred Landé* que suponía interesarse por los movimientos orbitales de átomos y moléculas, parte en la historia de los esfuerzos por explicar el "efecto Zeeman anómalo" (*). En 1921, cuando estaban cuestionadas las "órbitas definidas de los electrones en los estados estacionarios", se centra en los problemas de la cuántica, con sus alumnos *Pauli*, *Heisenberg*, *Jordan* y otros. En 1924, antes de que *Heisenberg* llegase a su **mecánica matricial** (**), propone con *Oppenheimer* una "teoría cuántica de moléculas". En 1925, participa con *Heisenberg* y *Jordan* en la formulación "**matricial**" de la mecánica cuántica. Acto seguido, desarrolla por primera vez la demostración matemática de la misma, y la propaga mediante conferencias por EEUU y Europa, que publica después (1926), siendo el primer texto sobre mecánica cuántica. Sin embargo, un *Born* en gran medida dubitativo, vuelve la vista a los corpúsculos y se pronuncia en contra de la formulación cuántica recién propuesta por *Schrödinger* con su famosa **función de onda** (***), la cual describe el comportamiento completo de un sistema y sitúa los valores posibles de todas las cantidades observables. *H. A. Lorentz* se ha pronunciado favorable, porque "**la última realidad son en efecto las ondas**". *Born* vuelve a creer que el electrón es una partícula, mientras que la función de onda "representa simplemente la **probabilidad**" (igual que en física clásica con la teoría cinética de los gases) de que el electrón esté localizado en un determinado punto del espacio. "El movimiento de las partículas -escribe *Born*- sigue una ley de probabilidades, pero la probabilidad misma se propaga de acuerdo con el principio de causalidad", paradójico ¿no? Según *Born* un fotón se distribuye sobre el frente de ondas de un modo estadístico y no hay que pensar que se encuentra localizado en puntos determinados. Antes, *Born* había interpretado que un átomo como el del platino, con muchos electrones, tenía a éstos colocados en "capas" más y menos densas a distancias regulares del núcleo. Finalmente, guiado por una idea de *Einstein*, declara que "está más allá de nuestro poder probar que sean corpúsculos u ondas... por tanto, podemos decir que la descripción ondulatoria y corpuscular ha de considerarse como modos **complementarios** de imaginar un único proceso objetivo". Y explica la diferencia entre un fotón y, por ejemplo, una piedra: "un fotón es absorbido por un detector, cede su energía y con esto cesa de existir, he ahí -señala- la **diferencia** con otro objeto, por ejemplo, una piedra lanzada contra un cuerpo". Lo cierto es que, a partir de entonces, se imponía admitir, frente al mecanicismo, que los procesos naturales son, fundamentalmente, **aleatorios y no deterministas**. Ahora sólo se podía tratar de obtener observaciones mensurables y no de poder basarse en una "realidad hipotética subyacente" que surja o no bajo las apariencias. Digamos de *Born*, finalmente, que aunque no comparte la filosofía del marxismo sostiene que la teoría cuántica "llama a una nueva realidad de descripción de la materia, pero no a negar la realidad". Y declara: "**Yo creo que los resultados científicos siempre deben poderse interpretar en términos inteligibles para cada hombre pensante**".

(*) *Pieter Zeeman* (1865-1943) demostró en 1897 la influencia de un campo magnético sobre la emisión de la luz con la obtención de dobletes y tripletes en casi todas las líneas espectrales. La excepción aparecida en la raya D_1 y otros casos dio lugar al llamado efecto "anómalo", que se convirtió en un obstáculo para cualquier intento de teoría atómica. Al perfeccionar los espectroscopios y analizar los espectros obtenidos se comprobó que cada línea era en realidad dos líneas muy juntas, lo que se llamó "efecto Zeeman anómalo". Pudo calcular el cociente entre la masa y la carga de partículas que se suponía situadas en el interior de los átomos, encontrando un valor que coincidía con el de los corpúsculos (electrones) obtenidos en los rayos catódicos por *J. J. Thompson* en 1897. *Zeeman* había abierto, -escribió *H. A. Lorentz*- "una nueva vía de investigación, a través de la cual se podría penetrar más profundamente en la mecánica íntima de la radiación y de la absorción".

(**) **Mecánica matricial**. La desarrolló *Heisenberg* con *Born* y *Pascual Jordan* en 1925. La imagen física de órbitas no figuraba entre los constructores. Al contrario que la mecánica ondulatoria e intuitiva de *Schrödinger*, en la mecánica matricial destacaba lo continuo. *Einstein* la calificó como "un alfabeto mágico muy ingenioso, protegido por su complejidad contra cualquier intento de falsificación".

(***) La **función de onda** de *Schrödinger* describe al electrón situado en una zona del espacio y nos hace conocer exactamente las diferentes probabilidades de su presencia en este o aquel lugar de la zona. *Schrödinger* concibió que el comportamiento de un sistema como un átomo se puede describir por medio de una **función de onda**, que completó, incluyendo en la ecuación la dependencia del tiempo. Hoy es una de las ecuaciones básicas de la física cuántica: describe el comportamiento completo de un sistema y sitúa los valores posibles de todas las cantidades observables. Por otro lado estaba la **formulación matricial** de *Heisenberg*, que permitía la determinación de *observables* (medibles) del comportamiento del átomo, pero no ofrecía una imagen física... *Schrödinger* la definió como dependiente de un par de índices algebraicos expresivos de una verdadera teoría del discontinuo..., mientras que la mecánica ondulatoria suponía para él un paso de la clásica hacia una teoría continua, mediante un proceso de tipos de campos en el espacio gobernados por una sola ecuación. *H.A. Lorentz* se pronunció por la ecuación de *Schrödinger*, "porque la última realidad son en efecto las ondas". *Born*, sin embargo, escribió un artículo en el que se apartaba de la interpretación de la realidad dada por *Schrödinger*: "el movimiento de la partícula -escribió- sigue una ley de probabilidades, pero la probabilidad misma se propaga de acuerdo con el principio de causalidad", donde se apreciaba una cierta paradoja.

Con el tránsito de una concepción a otra de las cosas la mecánica clásica resultó vulnerada, y una *indeterminación* esencial se introduce en la Física que idealizara *Laplace*...

Se estaba afirmando la idea real de que la mayoría de los sistemas físicos dinámicos **son no lineales**. A finales del XIX todavía reinaba absolutamente **el determinismo**: todo sistema dinámico estaba determinado por sus condiciones iniciales y las leyes del movimiento. Sin embargo, ya se había reconocido la presencia, en las ecuaciones de la mecánica, de términos no lineales que dificultaban su solución analítica, como era el caso de fenómenos como el flujo turbulento de un fluido, el comportamiento de un sistema con movimiento periódico, perturbado por una fuerza externa también

periódica, y la solución del problema de la interacción gravitacional entre tres cuerpos..., que habían sido reconocidos con la denominación de "caos determinista", por la imposibilidad de poder llegar a una solución analítica general, teniendo que admitir que la predicibilidad está limitada a un intervalo muy corto.

Eddington, Arthur Stanley (1882-1994) formuló en 1920 la hipótesis de que el brillo y calor del Sol provienen de una reacción nuclear: el hidrógeno se une produciendo helio, y la pequeña diferencia de masa se libera como una gran cantidad de energía, dando además, por cada átomo de helio la liberación de dos partículas evanescentes, después llamadas **neutrinos** (*). Publicó un trabajo añadiendo ideas propias a la teoría "de la relatividad de la gravitación", con lo que ayudó a extender las ideas sobre el tema. Se situó disconforme con la hipótesis de una densidad uniforme de la materia. Refiriéndose a la aparente "**desaparición de la materia**" (**) debido a la aparición del fenómeno ondulatorio, escribió lo siguiente: *"Hemos hallado una sorprendente huella de pisadas en la ribera de lo desconocido. Hemos ensayado una tras otra, profundas teorías para explicar el origen de aquellas huellas. Finalmente hemos conseguido reconstruir el ser que las había producido. Y resulta que las huellas eran nuestras"*... Estaba queriendo expresar su posición filosófica. En sus palabras, y en las de *Schrödinger*, también, como veremos, estaban implícitos la interpretación probabilística de la mecánica cuántica y el supuesto papel que desempeña el propio observador en el análisis y descripción de los fenómenos naturales, sin duda lo más sorprendente de la Física moderna.

(*) **Neutrino**: partículas de *Pauli* y *Fermi* detectadas en 1956 por *Raines* y *Cowan* (con masa unos 100 millones de veces menos que la del electrón, por cuanto interaccionan muy débilmente) que sólo podían explicarse suponiendo la existencia de dos tipos de neutrinos: uno, el neutrino *electrónico*, que aparece en las desintegraciones acompañado de un electrón; y otro, el neutrino *muónico*, que aparece acompañado de un muón (con propiedades parecidas a las del electrón, pero que pesa unas 200 veces menos). Entre 1975-76, *Perl* y su grupo, en Stanford, comprobarían la existencia de un tercer tipo (neutrino *tauónico*) que acompaña a las partículas *tau*.

- Historia del "pequeño neutro" (**neutrino**): *Lise Meitner*, famosa por su papel en la investigación nuclear, se preguntaría en 1922 por qué la partícula beta desprendida al decaer el núcleo carecía a menudo de la suficiente energía para explicar la cantidad de masa que pierde el núcleo. La falta de respuesta era de tal calado, que situó a *Bohr* (1930), en trance de abandonar el gran principio de la conservación de la energía... Los idealistas "físicos" se apresuraron a proclamar la "destrucción" de la energía, poniendo igualmente en cuestión el principio de su conservación..., hasta que *Wolfgang Pauli* en 1931 aventuró la idea de que junto con la partícula beta del núcleo se desprendía otra que se llevaba la energía desaparecida. Esa misteriosa segunda partícula tenía propiedades bastante extrañas, no poseía carga ni masa aparente ni *color*, con spin igual a $\frac{1}{2}$ y sus correspondientes anti; parecía un cuerpo ficticio; lo único que llevaba mientras se movía a la velocidad de la luz era cierta cantidad de energía. Pese a su rareza, los físicos creyeron en ella a pies juntillas. Y esta certeza se intensificó al descubrirse el **neutrón** y saber que éste se desintegraba en un protón y se

liberaba un electrón, que, como en la decadencia beta, portaba insuficientes cantidades de energía. *Enrico Fermi* dio a esta partícula el nombre de "**neutrino**" (pequeño neutro). Pertenecen a los *leptones* y por sus propiedades son *fermiones*. Surgen de la conversión protón-neutrón, en las reacciones nucleares que se desarrollan en el Sol y en otros astros, que pierden a causa de esto el 6 u 8% de su energía. En 1956 se logró capturar lo que algunas revistas especializadas llamaron un "neutrino", pero que era un "antineutrino", producto de la desintegración de un neutrón, en un protón, un electrón y un antineutrino o antipartícula, como luego se demostró con la suma de partículas. En 1961/64, *Hong Yee Chiu* manifestaría que cuando una estrella mayor que el Sol evoluciona, la creación de neutrinos le arrebataría su energía en proporción creciente. Formados en el centro del Sol, alcanzan sin interferencias su superficie en menos de tres segundos. En 1968 se detectaron los primeros neutrinos solares, pero en una cantidad la mitad inferior a lo que se había supuesto. Se calcula que el neutrino corriente puede atravesar 100 años luz de plomo sin que sus propiedades de resultar absorbido superen el 50%. De 100 billones que atraviesan la Tierra, sólo uno se podrá parar. Existe la aventurada opinión de que con el desarrollo de técnicas para detectarlos, sería posible determinar la existencia y localización de antigalaxias... *Francisco J. Indurain*, de la Autónoma de Madrid, explica la existencia de "un triplete de electrones con propiedades idénticas, excepto por su masa: el **electrón** ordinario, el **muón** y el **tau**; y un triplete de neutrinos, idénticos también excepto por una minúscula diferencia en sus masas y porque acompañan cada uno en desintegraciones y producciones al electrón correspondiente". La observación de esa diferencia valió el Nobel de 1988, a *León Lederman* (descubridor del quark **b**, en 1977), *Melvin Schwartz* y *Jack Steinberger*, por establecer definitivamente lo que habían supuesto los europeos del CERN, que el neutrino electrónico es distinto del neutrino muónico.

(**) **¿Desaparición de la materia?**: Cuando "la materia desaparece... quiere decirse -escribió *Lenin*- que desaparecen los límites dentro de los cuales conocíamos la materia hasta ahora... y que nuestro conocimiento se profundiza; desaparecen las propiedades de la materia que anteriormente nos parecían absolutas, inmutables, primarias, como la impenetrabilidad, y que hoy se revelan como relativas, inherentes solamente a ciertos estados de la materia". La *única* "propiedad" de la materia, con cuya admisión está ligado el materialismo filosófico, "es -como dijera *Lenin*- la propiedad de *ser una realidad objetiva*, de existir fuera de nuestra conciencia". La visión científica que tenemos del concepto materia rechaza la existencia de la "materia" como esencia última e inmutable.

1887: se producen dos hechos decisivos, que representan el final del clasicismo

... y el comienzo de la Física novísima desde que *Newton* publicara los *Principia*: los fundamentos mecánicos que fueron pilares inamovibles de la Física durante 200 años:

- **Hertz** consigue que un generador emita oscilaciones, es decir, ondas hertzianas del mismo tipo que predijo *Maxwell* en su unificadora teoría electromagnética. Con este hallazgo de las "ondas hertzianas" no sólo se confirmó que el magnetismo, la electricidad y la luz podían integrarse en **una teoría única**, sino que se inicia un proceso social, el de la comunicación a distancia, tan trascendente como lo fueron el fuego en la Prehistoria, la máquina de vapor en el XVIII o la asociación electricidad y magnetismo a

principios del siglo XIX. Con la producción y dominio de estas ondas comenzaría la transmisión de información a distancia: teléfono, telégrafo, radio, televisión, radar, etc.

- **Michelson** y **Morley**, puestos a medir con rayos luminosos la velocidad de la Tierra respecto al **éter**, se encontraron -como ya explicamos antes- con un imprevisto, de tal magnitud que hubieron de concluir o que no había éter o que, si lo había, la Tierra debía permanecer inmóvil respecto a él. El **éter**, que venía siendo el único fluido imponderable todavía vigente que se consideraba fijo y en el que se bañaban todos los cuerpos celestes, no dio señales de vida... "El resultado -escribió *Einstein*-- fue un verdadero veredicto de "muerte" para la hipótesis del **éter en reposo** a través del cual se moverían todos los cuerpos. No pudo observarse ninguna dependencia entre la velocidad de la luz y el sentido de su propagación". Para indagarlo con más certeza se ensayaron tres hipótesis: 1) que los cuerpos en movimiento arrastran al éter consigo; 2) que los cuerpos en movimiento no arrastran al éter consigo, sino que viajan a través del **mar de éter en reposo**; 3) que hay un arrastre parcial del éter por los cuerpos en movimiento. ¡Pero todas han fallado! "Esto -escribió *Einstein* en los años 30- originó una de las situaciones más dramáticas de la historia de la ciencia... Han fallado todos los intentos de convertir al **éter** en una realidad; no se llegó a descubrir ningún indicio sobre su constitución mecánica ni se demostró jamás el movimiento absoluto. Es decir, nada quedó de todas las propiedades del **éter**, excepto aquella para lo cual fue inventado: la de transmitir las ondas electromagnéticas... Ante una experiencia tan amarga, parece preferible ignorar completamente el éter y tratar de no mencionar más su nombre. Con el objeto de omitir la palabra que hemos decidido evitar diremos: nuestro espacio tiene la propiedad física de transmitir las ondas electromagnéticas (*). Luego, es una realidad objetiva".

(*) **Ondas electromagnéticas**: Todo cuerpo cuya temperatura sea superior al "0" absoluto (-273.15° C) emite ondas electromagnéticas. Colocadas en orden creciente de longitud de onda, las radiaciones que abarca el espectro electromagnético se denominan: rayos gamma, rayos X, rayos ultravioletas, luz visible, ondas infrarrojas, microondas, ondas de radio y televisión y ondas electromagnéticas muy largas. El término *luz* se aplica, por convenio, solamente a las radiaciones que capta el ojo (luz visible). El **espectro visible**, la ventana por la cual nos es dable mirar el mundo exterior, va desde la parte violeta del espectro, o sea desde las 3.900 unidades *angström* hasta las 6.000 unidades (parte roja): Unidad *angström* (distancia entre ondulación y ondulación): una diezmillonésima de milímetro.

Bohr, Niels Hendrik. David (1885-1962), antes de introducir la cuántica en el átomo había investigado, además de la **tensión superficial del agua (*)** y las propiedades físicas de los metales, el comportamiento de estos según la temperatura y los efectos magnéticos, así como la interacción entre los átomos del metal y los electrones, que, a su juicio, no parecían tener explicación según las leyes del electromagnetismo y menos imaginando a los átomos como si fueran esferas sólidas... "Yo dudaba -escribe *Bohr*- del modelo que explicaba la

ley de la radiación calórica sin otra base que las leyes clásicas del electromagnetismo". Por entonces, entender la naturaleza atómica y los fenómenos físico-químicos de la radiactividad, era un desafío... *Lenard* había experimentado (1895) la porosidad del átomo. *Einstein* acababa de sancionar (1909) la dualidad onda-corpúsculo y pretendía explicar conjuntamente con *Slater* la dinámica de las transiciones atómicas (absorción y emisión de radiaciones) y *John William Nicholson* (1881-1955) había utilizado la constante de *Planck*, para explicar los **espectros** de algunas nebulosas y de la corona solar, y concluido que algunas emisiones podían surgir de átomos cuyos momentos angulares variaban ... El fenómeno atrajo la atención de *Bohr* sobre la **espectroscopia** (**), que sería esencial para dar base a una teoría del universo atómico.

Recién llegado a Manchester (1912), desde Cambridge, *Bohr* conoce el modelo de átomo ("planetario") que *Rutherford* había propuesto (***) con la ayuda de *Geiger* y *Marsden* (****), pero que resultó matemáticamente inestable; condenaba a los electrones a estrellarse sobre el núcleo al cabo de una cienmillonésima de segundo, aunque en realidad esto no ocurría ... *Niels Bohr* se propuso revisar el modelo. "Se me ocurrió que una clave para el problema de la estabilidad atómica, la ofrecían las leyes que gobiernan los aspectos ópticos de los elementos". Su primera objeción fue que el electrón en cuestión "perdía continuamente energía al girar en torno al núcleo", y *Planck* había establecido que la energía se proyecta discontinuamente en saltos de $h\nu$ (h = constante de Planck y, ν = frecuencia de rotación o vibración). Es decir, que para irradiar un fotón o absorber energía el electrón, debe aumentar o disminuir su órbita, y cambiar su nivel energético, de acuerdo, también, con la teoría de los fotones de *Einstein*. La segunda objeción fue que el proceso no podía ser el mismo en un gas ordinario que en los sólidos, líquidos o gases densos, porque eran distintas las distancias interatómicas (*Planck* las había calculado igualmente espaciadas, e iguales, la frecuencia de las emisiones a la frecuencia de oscilación o rotación) Le ayudó definitivamente la formulación de *Jakob Balmer* (1825-1898) que relacionaba las longitudes de onda con la constante de *Planck*: "En cuanto vi la fórmula, todo se me hizo más claro". En 1913 formuló definitivamente su **hipótesis** (*****): "la energía de la radiación no es emitida (o absorbida) de forma continua"... De este modo introdujo la **discontinuidad** en el seno mismo del átomo, proponiendo a la vez el principio de **complementariedad**, según el cual las teorías corpuscular y ondulatoria eran modos complementarios de descripción necesarios para comprender el mundo cuántico. "El dualismo entre dos descripciones diferentes de la misma realidad -escribe *Bohr*- no constituye ya una dificultad", pueden aparecer dos modos de descripción de un sistema determinado como mutuamente exclusivos, aunque ambos sean necesarios para la completa comprensión del sistema. Y sostiene que cada descripción ofrece una visión parcial de la "verdad". Pone como ejemplo la falta de explicación para hechos tan inconciliables como que los electrones obedezcan a las leyes de *Newton* cuando está en sus órbitas y a las leyes de *Planck* y de *Einstein* cuando saltan de una órbita a otra... La respuesta vendría de un *de Broglie*, genial: "no hay un

mundo cuántico –dice-, sino solamente una descripción cuántica del mundo". *Sommerfeld*, igualmente sorprendido con la cuantificación direccional del átomo, escribiría: "Parece como magia"... El propio *Einstein*, sólo creyó en la teoría de *Bohr* cuando *Sommerfeld* la mencionó en 1916; duda que venía de lejos, pues, cuando introdujo los cuantos (1905) para explicar la radiación electromagnética, declaró que lo hacía sin estar seguro de a qué realidad respondía... Pasados veinte años, *Einstein* seguiría viendo la cuántica como "una teoría no completa". *Peter Deybe*, que recurrió al cuanto para explicar el "efecto Zeeman", no se recató en decir a *Gerlach*: "Seguro que usted no cree que la orientación de los átomos es algo físicamente real". Pero también el propio *Bohr* dudaba: "Me llevó tiempo tomar en serio la idea. Siempre pensé que la cuantización era una especie de idea simbólica". De hecho, cuando el "toque de difuntos", *Bohr* era uno de los oponentes a los cuantos einstenianos. Quizá de ahí su cólera contra *Schrödinger* y que otros dijeran de él que su teoría no era fruto de datos experimentales, sino que sus pasos fueron saltos en la oscuridad que sólo podían justificarse por sus éxitos. *Bohr*, sin embargo, tenía claro que "el átomo está formado por una carga positiva concentrada en un punto... rodeado por un sistema de electrones cuya carga es igual a la del núcleo "positivo"; de donde se supone que el núcleo es el asiento de la masa del átomo".

Por otro lado, el nuevo átomo propuesto -en el que *Bohr* había introducido el primer **número cuántico** n , y *Sommerfeld* dos números más, l y m , para justificar las órbitas elípticas de los electrones, además del cuarto, s , que añadiría *Pauli*- iría dejando ver de una manera cada vez más clara la existencia real de una estructura expresada en términos estrictamente cuánticos..., pero, que se complicarían aún más si cabe, con la idea de *Heisenberg* de asignar a los estados estacionarios números cuánticos internos semienteros, $1/2$, $3/2$, $5/2$... *Sommerfeld* calificó la propuesta como "algo absolutamente imposible", porque "equivaldría a dividir los cuantos de energía"... *Alfred Landé* pensó de modo semejante. *Pauli* calificó los semienteros como una vía "fea", "monstruosa", "me siento profundamente insultado por ella", es "puramente formal", "desprovista de nuevas ideas físicas".

La "magia" final vendría a partir de 1922: *Otto Stern* y *W. Gerlach* (1889-1979) observaron que los átomos tenían inclinaciones propias, mayores y menores de 90° , prueba -escribiría *Paschen*- de la realidad de los estados estacionarios de *Bohr*. Por si esto fuera poco, unos años después (1925), cuatro jóvenes estudiantes, *George Uhlenbeck*, *Samuel Goudsmit*, *Raplh Kroning* (1904-1885) y *Thomas Llewellyn Hilleth* (1903-1929) proponen, en coincidencia, que: **"Los electrones giran, todos los electrones giran..."** A *Lorentz* le pareció descabellado. A *Pauli*, absurdo: "La naturaleza no funciona así". Sin embargo, cuando *Thomas* reconfirma el concepto de *spin* con sus estudios relativistas de los nodos de la Luna, *Pauli* se vería obligado a escribir: **"Existía, sí, una rotación interna"**.

(*) En 1936/37, *Bohr* y *Wheeler* vieron en la **tensión superficial del agua** cierta semejanza con un modelo de átomo en el que las partículas del núcleo están

confinadas en una especie de "gota de agua" donde los protones y los neutrones se mezclaban de modo homogéneo: la partícula que penetra el núcleo, distribuye su energía por igual, hasta que, en una cuatrillonésima de segundo, una acumula energía y salta fuera del núcleo... El modelo era similar al propuesto por *Robert Hofstadter*: un núcleo consiste en un "corazón" muy denso, rodeado por una "piel", en la que decrece gradualmente la densidad.

(**) **Espectroscopia**: Los aportes de *Kirchhoff* y *Bunsen* serían esenciales (1925 y 26) en la última fase de la mecánica cuántica. *Sommerfeld*, convencido de que los datos **espectroscópicos** eran absolutamente esenciales para aspirar a una explicación teórica del universo atómico, llegó a interpretarlos como si fuera una "mística especial", una versión de la armonía musical que había propuesto siglos antes *Kepler*: "Lo que estamos escuchando del lenguaje de los espectros -escribe *Sommerfeld*- es una verdadera "música de las esferas" dentro del átomo. Es el misterioso *órganon* en el que la naturaleza toca su música de los espectros, y cuyo ritmo regula la estructura de los átomos y núcleos".

(***) **Átomo "planetario"**: Otra propuesta la había presentado *Hantaro Nagaoka* en 1904, consistente en un átomo formalmente "saturniano".

(****) *Geiger* y *Marsden* habían observado rechaces al bombardear con rayos *alfa* una lámina con 10^3 capas de átomos. *Rutherford* supuso que el impacto lo causaba la existencia de un núcleo (10^{-8} cm.) con carga + rodeado de una esfera con corpúsculos cargados (electrones) de aproximadamente 10^{-12} cm. de radio. Aunque nunca ocultó que "no había sido posible obtener evidencia definitiva para determinar si la carga es positiva o negativa".

(*****) **Hipótesis de Bohr**: 1º) los electrones sólo giran en las órbitas que cumplen las condiciones de **cuantificación**, fenómeno concluyente de que la energía en el movimiento interno de los átomos también cambia a saltos; 2º) Estas órbitas son estados "estacionarios" del electrón, en las que éste no emite energía; 3º) Al saltar de una órbita a otra más cercana al núcleo, emite un fotón; y, a la inversa, cuando lo absorbe, salta a otra más alejada del núcleo.

Kapp, Reginald (1885-1996) definió del siguiente modo la relación existente entre espacio y materia en la cosmología relativista: "Teniendo en cuenta que la materia no está tanto en el espacio como está hecha de espacio, la descripción más exacta, la menos evasiva, de los elementos constitutivos más elementales de la materia, puede ser porciones de espacio *diferenciado*". Su objetivo era "enseñar a un hombre a pensar con claridad, a expresarse claramente, enseñarle a pensar la primera lección en el arte de transmitir la información efectiva de la mente a la mente".

Darwin, Charles Galton (1887-1962), nieto de *Charles Robert Darwin*, escribe un artículo sobre la teoría de la absorción de rayos *alfa* por sólidos. Después de algunas de sus aportaciones sobre una teoría cuántica del electrón y de sus opiniones de que la Física se hallaba en 1919 en un estado desesperado y entre contradicciones esenciales, agarra la pluma y escribe: "puede que sea necesario efectuar cambios fundamentales en nuestras ideas de tiempo y espacio o, abandonar la conservación de la materia y la electricidad o, incluso, como último recurso, dotar a los electrones de libre albedrío"...

Moseley, Harvey (1887-1915), investigando con rayos catódicos (X) descubrió que las líneas de estos rayos se desplazaban progresivamente hacia

longitudes de onda más cortas conforme aumentaba el número atómico. La formulación matemática de la experiencia conllevaría, no sólo poder identificar un elemento a partir de sus propias líneas características de rayos X, sino incluso conocer el número de cargas positivas del núcleo. Ello permitiría, además, dar fundamento seguro a la distribución de elementos en un orden único. Descubrió así la diferencia en el átomo entre el peso atómico y el número atómico, cayendo en la cuenta de que la "tabla periódica" cobraba significado, ya que los elementos estaban ordenados de forma sucesiva no por el número atómico, sino por el peso atómico. Así, la carga del núcleo (+) se constituía en "la prueba de que existe en el átomo una cantidad fundamental, que aumenta en pasos regulares, cuando se pasa de un elemento al siguiente". Ello permitió a *Moseley* advertir que faltaban seis elementos en la tabla, que fueron descubiertos después, pero clave ya para ordenar la tabla periódica..

A finales del siglo XIX, todavía seguía viva la pregunta: ¿Qué cosa es ésa que se comporta por la mañana como un corpúsculo y por la tarde como una onda?

De su resolución dependerían adelantos futuros tan espectaculares como la supraconducción, los transistores, los semiconductores y hasta la energía nuclear. Ciertamente que, por entonces, todas las personas dedicadas a la ciencia estaban pugnando entre interpretaciones distintas, no exentas de condicionamientos sociales: fondo material, dual, o de naturaleza divina, etc. El propio *Einstein* se había planteado si podían preguntarse por separado qué es el electrón (una partícula o una onda), qué es la luz (corpúsculo u onda), qué es la materia... Incluso llegó a preguntarse "cómo reconciliar las dos imágenes contradictorias de materia y onda". Sucedió, además, que la vieja afirmación de la mecánica clásica del punto material: con tal y tal posición y velocidad en tal y tal instante, base del razonamiento vía del dominio de los fenómenos físicos..., no era igualmente aplicable a los *cuantos* elementales de materia (los electrones) ni a los *cuantos* de energía (los fotones). Con la mecánica clásica se hacía inexplicable el efecto del movimiento de un fotón y un electrón que atraviesan los dos orificios hechos con un alfiler... Sin embargo, el efecto se haría inteligible ocupándonos no de lo que sucede a uno, sino de lo que sucede a una multitud compuesta de individuos con un comportamiento particular imposible de pronosticar, debido al enorme número de individuos o partículas, por lo que la recurrencia al método estadístico nos permitiría medir con cierta exactitud valores medios que caractericen al conjunto; aunque ahora ya, para el caso particular de uno en concreto de los componentes sólo se pudiera predecir la *probabilidad* del comportamiento propuesta por *Schrödinger*.

***Schrödinger, Erwin* (1887-1961) pensó que la inercia podría tener un origen gravitacional. En 1926 estableció la ecuación de "ondas" que lleva su nombre; presupone que **todas las partículas tienen propiedades ondulatorias**. La formulación se constituiría en la ecuación básica de la "mecánica cuántica (ondulatoria)" no relativista; permitía describir el**

comportamiento de un electrón, considerándolo como una vibración eléctrica distribuida alrededor del núcleo, y; al menos por algún tiempo, resolvía a favor de la onda el antagonismo onda-corpúsculo. Sobre todo porque presentaba las partículas no con límites "corpóreos", sino como ondas agrupadas en "**paquetes**" (*) que parecen puntuales en nuestra escala y permitían evaluar las posibilidades de encontrarlas en una determinada porción del espacio..... "Es `pasmosa` -diría *Einstein*- la simplicidad matemática de la teoría que permite medir la longitud de onda de un corpúsculo luminoso, de un fotón, de una onda electrónica". Se estaba refiriendo a como tanto para la radiación como para la materia "el cuadrado del módulo de la función de onda mide en cada punto y en cada instante la **probabilidad** (**) para que el corpúsculo asociado sea observado en este punto y en ese instante"... *Schrödinger* contribuyó con *de Broglie* (y de modo indirecto con *Heisenberg*) a crear la "mecánica ondulatoria", a la que añadiría su hipótesis basada en la existencia objetiva de ondas con un comportamiento comprensible y causal. Sin embargo, después de haber criticado los aspectos idealistas de la física de la cuántica terminaría proponiendo una metafísica idealista, de orientación hinduista.

Para *Schrödinger* la cuestión había comenzado con la hipótesis de cuantificación de la energía formulada por *Planck* en 1900, según la cual la emisión o absorción de energía se distribuye entre los osciladores de cada frecuencia en forma de "**cuantos de energía**". Luego vendría la hipótesis de *Einstein* (1905) de "**cuantificación de la energía de radiación**", de acuerdo con la cual la radiación se comporta como un conjunto de partículas con energía, los llamados **cuantos de luz (fotones)**, del efecto fotoeléctrico. Seguidamente, *Bohr* aplica en 1913 la idea de la cuantificación de la energía a la estructuración del átomo supuestamente inestable propuesto en 1911 por *Rutherford*. En 1922 *Compton* demuestra experimentalmente que la dispersión de luz por electrones libres se produce según la ley de colisión elástica entre dos partículas: un fotón y un electrón. Finalmente, en 1924, *de Broglie*, en dominio de esos datos, e intentando encontrar explicación a las condiciones de cuantificación de las órbitas del átomo postuladas por *Bohr*, formula matemáticamente su hipótesis sobre la universalidad del **dualismo corpúsculo-onda**: todo tipo en absoluto de partículas posee propiedades ondulatorias, que deberán manifestarse en la difracción de las partículas... En 1925, *Heisenberg* construye un esquema sin coordenadas ni velocidades del electrón, con ciertas magnitudes algebraicas abstractas, base de su **mecánica de matrices**, que desarrolló con *P. Jordan* y *M. Born*. En 1926, *Schrödinger* propone su famosa ecuación de onda. En 1927, *Heisenberg* formula la relación de incertidumbre e indeterminación... En 1927, *C. Davisson* y *L. H. Germer* observan por primera vez la difracción de electrones. Y en 1928 *Dirac* formula finalmente la ecuación relativista que describe el movimiento del electrón en el campo exterior de fuerzas, convertida en una de las fundamentales. El seis de mayo de 1930, *Schrödinger*, en una conferencia en Munich, titulada "La transformación del concepto físico del mundo", expresó rotundamente su posición científico-filosófica: "*Nuestros signos y fórmulas –diría– no constituyen un objeto con existencia independiente del observador, sino que tan sólo*

representan la relación sujeto-objeto"... La interpretación probabilística de la mecánica cuántica y el papel que desempeña el propio observador en el análisis y descripción de los fenómenos naturales (que jamás admitió *Einstein*), estaban implícitos en sus palabras, fruto de su hipótesis basada en la objetividad de las ondas y su comportamiento causal. Asimismo, opinando sobre la "indeterminación o incertidumbre" y en relación con los escritos de *Heisenberg*, *Schrödinger*" llegó a decir que tal como ellos mismos se veían, eran "los autores de una verdadera **"teoría del discontinuo"**. "Para muchos -escribió- la teoría puede suministrar una base científica a su religión".

(*) **Paquete de ondas y reducción del paquete de ondas:** son dos conceptos cuánticos establecidos a partir de constatar la realidad de no poder localizar la trayectoria y posición del quantum, teniendo que reconocerse la **probabilidad** como única solución del problema, cuestión a la que daría respuesta la famosa ecuación (función de onda) de *Schrödinger* equivalente a la reducción del paquete (localización del quantum). Ejemplos como el del "pez soluble" y el de la supuesta evolución de una onda esférica de alrededor de 10^{27} km², que podría registrar, en un punto local, que ha sido detectado otro punto diametralmente opuesto, han sido causa, por un lado, de la formulación de hipótesis fundadas en la comunicación instantánea, y, por otro, de que, consecuentemente, se llegasen a poner en cuestión los conceptos de espacio y tiempo.

(**) La interpretación **probabilística** de la **función de onda** fue propuesta por *Max Born* en 1926, como una consecuencia de la naturaleza ondulatoria de las partículas conducente a la imposibilidad de medir simultáneamente y con idéntica y total precisión magnitudes conjugadas, tales como la posición y el momento o la energía y el tiempo en que sucede un proceso, lo que coincidiría con las reglas de indeterminación dadas por *Heisenberg* en 1927.

La disponibilidad cada vez mayor de fuentes productoras de altas energías permitiría aumentar el "zoo" de las partículas elementales,

...partículas cuya vida se alarga casi indefinidamente, con ejemplos como el del protón: de unos 10^{32} años, o el de las últimas teorías, que proponen sustituir las partículas puntuales, los objetos básicos de la materia, por unos objetos extendidos unidimensionales: las **"cuerdas"** (*) y las **"supercuerdas"**. Así, quedaría desprestigiada la extraña pregunta que se planteó *Heisenberg*: "¿Se ha llegado al cierre definitivo de la Física? Las formas materiales, aunque hipotéticas muchas todavía se demostraban inagotables.

(*) **Teoría de cuerdas**, Teoría M, Teoría del todo, y Teoría del campo unificado tienen en común la aspiración de unificar en una o varias leyes los fundamentos determinantes de las cuatro fuerzas. *Einstein* lo intentó sin éxito a partir de considerar las partículas como *campos* con una intensidad muy elevada. En otro momento pareció encontrarse la solución, a partir de interpretar matemáticamente las partículas, no como pequeños objetos que ocupan un punto en el espacio, sino como **"cuerdas"** en vibración, objetos unidimensionales extensos "sin espesor pero de longitud finita". Su existencia daría lugar a fenómenos de vibración, o frecuencias resonantes como las que resultan de las

cuerdas de un violín, que pueden emitir diferentes notas musicales, traducibles, en este caso, por **masas y cargas de fuerza**. La teoría incluye la gravitación en el mismo modelo que las otras tres interacciones fundamentales. Pretende que los **quarks** y **electrones** sean "**cuerdas cuánticas**", tan pequeñas como la longitud de Planck (10^{-33}). La teoría de cuerdas y supercuerdas encuentra su origen (1920) en la idea -"temeraria", se oiría decir- de *Teodoro Kaluza*, que ampliaría *Oskar Klein*, consistente en que el universo podía tener una dimensión espacial adicional: una especie de *cuerda arrollada* dedicada al transporte ondulatorio de la gravedad. La teoría cobraría mayor sentido, a partir de la descripción que *Gabrielle Veneziano* (n.1942) y *Mauricio Gasperini* hicieron (1968) de las propiedades de la fuerza nuclear fuerte y de las numerosas partículas que interaccionan entre sí. Se vería asistida (1970) por los trabajos, de *Yoichiro Nambu* y *Leonard Susskind*, que construyeron un modelo de partículas no puntuales basado en **pequeños trozos de cuerdas** vibratorias unidimensionales, y de *Joël Scherk* y *Schwarz*, probatorios (1974) de que la teoría de cuerdas podía describir la fuerza gravitatoria. Hacia 1976, *Daniel Z. A. Friedman*, *Sergio Ferrara* (n.1945) y *Peter Van Nieuwenhuizen* acuñaron el término *supergravedad*, utilizado en el intento persistente, de hecho fracasado, de fusionar la relatividad general y la mecánica cuántica. Hecho que, sumado al óptimo desarrollo de la teoría cuántica de campos aplicada a las partículas elementales, y al abrumador éxito de la comunidad científica en la descripción de la fuerza nuclear fuerte, llevó al abandono temporal de la **teoría de cuerdas**, de manera que no volvería a interesar a los físicos hasta 1984, y ello pese a que *Michel Green* y *John Schwarz* probaron (1984) que el conflicto entre la mecánica cuántica y la relatividad general podía resolverlo la teoría de cuerdas. En 1985, un teórico de las cuerdas, relevante, sería *Paul Townsend*, el denominado "cerebro de la *p-branas*". Entre 1984 y 1986, la teoría generó la primera "revolución de las supercuerdas", si bien, entre algunas objeciones serias. Como las que hicieran, *Hawking*, cuando escribió que "muchas de sus propiedades todavía están por comprender", y *Richard Feynman*, dejando claro que él "no creía que fuera la cura única para los problemas -en particular, los perniciosos infinitos- que obstaculizan una fusión coherente de la gravedad y la mecánica cuántica"... Hacia 1990, *Edward Witten*, basado en trabajos de *Michel Duff*, *Chris Hull*, *Paul Townsend*, *John Schwarz*, *Ashoke Sen* y otros, propuso reformularla a través de la teoría de las perturbaciones. Más tarde (1995) anunció la puesta en marcha de la "segunda revolución de las supercuerdas". Planteó lo que denominó: Teoría M, con seis dimensiones adicionales del espacio *arrolladas* sobre sí mismas. "¿Es la propia teoría de cuerdas una consecuencia de algún principio más amplio? *Brian Greene* (n.1962), reconocido por sus trabajos sobre las supercuerdas piensa que "nadie tiene idea clara de cómo responder a esta pregunta". Hoy, disponemos de cinco teorías de cuerdas, que sólo existen en la imaginación de sus teóricos, porque todavía no se han observado en el acelerador, ninguna de las "singulares partículas" básicas anunciadas.

Friedman, Alexander (1888-1925) fue el primero en demostrar (1922/24) que las ecuaciones de *Einstein* sobre la distribución de materia, permitían la posibilidad de un universo en expansión -donde el radio crece con el tiempo-, o un universo donde todas las posiciones en él serían equivalentes y ninguna podría tomarse como "centro" o como "límite"... Concluyó que las soluciones dadas, eran en cierto modo inestables suprimiendo la constante y que cabían soluciones más estables, con la constante igual a cero, en universos en los que

el radio aumenta o disminuye con el tiempo, según están en expansión o contracción.

Stern, Otto (1888-1969), en la década de 1920-30, estudió con otros la materialización de los fotones y la curva de distribución de velocidades de los átomos prevista por *Maxwell*. Escribe con *Einstein* "Algunos argumentos a favor de la suposición de la **agitación molecular en el cero absoluto**". *Planck* había escrito en 1913 sobre una sorprendente segunda teoría "para el punto cero de la temperatura absoluta". Se plantea que los osciladores vibran incluso a temperatura cero y que ciertos hechos apuntan a la existencia, dentro de los átomos, de vibraciones independientes de la temperatura y dotadas de energía apreciable, que solamente necesitan de una pequeña excitación para hacerse evidentes externamente... Era sabido que las energías radiactivas parecían ser independientes de la temperatura. Todo conducía a suponer la existencia de cantidades muy apreciables de energía infraatómica incluso en el cero de temperatura absoluta... *Albert Einstein* y *Otto Stern* ofrecieron argumentos matemáticos a favor de aceptar la existencia real de la "energía de punto cero" (ZPE) o "**energía del vacío**". Una medida en este sentido fue realizada en 1912 por *Arnold Eucken* (1884-1950).

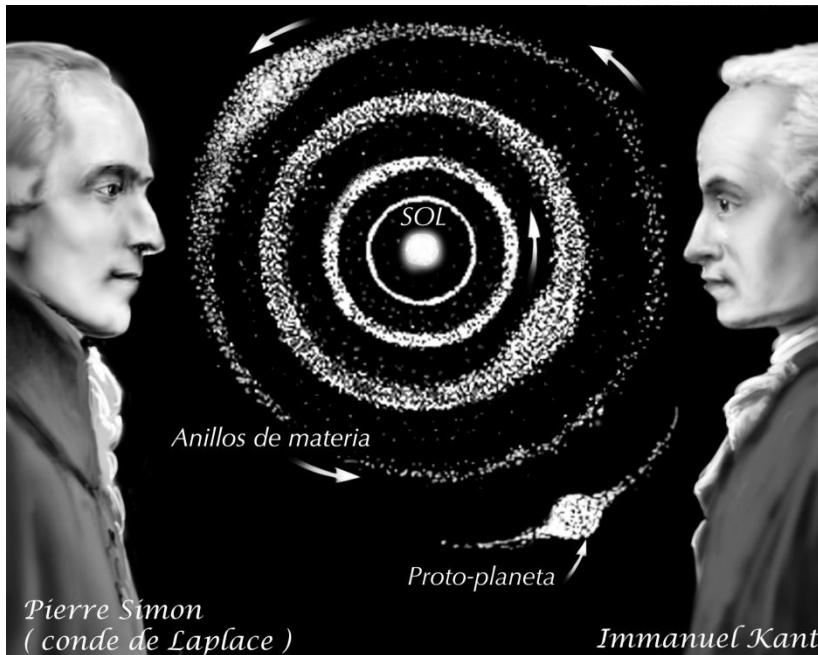
Hubble, Edwin P. (1889-1953) En 1924 afirmó que las pequeñas luces nebulosas que vemos en la bóveda celeste en una noche oscura -**las islas de Kant**-, eran en realidad galaxias situadas a grandes distancias de la nuestra, del orden de millones de años luz. Con los valores del corrimiento hacia el rojo ["efecto Doppler" (*)] calculados por *Slipher* en 1912, de hasta mil Km por segundo, *Hubble* y su ayudante *Milton Humason* descubrieron que las **velocidades** (v) de las galaxias daban la impresión de aumentar proporcionalmente con sus distancias (d), alejándose cada vez más rápidamente unas de otras y de la nuestra. Y propusieron la relación: $v = Hd$, donde H es la hoy llamada constante de Hubble. La fórmula permitía calcular el tamaño del universo y su edad. En 1928 calculó una velocidad de expansión universalmente puntual de 500 km/s. Pero, dando marcha atrás con esta medida se descubría que el universo no tenía más de 2.000 millones de años, algo claramente incorrecto, ya que sabemos que la Tierra dobla más de dos veces esa edad...Pero los datos nunca han cuadrado. Desde los años cincuenta la constante de Hubble ha sido revisada a la baja continuamente, demostrando incluso falta de uniformidad (**). En los noventa, unos mantenían la constante de 30-50 km por segundo, de velocidad de expansión, otros le daban 80-100, de donde resultarían 12.000 millones de años, tiempo todavía insuficiente para sus estrellas más viejas observadas. Hoy, se acepta una edad de más de 17.000 millones de años.

(*) *Christian Doppler* (1803-1853) había descubierto en 1842 el efecto del corrimiento hacia el rojo, según el cual la frecuencia observada de una onda depende de su velocidad relativa al observador. Si la fuente se aleja, las frecuencias son más bajas (rojo) y a la inversa si se acercan (azul).

(**) *F. Hoyle, G. Burbidge* y, principalmente, *H.C.Arps*, prestigiosos observadores demostraron hacia 1963/66 y en observaciones posteriores, siempre objetadas por la ciencia oficial, que algunos objetos extragalácticos presentan corrimientos

al rojo que **no son debidos a la supuesta velocidad de recesión**. En el caso cosmológico, y esto es lo más excepcional, las galaxias no se expanden por el espacio, sino que es el mismo espacio el que lo hace...

Schmidt, Otto (1891-1956), matemático, conocido por su intento de repetir en 1933/34 la ruta del mar del Norte, investigador de la luz zodiacal, la luminiscencia, la fotogénesis corpuscular de las estrellas y la cosmogonía solar, se distinguió (1942) por su teoría del origen de la Tierra y de los planetas. Supone que la Tierra en su origen estaba fría y ganó calor al descomponerse los elementos radiactivos. Convencido de que "la lucha entre idealismo y materialismo no cesa en ningún momento de la historia", se sitúa partidario de las **hipótesis nebulares de Kant y Laplace** (*)



Otto Schmidt, contrario a las teorías de las "oleadas" y las "colisiones" estelares, propondría que "el Sol en su desplazamiento orbital, había "capturado" una nube de polvo y gas". Sostenía que el impulso propio de esta nube y su interacción con el impulso solar pudieron haber originado la peculiar distribución de cuerpos en el sistema. En 1947 defiende que la captura era posible con tres cuerpos en presencia. En 1951 cuestiona la teoría de *James Jeans* y *Carl F. Weizsäcker* (n.1912) sobre la creación de planetas por condensación nebular y polvo interestelar, justamente cuando la objeción de *Maxwell*, calculada en base a un alto componente químico en el Sol similar al terrestre, quedó invalidada por el dato de un componente solar de H y He cercano al 99%. Otro teórico en estos sentidos sería *V. F. Fesenkov* (n.1889)

(*) **Las hipótesis nebulares de Kant y Laplace** fueron además combatidas por no poder explicar el **impulso angular**: el hecho de que los planetas mayores, con menos de la 1/700 partes de la masa total del sistema, poseen el 98% del impulso angular. El 2% del Sol resultaría de la redistribución del de la galaxia.

La Ciencia y el “big bang”.

En 1931 la *Revue des Questions Scientifiques* incluyó la noticia de la descripción que hacía el jesuita *George-H. Lemaître* del principio del mundo, de la que extrae la explicación tan simple -de suyo inconcebible en boca de un científico- de lo que *Fred Hoyle* daría en llamar irónicamente “*big bang*” (gran explosión), dice así: *“El mundo atómico se rompió en fragmentos y cada uno de estos en pedacitos aún más pequeños. Suponiendo, para simplificar las cosas, que esta fragmentación se hizo en trozos iguales hallamos que se necesitaron doscientas sesenta fragmentaciones sucesivas para alcanzar la pulverización actual de la materia en nuestros pobres y pequeños átomos, tan pequeños que apenas permiten que se les divida más. La evolución del mundo puede compararse a unos fuegos artificiales que acabaran de finalizar: unos cuantos fuegos fatuos rojos, cenizas y humo. Frente a una brasa ya fría, se observa el lento declinar de los soles y tratas de recordar la brillantez desvanecida del origen de los mundos”*. Según *Lemaître* el universo empezó siendo muy denso y caliente y se fue enfriando al expandirse, dando lugar a la formación de los átomos -cosa físicamente imposible en frío- y nubes de gases primordiales -que añadirían después-, de las que surgirían, por condensación gravitacional, las estrellas y galaxias... Toda la materia del universo estaba contenida en una esfera de treinta veces el diámetro del Sol, con una densidad 10^{10} veces la del agua: cada cm^3 de espacio contendría ¡cien millones de toneladas de material! Sólo el absurdo, en fin, pudo operar, para que durante la frialdad de la expansión se produjesen temperaturas y compresiones elevadísimas, capaces de provocar los procesos termonucleares generadores de átomos... Hasta ahora, los teóricos del *big bang* no han contestado a una pregunta muy embarazosa: ¿De donde vinieron las dimensiones espacio-temporales? ¿Hubo antes un tiempo y un espacio? ¿Dónde se sitúa el centro de la explosión? Y ¿por qué en todo caso la explosión radial no produjo una distribución uniforme de materia, hasta el punto de que existen regiones del universo, unas que están virtualmente desprovistas de galaxias, y otras, como el Gran Atractor, con masas súper gigantescas de un tiempo incalculable?

El big bang no tiene una explicación razonable

..., ni para el tipo de geometría de un universo cuyo centro se sitúa en todas partes, ni para la masa perdida en él ni para la supuesta expansión acelerada de las galaxias. Sólo tiene una razón de ser, que comentó Pío XII ante la Academia Pontificia de Ciencias (1951): el *big bang* apoya la idea de un Dios creador del mundo... En 1952, dirigiéndose a un grupo de asistentes al VIII Congreso de la Unión Astronómica Internacional, comentó que “los astrónomos que estaban penetrando cada vez más profundamente en el universo estaban

confirmando al mismo tiempo la existencia de un Dios todopoderoso". Pocos años después, *Stephen Hawking* escribió en su obra "*Historia del tiempo*" (1981): "El Papa nos dijo que estaba bien estudiar la evolución del universo, pero que no debíamos indagar en el *big bang* mismo, porque se trataba del momento de la Creación y por lo tanto de la obra de Dios"... Antes, a mediados del 60, *Halton Christian Arp*, que participó con otros astrónomos de la Universidad de Cardiff, Reino Unido, en la elaboración del **Manifiesto de Cardiff**, había negado científicamente el *big bang*: Uno de sus motivos es que "galaxias formadas con estrellas de apenas 100 millones de años no pueden haber estado formándose continuamente durante más de 10.000 millones de años". *George Gamow*, refiriéndose (1960) a los elementos químicos, escribe con ironía: "y ahora parece que mientras el "guiso" de los núcleos atómicos tuvo lugar **antes** de que se formaran las estrellas, un "guiso" adicional de elementos pesados tuvo lugar en fechas posteriores en el interior de las estrellas"... Y hay más, en el "estado estacionario" de *Einstein*, no hay sitio para el *big bang*. Allí la materia del universo no se creó en el seno del *big bang* sino que, en todo caso, se esparció por el espacio. En este sentido, la cosmología del *metaverso* se encuentra en mejor posición, puede hablar de las condiciones anteriores y de las que reinarán en todo caso después del ciclo de vida de nuestro universo; puede hablar de cómo el mar de energía material que subyace a toda la materia en el universo no se originó en el *big bang*, y no desaparecerá cuando la materia "creada" por la famosa explosión se extinga tras un supuesto colapso final. Entre las cuestiones seriamente contestables están la predicción de que los objetos mayores serían de 150 millones de años luz, mientras que existen cúmulos de más de 300 millones, y la de la supuesta radiación de fondo del *big bang* que hubo de emitirse más o menos en la fecha fijada, cuando el universo tenía 400.000 años de antigüedad. El problema es que en ese momento las dos partes opuestas del universo en expansión ya estaban separadas a 10 millones de años luz una de otra. En ese tiempo la luz podría haber viajado solamente a 400.000 años luz, por lo tanto ninguna fuerza o señal física podría haber conectado las regiones en expansión. Sin embargo, la radiación de fondo, también supuestamente uniforme se mide en miles de millones de años luz, por dondequiera que miremos en el espacio. Podemos atrevernos a decir, también, que las fluctuaciones que dieron lugar a nuestro universo no vinieron de la explosión primigenia denominada *big bang*, ya estaban presentes, potencialmente, en el "pre"-espacio-temporal llamado vacío, éter. Esto es perfectamente posible, dado que el llamado **vacío** cósmico fue y sigue siendo la matriz de nuestro universo... La llamada "teoría del *big bang*" no nos dice cómo ni por qué tuvo lugar una inestabilidad en el vacío cósmico, sin tiempo ni espacio, sobre todo sin tiempo, sin más historia espacio-temporal que la que teológicamente se le pueda prestar. No puede decirnos por qué ocurrió esta inestabilidad ni cuando ocurrió. Ni por qué el universo es como es, ni por qué posee las propiedades tan extraordinarias que ahora nos muestra. El dicho "hubo un tiempo en que no había nada", ni siquiera tiempo, como aduce el *big bang*, induce involuntariamente a la sonrisa, por lo absurdo. El "tiempo" pierde todo sentido fuera de la existencia, fuera del movimiento de las cosas.

No puede, ni pudo existir jamás, el tiempo "vacío", en que no hubo nada... De la misma manera, no pudo haber espacio. El espacio "vacío", es decir, desvinculado de la materia y de su movimiento, es tan inexistente como el tiempo vacío, como el movimiento sin lo que se mueve. Una de las grandes conquistas del siglo XX -la teoría de la relatividad- colocó la teoría de la inseparabilidad de la materia, el movimiento, el espacio y el tiempo, sobre la base firme de los hechos físicos científicamente reconocidos. *B. Russell* se refirió al *big bang* declarando "que ni *Einstein* se sintió capaz de describir sus efectos y que es mejor evitarlo porque acarrea consecuencias metafísicas no deseables". En parecidos términos, recordemos a *Hawking*, **"El Papa nos dijo que no debíamos indagar en el *big bang* mismo, porque se trataba del momento de la Creación y por lo tanto de la obra de Dios"**.

Chadwick, James (1891-1974), después de continuos experimentos, en 1932 descubrió los **neutrones**, con *D. D. Ivanenko*, que habían predicho *Nernst* en 1903 y *Rutherford* en 1920. Bombardeando Berilio con partículas *alfa*, éste se convirtió en Carbono, más una radiación, que correspondía a partículas de masa 1 y carga cero, es decir, neutrones, que consideró como un protón y un electrón ligados... Después, fracasaría intentando golpear núcleos atómicos con neutrones, que atravesaban la capa de electrones y el núcleo como si nada... En 1934, *Fermi* lo conseguiría reduciendo la velocidad de los neutrones, haciéndolos pasar por baldes de agua, aunque no pudo obtener la energía de que hablaba la ecuación de *Einstein*.

Compton, Arthur (1892-1962). Se dice de él, que, en su tiempo, constituyó una excepción de la física de su país. Estudiando la difusión de los rayos X por elementos como el carbono, descubrió el efecto que lleva su nombre. Encontró que la radiación dispersada, producto del choque, sufría un aumento de longitud de onda (reducía su energía), lo que no se explicaba con el electromagnetismo clásico. Sin pensárselo más, concluyó que los rayos X tenían naturaleza corpuscular, como *Einstein* había predicho para la luz. *Sommerfeld* se había pronunciado en los mismos términos: "si *Compton* está en lo cierto, los rayos X no son ondas, sino partículas". *Einstein* no ocultó su satisfacción. Significaba el "toque de difuntos" de la teoría ondulatoria de la radiación. *De Broglie* aprovechó para concluir que si las ondas se comportaban como partículas, las partículas deben comportarse como ondas... Pero, quedaba pendiente un aspecto... El experimento obligaba a calcular que la desviación de los rayos X la producían electrones de tamaño exigentemente tan grande como todo el átomo de *Bohr*, 10^{-8} cm... Ello no obstante, *Compton* publicó la noticia. Luego, ocurrió lo inesperado: que habiendo sido invitado a Cambridge para hablar sobre el tamaño del electrón, *Rutherford*, dirigiéndose al alumnado, les espetó: "Espero que le escuchen con atención. ¡Pero no tienen que creerle!". Durante el debate, un nuevo profesor del Cavendish declaró: "No tendré un electrón tan grande en mi laboratorio". Fue aquí donde *Compton* se replanteó sus puntos de vista. De regreso a EEUU, construyó un electrómetro con su hermano *Karl Compton* y pudo llegar al convencimiento (1922) de que la

teoría no podía ser correcta, terminando por reconocer que “la difusión de rayos X es un fenómeno cuántico” (así se salvaba también la ley de conservación). Cuatro años más tarde (1927), *Clinton Davisson* (1881-1958), *Germer* y *G. Páger Thompson* (hijo) se encargarían de dar a conocer un hecho sorprendente, aunque previsto teóricamente por *de Broglie* en 1924: la **difracción de los electrones**, fenómeno específicamente ondulatorio. “Había que admitir de buen o mal grado -escribió- que la imagen de las ondas y la imagen de los corpúsculos debían ser, alternativamente, utilizadas para la descripción completa de las radiaciones”. Sin embargo, *Compton* llevó sus ideas más allá de todas partes: “El electrón -escribió- es una partícula que tiene cierto grado de conciencia, una pulsación verídica, y no una onda extendida”, y propuso construir una “célula psicoeléctrica” para comprobar la acción de nuestra psique sobre la mente.

Broglie, Louis de (1892-1987), influido en 1923 por la propuesta de *Einstein* para el efecto **fotoeléctrico**, e investigando sobre la física de los rayos X, resultó convencido de la necesidad de una teoría sintética de las radiaciones que combinase el aspecto “onda” y el aspecto “cuanto”. Relata cómo a partir del descubrimiento del “efecto Compton” y la interpretación cuántica del efecto fotoeléctrico pensó que “había que admitir de buen o mal grado que la imagen de las ondas y la imagen de los corpúsculos debían ser, alternativamente, utilizadas para la descripción completa de las radiaciones”. Propuso admitir que “si las ondas se comportan como partículas en el caso de la luz, las partículas de la materia deben comportarse a su vez como ondas”. “Audazmente” -como dijera *Einstein*-, planteó reconocer que todo tipo de radiaciones se constituía en “átomos de luz” y que éstos podrían aglomerarse en moléculas, es decir, asociar a todo corpúsculo una onda. A ese fin, creó con *Schrödinger* la llamada **mecánica ondulatoria**: toda partícula, fotones, electrones, átomos, moléculas, llevan una **onda asociada** (*) reflejo de su naturaleza cuántica. Así, quedaba reconocida la **dualidad** (**): corpúsculo-onda, continuidad-discontinuidad. A continuación (1924), predijo la **difracción** de los electrones. Y el descubrimiento posterior de la naturaleza ondulatoria de los electrones confirmaría la difracción. Desde entonces, las partículas sólo serían ondas agrupadas en “paquetes” que parecen puntuales en nuestra escala. El electrón ya no se representaría girando en una órbita (***), sino como **una vibración**, es decir, disuelto como **una onda esférica** o nube electrónica envolvente sobre el núcleo, aunque sin saber dónde se encuentra, salvo la probabilidad de encontrarlo a cierta distancia del núcleo... El proceso resultaría sorprendente, porque en realidad haría tambalearse las corrientes de pensamiento ganadas por la idea absoluta de la discontinuidad de la materia.

(*) **Onda asociada.** *de Broglie* propuso interpretar el corpúsculo como un grupo o “paquete de ondas” con las crestas agregadas hasta formar un **abultamiento** (la partícula) limitado en el espacio, que es precisamente -afirmaría *de Broglie*- lo que se desplaza a la velocidad de la partícula clásica.

(**) **Dualidad:** el punto de vista einsteniano sostiene que “una teoría coherente del campo, exige que todos los elementos que en él figuran sean continuos”, pese a la dualidad reconocida corpúsculo-onda.

(***) Hasta el **modelo atómico** de *de Broglie* (la nube electrónica envolvente sobre el núcleo), dominaban los modelos planetarios de *J. J. Thompson*, *Rutherford*, y el de *Bohr* (con órbitas radiales determinadas salvo una fundamental, y toma de fotones o emisión en su caso mediante "saltos cuánticos")

Thompson, George Pager (1892-1975), hijo de *J. J. Thompson*, demostró en 1926 con métodos distintos a los utilizados en 1926 por *Germer* y *Davisson* el fenómeno de **difracción** de electrones, específico del comportamiento ondulatorio (detectó los electrones difractados en una placa fotográfica). Más tarde y de manera concluyente, *Davisson* y *G. P. Thompson* confirmaron experimentalmente lo más importante: que el **fenómeno ondulatorio** no era sólo propio de los electrones, sino también de todas las partículas materiales.

Struve, Otto (1893-1963) hizo grandes contribuciones a la espectroscopia y a la astrofísica estelar, e interestelar en cuyo espacio descubrió el hidrógeno ionizado y otros elementos, además de las líneas oscuras propias del calcio. El "efecto Struve-Sahade" recoge la aparente debilidad de las líneas de las estrellas binarias masivas cuando la secundaria está retrocediendo. Autor de más de 900 artículos y varios libros, entre ellos "El Universo" (1961)

Bose, Satyendra Nath. (1894-1974) propuso en 1924 que la luz se podía tratar como un gas de partículas **sin masa**, que no obedecía las leyes clásicas de la mecánica estadística propuestas por *Boltzmann*, y planteó una nueva estadística, basada en el carácter indistinguible de las partículas, dando bases al *bosón*... De otro lado, encontró que la propuesta teórica de la radiación ("catástrofe ultravioleta") era insuficiente. *Bose* no estaba de acuerdo con los datos experimentales; pensó que podía reconciliar la teoría de *Einstein* de la radiación con la de *Planck*, utilizando un modelo estadístico que aceptaba la indistinguibilidad de los fotones y que cada estado cuántico puede acomodar cualquier número de fotones. *Einstein*, reconociendo que la fórmula significaba un avance, aplicó estas ideas también a partículas con masa. La ley formulada se conoce como el condensado de Bose-Einstein.

Oparin, Alexandr I. (1894-1980), biólogo y bioquímico, fue el primero en sugerir en 1924 que las bases de la vida se formaron cuando la Tierra tenía una atmósfera reductora, compuesta de metano, amoníaco, agua e hidrógeno, en lugar de dióxido de carbono... Planteó que los **compuestos orgánicos** que constituyen los seres vivos se habían formado en el transcurso de una evolución química. *Oparin* salió en apoyo de las propuestas por entonces todavía cuestionadas de *Louis Pasteur* (1822-1895) y *Charles R. Darwin*; cuando el primero se negaba a admitir la generación espontánea de microorganismos y el segundo sostenía que los organismos debían aparecer por causas naturales. Los seres vivos altamente organizados -vendría a decir *Darwin*- han podido surgir sólo como resultado de un prolongado desarrollo, gracias a un proceso de evolución de los organismos; la propia aparición del hombre resulta inconcebible fuera de este proceso de evolución, a menos que se recurra a la intervención de factores sobrenaturales o espirituales de uno u otro tipo. *Oparin* desarrolló su teoría en la obra "El origen de la vida sobre la Tierra".

(*) En 1968 se identificarían en el espacio, formaldehído (H_2CO), cianuro de hidrógeno (HCN), ácido fórmico (HCOOH), alcohol metílico (CH_3OH), amoníaco (NH_3), agua (H_2O)...

Alexandr Iwanowich Oparin (1894-1980)

Oparin explicó por vez primera la fase primigenia de la cadena evolutiva descubierta por *Charles Darwin*. Su estudio, que publicó en Moscú (1923) titulado "*El origen de la vida*", no fue conocido de manera más amplia hasta 1967 en que *John D. Bernal* lo incluyó en su "*The origin of life*". No fueron pocos los que enseguida aguzaron sus plumas para tildarlo de peligroso, como ocurriría con *Darwin* y su gran obra el "*Origen de las especies*". *Oparin*, consumado materialista moderno, heredero de *Lomonósov*, un reconocido propulsor



de la estructura atómica y molecular de la materia, pudo preguntarse e indagar, como antes lo hicieran *Newton* en torno al "primer impulso" (sin poder descubrir la verdad) y *Pasteur* para poder rechazar la generación espontánea y afirmar la relación existente entre la materia inerte y la vida. *Oparin*, conviene decir, pudo pensar, estudiar e investigar en condiciones histórico-sociales singulares (comienzos de la Revolución de Octubre), tales que le permitieron poder hacer uso del único método que permite investigar mentalmente liberados del oscurantismo idealista y religioso, el materialismo dialéctico.

Conocer la importancia del hecho importa y mucho. Pues, si la vida y su relación con la naturaleza son como todo hace ver un fenómeno material, entonces, estudiando a la luz del método

citado las leyes que rigen cada proceso, podríamos hacer lo posible por encauzar el futuro de hoy en día, de modo favorable para todos los seres vivos, montañas, ríos y mares inclusive. Ahora bien, si todo lo que sabemos vivo ha sido creado, como sostiene burdamente el pensamiento religioso, por un principio espiritual, cuya esencia no nos es dable conocer, entonces deberemos limitarnos a contemplar pasivamente la naturaleza viva, incapaces ante fenómenos que se estiman no accesibles a nuestros conocimientos, a los cuales se atribuye un origen sobrenatural, en cuyo caso deberíamos dejar estúpidamente inactiva la capacidad pensante del ser humano y aguardar sumisamente a que el salvajismo capitalista acabe con todo.

Alexandr Ivanovich Oparin nace en Uglich, el 24 de marzo de 1894. Muere a la edad de 86 años (1980). Graduado en la Universidad de Moscú en 1917, comienza en 1924 a desarrollar su teoría. En 1930, formula lo que sería una nueva hipótesis para explicar el origen de la vida. En 1935, funda el Instituto Bioquímico RAS. En 1938 culmina su trabajo con la edición de su libro "*El origen de la vida*". En 1946, es admitido en la Academia soviética de las Ciencias. En 1952, publican su obra en EEUU. En 1970, es elegido Presidente de la Sociedad Internacional para el Estudio del Origen de la Vida. *Oparin*, que había estudiado astronomía, sabía que en la atmósfera del Sol, de Júpiter y de otros cuerpos celestes, existen gases como el metano (CH_4), el hidrógeno (H) y el amoníaco (NH_3), que contienen carbono (C) y nitrógeno (N). Pensó que en contacto con los componentes del agua (H_2O), podrían haberse convertido en los materiales de base para la aparición y evolución de la vida. Sus conocimientos de geología le permitieron pensar que la expulsión de vapor de agua debida a la actividad volcánica pudo dar lugar en la atmósfera, mediante los rayos ultravioletas y las descargas eléctricas, a reacciones químicas que darían origen a aminoácidos y estos a las proteínas, base de los coloides de cuya interacción, vía de innumerables procesos (arrastres lluviosos, mar y tierra) aparecerían los protobiones (coacervados, moléculas mantenidas por fuerzas electrostáticas), que terminarían envolviendo moléculas de nucleoproteínas. Procesos similares de enzimas y fermentos con capacidad catalizadora facilitarían ciertas reacciones químicas, acelerando el proceso de síntesis de nuevas y más complejas sustancias, explicativas al cabo del tiempo de todas las formas de vida.

El origen de la vida transformado en una disciplina científica

Si bien, **F. Wöhler** y **N. N. Zinin** ya se habían distinguido; **Wöhler**, en 1828, obteniendo químicamente la urea, un compuesto de la vida, unión de carbono, hidrógeno y oxígeno, y **Zinin**, en 1842, habiendo sintetizado la anilina, correspondería a **Alexandr I. Oparin**, con la magnitud de su trabajo sobre la evolución química, convertir **el origen de la vida orgánica en una disciplina científica**. **Oparin** propuso que la evolución biológica habría sido precedida de una etapa de evolución química, y que en el planeta habrían existido las condiciones físicas y los ingredientes químicos necesarios para iniciar la complejidad del fenómeno de la vida. En una conferencia, finalmente publicada en forma de libro en 1951, **John D. Bernal** (1901-1971) difundió en 1947 las ideas de **Oparin** de 1924 y otras similares, en 1929, de **J. B. S. Haldane** (1892-1964) sobre una posible sopa prebiótica (hipótesis de **Oparin-Haldane**) formada en los mares. La importancia de las propuestas movería el interés de varios biólogos por experimentar. En 1951 el grupo de **Melvin Calvin** en Berkeley publicó que había obtenido compuestos orgánicos pero de escaso interés biológico. En 1952 **H. C. Urey** (n.1893) llama a realizar experimentos a partir de agua y metano en presencia de luz ultravioleta o de fuertes descargas eléctricas y pidió a **Stanley L. Miller** que leyese el libro de **Oparin**, "el trabajo más relevante publicado"... "Un texto de bioquímica", diría **Stephen Jay Gould**, un famoso paleontólogo contemporáneo, de reconocido prestigio... El 15 de mayo de 1953, **Urey** y **Miller** dan a conocer su trabajo sobre la simulación de los procesos químicos que pudieron dar lugar a la vida en la Tierra. Ese mismo año **James D. Watson** y **Francis Crick** publicaron su modelo de la doble hélice del **ADN**. Finalmente, en 1953, **Stanley L. Miller**, ensayando las teorías de **Oparin** y **Sydney Fox** inyectó una cantidad de energía en una mezcla de agua, amoníaco, metano e hidrógeno creando un "caldo primigenio": obtuvo moléculas orgánicas como ácido aspártico o ácido glutámico, aminoácidos, que son componentes básicos de las proteínas. **Oparin** obtuvo esferas de *coacervados*, con mezclas de glúcidos, proteínas y ácidos nucleicos. Pocos años más tarde, la química pre-biótica y la biología molecular, convergieron gracias a los trabajos de **Joan Oró** (1923-2004). **Oró** sintetizaría adenina en 1960, uno de las bases nitrogenadas que entra en la composición del ADN, dejando reaccionar cianuro de amoníaco en agua. Luego, obtendría guanina. Por entonces y en este sentido, el materialismo dialéctico había planteado superar la visión de lo puramente biológico aceptando que en el caso de la especie humana, el problema del origen del hombre se establece en relación con el empleo de útiles que contribuyen a desprenderle de la animalidad. Es decir, que es la producción material y cultural y no sólo los factores biológicos y geográficos lo que juega un papel determinante en el desarrollo del ser humano. **Gould**, escribió: "No es cierto que marchemos hacia algo cada vez más grande y perfecto". Por otro lado, en los años 30 había alcanzado máxima expresión la formulación de la teoría celular de la estructura de las plantas y los animales, demostrativa de la **unidad del mundo orgánico**, que sentaría la base del ulterior desarrollo de la biología, obra de botánicos como los

alemanes *M. J. Schleiden* y *T. Schwann*, el naturalista ruso *P. Goríaninov* y el biólogo checo *J. E. Purkinje*. Entre todos demostraron cómo la vida aparecía sustentada en tres tipos de moléculas gigantes capaces de transmitir información: las proteínas y dos familias de aminoácidos nucleicos (ribonucleicos: RNA y desoxirribonucleicos: DNA). Las proteínas son macromoléculas, como los ácidos nucleicos, resultantes de la unión de aminoácidos. Finalmente, *Günter Wächtershäuser* (n.1938) propondría (1970) la formación de la vida en algunos microsegundos en un medio cálido y desprovisto de oxígeno, pero en presencia de sulfuro de hierro y sulfuro de hidrógeno: una sucesión de reacciones simples que habrían permitido formar péptidos a partir de monóxido de carbono.

"LA VIDA Una fatalidad cósmica"

Acertado o no, en su expresión, *Carl Sagan* titula así su elaboración de un resumen muy completo en estos sentidos:... "un buen día, por pura casualidad -escribe remontándose antes a las microscópicas algas verdiazules-, surgió una molécula dotada de la capacidad de fabricar copias toscas de sí misma... Fue éste el más antiguo antepasado del ácido desoxirribonucleico (DNA), la molécula clave de la vida terrestre. Dado que las mutaciones son cambios *fortuitos* de un nucleótido (...) las moléculas con funciones especializadas terminaron por unirse, formando una suerte de colectividad molecular: la primera célula". Y se afirma en la idea de que "Todas las formas de la vida terrestre están estrechamente relacionadas entre sí. Poseemos -escribe- una estructura químico-orgánica común y un mismo patrimonio evolutivo".

Zwicky, Fritz (1898-1974) cartografió los cúmulos de galaxias, dio nombre a las supernovas y a la **materia oscura**, que detectó estudiando el cúmulo de galaxias Coma, viendo que se movían a una velocidad que no correspondía con la fuerza de la gravedad supuesta en la masa del cúmulo. Fue la primera persona en proporcionar pruebas y deducir en 1933 la existencia del fenómeno. Aplicó el *teorema de virial* (*Rudolf Clausius*, 1870) al cúmulo de galaxias Coma y obtuvo pruebas de masa no visible. *Zwicky* estimó la masa total del cúmulo basándose en los movimientos de las galaxias cercanas a su borde. Cuando comparó esta masa estimada con la estimada en el número de galaxias y con el brillo total del cúmulo, encontró que había unas 400 veces más masa de la esperada. La gravedad de las galaxias visibles en el cúmulo resultaba ser muy poca para tal velocidad orbital, por lo que se necesita mucha más. Esto es conocido como el "problema de la masa desaparecida". Basándose en estas conclusiones, *Zwicky* dedujo que tendría que haber alguna forma de "materia no visible" (materia oscura) que proporcionaría suficiente masa y gravedad constituyendo todo el cúmulo.

Szilard, Leo (1898-1964) quedó muy impresionado en 1913 con la lectura de "El mundo liberado" de *Herbert George Wells* y el pronóstico de la bomba nuclear... Sin embargo, y aunque en 1934 ya era el primero en entrever la posibilidad de una reacción nuclear en cadena, su intuición física era muy vaga y hubo de esperar hasta el descubrimiento de la fisión en 1938... Fue un firmante de la carta que escribieron a *F. D. Roosevelt* (1882-1945), el 2 de

agosto de 1939, *Albert Einstein, Eugene Wigner y Edward Teller* (1908-2003) colaborador con *Ronald Reagan* (1911-2004) en la "Guerra de las estrellas".

De-Chang Dai (1899-1983) Estudia los procesos nucleares. Cuando se viola el "efecto de exclusión" de Pauli -escribe- la materia estelar sufre transiciones de fase nuclear que liberan suficiente energía para retrasar el colapso hacia una estrella de neutrones..., esto tiene lugar cuando los quarks son compactados, convertidos en leptones, mediante un proceso de combustión (estrellas electro débiles), que al generar energía retrasa el colapso en 10 millones de años.

Slater, John Clarke (1900-1976) elaboró (1924) con *Niels Bohr y Hendrik A. Kramers* (1894-1952) una teoría (**BKS**) según la cual la onda luminosa no transporta energía. Evidenciaba claramente la pretensión sostenida por *Bohr* de que se renunciase, contrariamente a la opinión de *Slater* (*), a considerar válida la ley de la conservación y transformación de la energía... La teoría pretendía demostrar la relación entre radiaciones, efecto fotoeléctrico y ondas esféricas e intentaba explicar la dinámica de las transiciones atómicas (absorción o emisiones de radiación), esperando poder avanzar en la comprensión del mecanismo que subyacía a esos fenómenos, pero cuyo avance dificultaba la participación de *Bohr* y su confuso discurso (**). La polémica venía del llamado "efecto Compton", que apoyaba *Einstein* porque avalaba la radiación, cual "proyectiles de energía discreta", **cuantos**, con los que *Bohr* tampoco se encontraba a gusto, a pesar de que fue precisamente él quien en 1913 los introdujo en el modelo atómico de *Rutherford*.

(*) *Slater* escribió al respecto: "Fue incluida en la teoría por *Bohr y Kramers*, en contra de mi opinión".

(**) *De Broglie* decía que el confuso discurso de *Bohr* (proclive a la no conservación de la energía) se escondía en "*le brume du Nord*".

Pauli, Wolfgang (1900-1958) Pese a pertenecer a la escuela del idealismo "físico", conjeturó en 1930 una solución para el fenómeno de la aparente desaparición de energía. Ocurría "cuando la partícula *beta* desprendida al decaer el núcleo, carecía normalmente de la suficiente energía para explicar la cantidad de masa que perdía el núcleo". *Pauli* aventuró la idea de que junto con la partícula *beta* del núcleo se desprendía otra que se llevaba la energía "desaparecida" (*). Esta "misteriosa" partícula, que *Fermi* llamó **neutrino** (en italiano "pequeño neutro"), tenía propiedades bastante extrañas. No poseía carga ni masa aparente. Lo único que llevaba mientras se movía a la velocidad de la luz era cierta cantidad de energía. *Pauli* formuló el **principio de exclusión** (**) según el cual dos electrones en un mismo átomo no pueden tener los mismos números cuánticos, es decir que en una misma órbita sólo puede haber dos electrones con valores distintos del *spin* (***). Contribuyó al desarrollo de la mecánica cuántica. Añadió un cuarto número cuántico, **s**, con posibles valores de $+1/2$ y $-1/2$, al átomo propuesto por *Born y Sommerfeld* que tenía tres números cuánticos **l**, **m** y **n**. Antes había especulado con la posibilidad de que los electrones girasen sobre sí mismos.

(*) *Pauli*, pese a que no era partidario del materialismo y por sus concepciones filosóficas pertenecía a la escuela del idealismo "físico", dio muestras de su firme adhesión al pensamiento objetivo. Cuando se negó a admitir que la energía pudiera "desaparecer", anunció la hipótesis de que esa energía era arrastrada por "partículas especiales de materia cuyas propiedades era imposible descubrir directamente" con los métodos de que los físicos disponían en ese momento. Así surgió la hipótesis del **neutrino**, gracias a la visión (materialista) de **Pauli**, que exigía la explicación experimental y teórica del fenómeno.

(**) **Principio de exclusión** de Pauli: dos partículas idénticas y de **spin** semientero no pueden existir en el mismo estado, de donde derivan los efectos de repulsión que explican la estructura de los átomos y moléculas y el papel que juegan en la expansión interna de las estrellas.

(***) "**Spin**": fue sugerido por *Uhlenbeck* y *Goudsmit* en 1925 como una hipotética propiedad del **electrón**, de girar sobre sí mismo como un trompo. El spin sería considerado después como una propiedad cuántica atribuible a todas las partículas, y mensurable como la masa o la carga eléctrica (el spin no puede ser sino un múltiplo entero o semientero de la constante de *Planck* por 2π). El spin es, pues, un momento de giro intrínseco de la partícula que puede "visualizarse" como si la partícula girase sobre sí misma con el eje hacia "arriba" o hacia "abajo". Las partículas que constituyen la materia ordinaria se clasifican en *fermiones* (con **spin** semientero) y *bosones* (con **spin** entero) que no están sometidos al principio de exclusión de *Pauli*.

Oort, Juan H. (1900-1992), que calculó la masa de la Vía Láctea y la distancia desde su centro a Sagitario, situó (1950) a un año luz del Sol la "Nube de Oort", ocupada por más de un millón de cometas... **Öpik, Ernest** (1893-1985) postuló la existencia (1932) de una "nube" de cometas (nunca observada directamente), situada a unas 2400 veces la distancia entre el Sol y Plutón.

Pauling, Linus (1901-1994), químico de formación y gran conocedor de la física cuántica, para quien la biología molecular era "una parte de la química estructural", creía que mucho de lo que quedaba por saber podía explicarse "utilizando ideas químicas bien fundadas, en especial la química de macromoléculas, y que nuestros conocimientos sobre los átomos, especialmente el carbono, y sobre los enlaces atómicos... serían suficientes para desvelar los misterios de la vida". Utilizó las técnicas de difracción de los rayos X para determinar la estructura de algunos cristales complejos, como la molibdenita. Su dominio de la física cuántica, que aplicó para desentrañar las estructuras de moléculas biológicas, convirtió su publicación de 1939 en un texto que fue magistral de referencia para miles de estudiantes. En 1932 estudió la facilidad con que los electrones podían separarse de los distintos elementos, y observó que sin excepción, incluso todos los gases inertes (lo que sorprendió) podían ser desprovistos de electrones.

Linus Pauling, objeto reconocido de la simpatía mundial (Nobel de la Paz en 1962) denunció los riesgos de la lluvia radiactiva de una sola bomba que puede ocasionar, además de una horrible mortandad, 100.000 muertos por leucemia y constituir, con el carbono radiactivo 14, un grave peligro genético.

Fermi, Enrico (1901-1954) investigó y dio nombre al **neutrino** y estudió la posibilidad de producción de átomos radiactivos por el bombardeo con neutrones. Propuso un modelo estadístico que se apartaba del de *Boltzmann*, al suponer que los átomos en el gas se distinguen unos de otros, y añadió la regla de que cada estado cuántico sólo puede acomodar un único átomo, encontrándose todos los átomos en diferentes estados cuánticos. El modelo aplicable a electrones y átomos se conoce hoy como de Fermi-Dirac. Por eso en honor de *Fermi* se llaman **fermiones** a las partículas con **spin** semientero ($1/2, 1/2, \dots$): constituyen la materia ordinaria: electrones, protones, neutrones y neutrinos. Los llamados **bosones** tienen spin entero (0, 1, 2). Son como el "cemento" que mantiene a los fermiones unidos. La nueva ley se conoce como la distribución de Bose-Einstein. En 1933, *Fermi* presentó el proceso mediante el cual un neutrón se convierte en un protón y un electrón, añadiendo la creación de la nueva partícula, el "**neutrino**", de masa "0" y carga aparentemente nula, pero de spin $1/2$ ó $-1/2$, que había sido propuesta por *Pauli*. Hablando de sus descubrimientos, escribió: "Electrones o neutrinos pueden crearse o desaparecer...". Propuso llamar "fuerza nuclear débil", de intensidad menor que la electromagnética, a la fuerza que mantiene unidas las tres partículas, protón, neutrón y neutrino. En 1934, persiguiendo bombardear con neutrones núcleos atómicos, descubrió que, ralentizando los neutrones, es decir, haciéndolos pasar a través de una capa de parafina, se conseguía que quedasen prácticamente atrapados en el núcleo. Así pudo por fin comprobar que cuando bombardeaba un elemento con un neutrón, éste se transformaba a menudo en otro (*) con el número atómico superior más próximo. Bombardeando uranio con neutrones obtuvo un producto que, al parecer, era realmente el elemento 93. Se le dio el nombre de "uranio X". En 1942 participó en la construcción de la primera pila atómica (la producción de una reacción atómica controlada, con la colocación de barras de uranio en agujeros perforados en bloques de grafito).

(*) *Fermi* no sospechó las consecuencias de su descubrimiento: la escisión del átomo (**fisión nuclear**) en dos partes casi iguales, lo que permitiría que el calor desprendido por una **bomba atómica** pudiera provocar la fisión de átomos de hidrógeno, liberando una fuente insospechada de energía.

Payne, Cecilia (1901-1977) considerada una de las más grandes astrónomas del siglo XX, presentó en Harvard "la más brillante tesis doctoral escrita nunca en astronomía". En los años veinte desbloqueó la pretensión, hasta entonces fracasada, de utilizar la ecuación de *Einstein* ($E = mc^2$) para explicar el origen del combustible que mantiene encendido el Sol y las estrellas (*), durante miles de millones de años, en concreto: que el hidrógeno y el helio son los elementos más abundantes de las estrellas y del universo, estando compuestas de un 99% de hidrógeno y helio, teoría que le fue rechazada por *Eddington*. *Payne* dio una lectura correcta al espectro de la luz solar, hasta entonces descrito como muestra de una gran proporción de hierro; interpretó por primera vez, en contra de lo observado, que el espectro denunciaba la existencia preponderante de hidrógeno..., había quedado abierto el camino

para aplicar la famosa ecuación de *Einstein* a la explicación entonces pendiente: cómo se genera el calor que desprende nuestro Sol y las estrellas.

En 1919, *Cecilia Payne* había sido cuestionada como estudiante en Cambridge por *Rutherford*, aunque soportada amigablemente por *Arthur Eddington*, quien le propuso estudiar un problema sobre la estructura de las estrellas, pero que *Payne* abandonó, marchándose aburrida a Harvard. En Harvard, la tesis de *Payne* sobre el proceso nuclear fue declarada errónea por *Henry N. Russell*, y en 1923 estuvo a punto de quedar estancada entre las "computadoras", estudiantes que vivían resolviendo operaciones aritméticas.

(*) **En las estrellas** los átomos de hidrógeno, sometidos a presiones inimaginables, acaban convirtiendo sus núcleos, en núcleos de helio: Pero, $1+1+1+1$ de hidrógeno no es 4 de helio, sino 3,97 unidades de masa. El 0,7 % "perdido" aparece en forma de rugiente energía... El Sol transforma y emite en energía radiante, 4 millones de toneladas de hidrógeno por segundo.

Ciencia, científicos, industria bélica, sociedad.

Dos grandes y terribles guerras mundiales (1914-1919 y 1939-1945), un desarrollo revolucionario en la electrónica y en particular la participación de los científicos en el desarrollo armamentístico (gases venenosos, armas convencionales y de destrucción masiva, nucleares), originaron cambios en el mundo científico. Muchos físicos, en particular de origen judío, emigraron a EEUU, se articularon en torno a la guerra y la industria bélica, reforzando el desarrollo de la física en este país. Al mismo tiempo, se hacía evidente cierto desarrollo; principalmente en los transportes, la comunicación, las comunicaciones por satélite y la revolución de la informática que permiten el contacto rápido, pero sobre todo -como se vería después- entre los niveles de dominio y poder del capitalismo de la "guerra fría". De tal modo, la ciencia y la colaboración provechosa entre un gran número de científicos aislados, se verían sustituidas por la "ciencia industrial". Finalmente, se impondría la sumisión completa de la ciencia y las tecnologías, y los gobiernos dominantes y la industria darían lugar a un creciente dirigismo en la investigación científica... Así las cosas, mientras la Física en concreto desvelaba los elementos de la estructura de la materia y de la evolución del universo, la visión cabal que el hombre puede llegar a tener del mundo y de sí mismo se iría viendo cada vez más disminuida. Gracias a ello la ignorancia se haría más notoria, y creciente al mismo tiempo la dependencia de la clase trabajadora, de una clase irracional, depredadora, guerrera.

Heisenberg, Werner (1901-1976), participó en el programa atómico nazi (*). Antes, 1925, publicó su formulación matemática de la mecánica cuántica, conocida como **mecánica de matrices (**)**, que construyó con *Jordan y Born*. Partiendo de los procesos de la discontinuidad y acorde con los planteamientos conservadores de la "escuela de Copenhague", e interpretando que todos los procesos físicos están cuantificados -principio que se aparta de la física clásica- propuso en 1927 su conocido principio de *incertidumbre, imprecisión e indeterminación*, según el cual no se puede conocer exacta y simultáneamente la trayectoria de una partícula elemental y su impulso, porque cualquier medida de la posición alterará su velocidad (***). En consecuencia, los únicos valores que pueden encontrarse en la medición de un observable, son los valores

propios del operador correspondiente (****). Y en 1927 se refiere también al significado intuitivo de la cuántica que ve “lleno de contradicciones en las que continuidad y discontinuidad, onda y corpúsculo, **partícula** (****), se oponen entre sí”. Respecto al núcleo del átomo, que hasta entonces se explicaba sostenido por la mutua atracción de cargas eléctricas opuestas, en 1932 señala que se mantenía unido debido a un “intercambio” de fuerzas nucleares (130 veces más potentes, pero de menor alcance) superiores a las electromagnéticas, entre los protones y neutrones. Y describió a éstos desenvolviéndose en el núcleo como un continuo intercambio de identidades: primero fueron protones, luego neutrones; más tarde protones nuevamente, etc.; una forma de conservar la estabilidad del núcleo. Conjeturó que todas las fuerzas de atracción y repulsión derivan de las partículas intercambiables.

(*) **En febrero de 1940** terminó el informe sobre la construcción de una bomba atómica que le conduciría al control del presupuesto y la dirección del proyecto nuclear de la Alemania nazi. Explicó a *Hendrik Casimir* que aunque sabía lo de las cremaciones de judíos “la democracia no podía desarrollar suficiente energía”, y “quería que Alemania dominara el mundo”.

(**) **Mecánica de matrices:** Creyendo necesario renunciar a describir el átomo como un compuesto de partículas y ondas que impedía establecer analogías entre la estructura atómica y la estructura del mundo, prefirieron describir los niveles de energía u órbitas de electrones en términos numéricos puros mediante un artificio matemático denominado “matriz”: tablas (como las usuales, cruzadas) puramente matemáticas, no conmutativas, para “predecir” la irradiación proveniente de la región en la que se supone que se encuentra el átomo, y que fueron base del “principio de incertidumbre” enunciado por *Heisenberg* en 1927. El carácter no conmutativo de la mecánica de matrices expresa que el orden en el cual se realicen las mediciones de una partícula puede cambiar fundamentalmente el resultado, según se sitúen antes o después respectivamente los factores velocidad y posición.

(***) **Alterará** su velocidad e incluso su estructura misma. Indagar para observar un proceso subatómico, teniendo que usar rayos gamma, llevaría a una situación muy similar a la que se produciría si, para averiguar la situación en el interior de un edificio, se empezara por dinamitarlo, procediendo luego a investigar sus escombros.

(****) **Llevada** esta teoría al extremo absoluto, el hecho de que la observación concretiza una sola de las muchas alternativas de las posibles soluciones sólo podía desembocar en el “colapso” de la ecuación de onda. *Schrödinger* expuso irónicamente este problema en 1935, con su célebre ejemplo del gato encerrado en una caja en la que hay un dispositivo con un gas venenoso que se dispara con la acción de una partícula procedente de un material radiactivo. Como según la teoría no se puede decir cuándo va a suceder la emisión de una partícula, la única manera y no menos absurda de saber si el gato está vivo o muerto es abriendo la caja... A *Einstein* le repugnaba que el resultado de una medida tuviese que depender del proceso de medición.

(*****) **Partícula:** Definida por *Einstein* como “una región del espacio donde el campo es extremadamente intenso”. Aparece con la expresión real de cierta “fuerza de inercia” radicada en su interior. Decimos **elemental** suponiendo que no puede descomponerse en otras más simples (electrón, quarks). De *Broglie*, *Einstein* y *Schörindger*, coincidieron en la visión de que un corpúsculo (partícula)

que se mueve no es otra cosa sino una burbuja sobre la onda de radiación en el sustrato básico del universo". *Heisenberg* en la Conferencia de Física (Kiev, Julio, 1909) afirmó la "posibilidad de construir las partículas a partir de un campo no-lineal único y métrica indefinida". Sostuvo que "las partículas elementales están hechas de energía; que se forman de energía cinética y que la energía se transforma en **masa**, y se convierte en energía", con todas las propiedades de la materia: pesa y tiene inercia. Posteriormente, después de reconocer que "la partícula es *real*"; es la "realidad física", aventuró que "la micropartícula que de por sí es sólo posible, no es real"... "no existen realmente en el mismo sentido que las piedras o los árboles, es decir, independientemente de que las observemos o no". Contribuyó a desarrollar la teoría protón-neutrón enunciada por *Ivanenko* en 1932

Jordan, Pascual (1902-1980), en 1925, construyó con *Born* y *Heisenberg* la formulación matricial de la mecánica cuántica, siguiendo las directrices conservadoras de la "escuela de Copenhague". Insiste en describir las partículas interatómicas no sólo como elementos fundamentales (*Dirac*) sino también como campos electromagnéticos.

Goudsmit, Samuel (1902-1968) y **George Uhlenbeck** (1900-1988), investigando en 1925 la conducta de un rayo de átomos de plata en un campo magnético, comprobaron que los electrones poseen la propiedad del giro ("**spin**") con el eje hacia "arriba" o hacia "abajo", que está relacionada con el número cuántico **s**. El spin apareció como una consecuencia de la mecánica cuántica relativista. Más tarde se vería que los **bosones** tienen valores enteros del spin y valores de un medio los **fermiones**. Con esto se añadía una propiedad más a las partículas, además de la masa y la carga eléctrica. El **espín** (del inglés *spin* 'giro, girar') o **momento angular intrínseco** se refiere a una propiedad física de las subpartículas por la cual toda partícula elemental tiene un momento angular intrínseco de valor fijo. Se trata de una propiedad intrínseca de la partícula como lo es la masa o la carga eléctrica. El espín fue introducido, independientemente en 1925, por *Ralph Kronig*

Dirac, Paul (1902-1984), uno de los fundadores de la mecánica cuántica, describió cuánticamente (1927) la interacción de una partícula con carga eléctrica con un campo electromagnético, como un conjunto infinito de fotones... *Dirac* consideraba las partículas sólo como elementos fundamentales, mientras que *Jordan* insistía en describirlas también como **campos**. Propuso dividir las en "fermiones" (de acuerdo con el seguimiento estadístico de *Fermi* (*fermiones*) y "bosones" (en honor a *Satyendra*). En 1926 formuló la ecuación que describe el movimiento de un electrón en el campo exterior de fuerzas. En 1928, reformuló la ecuación de onda de *Schrödinger* que describía el comportamiento del electrón, incorporando el efecto de la relatividad y del *spin*, prediciendo así los valores de los niveles de energía del átomo de hidrógeno, habiendo descubierto que algunos de estos niveles estaban separados en dos. En 1930 previó la existencia de un electrón positivo (positrón), llegando a la conclusión de que todas las partículas y objetos resultantes existentes en la naturaleza tienen que existir por parejas, y expone su teoría matemática de que las propiedades inherentes a las partículas subatómicas muestran que cada partícula debe tener su "**antipartícula**", con

sus cargas opuestas y sus movimientos rotatorios invertidos..., lo que, después, se pudo experimentar. En los años 60 demostró que las fluctuaciones de subpartículas (campos fermiónicos) producían una polarización del llamado espacio **vacío**, mediante la cual **éste afectaba a la masa de las subpartículas**, a su carga, al spin o al momento angular. Escribió "Principios de la mecánica cuántica", considerando a ésta no como una ruptura con la mecánica clásica, sino como la veía *Heisenberg*, como una extensión. En 1972 no creía resuelto aún el problema de reconciliar la teoría cuántica y la relatividad.

Incógnitas de la cuántica: baluartes de la reacción.

Era un tiempo de conflicto vivo, permanente, apenas suavizado por el rigor de aquella transitoria alianza que se vieron obligados a forjar para poder acabar con el flamante verdugo (Hitler), que habían creado "democráticamente" con el fin de dinamitar el proceso socialista, el fantasma de la propiedad social... A la Guerra fría, al Plan Marshall, a la política del Bienestar, incluida la famosa Declaración de Derechos humanos, correspondería vaciarlas de todo contenido racional, reflexivo, analítico, humano inclusive. Se trataba de distorsionar la realidad; desenfocar todo tipo de opiniones y corrientes de pensamiento, en el arte, en la cultura, en las ciencias y particularmente sociales. Se imponía bifurcar todas las vías y campos de la investigación científica, de manera que sólo quedase en pie la búsqueda de nuevas y más mortíferas armas de exterminio y represión, entre ellas, los **media...**, encargados de reducir a pavesas todo atisbo escrito y mental relacionado con la llamada histórica a organizar la rebeldía. Así, estando como estaba en su mejor momento todo lo relativo a la "cuántica", y abiertas como habían quedado a la observación humana, después del criminal bombardeo (Hiroshima y Nagasaki), las insospechadas dimensiones, complejidades e incógnitas de las partículas subatómicas..., poco tuvieron que hacer para hacer ver a las legiones de amigajados que todo estaría a su favor, si dejaban de observar la realidad y se dedicaban a mirar para otro lado, como hicieron algunos de los físicos antes citados, estudiosos de fenómenos nada comprometidos, como la parasicología, la psicokinesis, la precognición y otras lindezas del pensamiento... Habremos pues de reconocer que de momento ganaron otra batalla, desactivaron la confrontación histórica entre materialismo e idealismo (y entre clases) suponiendo la existencia de una realidad misteriosa de la cual materia y espíritu, serían dos de sus manifestaciones, pero, oscuramente expresadas, para confundir, como si de ciencia se tratase en ambos casos. Una situación inquietante, sí, porque pretende referir todo, materia y espíritu, a un supuesto absoluto incognoscible claramente pseudo-científico. Nada novedoso, ciertamente -léase a *Wigner*-, pero sí de consecuencias insospechadas. Primero, porque puede deducirse de los aspectos extraordinarios de la nueva física y de un indeterminismo simplista, y, segundo, porque encierra la intención reaccionaria de sepultar si pudieran los avances milenarios del pensamiento, pretendiendo resucitar de entre todas las creencias, la más peligrosa: que el mundo material no existe independientemente del observador.

Wigner, Eugene (1902-1995), Nobel de física, forma parte de una minoría de físicos partidarios del "idealismo cuántico", algunos de ellos con posiciones favorables a considerar que el mundo material no existe independientemente del observador. *Wigner* pretende dar un extraño contenido científico a la influencia de la conciencia y su capacidad de modificar por sí misma un proceso físico, como el del famoso problema de la "reducción del paquete de ondas". "Es la entrada de una impresión en nuestra conciencia -escribe en 1961- lo que altera la función de onda, pues ella modifica nuestra evaluación de las probabilidades según las diferentes impresiones que esperamos recibir en el futuro. Es en ese momento -añade- cuando la conciencia entra en la teoría de manera inevitable e inalterable". En el mismo sentido se pronunciaría en un coloquio: "es imposible dar una descripción satisfactoria de los fenómenos atómicos sin hacer referencia a la conciencia" (*) *Wigner* sostiene la idea de que al "paquete de ondas" le es inherente la "superposición de estados", y que la "reducción del paquete", es decir, pasar de la superposición de dos estados a uno solo, se resuelve en virtud de un acto trascendente de la conciencia... Recordemos "el gato" de *Schrödinger* (**)

(*) La idea o como queramos llamarla había sido ya emitida en 1939 por otros dos físicos, *Edmond Bauer* y *Fritz London*: "No es una interacción misteriosa entre el aparato y el objeto lo que produce una nueva función de onda del sistema durante la medición. Es tan sólo la conciencia de un yo que puede separarse de la función de onda anterior y constituir, en virtud de su observación, una nueva subjetividad al atribuir al objeto una nueva función de onda"...

(**) *Schrödinger* ideó la célebre historia del "gato" a la que ya nos hemos referido; la del animal encerrado..., cuya vida o muerte, paradójicamente, no se decidirá hasta el momento en que el observador se asome... La importancia de la famosa ecuación de *Schrödinger* radica en que hace evolucionar velozmente la **función de onda** a fin de que desaparezcan todos los estados posibles, salvo uno. La vertiginosidad de la función, en consonancia con la realidad física en el nivel cuántico, superaría la definición que hicieran en los términos clásicos *Einstein*, *Podolsky* y *Rosen* (EPR).

Brattein, Walter H. (1902-1987), **John Bardeen** (1908-1981) y **William Shokley** (1910-1989), experimentando hacia 1947 con cristales **semi-conductores** (*) de germanio desarrollan los primeros transistores, revolucionarios para la electrónica; venían precedidos del uso del cristal de galena en los primitivos aparatos de radio (**)

(*) Semiconductores: Aunque se conocían ya en el s. XIX, sólo el desarrollo de la teoría cuántica del *sólido* hacia 1931 permitió comprender mejor sus particularidades. O. V. *Lósev* había demostrado en 1923 la posibilidad de utilizar metal para amplificar y generar oscilaciones (detector de cristal).

(**) Ahora, los circuitos integrados, fabricados en pastillas de silicio de 3mm, podían incluir 10 elementos; diez años más tarde pasaron a ser más de 1.000 los circuitos integrados en una pastilla. La microelectrónica permitió el desarrollo acelerado de ordenadores cada vez más potentes. La **fibra óptica**, vidrio muy delgado de gran pureza, se empezó a desarrollar hacia 1966.

Elsasser, Walter (1904-1991), conocido por sus propuestas sobre el origen del **campo magnético de la Tierra**, planteó hacia 1930 que los protones y neutrones están distribuidos en capas análogas a las capas de los electrones, partículas que hizo motivo de especial estudio para observar sus posibles propiedades ondulatorias.

De la electrónica a la microelectrónica.

Hacia 1850, los físicos *Heinrich Geissler*, alemán, y *William Crookes*, inglés, empezaron a realizar experimentos con descargas eléctricas en ampollas en las que se había hecho un vacío parcial o que contenían gases rarificados. Primeramente, centraron su interés en las descargas procedentes del ánodo (polo positivo), o rayos anódicos, y más tarde en las del cátodo (polo negativo) o rayos catódicos... *Edison* descubre que desde el cátodo se producía un flujo de cargas negativas hacia la placa metálica (ánodo), si ésta estaba cargada positivamente, y no se producía si estaba cargada negativamente. *J. J. Thompson* demostró que el flujo del cátodo al ánodo lo componían **electrones** emitidos por el filamento incandescente. Este descubrimiento llevó, entre otros, a *John A. Fleming* a desarrollar las lámparas de radio con dos, y tres diodos (*Lee de Forest*, 1909), utilizadas en la transmisión y recepción de radio, televisión y en los primeros ordenadores electrónicos, de la primera mitad del siglo XX. El tubo de rayos catódicos, que había servido para visualizar las formas de las ondas eléctricas, sirvió de base para las pantallas de televisión. Ahora, con el desarrollo de la fibra óptica para la transmisión a grandes distancias, y la electrónica de superconductores había comenzado la era de la microelectrónica.

Oppenheimer, J. Robert (1904-1967) En 1939 predice el colapso de una estrella y explica, junto a las posibles propiedades de las estrellas neutrónicas, cómo entender las consecuencias del "principio de exclusión" de *Pauli*. Contribuyó en la construcción de la bomba atómica, encabezando en abril de 1943 la división de Los Álamos, con la colaboración de *Richard Feynman*, *Enrico Fermi*, *Bohr* y *Robert Frisch* entre otros. Conocido como "El padre de la bomba atómica", *Oppenheimer* expresó su pesar por la muerte de víctimas inocentes cuando se lanzaron las bombas nucleares sobre Hiroshima y Nagasaki. Al terminar la guerra, fue el jefe consultor de la recién creada Comisión de Energía Atómica y utilizó esa posición para apoyar el control internacional de armas atómicas y para oponerse a la carrera de armamentos. Sus actitudes provocaron la ira de los políticos hasta el punto de que en 1954 le despojaron de su nivel de seguridad, perdiendo el acceso a los documentos militares secretos de su país. Poco a poco, fue disminuyendo su capacidad de influir, pero continuó dando charlas y trabajando en la física.

Gamow, George (1904-1968) conocido como un gran divulgador de la física (*), sugirió (1948) que la supuesta explosión primigenia (b-b) habría dejado una **radiación de fondo** (**). Contribuye a definir la física cuántica explicando el mecanismo de la **radiactividad**, cómo ciertos elementos

radiactivos se degradan en segundos mientras otros tardan cientos de años. Crea un modelo, para el núcleo atómico, básico para las teorías modernas de la fisión y la fusión nucleares. Alumno de A. Friedman, se le considera "padre", con Edward Teller, del primer modelo de *universo en expansión* (***) Definió la función de onda como el equivalente de "una **quinta dimensión**" (****) a añadir a las cuatro habituales del espacio y tiempo. Era un modo, digamos, audaz de interpretar la función de onda de la ecuación de *Schrödinger*. En otro momento, llegó a formular la hipótesis, errónea como luego se demostró, de que el origen de los elementos químicos, comprendidos los átomos más pesados, se produjo durante la supuesta primera **fase caliente del universo** (****) que imaginara Lemaître. Después cayó en la cuenta, cuando en 1956 se descubrió que los átomos, desde el hidrógeno se forman en los procesos gravitatorios y los más pesados en los hornos-nucleares de las estrellas.

(*) Gamow debe gran parte de su notoriedad pública a las cómicas "*Aventuras del señor Tompkins*".

(**) La radiación cósmica de fondo (RCF) fue anunciada (1948) por Ralph Alpher y Robert Herman y detectada de serendipia por Arno Penzias y Robert Wilson en 1965. Después, G. Smoot observaría que la intensidad no es uniforme. El satélite COBE realizó (1992) las primeras mediciones, que mostraron claras irregularidades en la distribución direccional de la radiación y en la densidad material.

(***) **Universo en expansión** (modelo compatible con el "pulsante": expansión y contracción), semejante al de la ambiciosa teoría (*big-bang*) basada en la hipotética idea de un principio cósmico sin tiempo ni prácticamente espacio, en que toda la materia del universo se hallaba uniformemente comprimida a densidades muy elevadas y sometida a temperaturas máximas hasta que explotó. Se consideró relativista porque el modelo de Einstein, denominado *universo esférico*, se ofrecía mecánicamente estático, hasta que A. Friedman señaló que se debía a un error algebraico, que, corregido, permitía una clase de universo en expansión y otro en contracción. En oposición, Gold, Bondi y Hoyle defendían la hipótesis del Estado Estacionario: un universo que continuará existiendo siempre en el mismo estado, con agregación constante de materia para compensar la expansión.

(****) **Una quinta dimensión**: 2.400 años después de Aristóteles, Gamow se estaba refiriendo, quíerese o no, a la *quintaesencia*, el *éter* (*hilen*): la *sustancia divina* que propusiera el griego. La semejanza de la propuesta, con el término aristotélico "quintaesencia", movió a criticarla, fundados sus objetores en que encerraba el intento de situar en un "mundo superior" mental, del más allá, las soluciones a interrogantes, todavía no resueltos, como el de la composición del vacío, el llamado *éter*, sin otra respuesta probable que la de considerar cualesquiera de sus propiedades como una manifestación inseparable de la materia única.

(*****) **Fase caliente del universo**: Pero, ¿cómo se explica que al enfriarse la materia, ya sin compresión gravitatoria suficiente para comenzar en el espacio abierto un proceso de fusión nuclear, se pudiesen crear todas las especies de átomo conocidos? Gamow recurre sorprendentemente a San Agustín para explicarlo: "Lo que hacía Dios antes de que él hiciera los cielos y la tierra". Y de aquí presupone con atrevimiento una era anterior al "colapso" de la que, al comprimirse la materia y romperse los átomos y sus núcleos, sólo quedaron los protones, electrones y neutrones sometidos a elevadas temperaturas durante

muy corto plazo, hasta que la densidad de la masa del universo alcanzó su valor máximo, y se invirtió la dirección del movimiento y empezó la expansión... Sobre qué ocupaba el espacio en torno al "huevo explosivo" del *big bang*, Gamow lo describe así: "Como el universo es infinito y siempre lo fue el espacio que quedase fuera de esta esfera también estaría ocupado por materia. El hecho de que la materia ocupe un espacio infinito y pueda ser comprimida o distendida y ocupar todavía este espacio infinito, constituye -escribe- una de las llamadas *paradojas del infinito*".

Bloch, Félix (1905-1983), entre 1930 y 1946, desarrollo la teoría del comportamiento de los electrones en cristales; mostró que la resistividad depende de las imperfecciones de la red cristalina y del movimiento de los iones, e introdujo la técnica de la **resonancia magnética** nuclear, con importantísimas aplicaciones en la medicina.

El sueño imposible de la verdad matemática

Una panorámica de la matemática del siglo XX muestra que estuvo dominada por el tipo de **enfoque formal** (*formalismo*) que defendiera **David Hilbert** (1862-1943) a finales del XIX y comienzos del XX, tarea que apoyó el grupo "Nicolás Bourbaki", que formaban **André Weil** (1906-1998), **Jean Dieudonné** (1906-1992), **Claude Chevalley** (1909-1984), **Laurent Schwartz** (1915-2002) y **René Thom** (1923-2002). Pretendían reconstruir toda la matemática. "*Éléments*" aparecería en 1939, y el trigésimo primero en 1965, sin haber agotado con él todavía las "estructuras fundamentales del análisis". Otras corrientes serían: el *intuicionismo*, que se asocia a **Luitzen Brouwer** (1881-1967) y el *logicismo*, de **Bertrand Russell** (1844-1970) y **Alfred North Whitehead** (1861-1947), pero cuyas tesis se encargaría de desplazar un lógico, **Kurt Gödel** quien publicó un trabajo en 1931 que conmocionó tanto a la matemática como a la filosofía, y que arruinó definitivamente las esperanzas de hacer de la matemática una disciplina reducible a la lógica. Con **Gödel** y su famoso teorema de la incompletitud, la creatividad matemática alcanzaría sus cimas más altas. "El teorema de la **incompletitud** -escribe el lógico y filósofo de la ciencia **W. van O. Quine**- muestra que no hay ningún método de prueba formal con el que poder demostrar todas las verdades de la matemática"... **Gödel** produjo un brusco giro en la filosofía de la matemática, hasta entonces basada en el supuesto de que la verdad matemática consistiese en la **demostrabilidad**". **Alan Turing** (1912-1954) y **Alonzo Church** (1903-1995) sostendrían que no es posible reducir los ordenadores-computadores sólo a electrónica. Demostrarían que algunas tareas no se pueden automatizar, o que ciertas funciones matemáticas no son computables (no es posible decidir algorítmicamente si una máquina de **Turing** (*) dada se detendrá o no alguna vez.). Unidos a **Gödel**, quedaría definitivamente demostrado que no era posible establecer si la matemática es un sistema completo, es decir, que el sueño de hallar un algoritmo que permitiese establecer **la verdad** o falsedad de todas las proposiciones matemáticas era **un sueño imposible**. La frase: "Las cifras dicen aquello que desea el hombre hábil que sabe manejarlas", pertenece a **Francisco Macaulay** (1862-1937)... (*) La "máquina" de **Alan Turing** sólo significó

el "sustrato teórico-conceptual" de lo que serían después ingenierías como la del *Colossus* (1934, Inglaterra, con 1.500 válvulas electrónicas, para descifrar los códigos alemanes) y el JOHNNIAC (1952, EEUU, cuyo nombre hacía honor a *John von Neumann* (1903-1957), parte principal en los computadores y en la formalización de la mecánica cuántica).

Gödel, Kurt (1906-1978), en 1931, puso límites a la esperanza de hacer de las **matemáticas** una disciplina reducible a la *lógica*. Imaginando un símil con la expresión de *Bertrand A. Russell*: "cualquier hipótesis implica su contradicción", *Gödel* estableció su famosos teorema de *incompletitud*, que produjo un brusco giro en la filosofía de la matemática, cuando se venía partiendo de suponer que la verdad matemática consistía en la demostrabilidad". En 1949 planteó que la tendencia natural de la **gravitación** (*) a reunir todas las partes del universo y provocar un colapso, podría hallarse contrarrestada por una fuerza centrífuga si el universo entero estuviera en rotación.

(*) **Gravitación**: Según algunos físicos, los efectos de la gravitación, de largo alcance como la atracción y repulsión electromagnéticas pero mucho más débiles, pierden intensidad con el cuadrado de la distancia, e implican un continuo intercambio de partículas, denominadas "gravitones", que consideran sin masa. En 1957, *Josep Weber* intentó, sin resultado aparente, detectar las ondas gravitacionales. El 9 de enero de 2003, *Kopeikin* y *Fomalont* anunciaban haber medido y comprobado "que la velocidad de la gravedad es probablemente igual a la velocidad de la luz". Relativo al tema, no dejaremos de citar la relación de la gravitación con la idea de "centro de inercia", fundamento del "impulso inicial". *S. M. Sirokov* (**) lo llegó a señalar en el Sol y *V. A. Fock* en las coordenadas de un espacio uniforme... *Fock* resalta cómo "*Einstein* en la teoría de la gravitación supone que el espacio no es uniforme, en tanto que la relatividad se refiere a la uniformidad de tal modo que parece que en la teoría general de la relatividad no hay relatividad". Se ve que existen grandes divergencias sobre la **naturaleza de la gravitación**. Finalmente *Einstein* formula la desviación de la luz por un campo gravitatorio ($4GM/rc^2$, r desviación entre el cuerpo y el rayo) Otros teóricos de la gravitación son *Max Abraham*, *Gustav Mie* y *Gunnar Nordström*. *L. Rosenfeld* intentó (1930/32) crear una teoría cuántica para el campo gravitatorio. *Schrödinger* estudió los efectos de la gravitación sobre campos cuánticos. *Edouard Roche* (1820-1883) estableció los efectos disgregadores de la gravedad de los planetas sobre sus satélites (Límite de Roche).

(**) **Sirokov** explica la gravitación (1952) como un reflejo de las propiedades geométricas del espaciotiempo. Ve el campo gravitatorio, como un fenómeno que no posee masa o energía, piensa que no es materia en sí misma, sino una forma de la existencia de la materia. *Hermann Weyl* (1885-1955) propuso en 1918 una teoría unificada de la gravitación y el electromagnetismo, en que la métrica del espacio tiempo depende de un **campo tensorial**.

- **Naturaleza de la gravitación**: Desde el "Centro del mundo" inventado por *Aristóteles*, pasando por *Tolomeo*, que la ve en el centro de la Tierra, luego *Leonardo da Vinci* que lo niega, *Galileo* que experimenta la caída de un peso, después *Copérnico*, *Kepler*, *Hooke* en 1674, hasta *Newton* con su "fuerza de inercia" y su ley de conclusión, y en los años 1690 y 1748, *Nicolás Factio* de

Duiller y *Georges-Louis Le Sage* que presentaron respectivamente sus teorías caídas en el olvido, luego *Cavendish* en 1789 provocando la atracción entre dos cuerpos; e interesándose igualmente por la gran cuestión: *Huygens*, *Lomonósov*, *Russel*, *Gödel*, *Prigogine*, *Gehaniau*, *E. Gunzig*, *Nardone*, *Rees*, etc., nos encontraríamos con *Friedman* y *Einstein* tratando el tema de la **naturaleza de la gravitación** todavía convertido en el mayor interrogante, aunque para *Einstein* la gravitación y la inercia son un mismo fenómeno. *Sirokov* escribe en 1952: "la gravitación refleja las propiedades geométricas del espaciotiempo; el campo gravitatorio no posee masa o energía, de aquí que la gravitación no sea materia en sí misma sino, por el contrario, una forma de la existencia de la materia". En 1955, *F. A. de Monasterio* sitúa "El impulso inicial jugando un papel importante en la dinámica del universo, siendo, en realidad -escribe- la gran incógnita que no se ha logrado aún esclarecer". *A. Z. Petrov* describe la gravitación como "una forma específica de la materia en movimiento". *N. V. Mishevich* veía un peligro en reducir la gravitación a geometría (curvatura). *O. Spiridónov* reconoce en 1984 que "la naturaleza de la gravitación no se ha descifrado por completo, ni mucho menos"... Qué relación podría existir con la hipótesis de la creación aparente de la materia, en el modelo de estado estable de *Hermann Bondi*, *Thomas Gold* y *Fred Hoyle*... El efecto gravitatorio, ¿es sólo una característica geométrica del universo? "El suponer que un cuerpo puede influir sobre otro en un espacio vacío, sin ayuda de algo, es, a mi juicio -escribe *Newton*- un absurdo inconcebible para el que entiende bien los objetos filosóficos". ¿Pero será el éter ese "algo", y qué papel juega en la creación de la fuerza gravitatoria y su naturaleza?

Majorana, Ettore (1906-1938) Joven teórico sobresaliente, propone la existencia de partículas neutras, sin recurrir a los estados de energía negativa, en la cual las partículas son sus propias antipartículas. Éstas serían el **neutrino**, la única partícula que es, a la vez, elemental y eléctricamente neutra. Pero, su aporte teórico singular sería el **Gluino** (*), candidato a ser **materia oscura** (*Zwicky*), una partícula supercompañera del *gluón* predicho en 1937, más ligera que un *quarks*, que interactúa a través de la fuerza fuerte. Lo dedujo *Majorana* de un laborioso cálculo matemático inhabitual, del cual se asegura que los sagaces científicos cuánticos dedujeron a posteriori todas las partículas elementales, la mayor parte descubiertas, con algunas excepciones, entre ellas el gluino o fermión de Majorana y el bosón de Higgs. *Majorana* construyó un modelo del átomo, que le "pisaría" *Heisenberg* en 1932. En 1937 demostró cómo el momento magnético de un átomo puede invertirse si atraviesa un campo magnético rápidamente variable.

(*) **Gluino:** *Dimitri V. Nanopoulos* llevaba 10 años prediciendo la masa del *gluino*, por lo que advirtió que las estimaciones teóricas son compatibles con el bosón de Higgs (supuesto dador de masa a las partículas). Finalmente, meses antes del anuncio del bosón de Higgs (febrero de 2012), *Leo Kowwenhoven* (Instituto Klavi, Holanda) declaró haberlo observado, utilizando un *nanohilo* (meras estructuras de laboratorio, de coste y complejidad mínimos, incomparables con las del LHC). Se cita a la corporación Microsoft como el agente interesado que apoyó la búsqueda, sabido que, situada teóricamente la partícula entre la frontera de la materia y la antimateria (lo que sería **su propia antipartícula**), ésta sería ideal para futuros ordenadores cuánticos, porque es estable y no es sensible a influencias externas.

Bethe, Hans Albrecht. (1906-2005), basado en los datos obtenidos de C. Payne y F. Hoyle (*), explicó ¿por qué brillan las estrellas? En su obra conocida como "La biblia de Bethe" (1939) propuso la primera teoría del origen de la **energía de las estrellas** (**), explicó que el Sol obtiene su energía por procesos de fusión nuclear que convierten su hidrógeno en helio con emisión de altas dosis de energía en diferentes radiaciones.

(*) **Fred Hoyle** explicó la secuencia completa del proceso de combustión nuclear que se da en las estrellas, vía del hidrógeno al helio y de éste mediante la nucleofusión al carbono, y luego, a partir del neón, hasta el hierro, y en última instancia hasta el uranio, según sea la masa de la estrella determinante del proceso: contracción gravitatoria, temperatura subsiguiente y presión irradiante.

(**) **Energía de las estrellas** primarias: Surge como resultado de la enorme rotación y presión gravitatoria que sufren las concreciones de cuasi-partículas (nebulosas) que emergen del material etéreo y se ven sometidas a elevadas presiones y temperaturas. En una primera fase: "**secuencia principal**" (***), la energía brota del proceso que genera la integración de las "partículas subatómicas" en átomos de hidrógeno y la **fusión** de éstos en átomos de helio..., con la liberación de un 0,7% de energía por cada núcleo de helio, durante miles de millones de años... La "secuencia principal" termina cuando todo o gran parte del primer combustible creado, el hidrógeno, se ha transformado en helio (2H^4). A partir de aquí, el curso vital de la estrella dependerá del volumen de su **masa** inicial: Si es menor que la del Sol (****), el colapso de la estrella terminará generando una **enana blanca de helio**, que seguirá fusionando materia y brillando de forma estable durante tiempo. Si es poco mayor que la del Sol, el colapso de la estrella y el alza de calor (+ - 1.000 millones de grados), generará C y O, por **nucleofusión** del helio, utilizando como combustible adicional los elementos que va generando ($3\text{He}^4 \rightarrow 1\text{C}^{12} + \text{e} / \text{C}^{12} + 2\text{He}^4 \rightarrow \text{O}^{16} + \text{e} / \text{O}^{16} + 2\text{H}^4 \rightarrow \text{Ne}^{20} + \text{e}$, etcétera). Acabado el helio, la estrella se convierte en una **enana blanca de carbono y oxígeno**, de cuya explosión final surgirá una nube de material planetario... Con una masa hasta 15 veces la del Sol, continuará la fase anterior, originando reacciones de neón en magnesio ($10\text{Ne}^{20} + 2\text{H}^4 \rightarrow 12\text{Mg}^{24} + \text{e} / 12\text{Mg}^{24} + 2\text{H}^4 \rightarrow 14\text{Si}^{28} + \text{e}$), combinables a su vez para formar argón, manganeso, etcétera, hasta llegar al "**pico del hierro**", con una temperatura de 1.500 a 2.000 millones de grados, final del fenómeno **fusión**... Mientras tanto, la estrella se expande y convierte en una "**gigante roja**", todavía en condiciones de procesar, por **nucleosíntesis** y en presencia de una fuente de neutrones libres y con la captura de estos por los núcleos, elementos cada vez más pesados, entre otros, $^{82}\text{Pb}^{207}$, $^{79}\text{Au}^{197}$, $^{88}\text{Ra}^{226}$ y $^{83}\text{Bi}^{209}$, hasta el $^{92}\text{U}^{238}$, momento en que no quedando nada por quemar colapsará..., vencida por la gravitación. Entonces, una onda de rebote explosiona la capa externa, dando lugar a una "**supernova**", brillantísima, con emisión al espacio de los núcleos pesados sintetizados en su interior, que pasarán a ser el origen del material de estrellas secundarias y planetas similares al nuestro, mientras deja un remanente (**estrella neutrónica**, con un núcleo superfluido). Si su masa es más de 15 veces la del Sol, acabará colapsando en un "**agujero negro**"... Llamen **estrellas marrones** a las que tienen una masa 25 veces la de Júpiter, insuficiente para quemar el hidrógeno en fusión termonuclear en su interior

(***) La "**secuencia principal**" la planteó **Henry Norris Russell** en 1913. Se inicia al establecerse el llamado **equilibrio hidrostático** (equilibrio entre gravitación y

presión radiactiva hacia fuera), ya en pleno proceso de transformación del hidrógeno en helio, momento en que la presión gravitatoria, que tiende a colapsar el material, queda compensada con la presión expansiva de la energía emitida en la fusión del hidrógeno en helio ($1\text{H}^1 + 1\text{H}^1 \gg 1\text{H}^2 + e / 1\text{H}^2 + 1\text{H}^1 \gg 2\text{H}^3 + e / 2\text{H}^3 + 1\text{H}^1 \gg 2\text{He}^4 + e + p$), puede durar miles de millones de años según sea la cantidad de 1H^1 generado en el período de contracción gravitatoria del "polvo" nebular. El proceso es tan lento, que sólo el 1% del hidrógeno del Sol se consume en 10^9 años.

(**) El Sol genera**, cada segundo, una reacción nuclear equivalente a más de 16 000 millones de bombas atómicas como la de Hiroshima. Irradia unos 4×10^{35} ergios por segundo. Pierde, calculó *Isaac Asimov*, unos 4 000 millones de kilos (masa solar) por segundo. "Si suponemos -escribe *Asimov*- que el Sol fue en origen todo hidrógeno, que siempre ha convertido hidrógeno en helio al ritmo de 654 millones de toneladas por segundo, y que lo seguirá haciendo hasta el final, se calcula que ha estado radiando desde hace unos 4.000 millones de años y que continuará así otros seis mil". Se supone que le quedan todavía algo más de 5.000 millones de años de vida. Después, cuando haya pasado ese tiempo, la Tierra habrá sido engullida por el Sol, o vagará por el espacio interestelar. En unos cinco mil millones de años, el Sol alcanzará la órbita de Mercurio. Pocas decenas de años después, alcanzará la órbita de Venus. Si alguien hubiera quedado vivo en la Tierra, lo verá ocupar la mitad del cielo. Y pasarán mil millones de años más... Luego, se contraerá y volverá a expandirse repetidamente. Al final de esa etapa, lo que quede de él no será bastante para mantener a la Tierra atraída, y ésta, o se ha consumido ya, o se verá arrastrada por otras masas, mientras Andrómeda colisiona con la Vía Láctea. Pero otros cálculos e investigaciones, como los desarrollados más tarde (1944) por, *Albrecht Unsöld* (1905-1995) permiten pensar que el Sol puede brillar consumiendo su energía nuclear alrededor de 10^{10} años...

El Sol, ¿una estrella de origen terciario?: "Encontramos -nos dice *Rafael Rebolo* (n.1961)- que la atmósfera de la estrella tiene diez veces más oxígeno, magnesio, silicio y azufre que el Sol, y estos son elementos pesados que sólo se forman a miles de millones de grados en el núcleo de estrellas muy masivas que acaban su vida como **supernovas**"...

¡Mil veces más de lo esperado! un planeta, con una masa igual a la de Júpiter, gira alrededor de su estrella en 4 días....

Y ésta ha sido la razón de no encontrar **planetas**. Desde 1998 proviene la búsqueda, pero pensando -y aquí estaba el error- en períodos orbitales de más de diez años. Con el nuevo dato, repasando los registros se han localizado 47. Se esperaban -nos dicen- masas inferiores a la de Júpiter y nos encontramos con masas diez veces mayores... Hay trece clases de planetas ya inven-tariados que gravitan casi a ras de sus estrellas..., lo que parece contradecir las teorías actuales. Se ha sugerido la hipótesis de que tales planetas se hayan originado a distancias mayores y **emigrado** progresivamente debido a perturbaciones gravitatorias (Júpiter no nació donde está). Se puede adelantar que aproximadamente el 5% de las estrellas poseen planetas de este tipo (más pesados que Júpiter y de períodos inferiores al año). Sugieren que casi todas las estrellas tienen planetas y que estos planetas se

formaron por un mecanismo de agregación análogo en parte al que forma las estrellas. *Michel Mayor* (n.1942), *Didier Queloz* (n.1966), *Nuno Santos* (n.1973) y su equipo encontraron casi la mitad de los exoplanetas descubiertos hasta ahora, y el primer planeta extrasolar (51 Pegasi b).

Tomonaga, Schinitschiro (1906-1979) fue uno de los primeros en desarrollar una teoría consistente de electrodinámica cuántica. Entre 1941 y 1943, utilizó el concepto de partícula *virtual* para explicar la interacción entre dos partículas de alta energía y desarrollar una teoría cuántica de campos consistente con la teoría especial de la relatividad. Sus trabajos no fueron conocidos en Occidente hasta 1947, cuando aparecieron en el núcleo las fuerzas fuerte y débil, añadidas a las gravitacionales y electromagnéticas.

Yukawa, Hideki (1907-1981) sostiene que todas las cargas eléctricas emiten radiaciones electromagnéticas al ser aceleradas. En 1935 descubre la fuerza débil, al observar que las fuerzas que mantienen unidos a los componentes del núcleo (protones y neutrones) no son electromagnéticas, sino de naturaleza e intensidad distintas, con una característica: su capacidad de atracción cae a cero de repente cuando las dos partículas se distancian alrededor de unas diez billonésimas de centímetro. *Yukawa* propuso llamar **mesones (*)** (punto medio de masa entre un electrón y un protón) a la lluvia de partículas producto del choque entre un antiprotón y un protón y su abrupta desaparición. *Yukawa*, a mediados de 1930, y *Shelton Lee Glasgow*, en 1960, realizaron los primeros intentos de unificación (**) entre la fuerza débil y la electromagnética.

(*) **Mesones:** En 1947, diez años después de proponerlos *Yukawa*, *Cecil Frank Powell* (1903-1969) descubriría dos tipos de mesones: muones (mesones-mu) y piones (mesones-pi), con masa 264 veces la del electrón.

(**) **Unificación:** En 1967, *Abdus Salam*, trabajando independientemente desarrolló con *Weinberg* y *Glashow* la teoría completa de la unificación de la fuerza débil y la electromagnética. Al mismo tiempo, predijeron la existencia de corrientes neutras débiles, que fueron observadas en 1973 por *Carlos Rubbia* (n.1934). De este modo ambas fuerzas resultaban ser aspectos diferentes de una única fuerza, que se llamó "interacción electrodébil".

Landau, Lev (1908-1968) introdujo el concepto de "fonón" (cuanto elemental de energía térmica) para explicar la superfluidez y superconductividad del helio líquido a muy bajas temperaturas, en cuyo estado los electrones están unidos en pares, de forma que por su acción no existe resistencia al flujo en un conductor. Creó la teoría "hidrodinámica de los líquidos". Explicó la presencia en el líquido cuántico de excitaciones elementales, **cuasipartículas**. En 1936 predijo la existencia de las **super-novas**, adelantándose a explicar el proceso termonuclear en las estrellas.

Ambartsumian, V. Amazaspovich (1908-1944), uno de los científicos soviéticos mejor conocidos en el extranjero, sostuvo que el materialismo dialéctico constituía una ayuda para su trabajo. Una autoridad en el campo de la física nuclear y la cosmogonía estelar, rechazó los modelos de "gran

explosión", mientras se inclinaba por un modelo que era relativista, no homogéneo, expansivo e infinito en el tiempo. Se opuso a la creencia de P. Jordan 1) de que todos los astros de la galaxia se formaron simultáneamente, y 2) de la generación espontánea y sin causa de los astros, tesis que había sido incorporada a la teoría del *big bang*. Refutó a *Weizsäcker*, explicando que planetas, astros y galaxias difieren en términos cualitativos. Fue el primero en destacar que las estrellas superluminosas, que no pueden ser muy viejas debido a la tremenda velocidad a la que la masa se convierte en energía, se encuentran siempre en nubes de gas y de partículas interestelares. Por entonces, lideró la hipótesis de "una extremada falta de homogeneidad", apoyada por el descubrimiento de un "superracimo local". La observación de cierto estado de expansión alrededor de las estrellas jóvenes le llevó a especular, que se originan no de una contracción sino de la expansión de embriones de materia superdensa.

Alfvén, Hannes (1908-1995), autor entre otras obras de "El *big bang* nunca existió" (1992), opuesto desde los años sesenta a los enfoques teóricos dominantes, firme defensor de que el Universo siempre ha existido, rechazó los modelos *ex nihilo* como una forma sigilosa de creacionismo... Estudioso del plasma solar, fundamentó una **teoría alternativa** (*/**) apoyada en experimentos de laboratorio, basada en ideas de *Kristian Birkeland* (1867-1917) y *Oskar Klein* (1894-1977). *Alfvén* sostiene que la formación estelar, propia de un universo preexistente sin punto común ni origen, proviene de la interacción de fuerzas electromagnéticas. Una explosión inmensa, de una mezcla equitativa de materia y antimateria derivó en la forma llamada *ambiplasma*: pesada (protón-antiprotón) y ligera (electrón-positrón), generando la formación estelar, mediante corrientes de plasma, vía supuesta de estructuras *filamentosas* (corrientes de *Birkeland*, observadas en fecha reciente). En 2011, *Robert Minchin* rastrea una cola similar de marea que enlaza la galaxia NGC4254 a la VIRGOH1.

(*) **Teorías cosmológicas alternativas:**, Teoría del Estado Estacionario (*Thomas Gold, Fred Hoyle, Herman Bondi*), Cosmología del Plasma (*Hannes Alfvén*), Teoría del Orden Implicado (*David Bohm*), Nucleosíntesis estelar (*Jayant Narlikar*), El Universo de Gödel (*Kurt Gödel*), Teoría del Todo (*A. de Laszlo*), Teoría de Supercuerdas (M), Teoría de la inflación cósmica eterna (*Andrei Dimitriyevich Linde*). Teoría de Hoyle-Narlikar, Modelo Alfvén-Klein, Modelo de períodos alternos (*Wun-Yi Shu*), Modelo cíclico del universo (*Steinhardt, Tolley, Neil Turok*), etc... *H. Howard Georgi*, autor de la teoría de la Gran Unificación, propone "un mundo de invarianza a escala separada y oculto del nuestro a bajas energías debido a que las interacciones con nosotros son muy débiles" fruto de las "imparticulas"... *Dragan Slavov Hajdukovic* sostiene que vivimos en un mundo cíclico sin *big bang*, afirmado en que nadie tiene la menor idea de las propiedades gravitacionales que el vacío cuántico tiene. *Eric J. Lerner* (n.1947), en línea con *John Maddox* (1925-2009), sostiene que el *big bang* nunca existió...

(**) **Publicaciones sobre teorías alternativas:** "Electrodinámica cósmica", 1936, de *Flandern Tom Van*. "Antes del BB", 1973, de *M. Bujowald*. "Nubes estelares" 1974, de *H. Alfvén*. "Los 3 primeros minutos del universo", 1977, de *Steven Weinberg*. "Cosmología del Plasma", 1983, de *Alfvén Hannes*. "El origen de galaxias enanas", 1986, de *A. Dekela y J. Silk*. "Cosmología y Controversia", 1996, de *Helge S. Kragh*. "Expansión cósmica en escala", 1999, de *Johan Masreliez*. "Primer año de observaciones WMAP", 2003, de *P. D. N. Spergel*. "Teoría estructuralista del universo", 2005, de *Eduardo Angulo*, autor de la frase: "el bosón de Higgs no existe como partícula natural". "Modelo de energía fantasma",

2007, de *Paul Frampton*. "Errores en el *big bang*", de *E. L. Wright*. "Carta abierta de 34 astrofísicos", de *Anthony Peralt* y *Eric J. Lerner*, denunciando cómo hoy todos los recursos experimentales están dedicados al *big bang*..., y un largo etcétera de físicos: *J. E. Peebles*, *M. Bartelman*, *V. A. Ambartsumian*, *P. Schneider*, *M. Tegmark*, *J. Audouza*, *Mordeghai Milgrom*, *Randall Sundrum*, *Lauris Baum*, *Stein Hardt-Turok*, *Stephen Hawking*, *Roger Penrose*, *Igor y Grichka Bogdanov*, *R. Woodrow Wilson*, *David Cradford*, *Abhay Ashtekar*, *Tom Shanks*, *Andrei D. Linde*, *Leo Smolin*, *Martin Bujowald*, *Tom Shanks*, *Jayant Narlikar*, *Ernest Pik*, *Ian Stewart*, *Margaret Galler*, *Alan Dressler*, *B. Gautam Sidhart*, *Sandra Moore Faber*, *Wun-Yi Shu* pidiendo "que abandonemos la idea del *big bang*", etcétera, etcétera..., sin olvidar la singular opinión al respecto que a *Albert Einstein* le mereciera *George Lemaître*: "**La matemática es excelente, sus cálculos son correctos pero su entendimiento de la física es lamentable para no decir abominable**"...

Weisskopf, *Victor* (1908-2002) estudioso de las estructuras atómicas, participa en el proyecto Manhattan y crea la Fundación de científicos estado-unidenses para promover el uso pacífico de la energía nuclear. "A las partículas -escribe- les gusta tener la mínima energía posible por lo que ejercen una presión sobre las paredes que las confinan, tratando de moverse en una cavidad de menos volumen".

Casimir, *Hendrik* (1909-2000) es famoso por sus trabajos en superconductividad, de materiales enfriados a temperaturas muy bajas que perdían totalmente la resistencia eléctrica. En 1948 descubrió "la, **fuerza Casimir**" (*): colocando dos placas de metal muy pegadas una a otra, observó que se empujaban hacia dentro con tal presión que tendían a juntarse, si se acercaban a menos de un micrómetro, debido probablemente a la presión ejercida por la "energía de punto cero" (ZPE) del espacio vacío sobre las placas. En 1996, *Steven Lamoreaux* y *Alexander Sushkov* encontraron que la fuerza descubierta dominaba a distancias menores de 3 micras. Los estudios experimentales permitieron a *Casimir* pensar lo que se confirmaría: que el vacío espacial contiene infinita energía.

(*) **La fuerza Casimir**, medidas por primera vez en 1997, procede directamente de las propiedades cuánticas del llamado "**vacío**" (**), hoy reconocido no ya como la simple ausencia de toda materia y energía, sino como una infinita masa universal o sustancia material de fondo, donde, constantemente, se producen fluctuaciones cuánticas, "**partículas virtuales**" no observables directamente, provenientes de "**la energía de punto cero**", que aparecen y desaparecen, concretándose algunas -por contacto o colisión con el campo de otras reales de gran energía-, en partículas reales, base probable del componente de las nebulosas cósmicas, origen del nacimiento del universo visible.

(**) **El llamado "vacío"**, interpretado por la física clásica como el espacio sin nada, cobró cierto valor real cuando, con el paso del tiempo, fue considerado en sí mismo como "algo" indetectable. Hoy, ese "algo" está reconocido en los efectos sutiles de la llamada "energía de punto cero" (ZPE) o "energía del **vacío**". "Constituye -escribe *R. W. Wilson*- la realidad material primaria más profunda, el mar imperecedero de energía material en un estado singular de la materia". El "vastísimo seno etéreo" del que hablara *Giordano Bruno*. El principio de incertidumbre establece que las fluctuaciones cuánticas del espacio vacío están acotadas y dependen del inverso de las distancias: esa es la razón de que observemos el vacío tan perfectamente transparente.

Chandrasekhar, Subrahmanyan (1910-1995) postuló en 1930, con la oposición enconada de *Eddington* y la aprobación de *Landau*, que las enanas blancas habían de tener masas menores que 1,4 veces la del Sol. *Eddington* tachó de "bufonería estelar" y absurdo el trabajo de *Chandra* y su preocupación por resolver qué le sucedería a la sustancia con la implosión o vaciamiento, colapso sin fin de la materia absorbida en un agujero negro. *Chandra* recibió el Nobel de Física en 1983 por sus trabajos sobre la evolución de las estrellas. Acababa de publicar una de las obras cardinales sobre la fundamentación matemática de los **agujeros negros**. Fue de los primeros en plantearse qué pasaba cuando las estrellas gigantes [novas o **supernovas (*)**] explotan. Propuso que las estrellas enanas blancas, con una masa mayor de 1,4 veces la del Sol, no pueden sostener su propia fuerza gravitatoria y colapsan aún más, formando estrellas de neutrones con radio del orden de 10 Km. Si la masa de la estrella es todavía mayor, unas 3,2 veces la del Sol, ésta acaba colapsando en un **agujero negro** donde la fuerza gravitatoria se haría cada vez más fuerte e iría comprimiendo con intensidad creciente el material del que estuviera hecho el núcleo ¿hasta qué? *Chandrasekhar* no llegó a resolver qué le sucedería a la restante sustancia de la estrella al vaciarse por el agujero negro creado por aquel colapso sin fin. Pero, digamos con seguridad que *Chandrasekhar* acertó. Acertó, si, cuando intuyó que el espaciotiempo se "abre" allí al llamado **vacío, éter**.

(*) **Supernovas**, término aplicado por *F. Zwicky* en los años 30, son la última etapa de la vida de estrellas que, según su masa, explotan ($M > 3$ a $4 M$ solares) o colapsan (M entre 1 y $3 M$ solares) Se dividen en dos tipos de irradiación, I y II. En la Vía Láctea se han detectado 6. Existen datos de supernovas de los años: 1006, registrada por un egipcio, 1054 (en China, Nebulosa de Cangrejo), 1181, 1572 (*Tycho Brahe*), 1604 (*Kepler* y *Brunowski*), 1844 (observada por el conde de Rose), 1885 (*Ernst Harwing*), 1987 (*Ian Shelton*), 1989 (*J. M. Schabertle*, en la Nube de Magallanes), 2005 (La más brillante jamás observada de tipo II), 2006 (Una con 150 masas solares, que brilló 50.000 millones de veces más que el Sol). En tres de ellas fueron halladas **púlsares (**)**, de rayos X: **estrellas neutrónicas**. Según su masa, las supernovas pueden disiparse casi por completo, o colapsar, dando origen a una enana de metales ligeros, a una **estrella neutrónica** o a un **agujero negro** (*Garik Israelian* (n.1968). En 1963, el **Hale** detectó la luz de unos cinco millones de estrellas que habían estallado en cadena, casi al mismo tiempo. Las **Supernovas** explosivas son la fuente de todos los elementos químicos pesados del universo. En la evolución cósmica, parte de las estrellas terciarias y todos los planetas, nacen, las primeras, principalmente de gases, y los planetas de materia interestelar (planetesimales) expulsada por supernovas al espacio a velocidades de 10 km/s. Los átomos que conforman nuestro cuerpo fueron forjados por estrellas supernovas... En junio del 2013, *Eldo Berger* y su equipo observaron una incandescencia cósmica, probable evidencia de una colisión entre estrellas neutrónicas, fenómeno cósmico -según *Berger*- seguramente generador de todos los elementos más pesados que el oro. (**) **Púlsares**, estrellas de neutrones (neutrónicas): fuentes de radioemisiones, pulsantes, "radiofaros" cósmicos: con un período que oscila entre décimas partes de segundo hasta varios segundos. Son estrellas cuya implosión gravitatoria aplastó, comprimió la materia a tal grado que la densidad de la sustancia alcanzó

valores similares a los de un superfluido (quarks-gluones). Están formadas por un remanente nuclear -resto tras la explosión de una **supernova**- confinado en una esfera de entre 10, 50 o 100 Km. de radio. Cuanta más materia tienen más se comprimen hasta unos pocos km de diámetro, con giros tan rápidos y campos magnéticos tan intensos que pueden ser detectados (El pulsar llamado SAX J1808.4-3658 en Sagitario gira cada 2,5 milisegundos). En 1934, *Walter H. Baade* y *Fritz Zwicky* habían propuesto la existencia de estrellas neutrónicas: **púlsares**, formadas por un remanente nuclear -resto tras la explosión de una **supernova**- confinado en una esfera imantada de entre 10, 50 ó 100 km. de radio, que gira en segundos. En 1967, *Susan Jocelyn Bell* (n.1943), siguiendo un rastro estelar, descubrió que se trataba de un **pulsar** regular, al que denominó "Hombrecillo verde 1". Finalmente identificó la fuente como una estrella de neutrones de rápida rotación... **Historia: 1)** *Alvan G. Clark* (1804-1887) descubre una compañera de Sirio, B, girando con Sirio en torno a un mutuo centro; **2)** *Walter Sydney Adams* (1876-1956) mide a Sirio B, y obtiene una temperatura elevadísima y un diámetro de 26.000 km, significando una densidad de 3.000 veces la del platino; **3)** *Ralph Howard Fowler* (1889-1944) sugiere, en 1925, que lo observado era un estado nuevo de la materia (electrones libres pegados unos a otros, sometidos a tal presión que resulta una masa superdensa a la que llamó "gas degenerado"); **4)** *Eddington* había señalado en 1925 que la temperatura de una estrella de este tipo debía ser muy elevada debido a su gran masa. **5)** *Lev Davidovich Landau* sugirió que estrellas corrientes como el Sol podían ser un caso igual; **6)** *W. S. Adams*, analizando el espectro de sirio B, descubre que se cumplía el **desplazamiento hacia el rojo**:

... La TGR de *Einstein* predecía que la luz emitida por una fuente gravitatoria de gran intensidad se desplazaría hacia el rojo... *Halton Christian Arp* lideró la corriente de opinión crítica, también mantenida por *Halan Aspet*, contra la idea del desplazamiento hacia el rojo, que distaba mucho de estar resuelta. El "efecto Doppler" expresa la distribución de emisión electromagnética procedente de las galaxias.

Wheeler, John Archibald (n.1911-2008) denominó **agujero negro** en 1967 al fenómeno descrito en 1935 por *Chandrasekhar*: regiones del espacio tan en extremo "curvadas" que no puede escapar la luz. *Wheeler* calculó la "densidad" del espacio, que estableció en 10^{94} ergios por cm^3 , lo que representa una densidad, asombrosa e inimaginable, muy superior al sumatorio de la energía de todas las partículas concentrado en cualquier parte del universo. El hecho supondría la existencia de un "**vacío**" material **tan superdenso como superfluido**, sorprendente, pero nada sobrenatural... *Wheeler*, inspirado por los trabajos de *Robert Oppenheimer* de 1939 sobre el colapso de una estrella masiva y a su vez por las conjeturas de *Werner Israel* sobre el tema, desarrolló gran parte de los trabajos modernos en este campo. Prestó apoyo a la teoría de los universos paralelos de *Hugh Everett*, que resumirían después (1970) *Brice de Witt* y *Nelly Graham*. Formuló hipótesis, algunas a cuál más fantásticas, sobre geometrías invisibles inmersas en el sustrato material, e incluso se dejó llevar por la idea subjetiva de que el observador crea el universo con sus observaciones.

Costa de Beauregard, Oliver (1911-2007): en 1947 desarrolló con otros físicos una hipótesis que expuso en presencia de *de Broglie* (quien la tildó de

"literalmente insensata") y que pone en tela de juicio la noción del tiempo, en cuanto admite que el tiempo puede ser recorrido en los dos sentidos... Cuando la publicó en 1953 se había reavivado la paradoja EPR, que interpretaba dicha hipótesis, con el ejemplo de la emisión de un fotón formado por la combinación de una onda "retrasada" que recorre el tiempo en el sentido habitual y una onda "avanzada" que se remonta en el curso del tiempo... En 1976 recibió el apoyo de *Davissón* y el de *Kramers* en 1980, ambos materialistas cuánticos. *De Beauregard*, como buen idealista cuántico, pretende que la física cuántica, combinada con la relatividad, suministra una base teórica a los fenómenos paranormales tales como la precognición, la telepatía y la psicokinesis. Asiste en Córdoba a un coloquio (octubre del 1979) con *Brian D. Josephson*, *Bohm*, *Vigier* y *Franco Selleri* (n.1936), del que resultó el polémico libro "*Ciencia y Consciencia*" (1980)

Sokolov, *Igor* (n.1911), junto a investigadores de la Universidad de Michigan, afirma que aceleradores como el SLAC de Stanford podrían hacer posible crear "algo" a partir de "nada"..., pero confiado en que "el vacío puede ser "algo", aunque de una densidad tan alta que sus efectos no pueden observarse, porque se cancelan entre sí, produciendo diversas partículas".

Alexandrov, *A. Danilovich* (1912-2005), matemático, conocido en todo el mundo por su libro "*Geometría intrínseca de superficies convexas*", considerado como el fundador de la escuela soviética de geometría, autor de gran número de trabajos sobre este tema, entre otros: "*La dialéctica de Lenin y las matemáticas*" y "*Sobre el idealismo en matemáticas*", habla del **éter**, motivo fundamental de esta obra, concibiéndolo como un medio: "El éter no era más que un medio... Las ondas se expanden en el éter. Las radiaciones... son las ondas propiamente dichas..."

Zelmanov, *Abram Leonidovich* (n.1915). En 1955 defiende "la posición materialista dialéctica respectiva de la inagotabilidad de la materia y la **infinita** multiformidad de la naturaleza" (*). La materia -escribe- no puede ser creada ni destruida sino **infinitamente** transformada en diferentes formas. En la naturaleza están presentes, de un modo u otro -según él-, todas las formas de materia y modelos cosmológicos que admite la actual teoría física. En 1964 afirma que "en vez de suponer la existencia de un universo homogéneo isotrópico, debería admitirse la posibilidad de que fuera no homogéneo, anisótropo". Relativo a la **curvatura del espacio**, sostiene que ya sea positiva, negativa o cero, su signo debe ser **constante**. A su juicio, en la naturaleza existe una "escala estructural evolutiva" que se extiende del nivel subatómico al universo, en un todo interconexo pero con niveles diferenciados.

(*) **Finitud o infinitud** del universo: *G. I. Naan* (n.1915) explica en 1969 que la infinitud del universo es un postulado y no algo que pueda ser "probado" o "refutado". Pero, luego añadiría que sin este postulado el hombre no puede entender el mundo como algo que existe fuera de él. *P. V. Kopniv*, refiriéndose a las categorías del materialismo dialéctico, plantea la posibilidad de que "**infinito**" y "**finito**" solamente signifiquen que la materia no puede ser creada ni destruida, sino infinitamente transformada. *A. L. Zelmanov* publicó en Moscú (1969) "*El infinito y el universo*", con datos de *V. A. Ambartsumian*, *G. I. Naan*, *V. V.*

Kaziuntinski, V. L. Ginzburg y E. M. Chidinov, competentes filósofos de la ciencia, que habían desarrollado importantes labores entre 1969 y 70 sobre la estructura y la evolución del universo.

Lamb, Willis E. Jr. (1913-2008) contribuye a realizar el experimento que mostró la necesidad de revisar la mecánica cuántica y reconocer la existencia del microcosmos poblado de partículas "virtuales", o fluctuaciones cuánticas del **vacío**. Los trabajos de *Lamb* y su colaborador *R. C. Rutherford*, además de demostrar que dos niveles del H no tenían la misma energía prevista por *Paul M. Dirac*, permitieron hacer una descripción increíblemente precisa del mundo subatómico.

Zeldovich, Yakov (1914-1987) y **Alexander Starobinsky** nos han sorprendido con su descubrimiento de que los **agujeros negros** emiten partículas. *Zeldovich* demostró que las energías del **vacío** actúan en la forma supuesta por *Einstein* en la constante cosmológica. *Jacob D. Bekenstein* (n.1947) mostraría en 1972 que la temperatura de un agujero negro podría ser cero absoluto, es decir, apenas sensible el movimiento de la materia... *Hawking y Bekenstein* pensaron que el área del **horizonte de sucesos** (*) de un agujero negro no podía considerarse como su entropía... *Bekenstein* sugirió que el área era una medida donde se produce el tránsito en el tiempo de Planck, que va desde la **longitud** de Planck (**) a la distancia "cero".

(*) La frontera a través de la cual la luz y otros objetos pueden pasar en una dirección pero no en la otra.

(**) $1.616199(97) \cdot 10^{-35}$ m.: distancia por debajo de la cual se espera que el espacio deje de tener una geografía clásica... La cifra no representa un valor exacto sino una estimación. Equivale a la distancia que recorre un fotón, a la velocidad de la luz, en el **tiempo de Planck**: $(5,39106(32) \cdot 10^{-44}$ s.) el que tarda un fotón en atravesar una distancia igual a la longitud de Planck (los dos dígitos entre paréntesis son el error estimado).

Hoyle, Fred (1915-2003), matemático y astrofísico, que aprendió a leer por sí mismo con los subtítulos de películas en el cine de su villa y al que un bofetón escolar le originó su sordera. Se afirmó en la idea de que el espacio cósmico está lejos de ser espacio **vacío**... "Todo ha hecho ver -explicó- que el primer concepto desarrollado durante la segunda mitad del XX: el **vacío** como medio que transporta el "campo o energía de **punto cero**" **ZPE** (*), estaba lejos de poder explicar qué es en realidad eso de lo que hablamos, donde no existe ninguna conformación corpuscular ni probablemente cuántica", y sí de modo único una extensión infinita del tejido universal de fondo... dable de plegarse en un punto..., crear una "**onda de torsión**", que se extiende por el Universo a velocidad superlumínica (¿ 10^9 la v.de la luz?), generadora -con la aparición de miríadas de millones de subpartículas, unas similares y otras esencialmente diferenciadas (**spin**, momento angular), quarks, partículas elementales, átomos, moléculas de la diversidad de los cuerpos conocidos, inorgánicos y orgánicos, micromundo, macromundo... *Hoyle*, siguiendo los pasos de *Cecilia Payne*, explicó por primera vez la secuencia del proceso de combustión que se produce en las estrellas. Usó la expresión "**big bang**", en tono jocoso, para

referirse a los modelos del universo tipo *big bang*, que postulan una explosión inicial y en los que no creía. Si bien, y por otro lado, en su novela de ciencia ficción "*Las nubes negras*", atribuye capacidades inteligentes a las nebulosas.

(*) **ZPE** deriva del hecho de que las energías de campo han demostrado estar presentes incluso cuando todas las formas de energía desaparecen: en el **cero** absoluto de temperatura... *Planck, Einstein y Eucken* calcularon en 1912 la "**energía de punto cero**" (ZPE: cero-point-energy), o "**energía del vacío**"...

Boehmer, Christian (1916-1995) ve "convinciente" la nueva teoría elaborada por *Hong Sheng Zhao* similar a la formulada por *Pedro Ferreira*: "**la materia oscura y la energía oscura (*) surgen de un único fluido oscuro componente de todo el universo**". *Zhao*, que pone bajo el mismo marco a la energía oscura y a la materia oscura, postula que "La energía oscura es una propiedad del **vacío**, de campos que no vemos fácilmente... El fluido oscuro, un medio invisible, no afecta al movimiento de los cuerpos celestes". "El **éter** como sustancia, explica *Ferreira*, puede imitar a la materia oscura... efectivamente suaviza el espaciotiempo en regiones de baja aceleración (gravitacional) y lo hace más sensible que lo habitual a la presencia de masas... Su presencia cambia la manera en que funciona la gravedad, que se hace más fuerte en los límites distantes de las galaxias". Pese a considerar la teoría de *Zhao* "convinciente", *Boehmer* se inclina por el modelo actual (de materia oscura); ve embarazoso tener dos desconocidos -materia oscura y energía oscura- que constituyen el 95% del universo; muestra, junto al 5% de materia ordinaria, de una y única materia, formalmente diferenciada por su "género de movimiento".

(*) **Energía oscura**: verificadas las hipótesis matemáticas, nadie sabe realmente qué es. Creen que produce materia oscura (de gran longitud de onda, origen de las cuasipartículas). Se distingue de aquella por el hecho de ser gravitacionalmente repulsiva, que llevaría al universo a una expansión acelerada. Fue el descubrimiento en 1998, de que "algo" está acelerando la expansión, lo que llevó a *Michael Turner* a bautizarla como "energía oscura".... *Wun-Yi Shu* postula un universo sin inicio ni fin, de periodos alternos, repleto de energía oscura que fuerza a que éste se expanda a un ritmo acelerado, donde el espacio y el tiempo se convierten uno en el otro. **El** satélite WMAP no ha aportado aún datos precisos sobre el ente, para el que no existe todavía ninguna explicación teórica, a pesar de los muchos esfuerzos realizados...

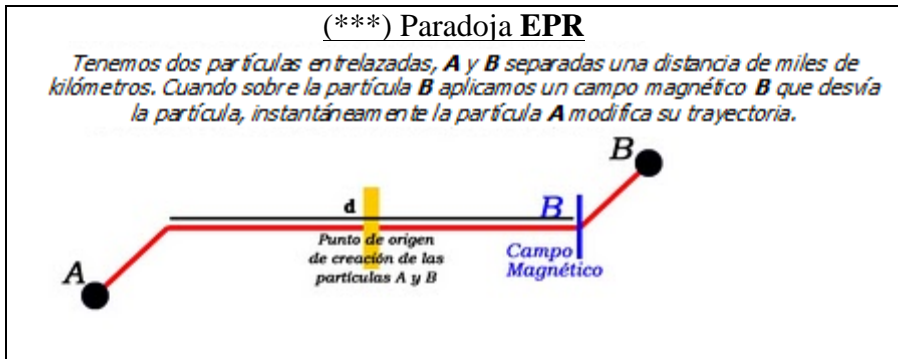
Crick, Francis (1916-2004) investiga desde 1940 y descubre con *James D. Watson* en 1953 la estructura de la molécula de la vida (**ADN**). Pero, por lo que se haría más famoso sería por su obra centrada en los procesos de la mente y en particular de **la conciencia y su naturaleza**. "La idea que tenemos de nosotros como personas es tan errónea -explica- como la idea de que el Sol gira alrededor de la Tierra". En su libro de 1994, "La búsqueda científica del alma", escribe: "Usted, sus placeres y sus penas, sus recuerdos y sus ambiciones, su sentimiento de identidad personal y de libre voluntad, no son de

hecho más que el comportamiento de un enorme conjunto de células nerviosas y de las moléculas que éstas llevan asociadas".

Bohm, David (1917-1992) elaboró en 1951 su primera teoría, basada en ideas de *Louis de Broglie* ya abandonadas por éste en 1926, según la cual existe en el espacio **vacío** un "**potencial cuántico**" (*) indetectable, además de los campos de fuerza ya reconocidos, pero que no transporta energía y sus variaciones se comunican al momento. En 1952, el propio *de Broglie* y *Jean-Pierre Vigier* se sumaron a la teoría. En 1957, *de Broglie* hace saber que el mecanismo cuántico no puede ser considerado como una teoría completa de validez definitiva. Años después, empeñado en buscar una síntesis entre idealismo y materialismo, elabora una idea según la cual el universo visible sería la expresión de un "**orden implicado**", donde los conceptos de tiempo y espacio no tienen validez. En su publicación "*La materia, la conciencia y su base común*" (1980), *Bohm* escribe: "La realidad profunda no es ni espíritu ni materia, sino que se trata de una realidad de una dimensión superior que es la base común de espíritu y materia y en la cual prevalece el "orden implicado". No aceptó el indeterminismo de la mecánica cuántica, que consideró como una visión imperfecta de la naturaleza, necesitada de una explicación más completa que tuviera en cuenta otras **variables ocultas** (**) no consideradas. Propuso que dos objetos cuánticos podrían ser, en realidad, sólo una manifestación de una auténtica totalidad interconectada. Equivalía a pensar que en el espacio existe sólo una "totalidad continua", tal como dice la **paradoja EPR** (***).

(*) **Potencial cuántico**: con ideas de *de Broglie* (1926), *Bohm* elaboró la primera teoría (1951), que interesó a *Vigier* en 1952. "**Existe en el espacio un potencial cuántico** además de los campos de fuerza reconocidos por la física clásica y la cuántica", que no transporta energía y es indetectable, aunque sufren sus efectos las partículas normales y puede que se sirvan de ellos para "comunicarse" a velocidad infinita... En la paradoja EPR, las dos **partículas A y B** que se alejan están vinculadas por ese potencial, de ahí que la medición de una de ellas modifique instantáneamente el potencial sufrido por la otra.

(**) **Variables ocultas** (parámetros ocultos): serían los factores preexistentes e interaccionantes, desconocidos, que darían carácter definitivo a la observación final de un objeto sin que dependa del observador. Simples manifestaciones de un nivel oculto de la estructura donde fuerzas complicadas hacen bambolearse a los electrones y demás partículas. *Bohm*, por ejemplo, sostenía la idea de una realidad, situada entre materialismo e idealismo, en línea con la teoría de las "variables ocultas no locales", de la cual materia y espíritu serían dos de sus manifestaciones, propias a la vez del potencial cuántico e incluso sus efectos, pero que por ser inmutables y propios de cada entidad, se revelarían con independencia del observador. *Jack Sarfatti* fue más allá, propuso que estas variables podrían desempeñar el papel de variables "psíquicas" que explicarían las acciones e influencias a distancia entre sujetos y objetos... Cuando entre los años cuarenta y sesenta se concebía la controversia de la mecánica cuántica como uno de los episodios más recientes de la antigua lucha entre materialismo e idealismo, se suscitaron polémicas inacabables con la participación de especialistas destacados como *M. E. Omelianovski* y *Dimitri Blojintsev* empeñado en hacer ver que "**ningún fenómeno puede comprenderse si se considera aisladamente, desconectado de los fenómenos circundantes**".



Lorentz, Edward N. (n.1917) sentaría las bases para el desarrollo de una “**matemática experimental**”, ahora posible con el uso de computadores capaces de simulaciones muy complejas, entre ellas las correspondientes a los **sistemas no lineales**. A su vuelta del Servicio militar (ejerció prediciendo el tiempo en la 2ª G. M) se centró en la **Meteorología**. Encargado en 1955 de un proyecto de predicción numérica estadística del clima se apoyó en los computadores. Conocía las observaciones de *Poincaré*, quien había previsto sistemas que pueden desplegar un comportamiento complicado, impredecible (lo que no quiere decir “no sujeto a leyes”). Estudió la evolución en el tiempo de variables meteorológicas como la temperatura, a partir de ciertas condiciones iniciales, descubriendo que una pequeña variación hacía divergir muchísimo la previsión, de tal manera que: “Las perturbaciones iniciales habían sido amplificadas casi exponencialmente...”. Su obra: “Flujo determinístico no periódico”, no aparecería hasta 1963... Constataba que **todo sistema caótico es no lineal**, sistemas en los que los procesos de retroalimentación desempeñan un papel central. En una conferencia (diciembre de 1972) manifestó: “El aleteo de una mariposa en Brasil puede producir un tornado en Texas”... Hoy en día el estudio y el análisis de la dinámica no lineal y el comportamiento caótico se aplican a todo tipo de campos, desde la meteorología, la astronomía, la cosmología, la acústica, las reacciones químicas, la epidemiología y hasta el flujo del tráfico.

Otros sistemas descubiertos por los matemáticos son las estructuras geométricas denominadas **fractales**, de *Benoi Mandelbrot* (n.1924) La expresión sirve para reflejar procesos reales en la naturaleza, como la geometría de las costas marítimas, el queso Emmental, las estructuras de los helechos, las concreciones de nieve, etc.

Prigogine, Ilya (1917-2003), seguidor de *Lans Onsager* (1903-1976), estudioso también de los procesos irreversibles, formuló lo que él llama estructuras disipativas, en las que aparece el fenómeno de la autoorganización (aparición espontánea de orden), lo que le permitió establecer una importante conexión entre física, química y biología. *Prigogine, J. Gehaniau, E. Gunzig* y

P. Nardone, al sugerir que los grandes estallidos de creación de materia ocurren sólo de vez en cuando y que de una reserva de "energía negativa" la masa gravitatoria extrae energía positiva, dejaron margen para pensar, tomando un camino inverso, que **la gravitación opera**, sí, pero no de forma directa sino como **un mecanismo que va a favorecer la creación cíclica eterna de las formas materiales conocidas...**

Schwinger, Julian (1918-1994) fue el tercer iniciador de la **electrodinámica cuántica** (*). Desarrolló la teoría explicando la interacción entre las partículas con carga eléctrica y los campos electromagnéticos, y aplicando sus resultados a las propiedades de la radiación emitida por partículas con carga eléctrica que se mueven rápidamente en un campo magnético.

(*) La **electrodinámica cuántica** reconcilia la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad especial. Explica fenómenos como el de la creación de electrones y positrones a partir de la radiación y su destrucción cuando colisionan entre sí. Explica la existencia de esos dos tipos de partículas elementales, llamados **fermiones** y **bosones**, y cómo las propiedades de éstos están relacionadas con sus espines (de valor fraccionario en los primeros y entero en los segundos). Asimismo, describe las propiedades de las partículas denominadas **leptones** (ligeros): electrón, positrón, neutrinos, muon, tauón. Y se apoya en la teoría llamada "cromodinámica cuántica" (asignación imaginaria de un "color" o propiedad a los quarks y gluones) creada para describir la poderosa fuerza nuclear y ayudar a explicar las propiedades de las partículas elementales llamadas **hadrones** (pesadas): *mesones* (con spin entero o cero) y *bariones*: nucleones (protón y neutrón) e hiperones, con spin fraccionario.

Feynman, Richard Philips (1918-1988), reconocido popularizador y considerado por muchos como el más importante físico teórico de su país, trabajó en el proyecto de la bomba atómica, liderando un grupo de jóvenes, bajo la dirección de *Hans Bethe*. En 1945 se encontró con los problemas de la electrodinámica cuántica, estudiando la interacción entre un electrón y un fotón y entre dos electrones por el intercambio de fotones. Ante el problema de que un electrón es considerado como una carga eléctrica puntual, y que el campo que produce se hace infinito a distancia nula, lo que no es consistente con el hecho de que la carga del electrón es finita, resolvió utilizar el método de renormalización de la masa y la carga, con el uso de integrales para cuyo cálculo introdujo los esquemas hoy conocidos como "diagramas de *Feynman*". Su descubrimiento de algunos aspectos de la interacción débil, le hizo sentir -escribió después- una intensa emoción: "era la primera vez... que conocía una ley de la naturaleza que nadie conocía..., aunque, por supuesto más tarde descubrí que otros lo habían pensado al mismo tiempo, o un poco antes". *Feynman* interpreta en imágenes la teoría cuántica relativista del campo describiendo el **vacío** como una agitación, una efervescencia de partículas "virtuales", cuyas apariciones, interacciones y desapariciones representa en gráficos. *Martinus J. G. Veltman* sostiene que los gráficos de *Feynman* contienen más verdad que el formalismo subyacente. En 1959 pronostica la capacidad de los electrones para superar barreras superiores a su energía.

Estaba anunciando el **"efecto túnel"** (*) que permite al electrón, que tiende como toda sustancia a su nivel mínimo de energía, situarse capaz de superar una barrera superior a su energía, imposible para la mecánica clásica. Intentaría modelar la Física en términos de los *spines* de las partículas y su acoplamiento con las fuerzas fundamentales. En 1968 introduce la teoría de los "partones", hipotéticas partículas localizadas en el núcleo de los átomos, que sería desplazada por el modelo de los "quarks", de los que predijo el sexto. De entre sus obras, citaremos: "Teoría de los problemas fundamentales" y "Mecánica cuántica" (1961). Suya es la frase: *"Espero que puedan aceptar la naturaleza tal cual ella es: absurda"*

(*) El **microscopio** de "efecto túnel" sería fruto de estas teorías. Una consecuencia práctica, curiosa, del "efecto túnel" en la conducción, digna de tener en cuenta: cuando viajamos a 35 km/h, el ángulo de visión es de 104°. A 100 km/h. el ángulo de visión se reduce a 42°.

Bondi, Hermann (1919-2005), **Thomas Gold** (1920-2004) y **Fred Hoyle** propusieron en 1958 una teoría del **universo estacionario** (modelo de estado estable) que incluía el tiempo (infinito), distinta de todas las propuestas que habían aceptado el principio cosmológico de homogeneidad. De esta forma el universo tiene la misma apariencia vista desde cualquier lugar y en cualquier momento del tiempo: "principio cosmológico perfecto", con una densidad constante necesitada de un aporte continuo de materia para compensar la expansión (el alejamiento entre galaxias), que, dada su lentitud, se equilibraría con la creación de un átomo de hidrógeno por decímetro cúbico cada mil millones de años. Otro astrónomo en esta línea sería **A. Vorontzoff Velyaminov** (1904-1994). En 1961, **Hoyle** y **Narlikar** defensor del Estado Estacionario, desarrollaron una versión de compromiso que lo hacía posible.

Vigier, Jean-Pierre (1920-2004), asociado a las teorías de *Bhom* sobre el **"potencial cuántico"** y el "orden implicado", declarado materialista cuántico, dado a la parapsicología, supone que el espacio **vacío** está colmado de pequeños corpúsculos *subcuánticos* por completo inaccesibles a nuestros modelos de observación actuales. Desarrolló otra teoría, relativista, sin abandonar el concepto de "potencial cuántico", pero utilizando ahora elementos de una teoría "estocástica" (*) que permite volver a encontrar la ecuación de *Schrödinger*. Invitado por *Einstein* a EEUU, el Dpto. de Estado le negó la entrada

(*) **Teorías estocásticas** propuestas en 1966 por **Edward Nelson**; describen evoluciones **probabilistas** en el tiempo; se utilizan en economía y en biología, sobre todo en física: "movimiento browniano".

Nambu, Yoichiro (n.1921) **Nambu**, estudioso del fenómeno de la *superconductividad*, llevó a la física de partículas elementales los resultados de su trabajo, que relacionaba la ruptura de una simetría fundamental del electromagnetismo (simetría *gauge*) en los superconductores con las excitaciones colectivas en los mismos, origen de la superconductividad. **Nambu** sostiene que toda la materia del universo visible está hecha de un *kit* básico de

partículas (quarks y electrones) y que bajo el aparente caos y arbitrariedad de la naturaleza, se esconden también **simetrías** que rigen las fuerzas del cosmos al nivel más fundamental. En 1960, formuló su teoría de la **ruptura espontánea de simetría**, una herramienta (que sería crucial para desarrollar el Modelo Stándar) básica para entender el origen de las interacciones, que sería germen de las ideas posteriores sobre el origen de la masa de las partículas elementales... Utilizó la teoría de cuerdas (1970) para explicar por qué los *quarks* se encuentran siempre confinados en el interior de las partículas y nunca en estado libre. E imaginó las partículas clásicas como **cuerdas** de dimensiones del orden de 10^{-13} (como el núcleo atómico), que vibran y giran con los *quarks* situados en los extremos. Pero exigía convertir en 26 las tres dimensiones (*) conocidas del espacio.

(*) Entre 1921 y 1926, *Theodore F. E. Kaluza* (1885-1945) y *Oskar Klein* habían propuesto utilizar más de las tres dimensiones, cinco en su caso, para tratar de **unificar la gravedad y el electromagnético**, sosteniendo que eran la misma fuerza.

Rohrlich, Fritz (n.1921) físico especializado en el estudio y la investigación de la teoría cuántica relativista del campo, combate contra la corriente idealista de físicos como *Eugene Wigner*, *Bernard d'Espagnat* y otros, que atribuyen identidad al "espíritu consciente", capaz, según ellos, de reducir los "paquetes de ondas" y de comunicarse los resultados de sus observaciones... En septiembre de 1983, *Rohrlich* escribe: "Algunos sacan la conclusión de que el universo no existe fuera de los actos de observación y de que la realidad es creada por el observador... Pero el mundo de los electrones, protones y todo lo demás existe en la realidad, aun cuando no lo observemos se comporta tal y como dice la física cuántica".

La física del cuanto, a prueba...

Einstein no cejó en su pretensión de **poder imaginar realmente los fenómenos de la naturaleza por difíciles que fueran**, como los de la física cuántica, que parecían venir a poner en cuestión la existencia real de la materia... Algunos otros, años después, todavía, entre ellos muchos de los que suscitaron el coloquio "Ciencia y conciencia" llevado a cabo en Córdoba del 1 al 5 de octubre de 1979 (*), e incluso premios Nobel de física..., seguían empeñados en aprovechar cualquier ocasión para poner en tela de juicio la existencia misma de la materia... Años atrás, "materialistas cuánticos" e "idealistas cuánticos" venían enzarzados en torno a "problemas" e "investigaciones" ingeniosos como, por ejemplo, el momento en que se hace concreto "**el pez soluble**" (**) de *André Bretón* (1924). O el que condujo en 1935 a las **dos grandes paradojas de la física cuántica**. La primera, conocida como "paradoja EPR" (*Einstein-Podolsky-Rosen*), sobre dos entidades cuánticas que al entrar en interacción se combinan supuestamente para formar una sola entidad (*Alain Aspect* experimentó con fotones la diferencia entre entidades cuánticas y objetos normales). Y la segunda, rozando el absurdo, la "paradoja

del gato de *Schrödinger*" (prueba de la disonancia entre la cuántica y la física newtoniana), sobre la "superposición" de estados, que pretendieron demostrar (1975) *Aspect*, con calcio, y veinticinco años después *Dietrich Leibfried*, con seis átomos de berilio (El País Semanal. Número 1526. 25/12/2005):

(*) Se reunieron físicos, neurólogos, psiquiatras, filósofos y escritores, con un gran respaldo de medios: radio, prensa y televisión. Resultó un voluminoso libro, "*Science et Conscience*". Participaron, entre otros, *Fritjof Capra*, *Olivier Costa de Beauregard*, *Brian D. Josephson* (Nobel de Física), *David Bohm*, *Jean-Pierre Vigié*, *Franco Selleri*. Antes del evento (1974), *Russel Targ* y *Harold Puthoff*, especialistas de **laser**, plasma y electrónica cuántica, publicaron en la prestigiosa revista *Nature* un artículo sobre parapsicología y experiencias telepáticas.

(**) Se trataba de saber cuándo el **pez** se hacía concreto, cuándo muerde el anzuelo o cuándo se lo ve (*André Bretón*, 1896-1966).

Espagnat, Bernard d' (1921-1996) muy próximo al idealismo, se pronuncia en el mismo o parecido sentido que *Michel Paty*. Según él, las consideraciones de no separabilidad "llevan a pensar que el espacio no es en definitiva más que un modo de nuestra sensibilidad". De *Espagnat, Paty, Alain Aspect, Helmut Schmidt* y *Eugene Wigner* entre otros, realizarían experiencias en los años 1974 a 1982 sobre la "superposición de estado" (paradoja del gato de *Schrödinger*) y elaborarían teorías por separado poniendo en tela de juicio hasta la existencia misma de la materia... Hubo premios Nobel de Física que llegaron a considerar el universo como una fantasmagoría de esencia espiritual. *Bernard Haisch*, para quien la conciencia es la que crea la materia, observó que los electrones en el átomo absorben energía del **ZPE** para compensar su movimiento orbital. Esta idea se extrapoló a los cuerpos celestes, como un efecto para su estabilidad temporal...

Sakharov, Andrei (1921-1989). En 1948 formó parte del grupo de investigadores soviéticos que llevaría a cabo la tarea de crear armas termonucleares. Posteriormente (1950) sería reconocido como un gran investigador por *Igor Kurchátov*, "padre de la bomba atómica". Junto al célebre especialista de la física cuántica *Ígor Tamm*, propuso la idea para un reactor nuclear de fusión controlada, el llamado Tokamak. Fue sólo uno de los varios inventos prácticos que hizo a lo largo de su carrera, además de publicar diversos trabajos sobre física teórica. En 1950 elaboró la idea del dispositivo de fusión, que sirvió de base para la primera bomba de hidrógeno soviética, que sería probada en 1953. Alejado de los estudios nucleares se dedicó en 1963 al desarrollo de ideas en el campo de la física de partículas y la cosmología. Físico, académico y político, activista de los derechos humanos (*), desde mediados de los años 60 demanda la suspensión de la pena de muerte. Se convirtió en uno de los promotores de las peticiones de cese de pruebas nucleares y contribuyó a la firma del Tratado de Prohibición de Pruebas Atmosféricas, Espaciales y Submarinas en Moscú. En 1965 se interesa por la cantidad de materia que produce la formación de grumos como un efecto de la gravitación. En 1967 propone tres condiciones que explicarían por qué habiéndose supuestamente creado la misma cantidad de materia que de antimateria el Universo evolucionó hacia un dominio de la materia (una

condición sería la violación C y CP -descubierta en 1964 por *James Cronin* y *Val Fitch* -, si había al menos seis tipos de quarks; otra, la existencia de un protón inestable, y, otra, una fase de expansión y desequilibrio térmico)... Sostiene que la ralentización de los relojes y el encogimiento de los cuerpos a velocidad en el **vacío** podían resultar de los **efectos del ZPE sobre las partículas**. La idea venía a suponer que no sólo la geometría del espaciotiempo actúa, sino también un campo físico real que produce efectos físicos reales. *Paul Davies* (n.1946), autor de un interesante libro, "El universo desbocado", y *William Unruth* (n.1945) reforzarían en los años 70 la hipótesis de *Sakharov*. En 1968 finalizó el ensayo "*Progreso, coexistencia pacífica y libertad intelectual*", en el que desarrolló las ideas del rechazo a los misiles nucleares, por lo que le fue prohibido continuar sus investigaciones. No fue hasta el inicio de la perestroika (*Mijail Gorbachov*), cuando a *Sakharov* le fue permitido regresar a Moscú.

(*) Una publicación titulada "Balance de los Derechos Humanos", CAUM, Madrid, 2003, evidencia la ideología predominante en la redacción de la Declaración, en cuanto que, constando en el texto de ésta que está protegida como un derecho la opción "al supremo recurso de la rebelión" si se viesen amenazados los DDHH, en orden a preferencias coloca la guarda del derecho clasista de la propiedad (Art.17) cualesquiera que sea su alcance, por delante de los derechos inalienables de "*libertad intelectual y social*" (Arts. 18, 19 y 22).

Glauber, Roy J. (n.1925). En 1963 utilizó la naturaleza corpuscular de la luz para formular una teoría precisa para la medición de fotones, que permitió describir diversos tipos de luz, desde la luz *láser* convencional que se utiliza en los lectores de códigos de barras o en los lectores de CD hasta la luz producida para aplicaciones avanzadas, como la criptografía cuántica. La invención del láser y la teoría de *Glauber* son el origen de lo que hoy llamamos óptica cuántica.

Sciama, Denis (1926-1999), firme defensor de la cosmología del estado estacionario (1950): *Hoyle, Bondi, Gold...*, que ejerció una fuerte influencia sobre *Penrose*, investiga una profunda singularidad subyacente en la Segunda Ley de la Termodinámica y la propia naturaleza del *big bang*.

Arp, Halton Christian (n.1927) escribe "Controversias sobre las distancias cósmicas y los cuásares". Explica sus esfuerzos contra los poderes fácticos por demostrar que las observaciones del **corrimiento al rojo** de cuásares y galaxias no son debido a la supuesta velocidad de expansión (ley de Hubble) que tomó como dato *Lemaître* para imaginar su famoso "*big bang*". La "curvatura" aparecería como un factor influyente. *B. Russell* se preguntó dudoso en 1958 "si el giro al rojo se ha de atribuir, a un movimiento recesivo o a la curvatura espaciotiempo"

Gell-Mann, Murray (n.1929), trabajando en 1962 con *Yubal Ne'eman* (n.1925) propusieron un tipo particular de simetría matemática que proporciona un criterio de agrupamiento de los *hadrones*, clasificables en grupos de 8. La teoría, que se conoce como SU (3), de 1961, predecía las propiedades de la partícula "*omega negativa*", Ω^- que se descubrió en 1964. El mismo año, *Gell-Mann* y *George Zweig*, trabajando de manera independiente, propusieron que

los *hadrones*, entre ellos el protón y el neutrón, no son partículas elementales, sino que están compuestas a su vez por otras todavía más pequeñas y más básicas (*bariones* y *mesones*), lo contrario a la idea del átomo de *Rutherford*. Después imaginaron tres partículas subatómicas hipotéticas, "**quarks**" (*), que dispuestas de diferentes modos darían lugar a todas las subpartículas conocidas. Deberían tener cargas eléctricas fraccionarias (un electrón tiene -1 y un protón +1) Las de +2/3 serían "**p**", las de -1/3 serían "**n**" y **lambda**. Un protón estaría constituido por combinaciones de tres quarks, no obstante que un quark pese 30 veces más que un protón.

(*) **Quarks** (palabra tomada de la obra de *James Joyce* "El funeral de Finnegán") "simboliza -escribió *Gell-Mann*- las leyes físicas básicas y simples que gobiernan el universo y toda la materia que éste contiene". La imposibilidad de aislarlos llevó a concebirlos ligados en un campo gluónico e inseparables, confinados dentro de los hadrones (protones y neutrones cada uno con un trío de quarks), sin que puedan observarse aislados, con las mismas características que el campo electromagnético del átomo. *David Politzer*, *Frank Wilczek* y *David Gross* desvelaron las leyes de las partículas elementales del núcleo atómico (2 quarks "**up**" y 1 "**down**" forman un protón; 1 quarks "**up**" y 2 "**down**" forman un neutrón). los cuatro últimos quarks **stranger**, **charm**, **botton** y **top** se desintegran con rapidez, y son recreados en los grandes aceleradores.

Hablemos de las "partículas elementales", de las que se han detectado numerosas familias.

Del origen de la teoría atómica, del átomo como partícula elemental, poco queda por decir, salvo recordar lo que todos sabemos: que fue propuesta por *Leucipo* y *Demócrito* en la antigüedad griega, recuperada un siglo después por *Epicuro*, devuelta al mundo al cabo de más de dos siglos (año 60 a.n.e.) por *Lucrecio* en su obra "*Sobre la Naturaleza*", la cual, catorce siglos después, vería la luz convertida en uno de los primeros trabajos realizados con la imprenta de *Gutenberg* en 1473. Hasta entonces, la teoría atómica, perseguida por *Platón* y *Aristóteles*, permanecería a la espera de que árabes como *Al-Sari* la arrancasen del aristotelismo teológico imperante durante la Edad Media. Después, pasarían siglos, hasta que a comienzos del siglo XVII, *Sennert*, con su idea un tanto complicada, diera paso a *Gassendi*, pionero de la Ciencia moderna, para que éste apostase por el átomo, si bien, como él vino a decir, liberado de ciertas cualidades "ateas y subversivas". A partir de aquí, *Boyle* y, en particular, *Newton*, y luego *Cavendish*, hasta que *Dalton* recupera y desarrolla el atomismo..., todo discurriría, con más o menos suerte, aunque, eso sí, en presencia siempre del enigmático vacío espacial, el **éter** primigenio, sin resolver todavía si era un fluido imponderable, material o inmaterial...

Mientras tanto, la imagen física del átomo se había instalado, de manera nítida, como la partícula elemental material única, con sus cargas eléctricas y sus pesos y números atómicos y el orden dado por *Mendeléiev* en su "tabla". Un átomo, en fin, por completo material, de formas diversas, combinable sin alterar sus cualidades, indivisible e impenetrable, con características mecánicas: masa, tamaño, forma y movimiento, que se mueve en el vacío

(éter) e interaccionan entre sí. Sin embargo y a pesar del uso y las aplicaciones prácticas ya generalizados del atomismo, bien se puede decir, que entre los químicos de principios del XIX, la teoría atómica era aún considerada por algunos como una hipótesis no verificada...

No se confirmó hasta **1930**, que **el átomo no era impenetrable, indivisible e inmutable**, no era la última partícula elemental; estaba formado a su vez por 3 partículas distintas: electrón (-), protón (+) y neutrón (de carga neutra). La masa del protón y el neutrón eran unas 1837 veces la del electrón. Sus dimensiones internas, sin materia aparente entre la capa y el núcleo, comparadas con la catedral de Toledo, apenas suponía el tamaño de una guinda representaría el núcleo con los electrones navegando por las gárgolas... En 1931, *Dirac* predice la existencia del "*positrón*" (como el electrón, pero positivo), descubierto después por *Carl D. Anderson*, que abrió camino al descubrimiento de otras antipartículas, dando motivo a creer en la existencia de la "**antimateria**" (*). A las características de las partículas se añadiría el momento angular intrínseco o "espín" propuesto por *Uhlenbeck y Goudsmit* en 1925. Hacia 1937 se descubrieron los "*mesones*", intermedios entre el electrón y el protón. Hacia 1940, observando los rayos cósmicos, se distinguen el *pion* y el *muon* (con una masa 250 veces la del electrón). Sin conocer su papel, se asoció al pion con la fuerza nuclear fuerte. Así, antes de la Segunda Guerra Mundial, no pasaban de **9** las partículas elementales registradas: 2 bariones (pesados): protón y neutrón, 4 leptones (ligeros): electrón, positrón y dos neutrinos, 2 mesones (pion y muon) y 1 fotón. Hacia 1950, los ciclotrones y sincrotrones, aceleradores de partículas mediante fuertes campos electromagnéticos, permitieron observar que los piones pueden tener cargas de los dos signos y neutras, con lo que el número de partículas ascendió a 12.

En 1954/55 *Gell-Mann* propone admitir la existencia de una propiedad que se conserva en las reacciones nucleares fuertes y que da lugar a la aparición de pares de partículas, a las que llamó "extrañeza". A esta propiedad le asoció un nuevo número cuántico **S** con valores enteros. En 1961 ideó la existencia de una subpartícula, que llamó "omega negativa" y fue encontrada en 1964. En 1962, *Nicholas Kemmer* sugirió que los protones y neutrones se pueden intercambiar entre sí, por lo que se pueden considerar como dos estados diferentes de un único nucleón (básico). Y en 1962, también, *Gell-Mann* y *Yubal Ne'eman* proponen organizar las partículas en dos grandes grupos: "**hadrones**", subdivididos en **bariones** y **mesones**, y "**leptones**".

En 1964, *Gell-Mann* y *George Zweig* proponen que los **bariones**, entre ellos el protón y el neutrón, no son partículas elementales, sino que están formadas por otras todavía más pequeñas y más básicas: tres quarks..., a los que *Gell-Mann* llamó **u** (*up*, arriba), **d** (*down*, abajo), **s** (*strange*, extraño), con sus tres antiquarks correspondientes, y, con la asignación sorprendente de cargas eléctricas fraccionarias de 1/3 o 2/3 de la del electrón (un electrón tiene -1 y un protón +1). Poseen *spin*, con valor +1/2 ó -1/2. Mientras que los **mesones** estarían formados por dos quarks. Con esta fórmula quedaba por fin abierto el camino a la nueva y más revolucionaria propuesta, la **teoría de los quarks**... A partir de ahora, los quarks pasarían a ser las partículas

elementales constitutivas del núcleo atómico, quedando reducidas a tres quarks y dos pares de leptones (electrón y neutrino electrónico, muón y neutrino (**)) muónico), todas con sus correspondientes antipartículas. Tiempo atrás (1963), *Yoichiro Nambu* había descubierto que algunos **bariones**, como la partícula *omega*, están compuestos por tres quarks iguales (**sss**) y resolvió que los **quarks** tienen un número adicional cuántico que puede tomar tres valores posibles a los que se les llamó "colores", *rojo*, *verde* y *azul*. Era una forma de hablar para designarlos. Podían coexistir en una misma partícula, con tal de tener distintos colores. Respondiendo al hecho, en 1973 hubo que montar una teoría que *Gell-Mann* denominó "**cromodinámica cuántica**" (QCD, una parte de las teorías del Modelo, análoga a la QED, "electro-dinámica cuántica"), para explicar cómo interaccionan los quarks dentro de una partícula con la intervención de los "colores", que sería mediante una nueva partícula denominada "**gluón**" (*glue*, pegamento). En la electrodinámica cuántica (QED) la partícula portadora de las interacciones es el **fotón**.

Pero, no quedó ahí la cosa. En 1970, *Sheldon Lee Glashow*, premio Nobel de física, se había adelantado a señalar la división sucesiva que iba a experimentar la estructura de las partículas subatómicas, llamadas elementales: "Sabemos -afirmó- que no sólo hay tres quarks"... Y propuso el quark denominado "encanto" (*charm*), que descubrirían *J. Richer* y *Samuel Ting* en 1974. Ahora eran cuatro los **quarks**... Hasta que en 1976/7 se descubrió la presencia de dos nuevos quarks, **b** (*bottom* o *beauty*, fondo o belleza) y **t** (*top* o *truth*, cima o verdad). Hacia 1979 las partículas elementales se reducían a seis quarks (**u, d, s, c, b, t**) y seis leptones (electrón, muon, tauón, y tres neutrinos, electrónico, muónico y tauónico), el llamado "Modelo Estándar" (LMBDA-CDM). En 1995 darían en el Fermilab con la masa del quark **t** (175 GeV) diferente de los otros cinco...

Y la búsqueda continuaría: *Francois Englert*, *Robert Brout* y meses después *Peter Higgs*, propusieron (1963), en forma independiente, combinar la ruptura de simetría con las teorías gauge, pudiendo al fin demostrar la existencia teórica de la partícula que denominarían bosón de Higgs...; que explicaría todo lo explicable... y que pondría en entredicho la instalación del LEP (un anillo de 27 km de coste astronómico que montó el laboratorio europeo CERN). Del LEP pasaríamos al nuevo proyecto, el LHC (*Large Hadron Collider*, "gran colisionador de hadrones", llamado, de modo absurdo, "máquina del *big bang*"), con la mira puesta en la "primera partícula". Aunque a decir verdad, la búsqueda, no nos equivoquemos, pretende resolver otra cosa más utilitaria: la retención de plasma a 100 millones de grados en un segundo, que originaría la reacción de **fusión nuclear** (propia de las estrellas) necesaria para que fluya el sistema industrial, con 10 veces más energía que un reactor de fisión (una libra de deuterio proporcionaría 35 millones de kilovatios/hora), controlable en caso de avería y sin cenizas radiactivas, es decir, más limpio y seguro que el de la **fisión** nuclear..., cuyo uso criminal hizo desaparecer en segundos las poblaciones civiles de Hiroshima y Nagasaki.

(*) **Antimateria:** Su base material son partículas que tienen la misma masa pero carga opuesta (de signo contrario) y movimientos rotatorios invertidos. Está

constituida por antipartículas subatómicas o antiátomos: dos partículas opuestas que se aniquilan y desaparecen transformadas en energía (Una gota de antimateria equivale a la electricidad que consume Nueva York en un día). Teóricamente, el mundo que nos rodea, hecho de materia, no de antimateria, sería consecuencia de la supuesta violación de una **simetría** en el origen.... Algunos (*Paolo Gondolo* y *Douglas Esployar*) especulan (1936) con la liquidación de la antimateria, como fenómeno que originó las primeras estrellas (Población III). *Massimo Vllalta* sugiere que su falta de presencia actual podría justificarla su existencia en "bolsas" espaciales muy alejadas, sin olvidar lo que afirma *Frank Close*: que "no hay prueba alguna experimental de que materia y antimateria se repelan entre sí"... En 1932 *Carl D. Anderson* descubrió el positrón, antielectrón (+). *Emilio Segre* (1905-1989) y *Owen Chamberlain* (1920-2006) descubrieron en 1955 el antiprotón (-). En 1965 descubrirían el antideuterón en los aceleradores CERN y AGS. En 1995 consiguieron crear un átomo (antiátomo) y luego 100 de antihidrógeno. Poco después un equipo creó un átomo de Helio antiprotónico que duró 15 millonésimas de segundo... Proviene de estos avances, los TAC de observación clínica (Tomografía por emisión de Positrones) y los antiprotones aplicados en las terapias para la destrucción de tejidos cancerosos. Se buscan para la creación de armas de inmenso poder destructivo

(**) La diferencia entre los dos **neutrinos** fue establecida experimentalmente por *Leon Lederman* (n.1922). Los llamados *neutrinos primordiales* habrían sido candidatos a la materia oscura si no fuese porque su masa es muy pequeña.

Higgs, Peter (n.1929), reconocido por su participación en el estudio de la **ruptura de la simetría** en la teoría electro débil, destacaría por demás, al vislumbrar la existencia del **bosón de Higgs** (*), en un momento -como él mismo declaró- de inspiración, una vez ya generalizado en los años 60 el dominio matemático de la existencia del campo de Higgs: "**He tenido una gran idea**"..., comentó *Higgs*, a su vuelta de una caminata en 1964. E imaginó que debía existir una partícula asociada con las vibraciones del hipotético campo..., con lo que quedaba finalmente compuesto el Modelo, pendiente como estaba la explicación sobre el escurridizo origen de las masas... Y escribió dos artículos sobre el tema. El segundo fue rechazado inicialmente por una revista. Más tarde el texto apareció en la *Physical Review Letters*, donde *Peter Higgs* desarrollaría su idea: "al comienzo del universo -escribe- las partículas no tenían masa"...; la adquirieron una fracción de segundo después, al interactuar la partícula... con el **campo de Higgs** (**). La base original de su teoría (***) proviene de *Yoichiro Nambu* creador de la teoría conocida como "**espontánea de la simetría electro débil**" predicha con partículas sin masa..., lo que al parecer *Higgs* obvió (teorema de Goldstone) (****) considerando, quizá a la ligera, que el *lapse* no tenía relevancia, pero que, después, se apresuraría a corregir, describiendo como postulado de cambio el (****) "**mecanismo de Higgs**".

(*) El "**bosón**" de **Higgs**, considerado como el **cuanto** del campo de Higgs, la más pequeña excitación posible de este campo, sin spin, ni carga alguna, inestable hasta el punto de desintegrarse en un *zeptosegundo*..., es, a juicio de los teóricos, la única partícula que falta para confirmar el Modelo de la física de partículas. Verificar, como se pretende (LHC), la teoría de *P. W. Higgs*, sobre la

supuesta existencia del bosón, cuya masa tendría como origen una "fricción" con su propio espacio, el campo de Higgs, ayudaría a explicar el origen de las masas y el "mecanismo" mediante el cual -se dice- todas las demás tendrían masa... Ello dejando como asignatura pendiente, claro está, la explicación del carácter y propiedades del, nada menos, que, 95% restante del componente cósmico universal: **energía oscura** (75%), **materia oscura** (20%)...

(**) El "**campo**" de Higgs permearía todo el espacio desde la aparición misma de éste (una facción de segundo después de la supuesta explosión), explicaría las propiedades de este mundo y su existencia, en cuanto que la teoría predice, matemáticamente, que fue el primero en condensarse dando masa sólo a las partículas elementales que interactúan con él, entre ellas los bosones de Higgs...

(***) **Su teoría**, que no es tal por completo porque tiene como historia no sólo el pensamiento de *Anaximandro* sino y en particular las propuestas, entre otras, de *F. Engert* y *R. Brout*, postula: 1. combinar la teoría de la "ruptura espontánea de la simetría" (tomemos como ejemplo un lápiz sostenido por su punta y su eventual caída) con las teorías **gauge** (****), 2. establecer la existencia de una partícula proveniente: el bosón de Higgs, y, 3. afirmar que en la "ruptura" existe una cantidad física indicativa de que ésta se ha consumado, con la aparición del campo de Higgs y, con el alcance finito (posterior a la ruptura) de las fuerzas fuerte y débil... Recordemos aquí, que los dos principios básicos sobre los que se ha construido el Modelo (la teoría que unifica parcialmente las fuerzas de la naturaleza), son el principio de *gauge* (simetrías matemáticas), y la citada teoría de la "ruptura", cuyo dominio experimental nos situaría, digamos de paso, en el dintel de acceso a un conocimiento cercano a leyes que permitan saber en qué consiste la naturaleza y qué grados de libertad permiten que la generación de partículas y sus propiedades no dependan tanto de leyes eternas como de la historia y del entorno, densidad, temperatura, evolución cósmica, etc.

(****) **El teorema de Goldstone** indica que siempre que una simetría continua se rompe de forma espontánea, aparecen nuevas partículas escalares sin masa (o muy ligeras, si la simetría no es exacta), dentro del espectro de las posibles excitaciones. Existe una partícula escalar, denominada bosón de Goldstone, por cada generador de la simetría que se rompe, es decir, que no mantiene el estado de mínima energía.

(****) "**Mecanismo de Higgs**", titulado así en 1971 por *Gerardus Hooft*, pretende explicar matemáticamente la forma en que al interactuar cobran **masa** las partículas elementales, antes consideradas con masa cero y una simetría exacta entre las fuerzas electromagnética y débil... El Modelo no podía explicar los orígenes de la masa como una propiedad de la materia, debiendo ser medida por el método experimental. Hacia 1960 dotaba de una gran masa a las partículas W y Z y sin masa al fotón... Un "mecanismo" inicial, propuesto (1962) por *Philip Warren Anderson* (n.1923), se refería específicamente a la generación de masa para los bosones W^{+} y Z^0 ... Su desarrollo posterior, que elaborarian (1964) los grupos: *R. Brout*, *P. Englert*, *P. Higgs*, y *G. Guralnik*, *C. R. Hagen*, *Tomas Kibble* (n.1932), desembocaría en la versión actual dada al "mecanismo" por *Abdus Salam* y *Steven Weinberg*... El proceso tiene en su haber la circunstancia, de que la fuerza nuclear débil podía explicarse mediante leyes similares a la del electro-magnetismo, pero los datos experimentales presentaban a las partículas W y Z con niveles masivos... La solución fue encontrar la forma de reconciliar estas leyes con la presencia de la masa, a lo que darían en llamar "**mecanismo**"; que explica la adquisición de masa, sí; pero como el simple resultado de la interacción de las partículas con un supuesto "campo" (campo de Higgs), que "permea el vacío"..., repleto, al decir, de bosones

de Higgs, que serían los que actúan como mediadores entre el campo y el resto del universo (asistidos, los fermiones, por el "acoplamiento de Yukawa", que diferenciaría la adopción de masas).

(*****) **Principio de gauge:** 'gauge' significa 'medida', y simetría : que algo "**se mantiene igual**" al cambiar alguna condición externa (la medida a que una cosa debe ajustarse). La Gravedad, como ejemplo, es una teoría gauge (teoría de medida) porque las predicciones que se pueden hacer de ella son las mismas si se las toma desde diferentes perspectivas. Esta invariante global en el procedimiento de medición hace de la gravedad una teoría gauge.

Cooper, León N (n.1930), **John Bardeen** y sus colaboradores proponen por primera vez en 1957 la teoría de la **superconductividad**, una propiedad de los conductores a muy baja temperatura, donde los electrones están unidos en pares..., de forma que por su acción no existe resistencia al flujo de electrones de un conductor. **Karl Alexander Müller** descubriría (1986) materiales de cerámica con comportamientos extraordinarios, tales como los **superconductores** de alta temperatura. **Gerd Bining** y **Henrich Rohrer** desarrollaron en los años 80 el microscopio de túnel de alta resolución, dando paso a experimentar en el campo denominado *nanociencia*.

Everett, Hugh (1930-1982) y **J. A. Wheeler**, en 1950, y más tarde (1970), **Brice de Witt** y **Nelly Graham**, materialistas cuánticos los cuatro, presentarían interpretaciones tales como la de la multiplicidad de universos y los universos paralelos, donde las soluciones alternativas a la famosa ecuación de onda, se realizan cada una de ellas en un universo distinto (*)... **Hugh Everett**, sin abandonar la idea del átomo lleva sus teorías al extremo de proponer que esos otros universos también existen en realidad y son en cada punto tan reales como el que nosotros habitamos: "Si la superposición a modo de onda es real, también lo es el superespacio". "El mundo está constantemente escindiéndose en copias, con todo su continente"... nosotros también, aunque -corrige- las réplicas de conciencia no pueden comunicarse entre sí"...

(*) **Hugh Everett**, **Nelly Graham** y **Brice de Witt** propusieron en 1970 una solución radical: en el momento de la medición no se produce la reducción a una sola posibilidad sino que se produce la división del conjunto cuantón más aparato de medida, es decir, la creación de **dos universos**, uno en el que el *spin* del protón es positivo y otro en el que es negativo. La teoría descansa sobre una base matemática de cierta solidez. Una sola función de onda de una complejidad enorme, que nunca se "reduce" sino que se escinde sin cesar en ramas, de tal condición que no pueden entrar en interacción.

Sudarshan, E. C. G. (n.1931) inicia en 1972 unos trabajos, de por sí especulativos sobre las "velocidades superlumínicas", pretendiendo hacer ver que sus resultados demuestran la existencia de dos universos distintos. Uno, el nuestro, donde todas las partículas marchan a velocidades sublumínicas y pueden acelerar hasta alcanzar casi la velocidad de la luz. Otros, donde todas las partículas alcanzan velocidades superlumínicas que pueden decelerar hasta casi igualar la velocidad de la luz.

Penrose, Roger (n.1931) Influido (1950) por *Dennis Sciama* apoya la cosmología del **estado estacionario**, hasta que *Penzias* y *Wilson* registran el "fondo de microondas", residuo del supuesto *big bang*. Indaga sobre la **naturaleza de la masa** con *Hong-Mo Cham*, *James Bjorken* y *Florence Tsu*. Se interesa por "la profunda singularidad subyacente en la Segunda Ley de la termodinámica". Y escribe, refiriéndose al *big bang*: no me "parece que una tremenda explosión sea algo muy organizado (...) nadie lo cree realmente... ni siente entusiasmo por esta propuesta (...) No hay un *big bang* inicial...porque no hay comienzo ni final"... Desviándose de los modelos clásicos de *Friedman* y *R. C. Tolman*, propone la existencia de "un espaciotiempo anterior" que es el futuro remoto de alguna fase previa del universo. Para *Penrose* "hay también una fase de universo real que se extiende más allá del nuestro" para convertirse en "un universo que colapsa (agujero negro) pero de alguna manera es capaz de *rebotar* hacia una nueva fase... una sucesión de *eones*, cada uno de los cuales parece ser una historia de universo en expansión... Admite "ciclos de nacimiento y muerte...de 30 ó 40.000 millones de años ... cada vez distinta la formación de galaxias". Desde "la creación de este universo -escribe *Penrose*- de 15 ó 17.000 millones de años, muchas estrellas de 1ª generación explotaron como supernovas y otras se transformaron en agujeros negros, allí donde la gravitación se hizo o hace dominante cuando los radios de curvatura se reducen a la escala de Planck".. De otro lado, *Penrose* funda su *psicobiofísica* (biofísica cuántica, interfase cuántica) en el colapso de la función de onda (toma de conciencia). En "Ciclos del tiempo" habla de la mente y el cerebro como dos entidades separadas. Si bien, en "El camino hacia la realidad" (2005) habla "en una sola realidad clasificada en tres mundos, matemático, físico y psíquico.

Glashow, Sheldon Lee (n.1932) En 1964 predice el bosón Z, que descubrirían en 1973. Plantea (1979) que la **materia oscura** podría estar formada por los llamados *monopolos*. Busca unificar las dos o más de las cuatro fuerzas conocidas, en un conjunto de leyes generales: Teoría del campo unificado. *Einstein* lo intentó sin éxito, considerando la partícula como campos con una intensidad muy elevada. Desarrolla con *Weinberg* y *Salam* la teoría electrodébil que serviría de base para unificar (1967) la interacción débil y electromagnética. "No hallarán el bosón de Higgs -llegó a decir- sino algo diferente, porque el modelo BB es un tanto barroco"... "Y en todo caso Higgs no será la última partícula". Incluso consideró necesario detener el LHC en 2012 y dedicar el presupuesto para mejorar el mundo.

Cabrera, Blas, hijo (n.1932) experimenta durante 10 años desde 1982 en busca de los llamados *monopolos magnéticos* (*), sin obtener resultados. Situado en octubre de 2008, piensa que la **materia oscura** fue el origen de la estructura galáctica del universo... "En la teoría más extendida de *wimps* -dice- hay tres partículas *wimps* (**) por litro de materia normal, que son como los **neutrinos**, pero con una masa mucho mayor". Confiesa que "lleva toda su vida buscando algo que no se ve, que es difícilísimo detectar, pero que puede, o debe, existir en el cosmos".

(*) **Monopolos** magnéticos: partículas hipotéticas ideadas por *Dirac* en 1931, con una única carga, positiva o negativa

(**) **Partículas WIMPs** (del inglés: *weakly interacting massive particles*). La hipótesis, **que**, debido a su gran masa, las presenta como candidatas para la **materia oscura** (término que acuñarían *Zwicky* y *Turner*), deviene de suponer que se encuentran formadas por un tipo de partículas aún desconocidas (no absorben ni emiten luz), pero varias de ellas con propiedades que es posible deducir: "no pueden experimentar -leemos de *Jonathan Feng* y *Marck Trodden* (n.1968)- los efectos de las interacciones electromagnéticas con la materia ordinaria, ya que de lo contrario podrían emitir o absorber fotones": carentes de carga eléctrica, se suponen conformadas por una elevada masa (entre decenas o centenares de veces mayor que la del protón). Serían estables. Habrían sido creadas en grandes cantidades durante la supuesta gran explosión, como sustrato y base del mundo material. Por agregación, habrían ido formando redes de filamentos (***) con grandes huecos aparentemente vacíos, y más tarde cúmulos, a partir de los cuales se habrían gestado, por atracción gravitatoria, las galaxias que pueblan el cosmos.

(***) "Una cola de marea", de supuesta "materia oscura", que va desde la galaxia NGC4254 a la VirgoH1, fue observada el 23 del 9 de 2011 por *Robert Minchin*. *Jörge Dietrich* observó "filamentos de **materia oscura**" (7/7/2012), entre las galaxias ABELL222 y ABELL223, semejantes a "carreteras galácticas", "telarañas cósmicas"... Mientras tanto, la búsqueda continúa: a través del Super-Kamiokande (Japón); del IMB (Michigan); del IceCube (Madison, EEUU, el primer telescopio de altas energías de un km. cúbico "enterrado" en hielo en el Polo Sur); del proyecto XENON100, del que, *Harry Nelson*, director, declararía (14/4/2012) que "vale la pena todo el esfuerzo", pese a "no haber encontrado evidencia alguna al cabo de 100 días"... Persiguen el mismo objeto los experimentos DAMA y DEAP del Gran Sasso, el CDMS de Minesota, el CDMII (*K. McCarty*), el CRESSI (*Dan Hooper*), el EDELWEIS y el ZEPLIN (*Alex Murphy*).

Penzias, *Arno Allan* (n.1933) y *Robert Woodrow Wilson* registraron en 1964 una radiación de microondas de unos 7 cm de longitud, proveniente del espacio, con una temperatura de unos 3,5 ° kelvin. El hecho vendría a coincidir en el tiempo, con el pensamiento que tenían *James Peebles* (n.1935) y *Robert Dicke* (1916-1995), de que si hubo un *big bang* debería existir un fondo de ruido residual que merecería la pena experimentarlo... Pero *G. Smoot* en el año 1989 y el satélite COBE en el 1992 vieron que la radiación de fondo no era uniforme, sino que tiene diferencias de temperatura entre unas zonas y otras.

Weinberg, *Steven* (n.1933) formuló la posibilidad de que los **quarks** sean a su vez **divisibles**... Sostiene que "cabe la posibilidad de un universo eterno, donde el nuestro es una fluctuación local". Según él puede haber otros *big bang* que se producen antes, después y al mismo tiempo. Sostiene, con *Richard Dawkins*, que no existe un diseño premeditado, ni un propósito ni un significado para este mundo. Se trata simplemente de **una posibilidad de la naturaleza**. "Buscamos verdades universales acerca de la naturaleza -escribe *Weinberg*- y, cuando las encontramos, intentamos explicarlas demostrando cómo pueden ser deducidas a partir de verdades más profundas... Ciertamente no tenemos aún una teoría final, y es probable que tardemos en descubrirla"...

Wess, Julius (1934-2007) contribuye al estudio de la teoría general de la relatividad. En 1974 publica con *Bruno Zumino* su modelo teórico de la **supersimetría** (Wess-Zumino), que habían descubierto los rusos *Yu Golfand* y *E. Likhtman* en 1971, los japoneses *D. V. Volok* y *V. P. Akulov* en 1972, y los americanos *Pierre M. Ramond*, *John Schwarz* y *André Neveu*. La teoría tiene como antecedente una investigación que revolucionó la física, realizada por *Yoichiro Nambu* (n.1921) sobre el mecanismo de "ruptura espontánea de simetría subatómica", teoría en la que trabajaban *Nakagawa* (n.1940) y *Kobayashi* (n.1934). El modelo *Wess-Zumino* impactó en la investigación de *Witten* sobre la **supergravedad** de *Kaluza-Klein*, y también, aunque ya estaba implícito, en la **teoría de cuerdas** de los ya citados *Schwarz*, *Neveu* y *Ramond*, sin olvidar la medida en que permitió anticipar el posible papel de la **supersimetría** (*) y del **neutralino** (**) que podría explicar la (***) materia oscura.

(*) La **supersimetría**, teoría todavía muy hipotética, planteada para resolver ciertos problemas del Modelo, propone la transformación de un fermión en un bosón y viceversa, lo que equivaldría a desplazar la partícula en el espaciotiempo... A cada partícula del Modelo le correspondería una compañera **supersimétrica** denominada **super compañera**... El electrón tendría un **s-electrón** y cada quarks un **s-quarks**. Las compañeras de los bosones serían fermiones con nombres que terminan en *ino*: fotón, fotino; gravitón, gravitino. El neutralino (**) sería la más leve de las super compañeras. Otro aspecto del llamado "milagro de las WIMPs" lo representa la identidad entre partícula y antipartícula, algo posible entre partículas neutras. En este sentido, la **supersimetría** (*Wes-Zumino*), propuesta como hipótesis de recurso, implicaría duplicar el número de partículas elementales, dado que predice la existencia, por cada partícula WIMP, de otra con la misma carga eléctrica y características similares, pero cuyo spin difiere en 1/2, justo parte de las propiedades que se atribuyen a las *wimps*. Pero, con un agravante, pues de ser su propia antipartícula, la colisión fortuita entre dos de ellas conduciría a su aniquilación, liberando una cascada de partículas, entre ellas, **neutrinos**...

(**) **Neutralino**: De carga cero y estable, menos propenso a las colisiones de los supuestos primeros momentos debido a su levedad (menos de 1 GeV probable de masa), se habrían producido en cantidades cuya masa total parece corresponder con la masa estimada de materia oscura existente en el universo. No menos de una docena de laboratorios están tras su búsqueda desde 1997. Paralelo al experimento XENON 100 (EEUU), físicos como *J. Feng* del DAMA/LIBRA (Segunda generación, Gran Sasso, Italia) apuestan por él desde el 2003, como un candidato más de recurso para la **materia oscura** frente a la partícula WIMP.

(***) No son pocos los que piensan, en vista de que ninguna de las partículas del Modelo responde a la pregunta de la constitución de la **materia oscura** y en particular la materia oscura fría no-bariónica, "si no es acaso un parche que se le ha puesto a la teoría del *big bang* para que aguante unas cuantas décadas más antes de derrumbarse por inconsistencia y contraste con las observaciones. Se la ha comparado con los epíclidos del modelo de Ptolomeo o con el éter que los físicos del s. XIX postulaban para salvar la física de Newton antes de la aparición de la relatividad especial".

Hall, John L. (n.1934) y **Theodor W. Hänsch** (1941-2005) ampliarían la óptica cuántica hasta límites muy avanzados. La espectrografía láser permitiría estudiar la reacción de la materia al contacto con la luz, y a la inversa. Pueden distinguirse células cancerígenas de células sanas, medir los niveles de glucosa en la sangre, o detectar la presencia de polución en la atmósfera. Con su última invención, el llamado *peine de frecuencias ópticas*, será posible entender o poner a prueba leyes y procesos fundamentales en la naturaleza con una precisión sin precedentes, al ejemplo de la formación por dos átomos de una molécula, o medir con suma precisión la frecuencia de la luz o la distancia Tierra-Luna con un error menor que el diámetro de un átomo. **Hänsch** contribuyó a la invención del enfriamiento mediante la luz láser, logrando situar átomos a -273,15 grados centígrados.

Wilson, Robert Woodrow (n.1936) Con él se abre camino la idea de que el **vacío "cuántico"** constituye la realidad material primaria más profunda, el mar imperecedero de energía material en "un estado singular, probabilísticamente pulsante", que da lugar a la aparición aleatoria de materia ordinaria y a que la evolución de las galaxias (comprendida la **vida orgánica** cualquiera que sea su complejidad, léase la especie humana) y los cúmulos galácticos conduzcan a los **cuásares** (*) y a los **agujeros negros...** Pronunciándose en términos parecidos a los de *Griffiths, Gell-Mann* y *Harti, Robert Wilson* escribe: "la historia nos enseña que cuando se ha creído haber llegado a una comprensión total de la realidad, nuevos desarrollos de la ciencia han abierto nuevas perspectivas, que descubren aspectos innovadores que no habían sido tenidos en cuenta"... Con *Penzias*, registraría en 1964 las "microondas".

(*) **Cuásares**, descubiertos en 1960 por *Thomas Matthews* y *Allan Sandage*. En 1963 se observó que el espectro del centro emisor 3C 273 era similar al de las radiogalaxias, aunque desplazado hacia el rojo. El término **cuásar** fue sugerido en 1964 por *Hong Yee Chiu*. Hoy se sabe que son galaxias con núcleos muy energéticos, que sólo dejan ver las partes centrales, con dimensiones menores que el sistema solar, pero con masas de varios miles de millones de soles, hasta 100 veces más radiantes... En enero de 2007, *S. George Djorgovski* ha descubierto un cuásar triple. Se han observado unos 100.000, con varias decenas de dobles. Piensan que pueden ser **formas de agujeros negros** supermasivos que emiten poderosas radiaciones de la materia arremolinada en su alrededor, situados a distancias cercanas a los 13.000 millones de años luz, ¡Más de la edad calculada para el universo! *Abraham Loeb*, profesor de la Universidad de Harvard, preguntado al respecto, contestó preguntando a su vez: ¿Cómo pudieron surgir los **agujeros negros** de estas galaxias, tan temprano en la evolución del universo?...

Puthoff, Harold (n.1936) especialista en electrónica cuántica, publica en 1966 "*Fundamentos del quantum electrónico*". Propone que la fuerza inercial, la fuerza gravitatoria e incluso la masa es consecuencia de la interacción de partículas cargadas con **ZPE**. A escala cosmológica existe un gran equilibrio entre la agitación del movimiento de la materia en el ámbito cuántico y el campo material de energía de punto cero que la rodea". Forma parte del grupo

de físicos que se dejarían llevar por el estudio de los fenómenos parapsicológicos.

Griffiths, Robert. (n.1937), en 1984, y **Gell-Mann y J. Harti**, en 1991, proponen una explicación de las "historias consistentes" según la cual, la historia que representa la evolución de un sistema da lugar a sucesos cuya probabilidad, según ellos, predice la mecánica cuántica.

Pati, Jogesh (n.1937) acuña (1974) con **Abdus Salam** el término "preones", para una partícula teórica, que sería inesperadamente detectada (1994) en el Fermilab, ya anunciada como el componente del electrón y del positrón, pero con masa mayor que las partículas que lo contienen, y que sería un recurso de última instancia para el caso de la no aparición del enigmático bosón de Higgs... La denominada *pentakuarks* (dos quarks *up*, dos *down*, un anti-*strange*) predicha en 1997 y observada en los años 2003/4 y 5, "Data Group 2006" no la declararía existente.

Narlikar Vishnu, Jayant (n.1938), premio Kalinga de la Unesco en 1996 por sus trabajos divulgadores, estudioso de una cosmología cuántica, califica de: mito, la teoría del *big bang*. Se trata de un error pensar que el universo comenzó con una gran explosión. Nada podría estar más lejos de la verdad, de algo llamado la creación, cuando estas afirmaciones son hechas por cosmólogos. Dado que, según la relatividad, las leyes se rompen en el principio de los tiempos, aquello que no pueden ser explicados por una teoría científica se llama una singularidad.

El fenómeno de la vida, y los "átomos de la herencia" (ADN)

Archibald Edward Garrod (1857-1936), considerado el "padre de la genética química", fue el primero en plantearse si era cierta o no la tendencia de niños fruto de matrimonio consanguíneo a mostrar ciertas anormalidades o a desarrollar ciertas enfermedades. En 1902, concluyó que la explicación había que buscarla en algunas peculiaridades de los progenitores, que puede permanecer latente durante generaciones, con lo que, al sugerir la existencia de algo así como "**átomos de la herencia**", estaba demostrando que tan vida es la vegetal (objeto del trabajo de *Mendel* y sus leyes) como la animal... Pero sus recomendaciones de estudiar las enfermedades bioquímicamente no resultaron hasta la década de 1950. **William Bateson** (1861-1926) acuñó el término "genética", decidiendo que las especies no evolucionan de manera continua, sino a "saltos"... Por otro lado, la peculiaridad de los *gametos* (células sexuales que al unirse forman el *cigoto*) terminó siendo denominada "genes"; el "gen" lo portarían los cromosomas y determinaría la herencia. **Wihelm L. Johannsen** (1857-1927) introdujo los términos "genotipo" y "fenotipo". **Hans Krebs** (1900-1981) reflejó en 1929 los obstáculos que ponía la industria alimentaria y farmacéutica a emplear bioquímicos... Hasta que **Otto Warburg** (1883-1970) no descubriera el mecanismo de la oxidación celular, hacia 1930, la bioquímica no tuvo papel en el estudio de los procesos metabólicos, el aislamiento y la caracterización de las enzimas, los efectos fisiológicos de la contracción muscular o el crecimiento de tejidos, etc....En el terreno de las

mutaciones, responsables de los cambios evolutivos, destacaría *Hugo de Vrier* (1841-1935) en 1901 y *Thomas Hunt Morgan* (1866-1945) con sus investigaciones de la *Drosophila* (mosca del vinagre) mediante calor, rayos X y sustancias químicas. El grupo de *Morgan* construyó el primer mapa cromosómico y defendió la tesis de que los genes se encuentran ordenados linealmente en los cromosomas... En 1928, *Morgan* escribió: "Tenemos ahora la posibilidad de formular la teoría de los genes"..., explicarnos cómo puede ser que tratándose de moléculas orgánicas, se conserven (los genes) invariables, con plena estabilidad... Es difícil, con todo, evitar la fascinante idea de que el **gen** sea constante precisamente porque constituye una entidad química organizada"... *Morgan* estaba sentando las bases para el desarrollo de la genética y abriendo el camino hacia la comprensión del fenómeno de la vida.

El siglo XIX, ya bajo la égida de las ciencias biomédicas, fue el siglo de la fisiología, el XX fue de la genética. Se había robustecido la idea de que la **mutación de genes** se erigía en el motor que la dirigía... Pero todavía continuaba bajo el misterio la naturaleza física del "gen". Así lo había declarado en 1950 *Hermann Müller* (1890-1967) Según él, nadie sabía de qué están hechos los genes... Pero, todo no era cierto. Seis años antes (1944), *Oswald T. Avery* (1877-1955) con dos colaboradores, *Colin MacLeod* (1909-1972) y *Maclyn McCarthy* (n.1911), habían asegurado que los "genes" se encuentran sumergidos en ácido desoxirribonucleico (ADN). Ignoraban, también, que, sin saberlo, *Friedrich Miescher* lo había descubierto muchos años antes (1869), aislando una sustancia a la que llamó "nucleína", que estaba en los cromosomas. ¿Por qué no ganó adeptos la idea? Probablemente porque se estaba hablando del **secreto de la vida**, ¡que un ácido pudiese ser el vehículo de la información hereditaria!... Se hacía muy difícil admitir que se hubiera podido desvelar el Gran secreto religioso, con tanto o más celo guardado que el de la propiedad privada. El ácido desoxirribonucleico, que se hallaba en todos y cada uno de los cromosomas, ¿podía ser el material genético? Por entonces, otros, como *Gerardus Johannes Mulder* (1802-1880), seguirían creyendo que eran las **proteínas**, que *Mulder* había inventado y denominado así, en 1839: "una sustancia albuminosa que está presente en todos los constituyentes del cuerpo animal y en el reino de las plantas". La idea de *Mulder* fue apoyada en 1902 por *Fischer* y *Hofmeister*, con su propuesta de que las proteínas están compuestas por veinte aminoácidos unidos entre sí, lo que hacía más fácil pensar que eran las proteínas y no el ADN las responsables de la transmisión de los caracteres hereditarios... Para que el ADN mostrase su papel específico en los mecanismos hereditarios, tendrían que pasar más de diez años, utilizarse técnicas procedentes de la física: la **difracción** de rayos X (faltando por resolver si la radiación eran ondas o corpúsculos). En 1912, *Walter Friedrich* y *Paul Knipping*, experimentando una propuesta de *Max von Laue*, observaron que los rayos X producían difracción en un cristal de sulfato de cobre. A partir de aquí, se podría averiguar la estructura de los cristales. Con las técnicas que introdujeron la familia *William Henry Bragg* y *William Lawrence Bragg*, padre e hijo, se determinó en 1913 la estructura del diamante y otras estructuras cristalinas, convirtiéndose la

difracción de los rayos X en uno de los campos de investigación preferentes. Años después (1953), **Max Perutz** (1914-2002) y con él, **John C. Kendrew** (1917-1997), consiguieron imágenes de la estructura de unos cristales de **hemoglobina** (la proteína que enrojece las células de la sangre). Pero el modelo definitivo, lo lograrían al cabo de cuatro años, en el Laboratorio Cavendish, donde, casi al mismo tiempo (1953), se descubrió la estructura del ADN. **Perutz** manifestó que debía a **Linus Pauling** su convencimiento de que "jamás se hubiera comprendido la **célula viva** sin pasar por el conocimiento de las grandes moléculas que la componen". **Pauling**, químico notable, para quien la biología molecular era "una parte de la química estructural", "creía -escribe **Francis Crick**- que mucho de lo que quedaba por saber podía explicarse utilizando la química de las macromoléculas y los conocimientos sobre el átomo y sus enlaces, la cristalografía y la difracción de rayos X... suficientes para desvelar los **misterios de la vida**"...

Hacia 1948, **Pauling** llegó a la idea de que un principio estructural básico en la estructura de las **proteínas** era lo que denominó "hélices α ". Su aproximación, como la de otros, a la idea verdadera, resultó capital... **Rosalind Franklin** demostró la existencia de dos formas de ADN, y no sólo una, como pensó **Pauling**. Finalmente, **James Watson** (n.1928) y **Francis Crick** explicarían (1953) la estructura doble del ADN. Ambos, al igual que **Max Delbrück** (1906-1981) y **Leo Szilard**, que terminaron estudiando unos virus denominados *bacteriófagos*, empezaron trabajando como físicos teóricos, convirtiéndose después en biólogos. Recordemos que la formación científica de **Alexander R. Todd** (1907-1997) y **Erwing Chargaff** (1905-2003) fue determinante para la construcción final de la fórmula química general del ADN. **Watson** y **Crick** hicieron ver, publicándolo, que lo aprendido "**sugería un posible mecanismo de copiado para el material genético**". Se pudo apreciar que el "genoma" humano, conjunto de instrucciones que permiten construir un organismo humano, se encuentra en forma de filamentos en los cromosomas.

El Proyecto Genoma Humano y los valores humanos

Quedaba una cosa por resolver, cómo "fabrica" el ADN o "hace que se fabriquen" proteínas (los compuestos químicos que controlan la actividad fisiológica). El proyecto PGM, una de las empresas científicas más ambiciosas emprendidas por la humanidad, nació impulsado (1988) gracias al **erario público** de varias naciones. La industria privada fundó a continuación (1989) **Celera Genomics (CG)**. En 1995, **Celera**, con computadores poderosos y un método más barato que el del proyecto público, secuenció, por primera vez en la historia el genoma de un organismo vivo, la bacteria, *Hemophilus influenzae*, causa de la meningitis y la sordera, y siguió con la tarea de secuenciar el genoma de la *Drosophila melanogaster*. El 24 de marzo de 2000, **Celera** hacía público que había secuenciado 14.000 genes del genoma humano... Tres meses más tarde, representantes del PGM y de CG, anuncian, conjunta y de manera grandilocuente, en presencia de **Bill Clinton** y **Tony Blair**, que habían completado la secuencia, pero nada dijeron del número... El 11 de febrero de 2001, dieron la cifra de 30.000 genes, poco más del doble que una mosca y

menos que el arroz (siempre se creyó que eran alrededor de 100.000). Y comienza una carrera desenfrenada entre CG y PGM. El 15 de febrero, el **consorcio público** (PGM) presentaba sus resultados en *Nature*... un día después, la empresa privada CG lo hace en *Science*... Cuenta *Lander*, director de la participación pública del genoma, que estando al borde de verse superados por la investigación privada pidió a **James Kent** -un joven de 41 años a sueldo en una empresa de informática- que les echase una mano. *Kent* acudió presto. Y con su generosa ayuda ganaron la carrera... Sucedió lo que no pueden concebir quienes ignoran **en qué consiste la riqueza de los Valores Humanos**: que un grupo de trabajadores de la ciencia encabezados por *Kent* concediera más valor al hecho de hacer socialmente accesible la información sobre el genoma, que al de hacerse millonario.

Rosalind Franklin, "madre de la genética"

Apasionada astrónoma, doctorada en Físico-química (1945), especializada en la investigación de las técnicas de difracción de rayos X, indagando en materias no cristalinas como las sustancias componentes del **ADN** llegó a obtener imágenes nítidas que nunca nadie había visto antes. Su ya famosa "fotografía 51", fue crucial para el descubrimiento de la estructura helicoidal del ADN por el que sus colaboradores *James Watson* y *Francis Crick* accedieron al premio Nobel en 1962. *Rosalind Franklin* (1920-1958) había fallecido por exceso de radiación con Rayos X... Después, no sólo fue ignominiosamente olvidada, *Watson* se burló de ella en su libro "La doble hélice". En una carta a su padre (1940), *Franklin* escribió:..."la ciencia y la vida no pueden ni deben ser separadas... Es evidente que mi método de pensamiento y de razonamiento está influenciado por mi formación científica... sostengo que la fe en este mundo es perfectamente posible sin la fe en otro mundo"

Capra, Fritjof (n.1939), especialista de la teoría cuántica relativista del campo, publica en 1975 "*El Tao de la física*". Su comprensión casi mística de la naturaleza, mediante la que pretende dar acceso a la realidad del mundo, chocaría incluso con los taoístas que desconfían de la razón y de la lógica, aspecto éste que *Capra* intenta orillar apelando al budismo y al hinduismo. En dos de sus tesis, sin entrar en la gran controversia filosófica: idealismo, materialismo, se apoya en los geniales gráficos de *Feynman*, a los que atribuye un valor físico. Y sostiene la tesis de que todas las partículas "fuertes" (protones, neutrones, mesones pi) están contenidas las unas en las otras.

Ellis, George F.R. (n.1939) considera que si los universos físicos están conectados con el nuestro, son en realidad parte de él. Algunos autores proponen una evolución de los universos, naciendo unos a partir de otros y haciéndose de esta manera cada vez más propicios para la vida, si bien no se explica por qué debería evolucionar en este sentido la naturaleza.

Sarfatti, Jack (n.1939), autor de la obra "Misticismo y Física Moderna", idealista cuántico, piensa que las famosas "variables ocultas" podrían desempeñar el aventurado papel de variables "psíquicas", que, según él,

explicarían ciertos fenómenos parapsicológicos como la telepatía y la psicokinesis.

Pacini, Franco (n. 1939), astrofísico italiano, enunció que una estrella ordinaria colapsada forma una estrella de neutrones (*), y que su giro acelerado le hará lanzar radiaciones electromagnéticas por los polos magnéticos, provocando destellos similares a los de un faro.

(*) A 200 años luz de nosotros, una estrella de neutrones reciente (RXJ1856.5-3754) se desplaza en la constelación de Sagitario a más de 100 km/s, con una temperatura superficial de 700.000 K (European Southern Observatory. MC 2002).

Kip Thorne (n.1940), estudioso destacado en la investigación de los "agujeros negros", intentaría medir con el experimento LUGO las fluctuaciones del espacio entre puntos estáticos, que serían, según él, "la evidencia de las ondas gravitatorias creadas por el *big bang*".

Keedy, J.Leslie (n.1940) postuló la posibilidad (1989) de la existencia de una pluralidad de universos, con las condiciones necesarias, por azar, para el desarrollo de la vida inteligente.

Josephson, Brian D. (n.1940), Nobel de Física... a partir de 1973 dedicó gran parte de su tiempo al estudio, por extraño que parezca, de la tesis ocultista del "cuerpo astral", de origen hindú, según la cual nuestro cuerpo físico estaría duplicado por otro que se extiende a través del espaciotiempo...

Carter, Brandon (n.1942) propone el llamado "**principio antrópico**" del universo. Llegó a la conclusión de que "el universo debe tener aquellas propiedades que permiten el desarrollo de la vida en él en algún momento de su historia". De donde se deduce que si el universo hubiera sido distinto en tamaño, edad y naturaleza, la vida inteligente no hubiera sido posible. Por ejemplo, el cociente entre la fuerza de gravitación y la de la expansión, entre las fuerzas nuclear, gravitacional y electromagnética, sólo pueden tener valores dentro de un margen muy preciso, por cuanto la aparición de la vida inteligente impone condiciones muy precisas sobre muchas propiedades y constantes del universo. Una supuesta expansión lenta hubiera podido colapsarse, y si hubiera sido rápida no hubiera formado galaxias, y estaría formado sólo por átomos de hidrógeno, expandiéndose sin fin. Queda sin embargo por explicar por qué el margen de las constantes físicas es tan estrecho, y si su diseño como tal pudo estar orientado desde su origen para la producción de la vida inteligente, cuestión ésta que escapa al terreno estricto de la ciencia y se adentra más en el de la teología. "El Universo -sostiene *Fritjof Carter*- está hecho de puro azar".

Rees, Martin J. (n.1942). En su obra "*Origen del universo*" (1991), escribió: "Las estrellas y galaxias emergen de una "sopa térmica" universal con decenas de miles de grados... había fluctuaciones de un lugar a otro en la densidad o la tasa de expansión. Galaxias embrionarias evolucionan de nubes cuya expansión interna llega a pararse. Estas nubes colapsan para formar galaxias..., las galaxias se agrupan por lazos de la gravitación, con la apariencia de los grupos que se ven en nuestro cielo".

Hawking, Stephen (n.1942) Uno de sus primeros trabajos (1968) consistió en demostrar, con la colaboración de *Roger Penrose*, que la relatividad general predice que el universo comenzó con **la gran explosión (*)**. Después confesaría que todavía no comprende por completo el origen del universo... Especializado en el estudio de los **agujeros negros (**)**, los explica como una singularidad del espaciotiempo con volumen cero y densidad infinita en la que las actuales leyes de la física no son aplicables y donde el tiempo deja de transcurrir... Según él, alrededor de un agujero negro se encuentra una frontera, que se conoce como el "horizonte de sucesos", dentro de la cual toda la información queda atrapada... Sin embargo, luego admitiría que no toda la información desaparece (la teoría cuántica afirma que la información del universo no se pierde). En 1971 mostró que un agujero negro puede no tener rotación. En 1974 descubrió una fórmula que define la entropía del agujero negro. *Hawking* sostiene que "además" de la materia, el universo puede contener lo que se llama "**energía de vacío**": "energía de punto cero" (ZPE), que, según la ecuación de *Einstein*, tiene masa, y que está presente incluso en el espacio "vacío". Ello significa -dice- que puede ejercer un efecto gravitatorio, de frenado, parada, e incluso invertir el curso de la expansión del universo. Y añade que el vacío puede contener "energía", equivalente a masa y que de hecho está actuando como la constante cosmológica de la que abjurara *Einstein* (*Yakov Zeldovich*, recordemos, demostró lo mismo). En su obra "El gran diseño" (2010) vaticina: "La ciencia está a punto de experimentar una revolución con el surgimiento de una teoría que explique todos los principios fundamentales del mundo material... una consecuencia inevitable de las leyes físicas... No somos un fenómeno único en el cosmos".

Hawking sostiene que "**la estirpe humana no es más que un sustrato químico en un pequeño planeta, orbitando alrededor de una estrella mediana, en los suburbios de una galaxia del centenar de miles de millones que existen**"...

(*) "Nuestro trabajo sobre la gran explosión molestó a muchos físicos, pero entusiasmó a los dirigentes religiosos que creían en un acto de creación". Declarado conversador, a la pregunta de cómo comenzó el universo, respondería: "Las leyes por las que la ciencia se rige no dejan mucho espacio para los milagros o para Dios" ...

(**) **Agujeros negros**: Sólo se pueden detectar gracias a la influencia gravitatoria que ejercen en su entorno. Se definen como la región donde si se llega a acumular la suficiente cantidad de masa en **una estrella**, de radio menor que el correspondiente radio de "S" (Sol), el espacio se curvará tantísimo (colapso) que la masa puede incluso "desaparecer" del universo visible absorbida, convertidas sus vibraciones en ondulaciones *cuasi* planas... Generan gigantescas turbulencias espaciales a su vez generadoras de puntos de tensión y enormes velocidades extensivas... Se dicen "negros" porque de su centro nada podrá escapar, ni siquiera la luz... Surgen como consecuencia de la compresión de un cuerpo por las fuerzas de la gravitación hasta dimensiones menores que su *radio gravitatorio*, culminando con una "implosión" singular... Antes de atravesar el "horizonte de sucesos", todas las partículas que caen en un agujero negro adquieren una cantidad de energía del orden de su energía de masa. La

masa de un agujero negro puede llegar a ser de miles de millones de masas solares. Son una región del espacio, con toda su masa concentrada en una singularidad central "prácticamente vacía"... El primer tratado sobre el tema apareció en 1783 escrito por *John Michel*, que los llamó **estrellas negras**. La teoría general de la relatividad de *Einstein*, predice la imposibilidad de que escape ningún tipo de radiación de la combustión de una estrella masiva, cuando esta agote todo el combustible nuclear. En 1916 *Karl Schwarzschild* (1873-1916) dio nombre al *radio gravitatorio* representado por una esfera en la que la fuerza de la gravedad tiende a infinito, con la "implosión" gravitatoria de la estrella... 1930: *Chandrasekhar* demostró que con una masa crítica que no emitiese radiación, colapsaría por su propia gravedad, a lo que se opuso *Eddington*. 1939: *Oppenheimer* predijo el colapso gravitatorio de una estrella masiva. 1963: *Roy Ker-Erza Newman* demuestra que la geometría cuasi-esférica de un agujero negro queda determinada por tres parámetros: M (masa), Q (carga) y L (momento angular). 1967: *Hawking* y *Penrose* prueban que los agujeros negros son soluciones de las ecuaciones de *Einstein*. No fueron tomados en serio hasta el descubrimiento de los **púlsares** (1967). En 1969, J. A. *Wheeler* propuso denominar "agujero negro" al fenómeno. En 1970 se descubrió el famoso agujero negro Cygnus X-1. En 1971 y 1972, *Hawking* y *Bekenstein* mostraron respectivamente, de manera que sorprendió, el primero, que un agujero negro puede no tener rotación, y, el segundo, que la temperatura de un agujero podría ser cero absoluto... La fórmula de *Hawking* para la temperatura de un agujero negro de unas pocas veces la masa solar indica que sólo está a **una millonésima de grado** por encima del cero absoluto. 1995: *Andrea Ghez* demuestra la existencia de uno supermasivo en nuestra galaxia en torno a Sagitario A. Por otro lado los rusos *Yakov Zeldovich* y *Alexander Starobinsky* han descubierto la emisión de partículas en ellos... Sus efectos gravitatorios se hacen notar sobre objetos cercanos. Valga de ejemplo el sistema, ya citado, Cignus X-1, a unos 625 años luz de la Tierra, con la presencia de un chorro de materia que se desplaza desde la estrella visible hasta el objeto invisible, que tiene una masa estimada de entre 5 y 10 masas solares... En enero de 2004, el telescopio Chandra (NASA) observó dos enormes cavidades cada una de ellas de unos 600.000 años luz de diámetro, formadas a los lados del agujero oculto, lo cual es muestra de la "voracidad" de estos monstruos cósmicos. La erupción, que se debió a la energía gravitacional emitida al caer enormes cantidades de materia dentro del agujero negro, se ha detectado en un punto emisor de rayos X (MS 0735.6+7421). La mayor parte de la materia fue *tragada* por el agujero negro, pero parte fue violentamente emitida en chorros antes de ser capturada. . Asombra descubrir cómo fue engullida una masa equivalente a unos ¡300 millones de soles!... *Xavier Barcons*, del Instituto de Física de Cantabria, sostiene que el cielo está repleto de una radiación difusa muy energética que es el fondo cósmico de **rayos X** y proviene de cientos de millones de agujeros negros súper masivos, situados en otros tantos cientos o miles de millones de galaxias... El Hubble ha registrado en la galaxia elíptica Centauro un disco de gas caliente que está siendo succionado por un agujero negro... En la constelación de El Águila, un micro cuásar, a 40.000 años luz, "consiste en un agujero negro varias veces más masivo que el Sol, en órbita de una estrella normal", ésta se calienta y emite rayos X conforme es atraída. El proceso es tan violento que se producen explosiones impredecibles, que dan lugar a dos chorros espectaculares en sentidos opuestos, uno se mueve hacia nosotros y el otro se aleja con velocidades mayores que el 90% de la de la luz".

-Agujeros negros galácticos: **Todas las galaxias, incluida la nuestra, albergan en su centro un agujero negro.** El centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, muestra la presencia de un agujero negro que tiene la masa de cuatro y medio millones de soles... Se estima en 10^8 el número de agujeros negros existentes en sistemas binarios sólo en nuestra galaxia... Los agujeros negros suponen el colapsamiento físico de una galaxia o de la colisión de varias galaxias... El Hubble confirmó que nacen de la colisión de dos o más galaxias... Significan la implosión del núcleo galáctico en un volumen cada vez más pequeño, con un centro hacia el que se desplazan estrellas y planetas a muy alta velocidad como si fuesen atraídas por una enorme masa... Dado que el núcleo disminuye, su gravedad se concentra más y más. El núcleo sigue disminuyendo hasta que no queda nada, es decir, al igual que antes diríamos: "desaparece" del mundo visible... *Subrahmanyan Chandrasekhar* no llegó a resolver qué le sucedería a la restante sustancia de la estrella, la galaxia o el conglomerado de galaxias, al vaciarse toda su materia por el agujero negro creado por aquel colapso... Pero -repetimos- acertó cuando intuyó que el espaciotiempo "se abre allí" al llamado vacío, éter. En 1996, el Observatorio australiano *Epping* registró una estructura de más de 500 años luz de diámetro en nuestro centro galáctico. Y se han registrado tres en las cercanías de la Tierra, a 50 y 100 millones de años luz. Con este trío ya son 17 los localizados en nuestras proximidades. El cúmulo de la Virgen, la gran galaxia elíptica M 87 sugiere la presencia de un agujero negro (de **3 109 masas solares**) debido a la presencia de un disco de rotación rápida alrededor de un eje. La M 31, de la nebulosa de Andrómeda, alberga un súper masivo agujero del orden de 3×10^7 masas solares.

Klitzing, Klaus von (n.1943) observó en 1980 que bajo ciertas condiciones, el voltaje ("efecto de Hall") en dispositivos de silicio se comportaba de un modo distinto; al mover los electrones en las dos dimensiones de un campo diez veces superior y temperaturas próximas a -273, el "efecto de Hall" crecía a saltos: se había vuelto cuántico.

Kubayashi, Makoto (n.1944) A principios de los 70 (*), investigando junto a **Toshihide Maskawa** (n.1940) el origen del desequilibrio entre materia y antimateria..., descubre una **ruptura de simetría** de las fuerzas entre quarks que implicaba, aunque hipotéticamente, la existencia de seis tipos de quarks, pero que serían reconocidos vía experimental (2001) en los aceleradores: BaBar de Stanford (EEUU) y el Belle de Tsukuba, Japón). Merece recordar aquí a **Nicola Cabibbo** (1935-2010), por ser él el que puso las bases para los trabajos de *Kubayashi* y *Maskawa*.

Rújula, Alvaro de (n.1945), físico teórico inconfundible, escribe: "Cuando hayamos extraído hasta la última molécula de un espacio y reducido su temperatura al cero absoluto, tendremos un volumen lleno de **vacío**...Y digo lleno con propiedad, pues, quizá el segundo más sorprendente descubrimiento de la física es que **el aparente vacío no es la nada**, sino una **sustancia (*)**; una sustancia activa, capaz de ejercer una repulsión gravitacional, incluso sobre sí misma... Lo que supondría que la idea de *Einstein* no fue un error, sino un golazo". Sostiene que las nuevas partículas "supersimétricas" son el "mejor candidato para construir la misteriosa **materia oscura** del universo". Para él, muchos de los problemas fundamentales tienen que ver con el concepto de **masa**, que -dice- no hemos entendido en toda su profundidad todavía".

(*) Bien podría ser que el aporte más importante y por el momento definitorio del concepto estructural del llamado vacío, lo venga a representar el postulado de *Alvaro de Rújula*, su afirmativa expresión, declarándose convencido de que "**el vacío es una sustancia**", una sustancia material que se puede hacer vibrar (LHC), para generar un campo y entender así qué es el vacío, el "fondo etéreo" del que hablara *Bruno*; el vacío "cuántico" de *Woodrow Robert Wilson*.

El CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear), propuesto por *Louis de Broglie* e *Isidore Rabi* en la Unesco (1949/50) como una Resolución para detener el éxodo de físicos de Europa y "promover la formación de laboratorios para la colaboración intelectual entre científicos", fue creado en 1952 al objeto de: 1. Profundizar la estructura de la materia y de las fuerzas fundamentales que la rigen; 2. Confirmar la validez de la cuántica; 3. Confirmar la validez del **Modelo (1)** Standar; 4. Explicar la falta de signos de materia en el Universo; 5. Profundizar el descubrimiento de los quarks... En 1957 construyen el primer acelerador (Sincrotrón), seguido del SPS, que superaría el LEP (27 Km de circunferencia), desmantelado en el 2002 y sustituido por el LHC (50 km de circunferencia), que arrancaría en el 2009, convertido en "el más potente acelerador de partículas del mundo", con 4 detectores (experimentos): ATLAS, CMS, LHCb, y ALICE...

"Con el **ALICE** -comenta *Despina Hatzifotiad* física del experimento- tenemos la oportunidad de observar ese estado primordial de la materia, el plasma de quarks y gluones (QGP), que se comporta como un líquido perfecto, prácticamente sin fricción, y opaco", y que en el supuesto de la Gran explosión "debió ser -añade *Ginés Martínez*- el estado más abundante de la materia durante las primeras mil millonésimas de segundo, a la temperatura del interior del Sol, mucho antes de que al expandirse y enfriarse pudieran formarse los átomos".

El CERN disfrutó su primer éxito en 1984 con el descubrimiento de los bosones W^+ y Z^0 realizado por *Carlos Rubbia* y *Simón Van der Mer*... Unos 13.000 millones de euros, la instalación; 20 países miembros y 28 no miembros, con más de 2600 personas trabajando, 220 científicos contratados y unos 7.000 usuarios, científicos, ingenieros y estudiantes de unos 70 países, persiguiendo un objetivo: investigar cómo aparece la masa y su expresión: las partículas, en los supuestos primeros instantes del Universo (*big bang*), una vez confirmadas las teorías del "**campo (2)** y del **bosón (3) de Higgs**"...

En octubre del 2009 realizan las primeras pruebas y en marzo del 2010 las primeras colisiones.

En abril del 2011 corre el rumor de la primera detección del bosón de Higgs... En este año, el experimento LHCb se apuntaría cierto éxito: *Pierluigi Campana*, portavoz de la colaboración LHCb, notifica haber observado una preferencia **de la materia sobre la antimateria**. La investigación -digamos- tiene como precedente la explicación que diera *A. Sakharov* en 1967, del por qué habiéndose creado la misma cantidad de materia que de antimateria el Universo evolucionó hacia un dominio de la materia y no hay restos de antimateria...

En agosto y septiembre de 2011 darían por logrado el objetivo... Sin embargo, en diciembre, terminarían reconociendo que... "Se podía haber esperado un poco para tener más datos (...) Se han observado indicios (...) aunque no suficientes aún para afirmar que es un hallazgo"... Lo cierto es -explica *Alicia Rivera*, redactora del área de

ciencia del diario "El País"- que "los rumores disparados en las últimas semanas forzaron la situación creando altas expectativas"..., pero, que ni la propia cabecera de un artículo en el mismo diario recogió, limitada a anunciar: "Los físicos se acercan a la partícula de Higgs", mientras, en párrafo aparte, podíamos leer: "No se puede decir que el Higgs esté firmemente agarrado (...), ayer fueron los propios científicos los que pusieron las cosas en su sitio... Es -advertieron- un poco pronto para cantar victoria"... En el mismo sentido, *Rolf-Dieter Heuer*, director del CERN, ante la concurrencia a un acto lleno hasta la bandera para escuchar de primera mano la noticia, vino a decir, refiriéndose cautelosamente a los datos: "Les recuerdo que estos son preliminares"... En el mismo o parecido términos, *Fabiola Gianotti*, portavoz del ATLAS, hablando de: "los indicios", había señalado que "pueden ser algo o pueden ser fluctuaciones, no podemos concluir nada aún"..... *Belén Gavela*, catedrática de Física Teórica de la UAM, comentaría lo mismo: "Es interesante, pero no concluyente". *Alvaro de Rijula*, director de la división de Física Teórica del CERN, recordando a los españoles por su escasa contribución (cerca de un euro por cabeza y año), se expresaría del modo siguiente: "han visto la sombra del oso, pero no puede decirse que lo hayan cazado". *Luis E. Ibáñez*, catedrático de Física Teórica de la UAM, cerraría el capítulo: "Para confirmarlo -añadió- habrá que esperar hasta finales del año que viene"...

Enero del 2012: Anuncian la búsqueda mediante colisiones entre protones y plomo... *Hawking* apuesta 100\$ con *Gordon Kane* a que no darán con el bosón. En febrero notifican la detección del bosón... A poco, declararían estar acercándose "a una conclusión"... Más, pasados uno meses..., después de anticipar que "no habrá *big bang* en el 2012"..., la noticia sorprende: "Hoy será un día para la historia"... Y en Melbourne, julio del 2012, los asistentes a un acto oirían decir: "Se necesitan más datos para establecer si la nueva partícula tiene todas las propiedades, o es el resultado de **una nueva física más allá del modelo**"... En verdad, nunca se afirmó haberla hallado, pero, eso sí, se hizo mucho hincapié hablando "de una que encaja"... Estaban hablando de "un nuevo bosón"; "una partícula -anuncia el CERN- consistente con el bosón..., pero que se necesitaría más tiempo para acreditarla".

Por entonces, *Ian Low*, *Joseph Lykken* y *Gabe Shaughnessy* hacen público un largo escrito de 20 páginas cuestionando seriamente la observación... La partícula hallada -escriben- podría ser un bosón, pero que no se trataría de la esquivada partícula: "las partículas no son únicas, el CERN no ha recogido datos suficientes para estar seguro de lo que ha encontrado (...) una probabilidad igualmente probable, es que el resultado sea de varias partículas, cada una conteniendo elementos del Higgs"

Agosto del 2012: Los únicos "nuevos datos" serían; que "el LHC ha cumplido su objetivo": detectar rastros de una partícula con características similares a las del bosón de Higgs... En septiembre nos ilustrarían con explicaciones tan interesantes en verdad como la del "misterio, todavía sin resolver, del por qué los protones y los neutrones tienen una masa cien veces superior a la de los quarks que los forman"... *Carlos Pajares*, catedrático y delegado de España en el CERN, con el loable propósito de transmitir al gran público tan excepcional fenómeno, escribe: "estudiarlo permitiría descubrir qué reglas rigen (...) cómo y por qué, a partir de un momento, la unión entre los **quarks (4)** -confinados vía **gluones (5)** dentro del protón y el neutrón-, que se hace más fuerte, cuanto con más fuerza se intenta separarlos, a muy alta temperatura se rompe, dejando a las partículas formar casi en libertad la famosa "sopa de quarks y gluones (...)" Se trata -escribe- de observar la "transición". ¿Cómo pasa la materia, de un estado ordinario (...) a ese otro estado: la sopa de quarks y gluones?"

Noviembre del 2012. *Rolf Heuer*, mientras valora los avances del LHC, examina la participación española, que, dicho sea de paso, abandonó el proyecto en 1967 y regresó en 1983: "Si *recortan* en innovación -diría *Heuer*- recortarán el futuro de la gente joven"... *Peter Higgs* criticó a su vez: "el absoluto y terrible abandono de la

ciencia en España". Para *José Manuel Sánchez Ron*, historiador y miembro de la RAE, "el proyecto científico más necesario es que todos puedan acceder libremente a la sanidad y la educación y no se vean desamparados si están en paro o son ancianos".

Seguida y sorpresivamente, anunciarían (página web del equipo del LHC, 19 de diciembre del 2012): "**El acelerador ha suspendido las operaciones por 20 meses** para un proceso de modernización que permitirá incrementar su potencia... Con las nuevas técnicas y el aumento de energía, se espera poder observar otro tipo de fenómenos que confirmen definitivamente la existencia del bosón de Higgs.. Concluidas las operaciones del 2012, volveremos a vernos pronto para las colisiones p-Pb, en 2013. Las colisiones de alta energía p-p se reanudarán en 2015... El LHC se despidió tras haber cumplido su objetivo, detectar rastros de una partícula elemental con características similares a las del bosón de Higgs, el pasado verano"... Antes, habían convertido en noticia la observación de "un indefinido bosón... que se desintegra en dos fotones"... , más de lo esperado para el escurridizo bosón...

Y en febrero del 2013, detienen finalmente la instalación "a fin de prepararla para funcionar a mayor energía"... Mientras, *Heuer* declararía en Oviedo: "a finales de este año se podría confirmar o descartar la existencia del bosón", aunque -añadiría- "se espera que en **2015**... se obtengan resultados más definitivos que lo identifiquen con mayor exactitud". Un mes después, declararían que los datos investigados en dos mil doce son insuficientes: "han descubierto un higgs, que se parece, pero, 'para decir algo', todavía hay pequeñas desviaciones". *Sergio Bertolucci*, director de investigación y computación científica del CERN, se referiría a "la duda de si podría ser miembro de una familia de Higgs o el más liviano de varios bosones predichos en otras teorías". "Los márgenes de error -declararían en los encuentros en Madrid- son todavía demasiado grandes para sacar una conclusión"...

Marzo del 2013. Encuentran que la nueva partícula se parece cada vez más a un bosón de higgs. Pero sigue sin resolverse si es el bosón del Modelo o una partícula más ligera de diversos bosones a los que apuntaban algunas teorías que van más allá del Modelo.. "Se necesitaría más tiempo -oiremos decir- para saber si se trata del bosón o lo descubierto es una forma más exótica que abriría la puerta a **una nueva física**" (6).

Finalmente, después de anunciar que reanudarían las colisiones en diciembre del 2014, declararían que los resultados "**no se sabrían hasta finales del 2015**"...

(1) El **Modelo** Estándar, de la física cuántica de partículas (LAMBDA-CMD), tiene como base el modelo propuesto por *G. Gamov*, *Ralph Alpher* y *Robert Herman*. Es matemático, pero no una representación física del universo. La teoría, desarrollada entre 1970/73, describe las relaciones entre las partículas que componen la materia ordinaria y las relaciones entre las cuatro interacciones fundamentales conocidas, fuerzas electromagnéticas, fuerte, débil, y , de la que poco o nada se sabe: gravitatoria... Toma como base la supuesta creación corpuscular del universo en la primer billonésima de segundo, cuando una "sopa de partículas" sin ninguna masa apreciable, en su avance a la velocidad de la luz en todas las direcciones fueron ganando masa al interactuar con el supuesto **campo de Higgs**... El Modelo aceptaría que el **bosón de Higgs** -cuanto del campo de Higgs, con una masa 350.000 mayor que el electrón-, es, a juicio de los teóricos, el mediador básico en la dotación de masa a las partículas... Cuenta, de entre la diversidad ya incontable de **partículas**, con **doce tipos** fundamentales (a parte de sus **antipartículas** asociadas), que, combinadas, forman los **hadrones** (con dos, de los 6 llamados quarks, en los protones y neutrones) y los **leptones** (2 electrones (muónico y tauónico), 2 neutrinos (neutrino y antineutrino), y las 2 partículas (bosones) W^+ y Z^0 , además de las llamadas partículas *mensajeras*, mediadoras o de intercambio", también llamadas virtuales (pulsos de energía, los *quanta* de los campos correspondientes): el **fotón**, que vehicula la acción electromagnética ; los **gluones**, mediadores de la fuerza fuerte, que, sin masa ni carga eléctrica, pero sí "carga de color", mantienen fuertemente unidos a los **quarks** en los protones y neutrones; y los **bosones** W^+ , W^- y Z^0 , con spin 1, masa y las cargas anotadas,

que median en la fuerza débil, validados por el CERN en 1983... El Modelo, si bien con aciertos apreciables: 1º. Sólo sirve para explicar el 4% de la energía presente en el universo. 2º. No propone una explicación para la gravedad, el supuesto gravitón nunca fue detectado. 3º. El intento de explicar la materia oscura en términos de la energía del vacío, lleva a un error de 120 órdenes de magnitud, sin que ni la materia oscura ni la energía oscura consten como partículas del Modelo. 4º. No reconoce masa a los neutrinos, habiéndose demostrado ya que la tienen. 5º. Predice cantidades iguales de materia y antimateria (simetría CP), mientras predomina la primera, sin muestra alguna actual de antimateria. 6º. Carece de un modelo matemático, para valorar el patrón que siguen los espacios cuánticos y los valores de las masas de las partículas. 7º. No puede explicar por qué existen muchas de las partículas. 8º. No da respuesta del por qué la partícula W es muy masiva, mientras reconoce sin masa al fotón. 9º. No sabe cuál es la causa de la generación y distribución de la masa en las partículas, ni el porqué de la gran variedad de masas que las distintas partículas poseen, para cuya explicación..., los físicos del Modelo han teorizado la supuesta existencia del **bosón de Higgs**..., "partícula que interactúa con otras y lo hace de manera que las masas son generadas -se limitan a decir sus teóricos- de modo apropiado", obviando que la masa tiene al menos como explicación, la de ser "una estructura condensada de la energía que contiene el vacío espacial en su seno".

(2) **El Campo de Higgs**, interpretado matemáticamente como un "residuo extensivo" del *big bang*, una especie de continuo, que permearía todo el espacio desde su aparición misma (una fracción de segundo después de la supuesta *creación*), dotaría de más o menos masa según su intensidad a las partículas friccionadas (recordemos que en cuántica todo campo tiene una partícula asociada) vía del "**mecanismo de Higgs**" (1964), mecanismo matemático basado en la existencia de un campo que al interactuar con las partículas genera su masa y es este campo el que requiere la existencia de la partícula llamada bosón de Higgs. Si bien el mecanismo explica el "origen" o "génesis" de las masas como una transferencia "desde el campo que la contienen en forma de energía", éste no explica la naturaleza real de la masa..., ni tampoco cómo el bosón mediaría interactuando... Sin embargo, se espera de su descubrimiento la explicación de las propiedades de este mundo y su existencia, al predecir, la teoría, que fue el primero en condensarse y dar masa a las partículas (desacertada expresión en cuanto que partícula es sinónimo indefectible de masa), entre ellas los bosones de Higgs, "hacedores" -se dice- del *bang* e impulsores supuestos de la vertiginosa expansión (o inflación) del universo).

(3) **El bosón de Higgs** (sufridor anecdótico del adjetivo "divino") podría revelar, sabido que sólo conocemos la composición, física superficial, del 4 ó 5% de la materia universal, de qué está compuesta esta exigua proporción. El 95% restante (léase: materia oscura (20%), energía oscura (75%)), de estructura y propiedades todavía desconocidas) quedaría pendiente de explicar... El bosón no se puede detectar directamente; sin carga ni spin, muy inestable, se desintegra casi de inmediato (10^{-22} s) en otras partículas elementales dejando sólo observar los rastros.... Hallarlo, validaría el Modelo... "Los Bosones de Higgs -explica de nuevo con interés *Luis E. Ibáñez* - debieron de existir en abundancia, en el origen del universo, pero desaparecieron en su integridad (aunque no su efecto generador de masa". Desde entonces pueden haber sido producidos esporádicamente en cataclismos estelares y posiblemente también en el propio CERN. La supuesta partícula, postulada (1964) por seis físicos (entre ellos *Peter Higgs*, quien comentaría en diciembre del 2008: "Si el bosón no existe, no entenderé nada nunca más")..., comenzaron a buscarla (1980) en el TEVATRON del Fermilab (Chicago) y trece años después en el CMS del LHC. La investigación se intensificó a partir del 2010... Se trataba de recrear un *mini big bang*..., colisionando protones para probar la teoría de *Higgs*: la existencia de una **partícula** (cuya masa tendría como origen una "fricción" con su propio espacio: el "campo de Higgs"), que, descubierta, ayudaría a **explicar el origen de las masas** y por qué su masa es la que es..., quedando en pie la pregunta esencial: qué origina la naturaleza de la masa... La estrategia para capturar el bosón consistiría, consiste, en crear energía muy alta, "agitar el vacío" y esperar que se convierta en materia, siguiendo la famosa ecuación de *Einstein*: $E=mc^2$... Detectarla exige una energía similar a la supuesta durante el *big bang*, y el trabajo de miles de físicos durante décadas analizando los "residuos" de cada colisión (el LHC generó durante tres años 6.000 billones de choques de protones). Las observaciones de

sus huellas se definen por "sigmas" (desviaciones: 5 sigmas equivale a "sacar cara más de 20 veces seguidas") Para registrar el bosón, su masa debe ser superior a los 114 GeV, descartando una masa superior a 158. Hasta diciembre del 2011, los datos obtenidos revelaban masas de entre 116 y 130 en el ATLAS, y entre 115 y 127 en el CMS. Se vieron otros indicios de entre 124 y 126 GeV.

(4) **Quarks:** 18 tipos, **6** con sabor, especie de propiedad, y cada uno con tres colores convencionales (rojo, verde y azul): carga de color; carga eléctrica fraccionaria, masa y spin semientero. Son las únicas partículas básicas dentro de la teoría del Modelo, que interactúan con las cuatro fuerzas y no se encuentran libres sino agrupados fuertemente, con el auxilio de gluones, formando hadrones (protones y neutrones)... De los 6 tipos con sabor, 4 de ellos, los denominados, **charm** (encanto), **strange** (extraño), **bottom** (fondo), y **top** (cima ó bosón de Higgs?), se "desintegraron" en una fracción de segundo después del supuesto *big bang*... Los 2 tipos restantes, **up** (arriba) y **down** (abajo), conformarían los ya citados hadrones, que, conjugados con los leptones (electrón, muón, tau, neutrino (e), neutrino (m) y neutrino (t)), formarían toda la materia ordinaria... Los quarks, predichos en 1960 por Murray Gell-Mann y Yuval Ne'eman y propuestos (1964) por George Zweig y Gell-Mann, pasaron a ser reconocidos a partir de 1968 al observar, en colisiones sobre un protón, que estaban formados por entidades de spin semientero, como los teorizados... Hay indicios de que los quarks y electrones podrían estar formados a su vez de subcomponentes (preones)... Todavía no se sabe por qué los quarks (en los protones y neutrones) cuanto con más fuerza se intenta separarlos más fuertemente se unen, vía gluones, exigiendo la rotura temperaturas de un millón de veces la del interior del Sol... Tampoco se sabe por qué los tres quarks del protón (dos **up** y un **down**) sólo representan el 1% de su masa que -según los teóricos del Modelo- origina el bosón de Higgs... El 99% restante -señala *Ginés Martínez*, director de investigación del CERN francés- "se crea por el proceso de confinamiento de quarks"... **Confinados** quiere decir: tan fuertemente fijados, con la mediación de los gluones, que se hace imposible extraerlos de la partícula...; salvo a altas energías y corta distancia, momento en que las fuerzas que los atraen, distintas de la electromagnética, actúan débilmente, permitiendo incluso, si la intensidad disminuye, comportarse como si estuvieran casi libres (libertad asintótica) conformando así, con los gluones, la susodicha "sopa", el "plasma de quarks y gluones".

(5) **Gluones** ("pegamento"): 8 tipos, con spin entero, sin masa ni carga eléctrica, pero, sí, como los quarks, con "carga de color" (a saber: con sus colores convencionales: rojo, verde, azul y sus complementarios respectivos). Los gluones son el bosón portador de la interacción fuerte más poderosa aún que la eléctrica y que prevalece sobre todo... En los hadrones (protones y neutrones enlazados por piones) sus componentes, los quark, ligados por gluones, son objeto de un fluido continuo, un intercambio furioso entre gluones y quarks, con una nube de gluones y pares de gluón y antiquarks en equilibrio... Una característica de los gluones, es que sólo existen virtualmente cuando 2 quarks interaccionan... Si bien, con motivo de la enigmática física resuelta a la escala de Planck en la interacción fuerte y la propia teoría e hipotética QDC (cromodinámica cuántica) que recoge el Modelo, se han hecho públicas "ciertas anomalías y serias dudas todavía sin desvelar" descritas con bastante detalle por *Stanley J. Brodsky*, *Guy de Téramond* y *Marek Karliner*, autores de "Puzzles in Handronic Physics". Ello además de la enigmática complejidad en curso, las innumerables subpartículas, en particular con la aparición (1974/94) de los "**preones**"; luego, entre 1997, 2003 /4 y 5, de los "**pentaquarks**", y, en 2007, con la nueva partícula, ya predicha: una agrupación fluida de gluones de masa variable y de fuerza un millón de veces menos que la gravitatoria... Tan complicadísimas aparecen, en fin, las interacciones de estas expresiones materiales, principalmente los campos, que ninguna de las técnicas usadas para resolver los problemas de la física atómica y nuclear pueden usarse a veces para el análisis, habiendo tenido que recurrir al uso de la Teoría de Campo Reticular para estudiar con megacomputadores las interacciones QCD.

(6) **Una nueva física** más allá del Modelo, nos están diciendo, e incluso una **nueva teoría matemática** cuando no una **física de punto cero**, "que obligarían a revisar nuestra comprensión estructural del Universo"... Expresiones éstas digna de tener muy en cuenta, por cuanto que, no sólo coincide con las extrañas formulaciones de los **neutrinos (7)** y las últimas conclusiones del **PLANCK (8)**, (asociables a cuanto sugieren los descubrimientos

de aglomeración galáctica y los "super vacíos"), sino también con las "*fluctuaciones filamentosas*" y "carreteras galácticas", recién observadas, sin olvidar el descubrimiento en los dos grandes brazos de la Galaxia espiral NGC6872, de grandes poblaciones de estrellas jóvenes con apenas unos 200 millones de años la más reciente... La propia Teoría de Supercuerdas postula universos múltiples, surgidos –como dijera *Hawking*- "de forma natural de las leyes físicas". Están las corrientes de *Kashlinsky*, que no percibimos pero que circulan a 32 millones de km. por hora... Y, sobre la controvertida expansión del universo, *Alexey Viklinin* y *David Spergl* coinciden en que la observación desde el CHANDRA en 2008, permite pensar que "se acelera", contrariamente a las predicciones (desaceleración) fundadas en la polémica teoría explosiva (*big bang*)... Certísimo, sin embargo, que ayer desde el COBE y ahora el PLANCK, las observaciones, contradictorias, anuncian que el universo se expande más despacio, a unos 67,15 Km/seg. Y tiene, por decir algo, unos 100 millones de años más viejo (13.800).

(7) Neutrinos: Postulados (1930) por *Pauli* para resolver el principio de conservación de la materia, y no detectados hasta 1956, se considerarían sin masa hasta 1993, salvo excepciones, y así todavía los contempla el Modelo... Nacidos supuestamente poco después del *big bang*, serían el constituyente de la llamada en su día: "radiación de fondo" cuya temperatura es de 1,9K (-272,2º C). Fruto reconocido además de los procesos nucleares de las estrellas y de la explosión de supernovas, que pueden atravesar la Tierra sin desviación... Ahora domina la idea de que el raro comportamiento de gran parte de ellos –sólo existen tres familias- parece indicar **una nueva física** más allá del estado actual de nuestros conocimientos...

(8) El PLANCK ha revelado (marzo del 2013) "ciertas características peculiares no explicables (léase, heterogeneidad cósmica) que bien pueden requerir **una nueva física** para ser entendidas, porque desafían los fundamentos de la comprensión actual del Universo... Las anomalías detectadas, grandes diferencias entre zonas opuestas del cosmos denuncian anisotropías discordantes con el Modelo, similares a las descubiertas por el COBE en 1992...

Smoot, George (n.1945) descubrió que la supuesta "radiación de fondo" –que fue registrada en 1989 por *Penzias* y *R. W. Wilson*- no era uniforme, definitivamente, como exigía la famosa idea del *big bang*. Quedaba demostrado que desde el mismo momento de la creación del teórico "huevo explosivo" (*big bang*), la uniformidad en el universo no era absoluta, ya existían heterogeneidades como las que hoy se observan capaces de originar de por sí macroestructuras (galaxias) por miles de millones como las existentes, unas en plena aparición, otras desarrollándose, ejemplos como la nuestra, y no se sabe cuántas ya muy evolucionadas en trance de crear agujeros negros y otras habiendo incluso desaparecido.

Stewart, Ian (n.1945), matemático y prolífico escritor, recoge la opinión de *Margaret Geller* relativa al *big bang*: "Es un problema muy duro -viene a decir-, mucho más difícil de lo que la gente pensaba... Para explicarlo, *Stewart* y *Geller* nos remiten a las sorprendentes observaciones astronómicas, la denominada de los "siete samuráis" en 1987 y la posteriormente llamada "prueba de cordura" realizada en 1990 por *Alan Dressler* y *Sandra Moore. Faber*. Ambos registros demostraron la existencia real de irregularidades cósmicas, aglomeraciones galácticas de dimensiones inimaginables, grandes "atractores" moviéndose hacia las constelaciones de Leo y Virgo a 700 km/s... Los descubrimientos han puesto de manifiesto que no es entendible cómo pudieron haberse formado conglomerados tan grandes durante los quince mil millones de años de vida del universo. Este intervalo de tiempo -explica *Ian Stewart*- no es de ninguna manera suficiente para que las inestabilidades

gravitatorias creen irregularidades tan gigantescas, esto además de que la radiación cósmica de fondo indica que el universo, poco después del tiempo supuesto, era demasiado uniforme para generar directamente las irregularidades.

La evidencia de desacuerdos tan fatales y reiteradamente sostenidos como éste llevaría a *Stewart* a escribir: "la mejor teoría actual de la astrofísica y la mejor teoría actual de la cosmología nos obligan a aceptar estrellas más viejas que el universo que las contiene"...

Green, Michael (n.1946) y **John H. Schwarz** (n.1941) proponen en 1975 una nueva versión de la **teoría de cuerdas**, reduciendo el tamaño de las mismas a 10^{-33} , la dimensión de Planck, y utilizando sólo 10 dimensiones espaciales. La teoría explica la fuerza nuclear y predice la existencia de una partícula de masa cero y spin 2 (*gravitón*); e introduce el concepto de supersimetría, unificador de los fermiones y los bosones, considerados estos como ondas o vibraciones en un lazo cerrado, de forma que los fermiones se mueven en una dirección y los bosones en otra. *Edward Witten*, partidario de que la teoría llegaría a reconciliar la gravedad relativista con la mecánica cuántica, propuso que las 6 dimensiones adicionales del espacio están como arrolladas sobre sí mismas, pero de tal forma que podrían interactuar con las partículas de forma detectable.

Aspect, Alain (1947-2001), rechazado por todos los científicos fieles a la finitud de la velocidad de la luz, es citado por su laborioso intento experimental (1975-1982) buscando la forma de precisar cierta violación de la "desigualdad" que estableciera *John Bell* (1928-1990) en 1964 (*), intento que ya había sido realizado en 1972 por *John Clauser*. *Aspect* no sólo pretendió experimentar la hipótesis, sino que la enseñó varios años en el Instituto de Óptica de la Universidad de Orsay, sosteniendo matemáticamente que "los elementos constitutivos del universo pueden en cierto modo comunicarse entre sí ignorando las distancias que los separan"...

(*) El "teorema de Bell" (1964) pretende probar matemáticamente la conexión entre sistemas no relacionados. Propone que la violación experimental de la desigualdad indica que dos fotones **entrelazados (**)** no se comportan como dos sistemas diferentes, sino que han de ser tratados como un sistema único. Y elimina las "variables ocultas" que se podrían utilizar para "completar" la teoría cuántica.

(**) **Entrelazamiento cuántico:** *Eli Megidish* y *Hagai Eisenberg* afirman (mayo del 2013) haber experimentado el fenómeno que *Einstein* denominó "acción fantasma a distancia"... Predicho por la teoría cuántica, consiguieron entrelazar dos fotones que nunca habían coincidido en el tiempo, esto es, que existieron en momentos diferentes. Primero -explican- generaron un fotón y midieron su polarización (lo que lo destruyó) y después generaron un segundo fotón, y aunque no existieron al mismo tiempo, comprobaron que tenía exactamente la polarización opuesta, lo que demuestra que ambos estaban entrelazados. La técnica usada es bastante compleja ya que aunque el entrelazamiento funciona de forma instantánea sin importar cuál sea la distancia entre las dos partículas, ya sea de pocos centímetros, o que ambas se encuentren en extremos opuestos del Universo, el experimento ha demostrado que el entrelazamiento no sólo

existe en el espacio, sino también en el tiempo, si bien, dejando siempre a salvo la velocidad insuperable de la luz... En 2011, *Xing-Can Yao*, explicó el entrelazamiento de 8 fotones, y, antes, en 1999, otros físicos lograron entrelazar tres, y seis poco tiempo después... Relativo al tema citaremos aquí a *Antón Zeilinger* (n.1945), intitulado "padre de la teletransportación", autor del transporte de las propiedades de una partícula a otra, practicado con fotones entrelazados, sin traslado de la materia, sólo de la estructura... Según él, "la cuántica revela que la información es más importante que la existencia de la materia"...

Guth, Alan (n.1947) explicó la deceleración universal postulando una cierta "**energía oscura**", opuesta a la gravitación, que hace que el mismo espacio **vacío** tienda a expandirse ("universo inflacionario"). En 1987 propuso que el aumento en el escenario del *big bang* fue de 10^{50} en las supuestas primeras fracciones de tiempo hasta que se deceleró. Sostuvo que a partir del final de la época inflacionaria el universo se ha ido expandiendo, hasta alcanzar el tamaño actual... La materia inicial estaba formada por una "sopa" de *quarks* y *leptones*, luego, *bariones* y *mesones* en los que quedan confinados los quarks... Después aventuró el supuesto de que los primeros átomos neutros se forman cuando baja la temperatura a unos 1000 grados y empieza la formación de las protogalaxias y los protocúmulos, y unos millones de años más tarde las galaxias y los **cúmulos** (*). Sostiene que del vacío emergen "fluctuaciones cuánticas", las bases del universo visible; que descubrirían en 1998 *R.Laughlin*, *H.Störmer* y *D.C.Tsui* (n.1939): un nuevo fluido cuántico con excitaciones de carga fraccionaria, motivo actual de investigación

(*) **Cúmulos** y **supercúmulos** de galaxias: Son estructuras cósmicas tamañas, con dimensiones entre millones y centenares de millones de años luz de diámetro. La Vía Láctea, con Andrómeda y la M33, pertenece al cúmulo llamado Grupo Local, parte a su vez del supercúmulo de Virgo, que contiene centenares de cúmulos, uno de ellos, el llamado también de Virgo, está ejerciendo una poderosa atracción gravitatoria sobre el Grupo Local... Las galaxias y los cúmulos estelares no habían sido observados como tales hasta que *Charles Messier* publicó en 1769 su famoso catálogo. Desde el XVIII, los astrónomos creían que las estrellas visibles se juntaban en un disco plano, la Vía Láctea, en cuyo seno residía el Sol. *Kant* propuso que las nebulosas espirales eran agrupaciones gigantescas de estrellas parecidas a la Vía Láctea, "universos-isla", idea que se consideró dudosa hasta mediados del XX... Hasta finales no aparecería un modelo del universo donde estrellas y galaxias **se formaban a partir de fluctuaciones locales de la densidad de la materia, condensada en partículas aglutinadas al azar, producto** de "fluctuaciones microscópicas de naturaleza cuántica".

Kaku, Michio (n.1947), cofundador de la teoría del campo de cuerdas y teórico a su vez de las "dimensiones superiores" (universos paralelos), que, según él, pueden explicar los **secretos de la naturaleza**. Basa sus predicciones en la *prospectiva*, una técnica que pronostica la evolución ciudadana y de la ciencia en el futuro en base a los conocimientos actuales... Sostiene, con supuestas bases científicas, que el "gran poder transformador social de la ciencia nos conducirá a un **capitalismo perfecto**" (*) ... La

dificultad -escribe- reside en la transición, de unos 100 años, entre una Civilización 0, donde nos encontramos, malgastando la energía de plantas muertas: petróleo y carbón, y una Civilización 1, donde podremos sacar toda la energía disponible del planeta (**)... El problema -añade- está hoy en que **por primera vez esta civilización tiene la capacidad de destruirse a sí misma, tenemos armas atómicas y biológicas pero también tenemos mucha ideología fundamentalista...** Para mí como físico -continúa Kaku-, veo dos grandes tendencias en el mundo actual: una de ellas pretende una sociedad científica, multicultural y tolerante. Pero -agrega- existe una segunda tendencia: la reacción contra la creación de una civilización tipo 1, va contra la ciencia, pues quiere la teocracia; contra el multiculturalismo, quiere 'monoculturalismo'...

(*) ¿Capitalismo perfecto? ¿Podría ser otra cosa -nos preguntamos- que la consolidación de una cúpula instalada de por vida en el poder, ya -cosa absurda- sin el conflicto social basado en la lucha de clases, en presencia de una inmensa mayoría esclavizada, pacientemente sumisa?... Un documento excepcional, "Informe PNUD 1996", CAUM, Madrid, 1997, certifica, científica y del modo más riguroso posible, la naturaleza y objeto del capitalismo; su esencial e inexorable propósito de dominio autocrático al coste humano-ecológico que sea. El documento, fruto de un laborioso estudio multidisciplinar, evalúa los datos económico-sociales de un largo período, suficiente para hacer ver las tremendas consecuencias, trágicas es poco decir, de la creciente e ininterrumpida brecha entre pobreza y riqueza, invariable, como todo hace ver, de continuar el endémico respaldo de que viene siendo objeto el llamado Estado de Derecho capitalista, sostén histórico sabido del uso arbitrario de la plusvalía, palio subrepticio de concepciones tan reaccionarias como la de que sólo una casta nace ungida para gozar del saber y sus dividendos.

(**) En opinión de Kaku, "a mediados de siglo la fusión -el poder del Sol en la Tierra- será una posibilidad real. Los franceses quieren construir en el 2018 el reactor por fusión ITER y en Estados Unidos ya tenemos un laboratorio de fusión por láser. El agua del mar se convertirá en la fuente de la energía, ya que es lo que se utiliza para la fusión. Un litro de agua de mar equivaldrá a cientos de litros de gasolina... En unos 20 años (...) se producirá el cruce: la energía solar será más barata".

Chudnovski, Eugene (n.1948) considera (1988) que la materia **oscura** ocupa todo el espacio en todas partes. "En el pasado -escribió- se decía que todo estaba formado por partículas. Pero hoy sabemos que hay objetos que no están formados por átomos y pueden ser muy extensos, como las **cuerdas**. No hemos descubierto ninguna, pero son soluciones de ecuaciones matemáticas, materia continua sin espacio vacío. Las cuerdas se describen por las mismas leyes matemáticas que los sólidos". En 1988, Chudnovski postuló teóricamente la inversión cuántica de los polos magnéticos y predijo el llamado **túnel** ("efecto túnel") de los sistemas magnéticos.

Sidharth, Burra Gautam (n.1948), director del Centro Científico Birla (Hyderabad, India), investigador en física de partículas y cosmología (*),

notable por sus experimentos y observaciones, destacado docente y comunicador inconformista, autor entre otras obras de "La Energía Oscura primordial y trascendente" y "El Universo de las fluctuaciones" (1997), "El universo caótico" (2001), "Fronteras de la física fundamental" (2007) e innumerables artículos y trabajos en conferencias, sostiene -apoyado en su modelo del universo, "cosmología fluctuacional"- que **"no hubo ningún big bang"** que diese lugar a la creación de materia y energía instantáneamente... Explica que "el universo está permeado por un campo de energía o vacío cuántico... que impregna todo, donde las partículas se crean de manera totalmente aleatoria, un proceso que continúa"... Este modelo -añade Sidharth- era además diametralmente opuesto a la idea aceptada de que el universo, dominado por la energía oscura se estaba desacelerando", basado como Sidharth estaba en su predicción (1998) de que "el universo impulsado por la energía oscura se estaría expandiendo y acelerando"... Sidharth publicó sus teorías sobre la energía oscura un año antes que los tres astrofísicos *Perlmutter, Schmidt, y Riess* premiados con el Nobel 2011, convencido de lo que la sonda WMAP y el Digital Sky Survey Sloan confirmarían más tarde que "el universo se expande y acelera"... Relativo a la enigmática búsqueda del escurridizo bosón de Higgs, concluye con *S. Rau Dasu* y científicos del CERN "que llevará años confirmar que la partícula detectada en el LHC es el bosón de Higgs"... "Parece el bosón -diría Sidharth (15 de marzo de 2013)-, pero decir definitivamente que lo es llevará tiempo".

(*) La teoría de Fractal y cantoriana espacio-tiempo de la que *B. Gautama Sidharth* ha desarrollado otra versión llamada "Fuzzy espacio-tiempo" (**), es -comenta un profesional- una teoría poderosa y bien establecida desde hace muchos años, aunque se ignora en Europa y Estados Unidos... Yo realmente -añade el corresponsal- no entiendo la razón de ello... Algunos han avanzado la teoría de que los científicos de los países en desarrollo tienen simplemente los nombres y direcciones equivocadas. Esto sería realmente un momento triste para la Ciencia"... Sobre todo, cuando nos encontramos ante casos como el que nos ocupa (*B. G. Sidharth*), investigador valorado en su justa medida por científicos como *A. Khodolenko*, quien reconoce como "absolutamente asombrosa la interpretación del espectro de masa QCD generada que diera Sidharth. *Jhon Madore Another* valora "sacar a la luz teorías así". *O. Doctorov* lo considera un "genio creativo inconformista". *Prigogine* coincide al igual con Sidharth en "los fundamentos estocásticos del espaciotiempo". Para *Walter Greiner*, Sidharth es un científico "innovador". *P. T. Landsberg* declara apasionantes las teorías de Sidharth. Y, entre otros tantos más, *Robert Paster* se confiesa entusiasmado por la profundidad de las teorías de Sidharth.

(**) Consiste en una aplicación matemática de la "lógica fuzzy", también llamada "lógica borrosa", heurística, difusa, nebulosa, del razonamiento aproximado, etc. Tiene como precedentes ciertos sistemas utilizados por *Aristóteles*, que *George Boole* (1815-1864) tomaría como bases para la "lógica booleana". La "lógica FUZZY", que presentara en 1965 *Lofti Zadeh* (n.1921), padre de la teoría de la posibilidad, autor de los más referenciados en matemáticas; aplicada a ciencias de la computación, ha hecho posible que las máquinas trabajen con conceptos imprecisos logrando resultados eficientes parecidos a los de los humanos.

Störmer, Horst (n.1949) observó que lo que se dio en llamar **vacío**: “ese momento o estado de las cosas que permite pensar que allí no hay nada”, lo compone un “**fluido cuántico**”, donde los electrones están en todas partes en un nuevo estado de condensación, interaccionando entre ellos: se encuentran -escribe- a un nivel de energía menor del que podrían tener sin interaccionar”. **Störmer** explica que las famosas **cuasipartículas** (*), -de carga confirmada igual a una fracción de la del electrón (1/3)- surgen por doquier repentinamente, fruto de excitaciones producidas en el fluido cuántico, pero como si desde el espacio-tiempo mismo se modificase la intensidad del campo.

(*) **Cuasipartículas**: *Merav Dolev y Moty Heiblum*, confinando electrones bajo un campo magnético perpendicular, a -273° , observaron que acaban comportándose como **cuasipartículas** con cargas de un cuarto de las suyas. Antes de 1940 no pasaban de 9, las llamadas partículas elementales: 2 bariones (pesados): protón y neutrón, 4 leptones (ligeros): electrón, positrón y dos neutrinos, 2 mesones (pión y muón) y 1 fotón. Hacia 1950 se observó que los piones pueden tener cargas de los dos signos y neutras, con lo que el número de partículas ascendió a 12. Después, primero con los trabajos de *Murray Gell-Mann* y separadamente, de *Zeig*, luego de *Nicholas Kemmer* en 1962, seguido de *Yubal Ne'eman* y *Yoichiro Nambu* en 1965, aparecerían los **quarks**, constitutivos de bariones y mesones, y la teoría que *Gell-Mann* denominó “cromodinámica cuántica”, sin olvidar el “spin” o doble giro de cada cuasipartícula que propusieran *Uhlenbeck* y *Goudsmit*. El comportamiento cuántico de las cuasipartículas, con un tiempo finito de vida -pueden aparecer y desaparecer en el **vacío** (“partículas virtuales”), donde experimentan movimientos todavía inexplicables- hace que la definición de sus propiedades presente grandes dificultades, no obstante la importancia de su papel supuestamente determinante en la generación permanente del universo, donde en 1 cm^3 se pueden localizar entre 10^{22} y 10^{23} ...

Astherkae, Abhay (n.1949) Inspirado en *Smolin, Rovelli y Bojowald*, funda la teoría de la “Gravedad cuántica de bucle”, una alternativa al *big bang*... Intenta cuantizar la relatividad y se alinea con la corriente que referida a los agujeros negros postula que la información se conserva en el momento de la “evaporación”. Calculó con sus colegas (1999) la entropía de un agujero negro, coincidiendo con el cálculo predictivo de *Hawking*. Situado con *Martin Bojowald* (1973) a favor de un rebote cuántico, propone una “evolución cuántica” que atraviesa lo que clásicamente sería una singularidad cosmológica, pero modelada sin singularidad inicial: el Universo se contrajo, rebotó y formó el actual; un modelo, según su teoría de la gran cuántica de lazos (1986), en el que a los colapsos les precede la expansión, con un espacio formado por una red de lazos entrelazados en una especie de espuma estructurada a escala de la distancia de Planck, muy inferior a la billonésima parte del diámetro del átomo..

Bogdanov, Igor (1949-2012) y su hermano *Grichka*, polémicos presentadores en TV (divulgación científica y ciencia ficción) dieron lugar al llamado “Escándalo de Bogdanov” con vertientes complejas, científicas, y mediáticas desfavorables, salvo en casos como el de *Lubos Moti*, que se

situaría a favor de una publicación singular de los *Bogdanov*: "Una explicación alternativa de la gravedad cuántica (*), un esquema nuevo de cálculo... más plausible que la gravedad cuántica de bucles". Ciertos miembros de la comunidad científica, se mostrarían críticos con la publicación de los *Bogdanov* sobre "teoría topológica de la singularidad inicial del espaciotiempo" y en particular frente al libro "Antes del *big bang*", donde *Igor* y *Grichka* argumentan que "en lo profundo de la materia no habría más sustancia física que la vibración o el movimiento...un cimbreado mundo de oscilaciones energéticas de aparición y desaparición de partículas"... Basados en la constante de *Planck* se afirmaron en la idea de que "no podemos saber qué sucedió antes del supuesto "*big bang*"...

(*) Mientras tanto, la gravedad como tal realidad física, al igual que la todavía imperfecta teoría de la gravitación, seguiría siendo objeto de serias objeciones como la de *Amita Bin-Nun*: "La comprensión de la gravedad debe ser modificada".. Para *R. P. Feynman* la fuerza gravitacional es producida por el intercambio de "*gravitones*".... Hacia 1930 *Schrödinger* estudió los efectos de la gravedad sobre los campos cuánticos. Entre los años 30 y 32, *León Rosenfeld* (1904-1974), que acuñó el término de "leptones", desarrolló los primeros intentos tras crear una teoría cuántica para el campo gravitatorio, anticipándose a *Dirac*... Relativo a la "**gravedad cuántica**", apuntaremos aquí que se refiere al campo de la física que procura unificar la teoría cuántica de campos (que describe tres fuerzas) con la relatividad general y la fuerza de gravedad, al objeto de resolver: 1. el fin último de las partículas en los agujeros negros, 2. el origen del universo, la explicación de la inflación y la cosmología del horizonte, 3. Propuestas de *Penrose*: la asimetría relacionada con la segunda ley de la termodinámica, y, 4. el colapso de la función de onda, asociado a la "naturaleza" de la conciencia humana...

Laughlin, Robert B. (n.1950) demostró (1983) que en materiales puros y temperaturas muy bajas, los electrones de un campo magnético dejan de comportarse como partículas individuales y forman un estado colectivo cuántico semejante al responsable de la superconductividad. Este líquido cuántico tiene propiedades inusitadas: se comporta como si las *cuasi-partículas* que lo forman tuvieran cada una un tercio de la carga del electrón, cosa que contradice la indivisibilidad del electrón.

Bednorz, Johannes (n.1950) descubriría en los últimos años del siglo XX (1986) materiales con comportamientos extraordinarios, tales como los superconductores de alta temperatura.

Witten, Edward (1951-2000) pretendería unificar (1995) en una sola versión las cinco existentes de la llamada **teoría de cuerdas**, infinitesimales filamentos, "partículas", que vibran... Sin embargo y pese a esos avances todavía seguiría presente el "misterio" apenas estudiado de la llamada **materia oscura** (*), cuyos efectos se están pudiendo registrar debido a su influencia en la supuesta expansión del universo, que trae de cabeza a físicos y astrofísicos.

(*) Materia oscura, **oscura**. ¿Dónde está y de qué está hecha esta forma material? 60 años después de que el suizo *Fritz Zwicky* afirmara que al menos un 90% de la masa del universo o materia espacial (se dice igual del plasma)

escapa a nuestras observaciones, ya que no emite luz visible u otra radiación, los astrónomos siguen sin verla... Pero saben que está ahí, parte de ella en forma de nubes oscuras, llamadas halo, como lo confirman sus efectos gravitatorios mensurables sobre la curva de rotación de las galaxias. Esto, claro está, contraría la expresión extendida de que sólo es una hipótesis la existencia de una forma de energía "que permea el universo, y que sería la causa de que las galaxias se estén apartando unas de otras cada vez más deprisa". ¿De qué está hecha? Los astrofísicos trabajan cuatro posibilidades: **neutrinos**, partículas sin carga ni masa aparente, "**wimps**" (partículas masivas de interacción débil, "**machos**", cuerpos celestes apenas visibles, planetas enormes con poca masa, y, estrellas **enanas** blancas o marrones hechas de materia ordinaria... Incluso los **agujeros negros** tienen que ver con la densidad de la materia en el universo. Una ligera variación -se dice- en un sentido o en otro y el universo podría continuar o "desaparecer". Lo cierto es que su destino está relacionado muy de cerca con la materia que hay en el aparente **vacío** históricamente cuestionado y ello porque su descubrimiento permitirá explicar mejor cómo hemos llegado a ser lo que somos, desplazando cada vez más los misterios, campo de cultivo de las supersticiones y los prejuicios tan frecuentemente explotados por intereses de clase muy concretos.

Müller, Hartmut (n.1954) llegó a la conclusión de que el **vacío cósmico** es un fondo ultra débil que actúa como un campo morfo genético de donde los electrones del átomo absorben energía para compensar su movimiento orbital. Descubrimientos recientes confirman la presencia sorprendente de "ondas de presión" en el llamado vacío.

Kraus, Lawrence (n.1954), autor de 300 publicaciones científicas, entre ellas "La quinta esencia" y "El miedo a la física", incluye entre sus estudios el universo temprano, la naturaleza de la **materia oscura**, la relatividad general y la astrofísica de los neutrinos. Dedicó todos sus esfuerzos a crear puentes entre la ciencia y el interés popular; resume la expectativa un tanto caótica de pensamientos, teorías e hipótesis acerca de la estructura y propiedades del cosmos, para cuya comprensión por compleja y difícil que se ofrezca, **Kraus** escribe (2009) a cada individuo de la comunidad ciudadana:

"Cada átomo en tu cuerpo vino de una estrella que estalló. Y, los átomos en la mano izquierda probablemente vinieron de una estrella diferente que tu mano derecha. Es realmente la cosa más poética que sé de la física: todos son polvo de estrellas. Tú no podrías estar aquí si estrellas no hubieran estallado, porque los elementos - el carbón, el nitrógeno, el oxígeno, el hierro, todas las cosas que importan para la evolución - no fueron creados al principio de tiempo. Fueron creados en los hornos nucleares de estrellas y la única manera para que terminaran en tu cuerpo es si esas estrellas fueron suficientemente amables para estallar. Así que olvídense de Jesús. Las estrellas murieron para que pudieras estar hoy aquí."

Jacobson, Theodore (n.1954) y **Thomas P. Soritiriou**, basados en que una "singularidad" pone de manifiesto que una teoría se ha roto y se hace necesaria una nueva para describir lo que está pasando, especulan con la propuesta un tanto absurda, de "destruir un agujero negro para dejar al descubierto lo que ocurre en el interior"... Dicen que bastaría con invertir el

fenómeno, alimentando el momento y la carga, para encontrarse..., ¿con qué -cabe preguntarse-, que no sea el mundo mismo donde estamos inmersos, formando parte indisoluble de una expresión quierase o no material aunque todavía inobservable, ora al borde de una ondulación universalmente plana y tensa, ora movida a vibrar por fuerzas todavía desconocidas?

Smolin, Leo (n.1955). Generaliza el colapso de un agujero negro para presentar su hipótesis sobre "la aparición de un nuevo Universo" del otro lado de la singularidad con otras constantes cosmológicas.

Kashlinsky, Alexander (n.1957) Llama "anisotropía" al tirón cósmico hacia concentraciones galácticas. Estudia el "flujo oscuro" y las estructuras de grupos masivos de materia que "tironean" cual magnetos vía de soterradas corrientes espaciales que no percibimos con los medios actuales, pero que **circulan a 32 millones de kilómetros por hora...** *Kashlinsky* sostiene que las interacciones gravitacionales observadas han podido dar lugar a las inhomogeneidades espaciales existentes, lo que representaría una clara violación del Modelo.

Hajdukovic, Dragan Slavkov, considera importante investigar alternativas al Modelo. Sostiene que "Vivimos en un universo cíclico, sin *big bang*". Traduce los agujeros negros por una Gran Implosión (*big crunch*), un agujero monstruoso supermasivo, fase de un mecanismo que permite la transición de un universo dominado por la materia a un universo dominado por la antimateria, y viceversa..."El **vacío cuántico** (*) -cuya conjetura se atribuye a *Hajdukovic* - fue predicho hace más de 60 años y hay evidencia experimental significativa de que existe". Con una ecuación a propósito, *Hajdukovic* consiguió conciliar la observación de la expansión sin necesidad de invocar la polémica materia oscura", que él atribuye a la "polarización gravitacional del vacío cuántico". Explica que combinado con una hipótesis (la carga gravitatoria negativa de antipartículas y la repulsión gravitatoria entre la materia y la antimateria) se obtienen resultados sorprendentes; muestran -dice- la expansión acelerada del Universo, cómo la gravedad en el vacío cuántico surge de la repulsión gravitacional entre la carga gravitatoria positiva de la materia y la hipotética carga gravitatoria negativa de la antimateria... *Massimo Villalta*, si bien coincidiendo en gran medida al respecto, señalaría como "un hecho vergonzoso" el propósito en uso de atribuir la expansión acelerada a la presencia de energía oscura, postulado -según él- sin más fin que "dar respaldo al Modelo desprovisto de cualquier significado físico".

(*) El "**vacío cuántico del espacio vacío**": Todo parece decir que el curso del Universo depende de las propiedades todavía ignoradas del **espacio vacío**. Y no es un juego de palabras; un aspecto de los más sorprendentes de la Física cuántica es el **descubrimiento del "vacío cuántico"** (**), de tal grado de complejidad que permite imaginarlo como un gran almacén virtual de materia invisible, clave para explicar el Universo; lugar, por demás, de fenómenos sorprendentes, como el "efecto Casimir", fuente demostrada de energía invisible (¿energía oscura?), que hoy parece responsable, según funcione, bien de la **expansión acelerada** del Universo o quizá de que éste colapse sobre sí mismo... Problema que tiene pendiente de explicación la Física cuántica, como el

de la inexplicable ausencia de un mecanismo de atenuación de los efectos secundarios del complejo "vacío cuántico"..., cuya ignorancia, digamos de paso, podría favorecer el regreso de ideas como las que sostuviera uno de los padres de la mecánica cuántica (*Heisenberg*, en la Universidad de Múnich, 1968), persiguiendo que la materia perdiera su foco central en favor de la energía (energetismo): "El universo -explicó- no está hecho de cosas sino de redes de **energía** vibratoria, emergiendo de **algo** todavía más profundo y sutil"... Ciertamente, sí, pero nada misterioso que pueda mover a duda: **energía y materia** son equivalentes, los componentes único de ese "algo", hoy por demás explicado como una especie de vasto océano, sin márgenes, ilimitado, en el cual están hospedadas todas las posibilidades de manifestarse formalmente la **materia**. Faltaría saber, eso sí, qué acontece, cómo emerge convertida la materia en **energía** (fluctuaciones, ondas, subpartículas), cosa todavía sin teoría científica alguna que la defina. Y ello porque -copiamos de *Leonardo Boff* (n.1938)- "necesitamos de la energía para definir la energía". ¿Cómo escapar de esta redundancia, observada ya por *Planck*? En realidad, nosotros percibimos la materia como algo sólido, estable, porque las vibraciones de la energía son tan rápidas (un electrón vibra a unos ¡quinientos billones de veces por segundo!) que no alcanzamos a percibirlas, sin embargo ocultan la presencia real e incuestionable de una poderosísima fuerza subyacente..., aspecto éste que por su relación con la **acción gravitatoria**, es una de las cuestiones más estudiadas del vacío cuántico, conocido también como "mar de Dirac", que *Nikola Tesla* describiera como "un potencial generador de todo lo observable, una fuerza de energía sin límites que se podrá obtener de cada punto del universo"...

(**) **Descubrimiento del "vacío cuántico"** (estado de la materia con la menor energía posible): revela que una partícula como, por ejemplo, un electrón, no se mueve de A, a B siguiendo una trayectoria precisa y definida. En un momento, su posición y movimiento serán, hasta cierto punto, inciertos... Y lo que es cierto para un electrón lo es también para todas las entidades físicas, incluidos los **campos**. Un campo eléctrico, por ejemplo, fluctúa en intensidad y dirección (incertidumbre cuántica), incluso aunque el campo sea neutro en su conjunto.. Según la mecánica cuántica, aun así existirá un irreducible campo eléctrico, que a veces se manifestará de una forma y otras veces de otra, que es decir, como un conjunto de fluctuaciones...cuya suma es "cero"... , cero indetectable para una medida normal, pero no para una cuidadosa medición a nivel atómico, probatoria experimentalmente de que las fluctuaciones cuánticas existen, con un valor medio conocido como ZPE. Luego el **espacio vacío**, la interpretación diversa de que vino siendo objeto, tenido a veces como un mero espacio sin propiedades, evolucionó hasta ser reconocido ahora como "el fermento de la actividad de un campo cuántico, con **ondas** que surgen al azar aquí y allá"... En mecánica cuántica, las **ondas** también tienen características de **partículas**, de modo que el **vacío cuántico** se describe a menudo como un mar de partículas de vida breve que surgen e interactúan o desaparecen de nuevo. Ello conduce a pensar, que en un cosmos con muchísimo espacio vacío, todo él probablemente atiborrado de fluctuaciones del vacío cuántico..., todas esas partículas que surgen y desaparecen **deben pesar algo**..., quizá lo suficiente, la suma de su masa, para superar la gravedad de la materia ordinaria. De donde se puede deducir, y es uno de los aspectos más estudiado, que en el caso de que la presión del vacío cuántico sea negativa (una presión negativa es una tensión), el efecto gravitatorio también es negativo. Es decir, que las fluctuaciones del vacío cuántico de presión negativa sirven para crear una fuerza **repulsiva o anti gravitatoria**... *Einstein* había predicho (1917) que el espacio vacío tendría un

efecto anti gravitatorio semejante. No podía poner un número a la intensidad de esa fuerza, y más tarde abandonó la idea. Pero no se fue del todo. Cálculos realizados hoy día sugieren que la presión del vacío cuántico debería ser, de hecho, negativa en un espacio con la geometría de nuestro universo. Y para asegurarlo, hace unos años se empezaron a acumular indicios, procedentes de las observaciones de supernovas lejanas, de que una inmensa fuerza anti gravitatoria causa que el universo se **expanda** cada vez más deprisa....

Annala, Arto (n.1965) pone en cuestión la "expansión acelerada", a partir de encontrar incompleto el Modelo (*), ello además de considerar errónea la interpretación de los datos procedentes de la luminosidad percibida en los espacios de las supernovas (**) e incluso la observación que llevó a concluir el papel de la **materia oscura** (***) en la expansión.

(*) Argumenta que el Modelo, de la cosmología del *big bang*, que fue presentado a principios de los 70 por S. L. *Glashow*, S. *Weinberg* y A. *Salam*) "es matemático y no una representación física" del mismo"

(**) Sostiene que los datos de las **supernovas** no implican que el universo esté experimentando una expansión... Explica que estudiados teniendo en cuenta los principios de *Maupertius* sobre "la mínima acción", imponen la obligación de concluir que la luz al atravesar regiones de distinta densidad de energía sufrirá cambios, por cuanto no pueden utilizarse como dato invariable para demostrar la supuesta expansión acelerada del Universo.

(***) Afirmado en que "la expansión no es un remanente de alguna explosión furiosa de un pasado lejano" (*big bang*), postula que la resultante **materia oscura** supuestamente necesaria sería fruto de una observación errónea y explica: los cálculos sobre los efectos de la predicción de *Einstein* [los objetos masivos (galaxias) hacen que la luz se curve debido a la forma en que la gravedad distorsiona el espaciotiempo], dieron como resultado desviaciones que por ser más grandes requerían más materia universal de la que se podía dar cuenta, concluyendo que la falta exigía contar con un aporte adicional que se dio en llamar **materia oscura**, término que acuñaría *Zwicky* con las propuestas de *Hawking* y *Guth*. Pero, a juicio de *Annala*, estudiados los datos a la luz del principio de "la mínima acción" darían como resultado, que la desviación es cerca de 5 veces mayor al valor dado por la Relatividad General, o sea, que la desviación requiere menos masa de lo que se pensaba y puede compensarse en su totalidad con la existente... Sin embargo, *Hawking* había escrito: " Todo indica que tenga que haber mucha más masa que la que corresponde a la materia ordinaria que observamos"... *Dejan Stojkovi* sostendría a la par que ese "algo" que acelera la expansión podría ser la **materia oscura**, subpartículas de gran longitud de onda... De la misma forma, la observación de velocidades elevadas en las estrellas permitía explicarla como un efecto de materia no visible gravitatoriamente agregada.

Ghez, Andrea (n.1965) diagnosticó con su equipo la existencia de un agujero negro supermasivo situado en el centro de nuestra galaxia. La estrella SO-20, localizada en torno a la situación teórica del agujero, Sagitario A, permitió calcularle una masa de 4,5 veces la del Sol. Ahora, con la estrella recién hallada, la SO-102, que describe una órbita cada 16,2 años alrededor del agujero (la SO-20 tarda 11,56 años), *Ghez* piensa que se podrá conocer

cómo opera la ley de la gravedad..., la menos conocida de las cuatro fuerzas universales, así como comprobar los fundamentos de la relatividad general y ahondar en el conocimiento de los agujeros negros.

Crawford, David (n.1967) considera inaceptable la teoría de *Lemaître*: "La idea denominada *big bang* -escribe- de un Universo confinado en un punto supera casi la imaginación humana, además de no ser explicable con las leyes típicas de la física"...En el caso de la deceleración observada en las Pionner 10 y 11 en el borde del sistema Solar (*), se inclinaría favorable a considerarla un efecto del plasma en el espacio curvo entre nosotros y las galaxias, y también del plasma de alta temperatura que interactúa con los fotones... Deduce que el "fondo cósmico" de microondas, la señal, residuo de la singularidad en cuestión, se debe a los electrones de alta energía del plasma cósmico que interactúan con los fotones que pasan a través del mismo... Sostiene que el corrimiento al rojo asociado a las galaxias (expansión) está principalmente causado por las interacciones de los fotones con otros fotones de baja energía en el espacio curvo, propias del "modelo de luz cansada".

(*) *Slava Turyshev*, dando un inusual ejemplo de generosa dedicación, recuperaría y estudiaría los datos ya arrinconados emitidos por las naves, de la Pionner 10 desde 1970 hasta abril del 2002 y de la 10 hasta noviembre de 1995. Una historia de unos 30 años de transmisión declarados "anómalos" debido a las enigmáticas deceleraciones observadas, que *Turyshev* resolvió, concluyendo finalmente (1998) como causa una emisión lumínica (fotónica), propia de las naves, que ejercía de sensible freno. Desde sus últimas señales en 2003, se las supone navegando silenciosamente, la Pionner 11 hacia la constelación Escudero y la 10 hacia la estrella Aldebarán. Otro estudioso del tema sería *Samuel Berman* (n.1945).

Trodden, Marck (n.1968) y *Jonatthan Feng* investigadores del microcosmos nos explican muy resumidamente la relación entre la teoría de las partículas **WIMPs**, la llamada **materia oscura** y los famosos **neutrinos**; cómo a partir de las observaciones (*) de *Oort* en 1932 y de *Zwicky* dos años después, ganó el interés de algunos astrofísicos la hipótesis de un nuevo tipo de materia: invisible.

(*) Dos observaciones independientes mostraron la universalidad de un dato: las velocidades (de las estrellas en los brazos exteriores de la Vía Láctea y de las galaxias del cúmulo de Coma) presentaban valores tan elevados, que, de no haber otra causa, hubieran permitido a las estrellas y a las galaxias salir despedidas... *Zwicks* dio en llamar "**materia oscura**" a esa materia invisible pero necesaria para explicar las observaciones... Hoy sabemos -nos explican- que la materia invisible no era de materia ordinaria, y ello porque medida aquella como lo ha sido en las últimas décadas -aunque no detectada- no basta para dar cuenta de toda la materia oscura observada en todas las galaxias y también en el medio intergaláctico... La hipótesis adoptada consiste en suponer algunas de sus propiedades: ha de ser neutra, debe interaccionar muy débilmente con la materia ordinaria y su masa ha de ser elevada, entre decenas o centenares de veces mayor que la del protón. Serían estables. Habrían sido creadas durante la gran explosión (b.b), dando lugar al cosmos

conocido, por gravitación...Sus partículas reciben el nombre genérico, ya citado, de WIMPs ("partículas masivas que interactúan débilmente"): Estarían formando grandes halos invisibles, muy masivos, que afectarían el movimiento de las galaxias, al encontrarse acumuladas en su entorno y en las regiones que cuentan con una mayor densidad de materia ordinaria: centro galáctico, e incluso atrapadas por las estrellas en orbitas alrededor del Sol, donde, al perder velocidad por interactuar aunque débilmente con la materia ordinaria, quedarían confinadas en el interior del astro, cuando no camino a su aniquilación (por colisión: partícula y antipartícula son idénticas) y creación tanto de partículas inestables, que se desintegrarían, como de otro tipo de partículas, entre ellas **neutrinos**, cuya búsqueda no ha hecho más que comenzar, como la de la **materia oscura**....Si bien, una explicación así podría considerarse demasiado *ad hoc* como para otorgar a la búsqueda relevancia científica, a veces sucede, y este puede ser un caso, que **la necesidad recurrente en la comunidad científica** (de postular la existencia de una partícula casi imposible de detectar para salir de un atolladero experimental) **se sitúa paralela a** urgencias conceptuales como la de hoy en día, de generalizar el Modelo, en un empeño teórico por completar la descripción del micromundo y resolver los problemas más acuciantes del macromundo, cuestión que terminaría moviendo no sólo a predecir la existencia de partículas de tipo *wimp*, sino a suponerlas, como ya se ha dicho, candidatas de la **materia oscura**. Pero hay más: si la materia oscura son partículas tipo *wimp* deben estar en equilibrio térmico rodeando de forma esférica nuestra galaxia. En dicho caso, la tasa de aniquilación que resulta es entre 2 y 3 órdenes de magnitud más pequeña de la necesaria para explicar los resultados experimentales. La única solución es asumir que las partículas de materia oscura interactúan con *una nueva fuerza desconocida* lo que provocaría un incremento en su tasa de aniquilación mediante el mecanismo de *Sommerfeld*. ¿Explica este mecanismo los resultados experimentales? Un nuevo artículo de *Jonathan L. Feng, M. Kaplinghat, y H-B. Yu*, muestra que el mecanismo por sí solo no puede hacerlo. Según los autores las únicas soluciones son que la materia oscura aparte de partículas sea otra cosa que desconocemos, o que los modelos cosmológicos que la predicen son incorrectos.

¿Átomos formando una única onda? "Sí -escribiría *Wolfgang Ketterle*-, cuando ciertas sustancias se someten a temperaturas de casi el cero absoluto (-273° C) aparecen propiedades raras:

*La materia sigue siendo un gas, pero se comporta como un sólido.
La longitud de onda de sus átomos se alarga más y más,
hasta el punto de que las ondas empiezan a superponerse
formando una única onda:
la materia está en un nuevo estado".*

Es el condensado de *Bose-Einstein*, donde las ondas y/o partículas al enfriarse oscilan de forma coordinada cuanto más lentas se mueven. Cerca de -273° C aparecen longitudes de ondas que se alargan y superponen formando **una única onda**, con impulsos, movimiento, cercanos al cero: movimiento de punto cero. "El fenómeno nos permitirá entender mejor -explica *Ketterle*- cómo funciona toda la materia". *Wolfgang Ketterle* (n.1957) estudió (1995) con *Carl*

E. Wiemman (n.1951) y Eric A. Cornell (n.1961) el citado "condensado de Bose-Einstein":

En 1924, *Satyendra Nath Bose* y *Albert Einstein* habían predicho que cuando las partículas se desaceleran y se aproximan entre sí, producen un nuevo estado de agregación de la materia, distinto del sólido, líquido y gaseoso, que posee propiedades extraordinarias...

En 1995, *Cornell* y *Wiemman* lograron por primera vez, enfriar átomos de *rubidio* a menos de una millonésima de grado por encima del cero absoluto (-273°), utilizando el método de enfriamiento por láser: la incidencia de un fotón sobre un electrón, hace que éste salte a un nivel superior y regrese rápidamente a su nivel, expulsando un fotón que es emitido con más energía que la incidente, logrando así el descenso de temperatura. Confinados en un compartimento magnético se van dejando escapar los de más energía. Los que quedan se comportan y actúan sincrónica y armónicamente como **una onda indistinta**.

"El universo no era más que una onda indistinta"

Escrito en el *Ragveda* de la Antigua India (1600 a 800 a.n.e.)

El ciclo de las partículas subatómicas, descritas como "virtuales",

...algunas con apenas unas cien mil millonésimas de segundo, fue presentado por *Banesh Hoffmann* en su libro "*La extraña Historia del Quantum*" como fruto de un mundo, el del *quantum*, donde "las partículas están constantemente apareciendo y desapareciendo"... Y añade: "Lo que podemos pensar como un espacio vacío es una **nada fluctuante**, con fotones apareciendo de la nada y desvaneciéndose tan pronto como nacen, con electrones apareciendo por breves momentos del océano convulso para crear pares evanescentes electrón-protón y súbitamente otras partículas añadiéndose a la confusión". Entre estas con una existencia cada vez más efímera, describe el neutrino como "una incertidumbre fluctuante entre la existencia y la no-existencia"...

Nosotros creemos que juicios como los de *Hoffmann*, urdidos de los aciertos y desaciertos propios de la aventura científica, pese al empeño de presentarlos como prueba de la existencia de un fondo efímero, según él prácticamente inmaterial, denominado "nada" (un espacio vacío), constituyen en sí una brillante confirmación de la concepción científico-dialéctica de la naturaleza que la explica como un proceso inacabable. Consecuentemente, ni nos dice nada su abismal bostezo de una nada sin sentido, ni apostamos por el descubrimiento de la tan infructuosamente buscada "partícula final", y menos aún, como es lógico, por el tan desacreditado *big bang*, sostenido gracias a que, como escribiera (1992) *Eric J. Lerner*, convencido de que el *big bang* nunca existió: "hoy virtualmente todos los recursos experimentales financiados en cosmología están dedicados a estudios del *big bang*"... Avergüenza ver la farsa urdida a diario por las plumas a sueldo de los poderes fácticos, hablándonos de un cosmos "recién nacido", sin saber ya cómo dar forma novedosa al viejo e inocultable propósito de mantener viva la imagen de un

Creador, sostén de un mundo eternamente dividido en clases. Apostamos, sí, por una lucha conducente a afianzar la idea de que la única "última realidad" es el universo material eterno y en constante cambio, que, aunque "adverso", como el mundo que habitamos, encierra la posibilidad cierta de poder transformar todo cuanto sea necesario para la supervivencia humana. Un horizonte teórico de esa naturaleza, refleja de modo ostensible la hipótesis de una Cosmología Cíclica Local: **Ciclos galácticos (*)**, expresión de un inextinguible paso formal de la materia imponderable a ponderable y viceversa, con la posibilidad de la aparición y desarrollo, en un planeta idóneo, de moléculas orgánicas y su evolución hasta la presencia humana misma en un rincón de la Vía Láctea o de la infinitud de galaxias. Un hecho reconocible, capaz de permitirnos dar cauce organizado a la expresión racional de un motivo de lucha trascendente que tenga como fin, superado el sistema primitivo, establecer criterios de trabajo inteligentemente igualitarios e irreversibles, en una sociedad salvaguardada por una concepción del mundo que sitúe al ser humano como fin de toda actividad.

(*) Ciclos galácticos explica el fenómeno cósmico, como la suma dialéctica de una infinitud de procesos absolutamente cohesionados: Un espaciotiempo universal, que transcurre sin principio ni fin, con su centro situado en todas partes y sus límites en ningún sitio, expresión real de una materia única, que, a partir de un estado de "energía de punto cero", se manifiesta, por movimiento **inducido**, generadora aleatoriamente de ondulaciones creadoras de una diversidad de formas [haces puntuales de vibración `atrapada`: génesis de la masa-energía (cantidad de movimiento) y del centro de inercia] constitutivas de las cuasipartículas..., base de las nebulosas, y, por gravitación, de las subpartículas y las partículas elementales, y, sucesivamente, de la diversa producción atómica en los hornos siderales: estrellas, galaxias, supernovas..., luego planetas e incluso vida orgánica..., para finalizar, el estado ordinario temporal de la materia, vuelto a su estado primordial vía de agujeros negros (como pensara *Chandrasekhar* cuando intuyó que el espacio-tiempo se "abre" allí al llamado vacío)... Todas las formas y "fuerzas" serían, pues, y la gravitatoria en particular, una manifestación del tránsito `azaroso` (corriente cíclica universal: cada vez distinta la formación de galaxias) entre la alteración de la tensión natural del **éter** y su retorno (entropía) al "reposo"... La explicación de la movilidad o traslación espacial de los cuerpos tendría su ejemplo más expresivo en la cresta de la ola marina, que transporta la energía sin traslación de la sustancia. Desde este punto de vista, la lección tradicional: todos los cuerpos ocupan un lugar en el espacio, quedaría traducida por la de: todos los cuerpos son una ondulación temporal del espacio.

No hay otro camino. Aprender, seguir aprendiendo y ayudar solidaria, tenaz y constantemente a aprender que venimos de un proceso natural sin fin, ostensible en el transcurso humano, en los avances, retrocesos y nuevos pasos hacia delante dados en circunstancias histórico-sociales, tremendamente repetidas muchas veces, tanto que perturban el discernimiento humano.

En verdad, sin una comprensión profunda, científica, pedagógica y dialécticamente materialista del fenómeno cósmico y terreno histórico-social, difícilmente se pueden llegar a entender las causas sistémicas de tanto freno opuesto al progreso de la sociedad; tanta sangre vertida, tanto sufrimiento y

destrucción de energías, cómo esos hechos vienen siendo provocados por un lastre primitivo horrendo, materializado en una ciega e irracional concepción del mundo, que en nombre de una propiedad excluyente religiosamente amparada administra a capricho el capital del trabajo, explota y margina a la inmensa mayoría y destruye las inmensas posibilidades creadoras de la especie humana a riesgo incluso de la vida toda en y del planeta.

Por nuestra parte, en lo relativo al presente cuaderno, en una cuarta edición, corregida con la crítica y los aportes de todos, iremos ampliando y recogiendo esa lección memorable de experiencias, estudios e investigaciones realizados por una lista interminable de personas, mujeres y hombres, tantas veces anónimos, trabajadores del intelecto, equipos y colaboradores, y críticos rigurosos como lo fueran en tiempos los creadores mismos del materialismo dialéctico *Carlos Marx*, *Federico Engels* y *Vladimiro Ilitch Lenin* apoyados en las Ciencias Naturales. Ellos han sido pioneros del pensamiento, ejemplos de trabajo y estudio dignos de reconocer y emular, e incluso de criticar desde la realidad de nuestras vidas y conocimientos, hoy, sobre todo, cuando se hace más necesario que nunca participar completamente integrados en la actividad y el saber de todo cuanto pueda fortalecer y dar luz a la lucha por la instauración de un mundo sin clases antagónicas.

Un Pacto Social por la Ciencia:

Ignacio Bravo, periodista científico, hizo público en páginas de Mundo Científico el manifiesto de la Fundación Independiente, por un Pacto Social por la Ciencia (2-8-96), que fue firmado por cerca de quinientos científicos españoles, y que resumimos: "... la capacidad de entender y aplicar las leyes de la naturaleza es esencial para el progreso y la prosperidad... La situación exige cambiar hábitos y actitudes características de la cultura española, lo que puede y debe hacerse manteniendo y potenciando el gran legado humanístico... Pues creemos que insertar efectivamente la ciencia en nuestro mundo cultural, es una necesidad histórica que debe considerarse como el gran reto español del momento....ya que ni la opinión pública ni muchos dirigentes políticos y económicos son conscientes de que esta es la raíz de muchos de nuestros males. Es preciso abrir un debate nacional en el que los medios de comunicación deben jugar un papel muy importante... Todo ello exige un cambio de mentalidad... que debe ser impulsado con excitaciones de carga fraccionaria mediante todos los estímulos que sean necesarios".

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES CONSULTADAS

- Aguekian, T.*, "Estrellas, Galaxias y Metagalaxias", Mir, Moscú, 1974.
- Alexeeva, Lilia*, "Resplandores celestes y preocupaciones terrenales, Editorial Mir, Moscú, 1985
- Alvarez Sánchez, Julio*, "Diccionarios Riduero", Ediciones Riduero, Madrid, 1983
- Ambos, Mariano G.*, "Diálogos sobre Física", Marlasca, Alicante, 1986
- Arijtsev, F. T.*, "La materia como categoría filosófica", Grijalbo, México D. F., 1986
- Arp, Halton*, "Controversias sobre las distancias cósmicas", Tusquets, Barcelona, 1992.
- Arnau, Arturo*, "El universo material", Caum, Madrid, 1996.
- Armenter de Monasterio, Federico*, "Panorama del universo", AYMÁ, Barcelona, 1955.
- Asimov, Isaac*, "Introducción a la Ciencia", Plaza & Janés, Barcelona, 1998.
- , "Cien preguntas sobre la ciencia", Alianza Editorial, Madrid, 2003
- Beiser, Arthur*, "Conceptos de física moderna", Libros Mcgraw-Hill, México, 1979.
- Beleval, Ivon y otros*, "Historia de la filosofía" (Vol. 6), Siglo XXI, 1982
- Bernal, Jhon D.*, "Historia social de la ciencia", Península, Barcelona, 1973.
- Bijovski, B.*, "Ciencia, sociedad y futuro", Cartago, Buenos Aires, 1965.
- Bogdánov, K.*, "El físico visita al biólogo", Mir, Moscú, 1989.
- Charon, Jean E.*, "El conocimiento del universo", M. Roca, Barcelona, 1968.
- Chernin, A.*, "Física del tiempo", Mir, Moscú, 1990.
- David Peat, F.*, "Sincronicidad: puente entre mente y materia", Kairos, Barcelona, 2003.
- Davies, Paul*, "El universo desbocado", Salvat, Barcelona, 1985
- , "Otros mundos", A. Bosch, Barcelona, 1983
- Dyson, Freeman*, "El infinito en todas las direcciones", Tusquets, Barcelona, 1991.
- Efimov, N.*, "Historia de los tiempos modernos", Futuro, Buenos Aires, 1960.
- Einstein, A.*, "La física, aventura del pensamiento", Losada, Buenos Aires, 1984.
- , "Mis ideas y opiniones", Antoni Bosch, Barcelona, 1981.
- , "Mi visión del mundo", Tusquets Editores. Barcelona, 1981.
- Engels, Federico*, "Anti-Düring", J. Grijalbo, México D.F., 1968.
- , "Dialéctica de la naturaleza", Grijalbo, Barcelona, 1979
- Fataliev, J. M.*, "Marxismo y ciencias naturales", Ed. Pueblo, Montevideo. U., 1965
- Foladori, G.*, "Entre la complejidad y la dialéctica de la naturaleza", CAUM, Madrid.
- Gamow, George.*, "La creación del universo", R.B.A., Editores, Barcelona, 1993
- Gleick, James*, "Caos", Seix Barral, Barcelona, 1988.

- Goldin L. L. y Nóvikova, G. I.*, "Introducción a la Física cuántica", Mir, Moscú, 1990.
- Gould, Stephen Jay*, "El libro de la vida", Crítica, Barcelona, 1999.
- , "La vida maravillosa", Crítica, Barcelona, 1991.
- Graham, Loren R.*, "Ciencia y filosofía en la Unión Soviética", Siglo XXI, España, 1976.
- Gratzer, Walter*, "Eurekas y Euforias", Crítica, Barcelona, 2004.
- Greene, Brian*, "El universo elegante", Crítica, Barcelona, 2006
- , "El tejido del cosmos", Crítica, Barcelona, 2004
- Gribbin, Jhon*, "En busca de la frontera del tiempo", Celeste Ediciones, Madrid, 1993.
- Gurowitz, E. M.*, "Las bases moleculares de la memoria", J. Betancor, Madrid, 1977.
- Guth, Alan H.*, "El universo inflacionario", Debate, Barcelona, 1998.
- Hawking, Stephen W.*, "El universo en una cáscara de nuez", Planeta, Barcelona, 2002.
- , "Historia del tiempo", Crítica, Barcelona, 1988.
- , "La teoría del todo", Mondadori, 2007.
- Heisenberg, W.*, "Diálogos sobre la física atómica", C. de Lectores. Barcelona. 1996.
- Holton, G.*, "Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas", Reverté, Barcelona, 1979.
- Jerez Mir, Rafael*, "La naturaleza de la cultura", CAUM, Madrid, 1997.
- Kosminsky, E. A.*, "Historia de la Edad Media", Futuro, Buenos Aires, 1962.
- Kostantinov, F. V.*, "Introducción al materialismo histórico", E. Grijalbo, México, 1973.
- Kragh, Helge*, "Introducción a la historia de la ciencia", Crítica, Barcelona, 1989.
- Krapivin, V.*, "¿Qué es el materialismo dialéctico?", Progreso, Moscú, 1989.
- Landau, L. y Rumor, Y.*, "Qué es la teoría de la relatividad", R. Aguilar. Madrid. 1968.
- Laszlo, Ervin*, "La ciencia y el campo akásiko", Nowtilus, 2004.
- Lenin, V. I.*, "Cuadernos filosóficos", Ayuso, Madrid, 1974.
- , "Materialismo y empiriocriticismo", Progreso, Moscú, 1979.
- Lederman, Leon*, "La partícula divina", Crítica, Barcelona, 2009.
- López, Cayetano*, "El ogro rehabilitado", El País/Aguilar, Madrid, 1995.
- , "Hacia una concepción distinta de la Naturaleza", CAUM, Madrid, 1999.
- Lucrecio Caro, Tito*, "De la naturaleza", Ciencia Nueva, Madrid, 1968.
- Mishuli, A. V.*, "Historia de la Antigüedad", Futuro, Buenos Aires.
- Monod, Jacques*, "El azar y la necesidad", Tusquets Editores, Barcelona, 2000.
- Moreno González, Antonio*, "Aproximación a la Física", Montena, Madrid, 1988.
- Mosterín, Jesús.*, "Diccionario de Lógica y Filosofía de la Ciencia", Alianza, 2002
- , "El pensamiento arcaico", CAUM, Madrid, 2004.
- Oparín, A. I.*, "Origen de la vida sobre la Tierra", Tecnos, Madrid, 1979.
- Ordoñez, J., Sánchez Ron, J. M. y Navarro, V.*, "Historia de la ciencia", Espasa Calpe, Madrid, 2004.

- Ortoli, S. y Pharabod, J. P.*, "El cántico de la cuántica", Gedisa, Barcelona, 1985
- Penrose, Roger*, "Ciclos del tiempo", Mondadori, Barcelona, 2010
- Petrivalsky, Marek*, "El ADN y la cultura", CAUM, Madrid, 2001
- Ponomariov, L.*, "Alrededor del cuanto", Mir, Moscú, 1974.
- Punset, E.*, "Cara a cara con la vida, la mente y el universo", Destino, Barcelona, 2004.
- Rakítov, A.*, "Fundamentos de filosofía", Progreso, Moscú, 1989.
- Rioja, A. y J. Ordoñez*, "Teorías del universo" (Vol. I), Síntesis, Madrid, 1999.
- Russell, Bertrand*, "ABC de la relatividad", Ariel, Barcelona, 1978.
- Sánchez Ron, J. Manuel*, "Historia de la física cuántica", Crítica, Barcelona, 2001. "El poder de la ciencia", Alianza Editorial, 1992.
- Sanz Buj, Luis*, "Física del éter", Sanz Buj, Madrid, 2006
- Séller, Franco*, "El debate de la teoría cuántica", Alianza Editorial, Madrid, 1986.
- Smith, James H.*, "Introducción a la relatividad especial", Reverté, Barcelona, 1969.
- Sommer, Herbert*, "Relatividad sin enigmas", Herder, Barcelona, 1979.
- Spiridónov*, "Constantes físicas universales", Mir, Moscú, 1986.
- Stewart, Ian*, "¿Juega Dios a los dados?", Crítica, Barcelona, 2001.
- Terrón, Eloy*, "Cosmovisión y conciencia", Endimión, Madrid, 1997.
- Trefil, James*, "1001 cosas que todo el mundo debería saber", Plaza & Janés, Barcelona, 1994.
- Udías Vallina, Agustín*, "Historia de la Física", Síntesis, Madrid, 2004.
- Varios autores*: "Historia de la filosofía" (Vol. I), Siglo XXI, Madrid, 1984.
- , "Diccionario Enciclopédico de Física", Mir / Rubiños, Moscú, Madrid, 1995.
- Vernadski, V. I.*, "Hacia las cumbres del saber", Mir, Moscú, 1982.
- Vernet, Juan*, "Lo que Europa debe al Islam de España", Acantilado, Barcelona, 1999.
- Weizsäcker, C. F.*, "La importancia de la ciencia", Labor, 1986.
- Wons, Aland*, "El genoma humano", CAUM, Madrid, 2004.
- Yuróvskaya, E. y Krivoguz, I.*, "Historia moderna", Progreso, Moscú, 1988.
- Ziguel, F.*, "Los tesoros del firmamento", Mir, Moscú, 1978

INDICE ALFABÉTICO DE AUTORES CITADOS

- Abbans, Claude F. J. d': 93
 Abelardo de Bath: **70**, 82
 Abenraguel: **76**
 Abraham, Max: 242
 Abú Hämīd, Al-Gazālī: **80**
 Adams, W. Sydney: **250**
 Aepinus, Franz: **153**
 Aeropagita, Dionisio: **70**
 Aflah, Jabir. Ibn: **80**
 Agassiz, Louis: **140**
 Agnesi, María: 198
 Agrícola, George: **86**
 Aguekian, T.: 300
 Ahmad, bin Musa: **82**
 Aitken, John: 171, **172**
 Al Batāni: **78**
 Al-Birūni: **79**
 Al Casī: **78**
 Al-Farabī: 78, **79**
 Al Farīsī, Kamāl: 77, **82**
 Al-Haytam: **79**
 Al-Jwarizmi, Muhammad: **78**
 Al Karismi: 66, 77, **78**
 Al Khazini: **80**
 Al-Kindi: **78**
 Al-Ma'mūn: **78**
 Al-Rāzi: **79**
 Al-Sarī: **82**
 Al-Sufi: **82**
 Albategui: **79**
 Alberto de Sajonia: **76**
 Alberto Magno: **73**
 Alcaraz, Lorenzo: 190
 Alcuino de York: **70**
 Alejandro Magno: **51**, 57
 Alembert, J. Le Rond, d': 93, 111, **115**, 150
 Alexandre della Spina: 13
 Alexandrov, A. Danilovich: **251**
 Alfonso el Sabio: **76**
 Alfraganus (Al-Frachani): **77**
 Alfvén, Hannes: **247**
 Algaroti, Francesco: **107**
 Alhazen: 13, 77, **79**, 82
 Alpetragius: 80, **81**
 Alpher, Ralph: 16, 240, 281
 Álvarez Sánchez, Julio: 300
 Alves, J. F.: 205
 Alzate, J. Antonio: 144
 Ambartsumian: **246**, 248, 251
 Ambos, Mariano G.: 300
 Ampère, A.: 98, **128**, 134, 136, 159
 Anaxágoras: 27, **44**
 Anaximandro: 27, **42**, 265
 Anaxímenes: 27, **43**
 Ándely, Henri d': 82
 Andersen, W. Philip: **265**
 Anderson, Carl David: **135**, 262, 264,
 Andrews, Thomas: **157**
 Andrónico de Rodas: **44**
 Angulo, Eduardo: 247
 Annala, Arto: **294**
 Another, J. Madore: 288
 Apolonio de Pérgamo: **59**, 63, 64, 77, 79.
 Appleton, Edward: **88**
 Akulov. V. P.: 269
 Aquiles: 46
 Arago, Dominique F.: 97, 122, **131**, 132,
 134, 149,
 Aristarco de Samos: 11, 57, **58**, 59, 62, 85
 Aristóteles: 8, 10, 11, 22, 27, 28, 33, 46-**48**-
 50, 57, 58, 62, 69, 72, 75, 77, 79, 81-83, 85,
 88-91, 99, 105, 127, 162, 240, 241, 261, 288
 Arp, Halton: 14, 15, 220, 223, 250, **260**, 300
 Arquímedes: **58**, 59, 66, 77, 79, 86, 89, 92
 Armati, Salvino de: 13
 Arnau, Arturo : 300
 Arjipsev, F. T.: 300
 Asclepiades: 54, 55
 Asimov, Isaac: **179**, 245, 300
 Aslakon: 149
 Aspect, Alain: 14, 259, **285**
 Assis, André: **22**,
 Astherkae, Abhay: 248, **289**
 Aston, F. William: **24**, 133
 Audouza, J.: 248
 Auger, Pierre Victor: **190**
 Augusto: 55, 60
 Avempace: **80**
 Avenarius, Richard: **170**

- Averroes: 80, **81**
 Avery, Oswalt T.: **272**
 Avicena: **79**, 80
 Avogadro, L. Amade: 37, 125, **128**,
 129, 162, 195
 Ayanz, Jerónimo de: **94**
 Aylli, Pierre d': **76**
 Azarquiel: 76, **80**, **83**
 Azofi: **79**
Baade, W. H. Walter: 16, 17, 116, 250
 Bardeen, John: 158, **238**, 266
 Bacon, Francis: 11, 83, **89**, 114, 144, 207
 Bacon, Roger: 11, 13, **73**, 82
 Baer, Kart Ernest: **118**
 Bailly, Jean-Sylvain: **152**, 162
 Balmer, Johann Jakob: **213**
 Banus, A. García: 190
 Barcons, Xavier: 277
 Bartelman, M.: 248
 Bassi, Laura: 198
 Bastus, Vicente J.: **69**
 Bateson, William: **271**
 Bauer, Edmond: 238
 Baum, Lauris: 248
 Beauregard, O. Costa de: **250**, 251,
 258, 259
 Bechert, Kart: **187**
 Becquerel, A. Henri: 114, **166**, 178,
 178, 181, 182
 Beda el Venerable: **70**
 Bednorz, Johannes: **290**
 Beeckman, Issac: **92**
 Beiser, Arthur: 300
 Bekenstein, J. David: **252**, 277
 Belevai, Ivon: 300
 Bell, Alexander G.: **137**
 Bell, Jhon: **285**
 Bell, Susain S. Jocelyn: **250**
 Benedetti, G. Batista: **86**
 Bergel, Eldo: 249
 Berkeley, George: 74, **110**, 115, 161,
 169, 194, 200, 229
 Berman, Samuel: **295**
 Bernal, John D.: 94, 227, **229**, 300
 Bernard, Claude: **151**
 Bernardo de Chartres: **71**
 Bernouilli, Daniel: 109, **111**, 112, 163
 Bernouilli, Jacob: 100, 111, 106, 107, **109**
 Bernouilli, Johann: 103, 111, 106, 107, **109**
 Bertholet, C. L.: 123
 Bertolucci, Sergio: 281
 Berzelius, Jöns: 98, 126, **129**, 130,
 133, 195
 Bessarion, Johanes: 84
 Bessel, F. Wilhelm: 13, **130**
 Besso, Michele: 200
 Bethe, Hans: 23, 196, **244**, 256
 Bevis, John: 112
 Bhaskara, Acharya: 40, **82**
 Bhata, Arya: 40, **82**
 Bijovski, B.: 300
 Bingen, Hillegarda de: 198
 Bining, Gerd: 266
 Bin-Nun, Amita: 290
 Biot, J. Baptiste: 104, **128**, 132
 Birkeland, Kristian: **247**
 Bjerknes, Wilhelm: **111**
 Bjorken, James: 267
 Black, Joseph: 112, **117**
 Blaauw, Adriaan: **205**
 Blair, Tony: 273
 Bloch, Felix: **241**
 Blojintsev, Dimitri: 254
 Boccaccio, Giovanni: 84
 Boecio, A. Severino: 56, 57, 62, 68, **69**, 70
 Boehmer, Christian: **253**
 Boff, Leonardo: **293**, 304
 Bogdanov, Grichka: 248, 289, 290
 Bogdádov, Igor: 248, **289**, 290
 Bogdánov, K. (A. Malinovski): 300
 Bohm, David: 247, 251, **254**, 259
 Bohr, Niels: 25, 37, 155, 148, 172, 176,
 179, 180, 183, 187, 191, 193-197, 203,
 204, 210, **212**-214, 217, 226, 231, 239
 Bojowald, Martin: 247, **289**
 Bolatto, Alberto: 205
 Boltwood, B. B.: **190**
 Boltzmann, L. E.: 123, 139, 152, 163,
164, 226, 233
 Bondi, Hermann: 16, 194, 205
 Boole, George: **288**
 Born, Max: 148, 179, 180, 196, 202, 203,

207,208,209,217,218,231,234,236

Boscovich, Rudjer: 37,159

Bose, Satyendra N.: **226,297**

Bosoliúbón, N. N.: 195

Bourguet, Pierre: **130**

Bouvard, Alaejo: **122**

Boyle, Robert: 28,35,37,49,55,86,95,

98,99,102,109,139,162,172,195

Bradley, James: **95,101**

Bragg, W. Henry (padre):188,**198,272**

Bragg, W. Lawrence: 188,198,272

Brahe, Tycho: 12, 83, **88**, 91,249

Brahmagupta: **40,77**

Brattein, Walter H.: **238**

Bravo, Ignacio: 299

Breteil, Emilie le T.: 198

Bretón, André: 258,**259**

Brodsky, Stanley J.: 283

Broek, P. von Musschen: **112**

Broek, A. J. Van den: **187**

Broglie, Louis de: 25,30,95,132,175,213

217,224,**225,226,231,235, 250,254,279**

Bromm, Volker: 22

Brout, Robert: 263,265

Brouwer, Luitzen: **241**

Brown, Robert: **127**

Bruno, Giordano: 8, 12,37,49,55,60,66,

83,**88**, 89,172,195,248,279

Brunowski: 249

Büchner, Luis: **152**

Buen, Odón de: 190

Buffon, G. Leclerc: 22,**112,138,164**

Bullard, Edward: **88**

Bullen, Keith: **133**

Bunge, Mario: **180**

Bunsen, R. Wilhelm: **140,155,156,215**

Burbidge, Geoffrey: **220**

Buridán, Juan: **76,85**

Bury, C. R.: **193**

Busch, Pedro: 190

Butterfield, H.:**74**

Byron, Ana: 198

Cabibbo, Nicola: 278

Cabrera, Blas: 190,**195**

Cabrera, Blas (hijo): **267**

Calcidio: 48

Calímaco: **58**

Calipo de Cyzico: **48**

Calvin, Melvin: 229

Calvino, Juan: **85**, 86

Campana, Pierluigi: 279

Campillo, Salva: 93

Cannizzaro, Estanislao: **126,129,160,**

162,195

Capella, Marciano: 48

Capra, Fritjof: 259,**274**

Carboner, Vicente: 190

Cardano, Gerónimo: **86**

Carlomagno:**54,57,61,62,68,70,78**

Carlos III: 103

Carnot, N. Leonard Sadi: **137,139**

Caro, Tito Lucrecio: 28,**55,60,61,95,**

301,104,195,261,

Carter, Brandon: **275**

Cartwright, E.:93,94

Carrasco, Pedro: 190

Casamayor, M. Antonia: 198

Casimir, Hendrik: 235,**248**

Casiodoro: **69**

Cassini, G. D.: 12,101,**130**

Cassini, J.: **130**

Catalán, Miguel A.:**187,188,190**

Cauchy, Luis: **133**

Cavalieri, F. Buenaventura: **92**

Cavendish, Henry: 99,**117,130,172,**

243,261

Celsius, Anders: 110,**112**

Celso, discípulo de Asclepiades: **55**

Cesalpino, Andrea: **86**

Cesárea, Basilio de: 68

Chadwick, James:155,192,195,**224**

Chamberlain, Owen: **264**

Chamberlain, Thomas C.: 135,**164**

Chan, Hong-Mo: 267

Chancourtois: 160

Chandrasekhar, S.: 21,194,**249,250,**

277,278,298

Chapman, Sidney: **88**

Chardin, Teilhard de (1881-1955):7

Chargaff, Edwing: **273**

Charles, J. A. Cesar: 35,157

Charney, Jule G.: **111**

- Charon, Jean E.: 25,300
 Châtelet, Émile du: **120**
 Cheng, Wan: **41**
 Chernin, A. : 300
 Chempni: 124
 Chevalley, Claude: **241**
 Chladni, Ernst: **150**
 Chidinov, E. M: 252
 Chiu, Hong Yee: 211,270
 Chudnovski, Eugene: **287**
 Church, Alonzo: **241**
 Cicerón: 51,53,**54**,62,85
 Clairaut, Claude: **130**
 Clapeyron, Emile: **139**
 Clark, Alvan G.: **250**
 Clauser, Juhn: 285
 Clausius, R.:137,139,152,**156**,163,230
 Clavius, C.: **87**
 Clemente de Alejandría: **67**
 Cleopatra VII: **57**
 Clinton, Bill: 273
 Cohen, Arminio: **163**
 Colombo, R.: **86**
 Colón, Cristobal: **76**
 Columela, J. Moderato: **83**
 Comenio, Juan Amos: **95**
 Compton, Arthur H.: 184,201,217,**224**,
 225
 Comte, Augusto: 62,**144**,166
 Compton, Karl: 224
 Condomine, Charles de la: **130**
 Confucio: 13
 Constantino I: 29,54,**56**,57,60-62,65,
 66-68
 Cooper, León N.: 158,**266**
 Cork, B.: 135
 Copérnico:11,66,83,**85**,86,89,92,98,115
 Cordón, Faustino: **55**
 Coriolis, G. Gaspar: **163**
 Cornell, Eric A.: **297**
 Cornu, Marie Alfred: **168**
 Coulomb, C. A.: 117,118,**119**,130,133,
 134,159
 Cowan: 210
 Cradwford, David: 248,**295**
 Cratilo: **47**
 Crick, Francis: 229,**253**,273,274
 Cristina, Reina: 98
 Cristo: 161
 Critias: **46**
 Crookes, W.: 34,**159**,165,170,171,
 172,239
 Ctesibio: **59**, 83
 Cullen, William: **157**
 Curie, Pierre:128,**177**,177,182,192
 Cusa, Nicolás de: **75**,85
 Cuvier, Georges: **126**,138,147
 Cyzico, Calipo de: **48**
Dalton, John: 35,37,49,55,**125**,128,
 129,133,145,146,160,162,168,172,
 195,261
 Dante, Alighieri: 84
 Darwin, Charles Galton: **215**,227
 Darwin, Charles Robert: **112**,118,138,
 141,145,146,147,151,215,226,227
 Dasu, S. Rau: 288
 Davies, Paul: **260**,300
 David Peat, F. : 300
 Davisson, Clinton:132,165,217,**225**,251
 Davy, Humphry:96,97,110,122,**129**,141
 Dawkins, Richard: 268
 De-Chang Dai: **231**
 Dekela, A.: 247
 Delbrück, Max: **273**
 Demócrito:8,10,27,28,33,37,46,**47**,49,
 50,55,61,95,104,125,143,172,195,261
 Dempster, A. J.: **133**
 Descartes:10,28,35,49,**98**-109,
 130
 Deschner : 65
 Dewar: 157
 Deybe, Peter: 214
 Dicke, Robert: 194,**268**
 Diderot, Denis: 93,110,**115**,144
 Dietrich, Jörge: 268
 Dieudonné, Jean: **241**
 Dignes, Thomas: **86**
 Dimitriyevich, Linde A.: 247,248
 Diofanto de Alejandría: 41,63,64,**66**
 Diógenes Laercio: **27**
 Dirac, Paul:36,37,135,217,**236**,252,290
 Discórides Anazarbeo: **50**

Djorgovski, S. G.: 270
 Doctorov, O.: 288
 Dolev, Merav: 289
 Doppler, Christian: 15,149,**220**
 Dressler, Alan: 20,248,284
 Drude, Paul: **179**
 Dufay, Charles F. : **111**
 Duff, Michel: 219
 Duhem, P.: 146,148,**161**,185
 Dühring, Eugène: **9**,143
 Duiller, N. Factio de: **106**,109,
 Dumas, J. B. A.: **133**,134
 Duperier Vallesa, Arturo: **190**
 Durero, Albrecht: 66
 Dyson, Freeman: 300
Eddington, Arthur S.: 5,23,37,179,
 194,**210**,233,234,242,243,249,250,
 277
 Edison, Thomas A.: 93,**137**,239
 Efimov, N. 300
 Ehrenfest, Paul:185,**207**
 Ehrenhaft, Félix: **170**
 Einstein, A.: 6-8,17,24,31,32,34,90,
 91,106,125,132,151,159,163,166,
 170,174-197,**198**,199-214,217,
 223-226,231,233,235,240,243,
 248,276,277,293,297,300
 Eisenberg, Hagai: 285
 Elcano, Juan Sebastián: 84
 Ellis, George F. R.: 274
 Elsasser, Walter: 88,**239**
 Empédocles: 27, **45**
 Engels, Federico: 6,9,10,28,47,75,
 108,114,141-145,**149**-151,299,186,
 299,300
 Englert, Francois:263,265
 Enrique VIII: 85
 Eötvös Roland: **167**
 Epicteto: **51**
 Epicuro: 8,10,27,**50**,51,55,61,69,
 92,95,143,195,261
 Epping: 278
 Erasístrato: **57**,58
 Erasmo de Rotterdam: 75,**84**
 Eratóstenes: 11,**59**
 Erigena, Juan Escoto: **70**

Ertel, Hans: **111**
 Escipión el Africano: 51
 Espagnat, Bernardo d': 258,**259**
 Espy, James: **111**
 Esplayar, Douglas: 264
 Esquilo: **45**
 Essen: 149
 Estrabón de Amasea: **57**
 Estratón de Lámpsaco: **58**, 83
 Eucken, Arnold: **220**,253
 Euclides:48,**58**,59,63,66,69,70,77,
 79,86,89
 Eudemo de Rodas: 58
 Eudoxio: **48**, 50, 56, 58, 75
 Euler, Leonhard:111,112,**113**,123,133
 Eusebio de Cesarea: **67**
 Everett, Hugh: 250,**266**
Fabricius, David: 12, **90**
 Fabrizio, Girolano: **86**
 Fahrenheit, G .D.: **110**,148
 Faraday: 8,85,**96-97**,114,120,129,
134,136,146,158,165,174,198
 Fataliev, J. M.: 300
 Feng, Jonathan: 268,269,295,296
 Felipe II: 94
 Fereyabend, Paul (1924/94): 29
 Fermat, Pierre de: 92,104,106,107,
 108,111,**113**
 Fermi, Enrico: 16,189,195,196,210,
 211,224,231,**233**,236,239
 Ferrara, Sergio: **219**
 Ferreira, Pedro: 253
 Ferrel, William: **111**
 Fert, Albert: 193
 Fesenkov, V. F.: **221**
 Feuerbach, Ludwig: **9**,143,145
 Feynman, R. P.: 219,239,**256**,274,290
 Filadelfo: 57
 Filolao de Crotona: 43, **46**
 Filón de Alejandría:54,60,**61**,63,65,67
 Filón de Bizancio: **60**,83
 Filopón, Juan: **69**, 80
 Firna, Abbas ibn: **83**
 Fischer, Emil: 272
 Fitzgerald, G. F.: 7,114,125,153,168,
 169,170,**174**

- Fizeau, Armand: 101, **149**
 Fleming, John A.: 239
 Fock, V. A.: 186,242
 Foladori, G.: 300
 Forest, Lee de: 239
 Fomalont: 242
 Forman, Paul: 188
 Foucault, J. B. L.: 101,130, **149**,156
 Fourier, Charles: **144**
 Fourier, B. Joseph: 110, **126**,131,144
 Fowler, Ralph H.: **250**
 Fox, Sidney: 229
 Frampton, Paul: 248
 Francisco. J. de Austria: 118
 Franck, James: 196
 Franklan, Edward: **130**
 Franklin, Benjamín: 35,93, **112**,144
 Franklin, Rosalind: 198,273,274
 Fraunhofer, Joseph: **131**,156
 Fresnel, A. Jean:24,35,101,124,127, **132**,149,153,189
 Friedman, Alexander:15,17,194,204, 205,**219**,240,243,267
 Friedrich, Walter: 187, **198**,272
 Frisch, Robert: 239
Galeno de Pérgamo: 63,75,78
 Galileo: 11,12,22,33,49,66,81,83,86, **90**, 91-93,99,101,102,104,106,116,133,242
 Galle, J. Gotfried: **122**
 Galler, Margaret: 248
 Galvani, Luigi: **119**
 Gamow, George: 6,28,223,**239**,240, 281,300
 García-Alas, L.: 195
 García Banus, Antonio: 190
 Garrod, A. Edward: **271**
 Gasperini, Mauricio: 219
 Gassendi, Pierre: 28,33,35,37,49,55, 92,**95**,99,102,150,172,195,261
 Gauss, Friedrich: **129**
 Gavela, Belén: 280
 Gay, Enrique: 190
 Gay-Lussac, Joseph Louis: **129**,160
 Gehaniau, J.: 243,255
 Geiger, Hans:154, **172**,191,213,215
 Geissler, Heinrich: **165**,239
 Geller, Margaret: **20**,284
 Gellibrand, Henri: **87**
 Gell-Mann, Murray: 24,39,175,**260**, 261-263,270,271,283,289
 Georgi, Howard H.:247
 Gerardo de Cremona: **71**,77
 Gerbert de Aurillac: **70**
 Gerlach, Walther: **214**
 Germer, Lester H.:**132**,165,217,226
 Ghez, Andrea: 277,**294**
 Giambattista Della Porta: 13
 Gianotti, Fabiola: 280
 Gibbon, Edward: 65
 Gibbs, Josiash Williards: **163**
 Gilbert, William: 83,**87**,97,104,134
 Ginzburg, V. L.: 252
 Gladstone, Mr: 136
 Glashow, Sheldon Lee: 38,246,248, 263,**267**,294
 Glauber, Roy. J.: **260**
 Gleick, James: 300
 Gödel, Kurt: 241,**242**,243,247,248
 Goepert-Maver, M.: 195
 Gold, Thomas: 16,194,205,240,243,247, **257**,260
 Goldin, L. L.: 301
 Goldstein, Eugen: **165**,172,173
 Golfand, Yu: 269
 Gondolatsch, F.: 23
 Gondold, Paolo:264
 González J. Enrique: 190
 Goodricke, John: **122**
 Goríaninov, P.: 230
 Got, J. Richard:20
 Goudsmit, Samuel:214,232,**236**,262,289
 Gould, Stephen Jay:94, **138**,229,302
 GrahamLoren R.: 301
 Graham, Nelly: 250,266
 Grassmann, G.: **140**
 Gratzner, Walter: 301
 Gray, Stephen: 34, **110**,111
 Green, George: **133**
 Green, Michel: 219,**285**
 Greene, Brian: **219**,301
 Greiner, Warter: 288
 Gregory, James: **46**

- Gribbin, Jhon: 301
 Griffiths, Robert: 270,**271**
 Gross, David: 261
 Grosseteste, Roberto: **71**, 82
 Grove, W. Robert:**123**,140,145,147,164
 Guillermo II: 203
 Guillermo de Conches: **70**
 Guillermo de Ockham: **74**
 Gunzig, E.: 243,255
 Guralnik, G.:265
 Gurowitz, E.M.: 301
 Gutenberg, Bero: **133**
 Gutenberg, Johann: **28**,55,84,261
 Guth, Alan: 16,17,21,**286**,294,301
Haber, Fritz: 184
 Hadley, George: 93,**111**
 Haeckel, Ernesto: **161**
 Hagen, C. R.: 265
 Hahn, Otto: 196,**197**
 Haisch, Bernard: 259
 Hajdukovic, Draga Slavov: 247,**292**
 Haldane, J. B. S.: 149,**229**
 Hall, Edwin Herbert: **136**
 Hall, John: **270**
 Halley, Edmond: 22,87,**109**
 Hamilton, W. Rowan: 111,**118**
 Hänsch, Theodor W.: **270**
 Hardt-Turok, Stein: 248
 Harti, J.: 270,271
 Hartsoecker, Niklaas: 37
 Harvey, William: **92**
 Harwi, Abulfaz: **82**
 Hatzifotiadov, Despina: 279
 Hassan, bin Musa: **82**
 Hauksbee: 189
 Hawking, Stephen:4,28,31,219,223,224
 248,249,252,**276**-280,284,289,294,301
 Headviside, Olivier: **88**
 Heargraves: 93,108
 Hegel, Georg Wilhelm F.:**66**,143,145
 Heiblun, Moty: 289
 Heidel, W. A.: 52
 Heisenberg: 36,148,169,179,180,
 183,202,208,209,214,218,**234**-237,
 242,292,301
 Helmholtz, H. L.:23,24,116,137,
 138,140,146,147,**150**,151,155,
 159,163
 Belmont, J. B.: 99
 Helvecio, Claude Adrien: **67**,144
 Henbest, Nigel: 11
 Heng, Zhang:**41**
 Henry, Joseph: **139**,153,174
 Heráclides de Ponto: **48**, 58
 Heráclito de Efeso: 9, **43**, 81
 Herapath, John: **110**,122
 Herbig, George: 18
 Herman, R. C.:16,240,281
 Herodoto: 41,42,**45**,52
 Herófilo: 57
 Herón de Alejandría: **62**,66,83,94
 Herschel, William: 12,13,21,115,
 116,**119**,122,145,147
 Hertz, Heinrich:168,**173**,211
 Hertzprung, Ejnar: 14,**206**
 Herzen, Alejandro:**60**
 Hesíodo: 27, **41**
 Hesiquio el Hebreo: 64
 Hess, Harry H.: 64,**207**
 Hes, V.F.: 189
 Heuer, Rolf-Dieter: 280,281
 Hi, Tchu: **41**
 Higgs, Peter: 263,**264**,265,280,282
 Hilbert, David: **241**
 Hilleth, T. Llewellyn: **214**
 Hiparco de Nicea: 11,57,**59**,63
 Hipasón: 43
 Hipsicles: **58**
 Hipócrates de Cos: 41,**47**,75,78
 Hipócrates de Quios: 48
 Hispano, Pedro: **82**
 Hitler, Adolf: 237
 Hobbbes, Thomas: **92**,98
 Hoffmann, Banesh: **29**,291
 Hofmeister: 272
 Hofstadter, Robert: 215
 Holbach, Paul-Henri: 144
 Holding: 140,141
 Holmes, Arthur: **23**
 Holton, G.: 301
 Hong-Mo Cham: 267
 Hooft, Gerardus: 265

Hooke, Robert: 13, 74, **103**, 109, 133, 242
 Hooper, Dan: 268
 Horacio: 55, 60
 Hoyle, Fred: 16, 23, 149, 205, 220, 222, 240, 243, 244, 247, **252**, 257
 Hubble, Edwin: 17, 18, 21, 23, 30, 204, **220**, 260, 277
 Huber, Martin C. C.: 16
 Hucara, Jhon: 20
 Huggins, William: **15**
 Huhes, Edwing: **137**
 Hull, Chris: 219
 Humason, Milton: **14**, 220
 Humboldt, Alexander von: 87, **126**
 Hume, David: 115, **161**, 162, 169, 194, 200
 Hutton, James: **22**, 132
 Huygens, Christian: 12, 24, 35, 95, 99, 100, 101, 104, 108, 109, 124, 139, 189, 243
 Hypatia: 54, **63**, **64-65**
Ibañez, Luis E.: 280, 282
 Illingwort: 124
 Indurain, Francisco J.: 211
 Inocencio III: **72**
 Isaac Hunayn Ibn: **78**
 Isidoro de Mileto: 58
 Israel, Werner: 250
 Israelian, Garik: **249**
 Ivanenko, D. D.: 195, 224
Jacobi, Maurice H.: 118, **140**
 Jacobson, Theodore: **291**
 J.J. (Véase: Thompson. J. J.)
 Jámblico de Alejandría: 43
 Jansen, Zacarias: 13, 93
 Jayyām, Umar: **80**
 Jeans, James: 37, **176**, 207, 221
 Jefferson, T.: 144
 Jeffreys, Harold: 133, **164**
 Jenófanes: **43**
 Jensel, H. D.: 195
 Jerez Mir, Rafael : 301
 Jiménez, G.: 190
 Johannsen, Wilhelm L.: **271**
 Jordan, Pascual: 37, 179, 180, 208, 209, 217, 234, **236**, 247
 Jorge Juan: **130**
 Josephson, Brian D.: 251, 259, **275**

Joule, J. P.: 110, 123, 139, 140, 141, **148**, 163, 164
 Judas: 61
 Judía, María la: 198
 Julio César: 53
 Juric, Mario: 20
 Jvolson, O. Danílovich: **166**
Kaiser, F.: **95**
 Kaku, Michiu: **286**, 287
 Kaluza, Theodore: 219, **258**
 Kane, Gordon: 280
 Kant: 9, 12, 21, 56, **115**, 116, 118, 121, 123, 145, 146, 147, 151, 162, 220, 221, 222, 286
 Kapitza, Pyotr L.: 157
 Kaplinghat, M.: 296
 Kapp, Reginald: **215**
 Kapteyn, J. C.: 12, 13
 Karliner, Marek: 283
 Karman, Theodor: **208**
 Kashlinsky, Alexander: 284, **292**
 Kay, John: 93
 Kaziuntinsk, V. V.: 252
 Keedy, J. Leslie: **275**
 Keeler, J. E.: **15**
 Keeson: 157
 Kelvin (Véase: Thompson, Wilson)
 Kemmer, Nicholas: 262, 289
 Kendrew, John. C.: **273**
 Kenelly, Arthur: **88**
 Kent, James: 274
 Kepler: 12, 22, 59, 66, 80, 81, 83, 87, **91**, 92, 98, 106, 188, 215, 242, 249
 Ketterle, Wolfgang: **296**
 Keynes, J. Maynard: **107**
 Khodolenko, A.: 288
 Kibble, Tomas: **265**
 Kip, Thorne: **275**
 Kirchhoff, Gustav: 131, 140, **155**, 156, 160, 176, 215
 Klitzing, Klaus von: 136, **278**
 Klaproth, M. H.: **181**
 Klein, Oskar: 219, **247**, 258
 Kleinpeter, Hans: **151**
 Kleist, Ewald Georg von: **112**
 Knipping, Paul: 187, **198**, 272

- Kobayashi: 269*
Kolbe, Adolf W. H.: 147
Kopeikin: 242
Kopniv, P. V.: 251
Kosminsky, E. A.: 301
Kossel, Walter: 188
Kostantinov, F.V.: 301
Kovalevskya, Sonia: 198
Kowenhoven, Leo: 243
Kragh, Helge S.: 247,301
Kramers, Hendrik A.: 148,231,251
Krapivin, V.: 301
Kraus, Lawrancwe: 291
Kreb, Hans: 271
Kroning, Raplh: 214,236
Kubayashi, Makoto: 278
Kumarbi, dios de los hurritas: 41
Kühn, C. G.: 63, 89
Kurra, Tabit ibn: 77,78
L'Hopital: 107,109
Lactancio: 69
Lagrange, Joseph Louis: 118
Lamarck, Jean-Baptiste: 112,118,147
Lamb, William E. Jr.: 133,252
Lamberston, G.: 135
Lamoreavx, Steven: 248
Landau, Lev: 34,39,246,250,301
Landé, Alfred: 189,208,214
Lander (FGM): 274
Landsberg, P. T.:288
Langevin, Paul: 37,193
Langmuir, Irving: 34,193
Lao-Tse: 40
Laplace, Pierre-Simon:21,101,110,115,116,117,119,121,130,132,145,147,150,162,209,221,222
Larmor, Joseph: 10,88,125,173
Las Casas: 75
Laso Prieto, José María: 190
Laszlo, Ervin: 301
Laszlo, Andrei: 247
Laughlin, R. B.: 286,290
Laval, Carl Gustav de: 93
Lavoisier, Antoine L.: 36,99,110,117,119,126,162
Leakey, Mary: 198
Leavitt, Henrieta: 14
Lederman, Leon:135,211,264,301
Legendre, Adrien Marie: 130
Lehmann, Ingen: 133
Leibfried, Dietrich: 258
Leibniz, G. Wilthem : 28,49,68,100,104,107,108,109,111,120,127,146,161,198
Lemaître, G.:16,19,194,222,240,248,260,294
Lenard, Philips: 171,178,190,192,202,213
Lenin, Vladimiro: 6,7,10,24,25,29,37,38,41,47,145,147,151,154,161,162,169,185,186,203,211,251,299,301
Lenz, Henrich F.: 140
Leonardo de Pisa: 71
Lerner, Eric J.: 247,248,297
Leucipo: 8,10,27,28,33,45,46,61,95,98,195,261
Liebing, Just von: 160
Liebknrecht, Karl: 183
Likhtman, E.: 269
Linus, Franciscus: 95
Lippershey, Hans: 13, 93
Lobachévski, N. I.: 137
Locke, John: 75,114,162,169
Lockyer, J. N.: 161
Lodge, Sir Oliver J.: 166,174
Loeb, Abraham: 270
Lombardo, Pedro: 70
Lomonósov:25,35,37,49,55,115,123,140,145,146,150,227,243
London, Fritz: 238
López, Cayetano: 301
Lorentz, Edward N.: 255
Lorentz, Hendrik A.: 7,8,114,135,153,168,169,170,184,208,209,214,255
Lósev, O. V.: 238
Love, A. E.: 133
Low, Ian: 280
Lowell, Percival: 122
Lumière, Luis: 93
Lutero, Martin: 29, 85
Luxemburgo, Rosa: 183
Lyell, Charles: 22,126,138,140,

145,147,151,207
 Lykken, Josep: 280
Mach, Ernest: 9,31,146,148,161,162,
 163,164,168,169,170,185,186,193
 MacLeod, Colin: **272**
 Macaulay, F.:**241**
 Maddox, John: **247**
 Mädlér, John Henrich: 109,116,123,
 145,**147**
 Magallanes, F. de: 84
 Mahoma: **77**
 Maimónides, M.: **81**
 Majorana, Ettore.: **243**
 Malebranch, Nicolás: **35**
 Malthus, Thomas Robert: 146
 Mandelbrot, Benoi: **255**
 Mahāvira: **40**
 Marco Aurelio: **51**
 Marconi, Guillermo: 88, **93,173,194**
 Maricourt, Pierre de (Peregrinus): **82**
 Mariotte, Edme: **133**
 Marius, Simon: **12**
 Marsden, Ernest:154,**172**,191,213,215
 Martínez, Ginés: 279,283
 Martínez, Risco, M.: 190
 Marx, Carlos: 6,9,27,28,49,108,115,
 141-**143**-146,186,299
 Masarra, ibn: **79**
 Maskawa, Toshihide: **278**
 Masreliez, Johan: 247
 Matthews, Thomas: 270
 Maupertius, P. Moreau: **111,294**
 Maurus, Rabanus: 70
 Maxwell: 8,24,35,87,95,97,114,
 117,123-125,135,136,146,**158**,
 159,163,164,167-169,170,174,
 192,198,199,211,220,221
 Mayer, Julius Robert:24,119,123,
140,141,150,151,164,167
 Mayer, Alfred Marshall: **172**
 Mayor, Michel: **246**
 McCabe, Joseph: 65
 McCarthy, Maclyn: 268,**272**
 McConnachie, Alan: 18
 Mecenas: 55, 60
 Megidish, Eli: 285

Meissner, Walter: **157**
 Meitner, Lise: 196,**197**,198,210
 Melvill, Thomas: **156**
 Mela, Pomponio: **83**
 Melvin, Sliper Vesto:**194**
 Mendeléiev: 37,146,158,159,**160**,
 161,162,195,261
 Menecmo: **50**
 Mersenne, Marín de: **92**,102,150
 Messier, Charles:12,**14**,31,123,286
 Meyer, Julius: **158**,195
 Meyer, María: 16
 Meyer, Stefan: 183
 Michel, John: 195
 Michelson, Albert A.:35,124,132,149,
 149,**167**-169,187,188,212
 Mie, Gustav: 242
 Miescher, Friedrich: **164**,272
 Migdal, A. B.: 195
 Miguel Ángel: 66, 84
 Milggrom, Mordeghai:106,248
 Miller, Stanley L.: 145,**147**,229
 Millikan, R. Andrews: 170,174,**189**
 Minchin, Robert: 247,268
 Minkowski, Hermann: 9,**180**,207
 Mirándola, Pico della: **84**
 Mises, Richard von: 183,184
 Mishuli, A. V. 301
 Miskevich, N. V.: 21,243
 Moissan, F. H.:**181**
 Moles, Enrique: **190**
 Moleschott, J.: **152**
 Mollet, Antoine: **111**
 Monasterio, F. A. de:10,243,300
 Monod, Jacques: 301
 Montanari, Geminiano: **122**
 Montgolfier: 93
 Moore Fabra, Sandra: **20**,248,284
 Moreno González, Antonio: 301
 Morgan, Thomas Hunt: **272**
 Morley, E.: 124,132,**167**,168,169,
 187,188,212
 Morse, Samuel F. B.: **137**
 Moseley, Harvey: 187,**215**,216
 Mosterín, Jesús: 301
 Moti, Lubos: 289

- Mottelson, B.: 195
- Moulton, Forest: **164**
- Muhamaad, bin Musa: **82**
- Mulder, Gerardus J.: **272**
- Müller, E. W.: **127**
- Müller, Hartmut: **291**
- Muller, Hermann: **272**
- Müller, Johann: **76**
- Müller, K. Alexander: 266
- Murphy, Alex: 268
- Naan, G. I.: 251**
- Nagaoka, Hantaro: 133, **177**, 190, 192, 215
- Nagarjuna: **40**
- Nambu, Yoishiro: 219, **257**, 263/64, 269, 289
- Nanavandi, Ahmad: **82**
- Nanopoulos, Dimitri V.: 243
- Napoléon: 117
- Nardone, P.: 243, 256
- Narlikar, Jayant V.: 247, 248, 257, **271**
- Naskawa: **269**
- Navier, Henri : **131**, 133, 163
- Ne'eman, Yubal: **260**, 262, 283, 289
- Nelson, Edward: 257
- Nernst, Walther H.: 155, 157, **184**, 224
- Nerón: **55**
- Neumann, Franz: **139**
- Neumann, John von: **242**
- Neveru, André: 269
- Newcomen, Tomás: **93**, 94, 139, 184
- Newland: 160
- Newman, Roy Ker-Herza: 277
- Newton: 7, 8, 33, 35, 37, 55, 91, 95, 100, 101, **104**, 105, 107-109, 113, 117, 120, 124, 125, 127, 130, 150, 156, 168, 170, 195, 198, 199, 202, 204, 213, 243, 261
- Nicetas: 62, 85
- Nicholson, J. William: **213**
- Nicómaco de Gerasa: **62**
- Nieuwenhuizen, Peter Van: 219
- Nikio, Juan de: 63
- Nizami, Gandejevi: **81**
- Nobel, Alfred: **185**
- Nodlan: 204
- Nordsttröm, Gunnar: 242
- O´Shangnessy: 153
- Oersted, H. Christian: 96, 121, **128**, 134, 136
- Ohm, G. Simon: **131**
- Oken, Lorentz: **118**
- Oldham, Richard: **133**
- Olbers, Heinrich: **109**
- Oldham, Richard: **133**
- Oliván, R.: 190
- Omar, Khayyam: **80**
- Omelianovski, M. E.: 254
- Omeyas / Abasíes: 77
- Onnes, H. Kammerling: 157, **169**
- Onsager, Lans: **255**
- Oort, Juan: **232**, 295
- Oparin, Alexandr I.: **226**, **227/228**, 229, 301
- Öpik, Ernest: **232**
- Oppenheimer, J. Robert: 208, **239**, 250, 277
- Ordoñez, J.: 301
- Oresme, Nicolás de: **76**, 85
- Orígenes: **68**
- Orman Quine, W. van: 241
- Oró, Juan: **229**
- Ortoli, S.: 302
- Ostwald, W. Friedrich: 164, **168**
- Owen, Robert: **144**
- Pacini, Franco: 275**
- Pajares, Carlos: 280
- Panecio de Rodas: **51**
- Papin, Denis: 94, **139**
- Pappus: **66**
- Paracelso, T. B. von: 50, **75**, 117, 162
- Parménides: **44**, 46
- Pascal, Blaise: 92, **102**-104, 107
- Paschen, Friedrich: 176, **184**, 214
- Pasteur, Louis: **226**, 227
- Pati, Jogesh: **271**
- Paty, Michel: 259
- Pauli, Wolfgang: 38, 179, 191, 193, 208, 210, 214, **231**, 232, 233, 284
- Pauling, Linus: **232**, 273
- Payne, Cecilia: **233**, 234
- Pearson, Karl: 9, 13, 148, **161**, 185
- Peebles, James: 248, **268**
- Peierls, Rudolf: 196

- Peltier, J. C. Athanase:* **130,131,152**
Penrose, Roger: **248,267,276,277,290**
Penzias, A. Alan: **240,266,268,270,284**
Peralt, Anthony: 248
Pérez Vitoria, Augusto: 190
Pericles: **45, 51**
Perlmutter, Saul: **31,288**
Perrin, Jean: **127,128,165,172**
Perutz, Max: **273**
Peruzzo, A.: 95
Peset, Joan: 195
Petrarca: **13,84**
Petrivalsky, Marek: 302
Petrov, A. Z.: 21,243
Peurbach, Georg: **76**
Picard, Jean: **130**
Piccione, O.: 135
Pictet: 157
Pik, Ernest: 248
Pirrón: **50**
Pitágoras: **42,61,70**
Planck: 28,128,155,174,**175**,183,
184,185,189,191,201,203,207,213,
217,218,220,226,252,253,293
Platón: **9,47,48,49,57,61,62,68,74,**
71,78,79,261
Plejánov, G. V.: **186**
Plinio, Cayo: **56, 70**
Plotino: **56**
Plutarco: **62, 67, 85**
Podolsky, Boris: **202,238**
Poincaré, Henri: 10,35,148,161,163,
170,180,185,255
Poisson, Simeón D.: 101,110,**130,132**
Ponomarev, L.: 302
Prokoshkin: 135
Politzer, David: 261
Pomeranchuk, I. Y.: **157**
Poncelet, Jean Victor: **132**
Pontecorvo, Bruno: 196
Porfirio de Batanea: **56**
Porta, Giambattista della: 13
Posidonio de Apamea: 11,51,54,57,**60**
Powell, Cecil Frank: **14,246**
Poynting: 148,185
Priestley, Joseph: 110,**118,119**
Prigogine, Ilya: 243,**255,288**
Proclo: **66**
Proust, Joseph-Louis: **123,162**
Prout, William: 30,37,**133**
Ptolomeo II Filadelfo: 57
Ptolomeo III: 59
Ptolomeo, Claudio: 59,**63,70,76-79**
Ptolomeo I Sóter: **57**
Punnett, E.: 302
Purkinje: 145,**147,230**
Pushkin, A. S.: 1
Puthoff, Harold: 259,**270**
Queloz, Didier: **246**
Rabi, Isidore: 279
Rafael: 84
Raines: 210
Rainwater, J.: 195
Ralston: 204
Ramond, Pierre M.: 269
Ramsey: 194
Ramus, Pedro: 60,**86**
Ranking, William: **150**
Rakitov, A.: 302
Rau, Alberto: **151**
Rayleigh, lord (Véase: Strutt, J. W.):
Reagan, Ronald: **231**
Réaumur, René A.: **110**
Rebolo, Rafael: **245**
Redfield, William: **111**
Rees, Martín J.: 243,**275**
Reignault, Victor: **160**
Reynolds, Osborne: 163
Rey, Abel: **193**
Riess, Adams Guy: **31,288**
Richards, T. W.: 129
Richer, Jean: **12,130,263**
Riemann, Bernhard: **137,202**
Rioja, A.: 302
Rivera, Alicia: 279
Roche, Edouard: **242**
Rockefeller: 183
Roher, Henrich: 266
Rohrlich, Fritz: **258**
Römer, Olaus: 99,101,**108,149,159**
Röntgen, Wilhelm K.: 153,**165,172**
Roosevelt, F. D.: 196,**230**

- Roscoe, Henri: 129,140,156,**160**
 Rose, Conde de: 249
 Rosen, Nathan: **202**,238
 Rosenfeld, Leon: 242
 Rousseau, Jean-Jacques: **115**
 Rovelli, Carlo: 289
 Rowland, Henry A.: 129,**131**
 Ruark, Arthur Edward: 203
 Rubbia, Carlos: **246**,279
 Rücker, A. William: **166**
 Rújula, Alvaro de: **278**,279,280
 Rumford. (Véase: Thompson, Benjamín)
 Russell, Bertrand: 15, 138,224,**241**,242, 260,302
 Russell, Henry N.: **194**,206,234,244
 Russel, Targ: 259
 Russell, Walter: 173
 Rutherford: 34,37,38, 114,118,154,155 170,172,178,**190**-192,194,213,215, 217,224,226,231,234,252,261
Sabine, Edwar: 87
 Sadage, Alle: 23
 Safranov, Victor: 164
 Sagan, Carl Edward: **63**,230
 Sage, George Luis Le: 243
 Saint-Simón: **144**
 Sajonia, Alberto: **76**
 Sakharov, Andrei: **259**,260,279
 Salam, Abdus:**38**,246,265,267,271,294
 Samauco: 52
 San Agustín: 54,55,60,61,62,66,**68**,72, 73,240
 San Ambrosio: 54,60,61,**62**
 San Anselmo: 73
 San Basilio de Cesarea: 7
 San Buenaventura: 74
 San ,66: 54,**63**,65,66
 San Isidoro: **70**
 San Jerónimo: 54
 San Juan, J. Huarte de: 89
 San Pablo: 67
 Sánchez Ron, J. M.: 281,301,302
 Santaló, Marcelo: 190
 Santiago: 61
 Santo Tomás de Aquino: 60,61,62,68, 69,71,**74**,81.
 Santos, Nuno: **246**
 Sanz Buj, Luis: 302
 Sarfatti, Jack: 254,**274**
 Savart, Felix: **128**
 Savery, Thomas: **94**
 Seebeck, T. Jhuan: **126**,131,152
 Seller, Franco: 302
 Selleri, Franco: **251**
 Sen, Asoke: 219
 Scheiner: **88**
 Sciama, Denis:**260**,267
 Schaberle, Jm. M.: 249
 Scherbatskoi, F. I.: 40
 Scherk, Joël: 219
 Schleiden, M. Jacob: **141**
 Schmidt, Brian P.: **31**
 Schmidt, Helmut: 259
 Schmidt, Marteen: **18**
 Schmidt, Otto: **221**
 Schneider, P.: **248**
 Schrödinger: 25,36,169,179,180, 192,208,209,210,214,**216**-218,225, 235,236,238,240,242,257,290
 Schwann, Theodor: **141**,230
 Schwarz, John: 218,219,269,**285**
 Schwartz, Melvin: 211,**241**
 Schwarzschild, Karl: 277
 Schwerd: 187
 Schwinger, Julian: **256**
 Schwwartz, Laurent: **241**
 Secchi, Pietro A.: 35,88,145,**148**
 Segre, O: 135
 Segre, Emilio: **264**
 Seleuco de Seleucia: **48**
 Selleri, Franco: 259
 Sen, Ashoke: 219
 Séneca: 12, 51, **55**,
 Sennert, Daniel: 37,**94**,172,261
 Sepúlveda : 75
 Servet, Miguel: 83, **86**
 Shangnessy O': 153
 Shapley, Harlow: 14
 Shaugnessy, Gabe: 280
 Shanks, Tom: 248
 Shelton, Ian: 249
 Shokley, William: **238**

Shu, Win-Yi: 247,248,253
 Schleiden, M.J.: 230
 Sidhart, B. Gautam: 248,**287**,288
 Siemens, Warner von: 93
 Silesio de Cirene: 64
 Silk, J.: 247
 Silvestre II: 70
 Sirokov, S. M.: 242,243
 Sitter, Willem de: 15,**193**,194
 Sizi, el monje: 13
 Sklodowska, Marie Curie:**177**,**181/182**
 Slater, J. Clarke: 148,213,**231**
 Slipher, Vesto Melvin: 14,**194**,220
 Smart, J. S.: 16
 Smith H, James: 302
 Smolin, Leo: 248,289,**292**
 Smoot, George: 240,**284**
 Sócrates: **48**, 65,66
 Sócrates Escolástico: **65**
 Soddy, Frederick: 191,**194**
 Sófocles: **45**
 Sokolov, Igor: **251**
 Soldner, Johan: **166**,204
 Solvay, Ernest: **185**
 Sommer, Herbert: 302
 Sommerfeld: 37,155,**186**-188,191,
 214,215,224,231,296
 Sommerville, Mary: 198
 Sortiriou, Thomas O.: **291**
 Sosígenes de Alejandría: **56**
 Soto, Domingo de: **75**
 Soto, A. Fernández de: 166
 Spencer, Herbert: **62**
 Spengler, Oswald: 183
 Spergel, P. D. N.: 247,284
 Spina, Alexandre della: 13
 Spinoza, Baruch: 81,**102**,144
 Spiridónov, O.: 21,302
 Stachel, John: 200
 Stahl, George: **109**
 Starobinsky, Alexander: 252,277
 Stas, Jean Servais: **133**
 Stein, Haro-Turov: 248
 Steinberger, Jack: 211
 Steinhartat: 247
 Stephenson, George: **139**

Stern, Otto: 214,**220**
 Stevin, Simón: **89**, 90
 Stewart, Balfour: 88
 Stewart, Ian: 248,302
 Stojkov, Dejan: 294
 Stokes, George G.: **153**,163,172,181
 Stoney, George J: 37,38,**155**,165,172
 Störmer, Horst: **289**
 Strassman, Fritz: **196**,197
 Strutt, J. W. (Lord Rayleigh): **150**,176,
 184,207
 Struve, Friedrich W. von: 13
 Struve, Otto: **226**
 Sudarshan, E. C.: **266**
 Sundrum, Randall: 248
 Sushkov, Alexander: 248
 Susskin, Leonard: 219
 Swing, James: **170**
 Szilard, Leo: 196,**230**,273
Tácito, Publio Cornelio: 61
 Tales de Mileto: 27, **42**, 52
 Tamann, Gustav A.: 16
 Tapputt-Belatekallim: 198
 Tartaglia, Nicoló Fontana: **86**
 Taylor, Joseph H.: **32**
 Tegmark, M.:248
 Tch'ong, Wan: **41**
 Teller, Eduard: 16,196,**231**,240
 Teodorico el Grande: **69**
 Teodosio I: 54,56,62,63
 Teodosio II: 56
 Teófanos: **67**
 Teófilo de Alejandría: 63
 Teón de Alejandría: **63**,64
 Teofrasto de Ereso: **50**, 88
 Teramon, Guy de: 283
 Terrón Abad, Eloy: 302
 Tertuliano, Quinto Septimio: **68**
 Tesla, Nikola: **173**,293
 Thierry de Chartres: **70**
 Thom, René: **241**
 Thompson, Benjamín (Rumford):
 110,**122**,141,164,184
 Thompson, G. P.:100,132,225,**226**
 Thompson, J. J.: 37,100,114,154,156
170-172,190,192,207,209,226,239

- Thompson William (Kelvin): 37, 120, 137, 138, 147, 148, 151, **152**, 154, 157, 159, 172, 185, 190
 Thorne, Kip: **275**
 Ting, Samuel: 263
 Titius, Johann: 122
 Tito Livio: **53**, 55, 60
 Todd, Alexander R.: **273**
 Toland, John: 144
 Tolman, Richard Chace: 267
 Tolley: 247
 Tom Van, Flandén: 247
 Tomonaga, Schinitschiro: **246**
 Tonks, L.: 34
 Torquemada, J.: **85**
 Torquemada, T.: **85**
 Torricelli: 90, **91**, 93, 94, 102, 104
 Townes, C. H.: 124
 Townsend, J. S. Edward: **172**
 Townsend, Paul: 219
 Trefil, James: 302
 Trodden, Marck: **295**
 Tsai, Tchang: **41**
 Tse-Tung, Mao: **41**
 Tsou, Florence: 267
 Tsu, Tchuang: **40**
 Tsui: 286
 Tucídides: **45**
 Tufayl de Guadix, Ibn: **81**
 Turner, Michael: 16, 253, 268
 Turing, Alan: **241**
 Turok, Neil: 247
 Turyshév, Slava: 295
 Turkevich, A.: 16
Udias Vallina, Agustín: 302
 Uhlenbeck, George: 214, 232, **236**, 262, 289
 Ulloa, Antonio: **130**
 Unruth, William: **260**
 Unsöld, Albrecht: **245**
 Urey, Harold Clayton: **229**
 Ussher, James: 22
Valentino III: 56
 Vanini, Giulio C.: **60**
 Van der Mer, Simón: 279
 Varrón, Marco T.: **54**
 Veltman, Martinus J. G.: 256
 Velyaminov, A. Vorontzoff: **257**
 Veneziano, Gabrielle: **219**
 Vernadski, V. A.: 302
 Vernet, Juan: 302
 Verrier, Urbain J. J. Le: **122**, 131
 Vesalio, Andrés: 86
 Viciano, J.: 190
 Vigier, J-Pierre: 251, 254, **257**, 259
 Viklinin, Alexy: 284
 Villalta, M.: 292
 Villard, Paul: 178
 Vinci, Leonardo da: 13, 66, **84**, 129, 242
 Virgilio: 55, 60
 Vitoria, Pérez: 190
 Vitruvio, Marco: **54**, 59
 Viviani: 90
 Vlasov, A. A.: 34
 Vogen, Herman Carl: **13**, 15
 Vogth, Carlos: **152**
 Volok, D. V.: 269
 Volta, Alessandro G.: 93, 97, 129, **121**
 Voltaire, Francois-M.: 111, **115**
 Vorontzoff Velyaminov, A.: **257**
 Vrier, Hugo de: **272**
Walker, Fabián: 205
 Wächtershäuser, Gunter: **230**
 Warburg, Otto: **271**
 Waston, William: 112
 Watson, James D.: 229, 253, **273**, 274
 Weber, Josep: 242
 Weeber, Wilhem: **140**
 Wegener, Alfred: **207**
 Weil, André: 241
 Weinberg, Steven: 38, 39, 246, 247, 265, 267, **268**, 294
 Weisskopf, Victor: **248**
 Weizsäcker, Carl F.: **221**, 247, 302
 Wells, Herbert G.: 230
 Weerner, A. G.: **138**
 Wess, Julius: **269**
 Wetherill, George: 164
 Wetzel, V.: 135
 Weyl, Hermann: **242**
 Wheaton: 178
 Wheeler, J. A.: 214, **250**, 266, 277

- Wheatsstone: 153
 Whitehead, Alfred North: 241
 Wiechert, Emile: **133**
 Wiegran, C.: 135
 Wiemman, Carl. E.: **297**
 Wien, Wilhelm: 155,176,183,**184**
 Wiener, Norbert: **127**
 Wigner, Eugene:196,231,237,**38**,
 258,259
 Wilczek, Frank: 261
 Wiles, Andrew: **113**
 Willard, Paul: **178**
 Wilke, Johan C.: **110**,112
 Wilkin, John: **102**
 Wilson, Charles T. R.: **172**
 Wilson, Harold Albert.: **172**
 Wilson, J. Tuzo: 207
 Wilson, William: **187**
 Wilson, R. Woodrow: 240,248,268,
270,279,284
 Witten, Edward:39,219,269,285,**290**
 Witt, Brice de: 250,266
 Wöhler, Friedrich: 145,**147**,229
 Woltwood, B. Borden: **190**
 Wons, Aland: 302
 Wolf, Caspar: **118**,145,147
 Wollaston, W. Hyde: **156**
 Wright, Thomas: **113**
 Wrigth, E. L.: 248
Xunzi: 41
Yao, Xing-Can: 286
 Young, Thomas:112,118,119,**127**,
 132,153
 Ypsilantis, Th: 135
 Yu, H-B.: 296
 Yunus, Ibn: **80**
 Yukawa, Hideki: 38,**246**, 266
 Yurósvskaya, E.: 302
Zadeh, Lofti: 288
 Zeeman, Pieter: 189,**209**
 Zeilinger, Anton: **286**
 Zeldovich, Yakov: 28,**252**,276,277
 Zelmanov, A. L.: **251**
 Zenón de Citio: **51**
 Zenón de Elea: **45**, 46
 Zenón de Sidón: **51**
 Zhao, Hogn Sheng: 253
 Ziguel, F.: 302
 Ziman, Johan: 302
 Zinin, N. N.: 145,147,229
 Zöllner, Friedrich: **160**
 Zöppritz, Kart: 133
 Zumino, Bruno: 269
 Zúñiga, Diego: **86**
 Zweig, George: 260,262,283
 Zwicky, Fritz:23,116,**230**,243,
 249,250,289,290,294,295