

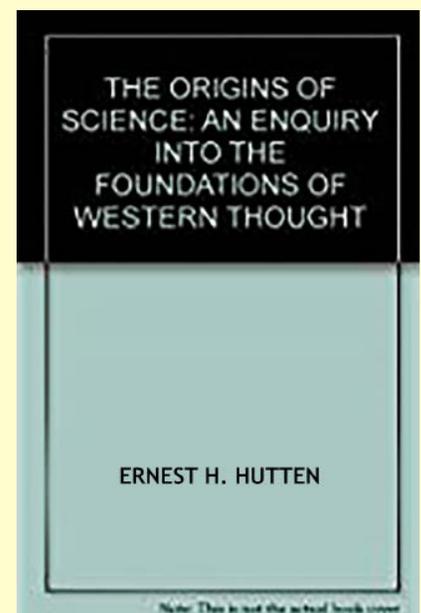
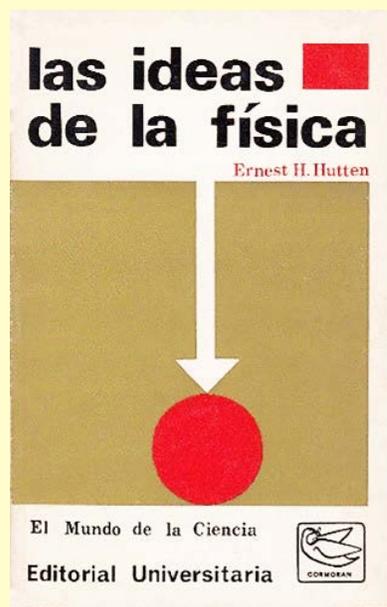
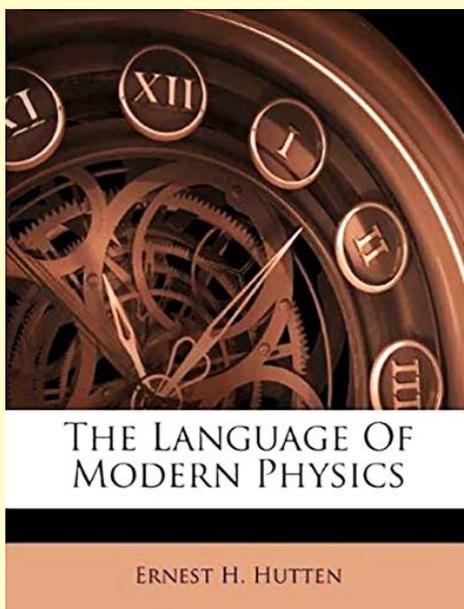


Leyendo a...

Las ideas de la Física de Ernest H. Hutten

Ernest Hirschlaff Hutten, físico y filósofo de la ciencia alemán-británico, nació en Berlín el 23 de noviembre de 1908 y falleció el 8 de enero de 1996. Después de sus estudios de doctorado en Física se fue a Inglaterra en donde trabajó con Ernest Rutherford en la Universidad de Cambridge y en la Universidad de Londres. Entre los años 1942 y 1947 se fue a Estados Unidos en donde trabajó en la Universidad de Chicago, colaborando con Einstein y Shrödinger, entre otros físicos. En 1947, en el Reino Unido, obtuvo el cargo de profesor en la Universidad de Londres, recibiendo el rango de Lecturer universitario en 1957. En 1970 recibió el título de profesor de Física Teórica. Entre sus obras se encuentran:

- Fluorescence & phosphorescence (1938)
- El lenguaje de la Física Moderna (The language of Modern Physics: An introduction to the philosophy of science, 1956)
- Los orígenes de la ciencia (The origins of science, 1962)
- Las ideas de la Física (The ideas of physics, 1967)



Eureka, Enseñanza de las Ciencias Físicas, julio 2017

En el libro, "Las ideas de la Física" del profesor Ernest H. Hutten, se presenta una historia de las grandes teorías físicas, desde Newton hasta el presente, considerando la historia de unas pocas ideas fundamentales de la Física, las que concebidas e inventadas por un número reducido de grandes físicos, reaparecen de manera cada vez más abstracta en las sucesivas teorías.

Los siete capítulos del libro son:

1. Experimentación y Matematización
2. Partícula y Onda, los dos conceptos básicos
3. Fuerzas y campos. Espacio y tiempo
4. El modelo en Física. Abstracción, generalización e idealización
5. Sistema y proceso
6. Las fronteras de la Física
7. Resumen general. Evolución de la Física. La ciencia como actividad creadora

En este artículo se ha extraído la introducción y el resumen que aparece al final de cada uno de los capítulos.

En el prefacio manifiesta el autor: "La ciencia bajó del Cielo a la Tierra por el plano inclinado de galileo". Desde aquel tiempo, la Física ha progresado más rápidamente que cualquier otra ciencia. La portentosa proliferación de sus conocimientos desde la mecánica newtoniana hasta las teorías modernas sobre los núcleos y las partículas elementales, ha hecho de la Física un modelo de esfuerzo científico. De ahí que sea muy importante no sólo reducir tal acopio a las ideas principales, sino también mostrar cómo se produjo, esto es, cómo consiguieron los físicos internarse tanto en lo desconocido. En este volumen se exponen las nociones fundamentales de la Física y los razonamientos básicos que dieron origen a las numerosas teorías.

1. Experimentación y Matematización

La experimentación deliberada marca el comienzo de la Física moderna en el Renacimiento con Galileo. El físico interroga a la Naturaleza. Aunque hacer esto es una operación material, la pregunta misma y la respuesta obtenida se formulan con símbolos abstractos. Generamos información mediante una situación creada artificialmente en el laboratorio y usando, para descubrirla, un simbolismo convencional, abstracto. La Matemática es el primer sistema de símbolos abstracto, y todavía el único universal. Por medio de la matematización, llevamos el conocimiento más allá de los límites del lenguaje. Es preciso interpretar el simbolismo, si se quiere referirlo al mundo exterior. La fuente de toda interpretación es la imaginación. Una interpretación sólo tiene valor explicativo si es racional, o sea, cuando la confirma el experimento. Los criterios de la confirmación son tanto la predicción como la integración.

Además de dar respuesta a cuestiones específicas, se inició un modo de pensar completamente nuevo, un método de teorización novedoso y, con él, un tipo más avanzado de experimentación. Por supuesto, la teoría y la práctica están entrelazadas indisolublemente en el contexto de una novedad teórica.

Las ideas de la Física moderna son muy "abstractas" en el sentido de que distan mucho de la experiencia ordinaria y, en efecto, no se pueden exponer cabalmente en lenguaje común.

Necesitamos una larga cadena de interpretaciones para llegar, a través de diversos grados de abstracción, de la clase más familiar de conocimientos a las ideas actuales, que por su parte siempre se aceptan sólo transitoriamente. Este alto grado de abstracción se hace posible, en Física, por el empleo del simbolismo matemático. Lo importante es reconocer que la matematización afecta a la experimentación: el experimento ya no es una operación simple, en la cual el científico sabe exactamente qué hacer y qué resultados esperar.

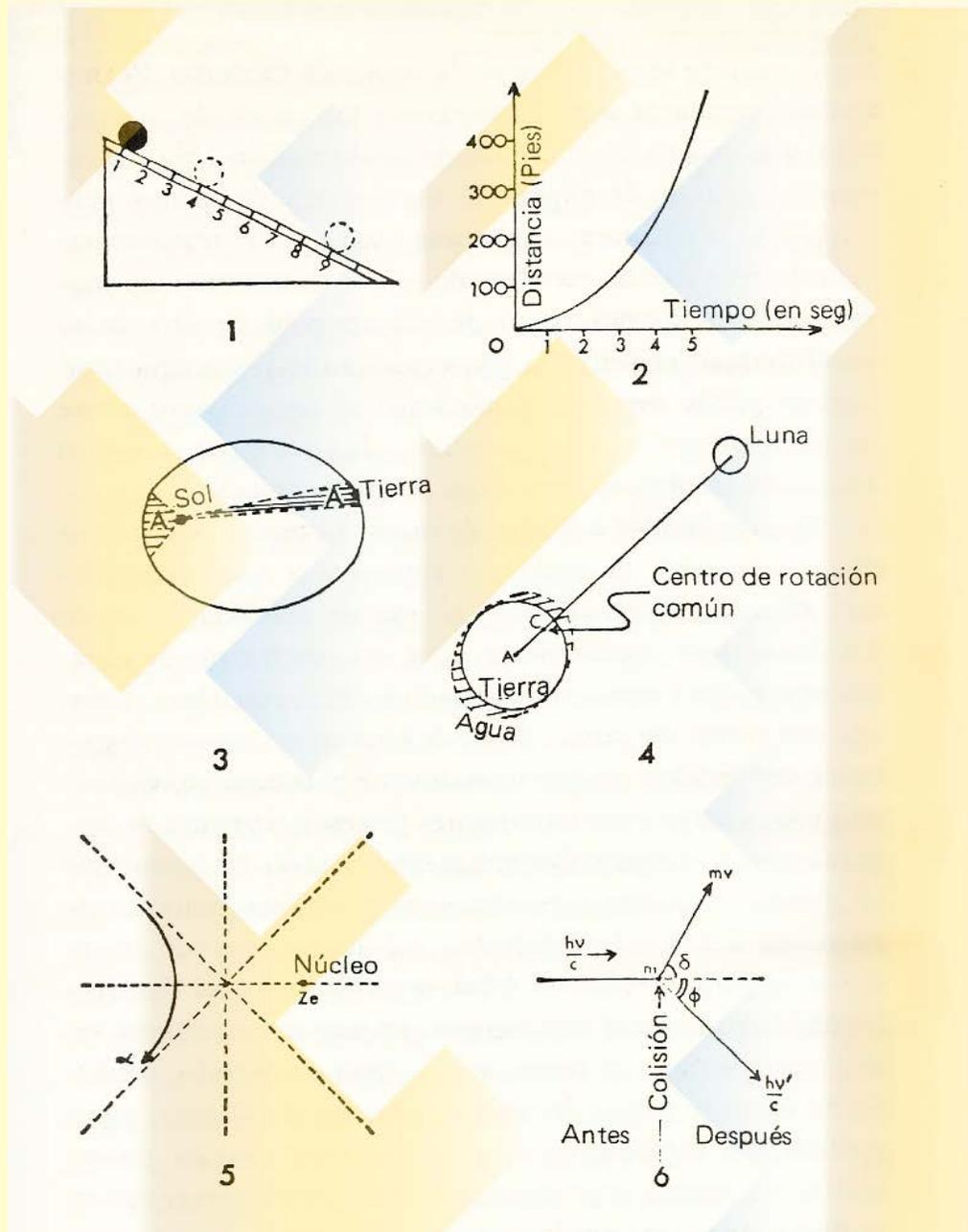
Por supuesto, nunca fue verdad que "los datos hablan por sí solos". Hasta la observación "directa" de un objeto familiar –de una estrella, por ejemplo– presupone no solamente un largo proceso de aprendizaje por parte del individuo, sino también conocimientos acumulados por la humanidad en miles de años. Demasiadas explicaciones del método científico contenidas en los textos parecen sugerir que un individuo adulto –el hombre de ciencia en su laboratorio– ha obtenido datos infalibles por un acto de percepción directa. Se olvida el lento desarrollo de las ideas en el individuo y en la humanidad: no podemos interpretar correctamente nuestras experiencias a menos que las veamos en secuencia. Todo desarrollo pasa por vías indirectas y rodeos equivocados; todo conjunto de observaciones contiene algún error, y no hay teoría que, con el correr del tiempo, no necesite rectificación. No podemos entender el método científico a menos que veamos la ciencia como una actividad humana cambiante y percibamos las etapas a través de las cuales se ha desarrollado.

Resumen: La experimentación y la matematización son los dos métodos de la Física. Whitehead dijo que "toda ciencia va matematizando sus ideas a medida que avanza hacia la perfección". Aunque es fácil concordar con tal opinión, es importante no interpretarla mal. El valor principal de la matemática es suministrar un sistema universal de símbolos, y no un medio de juicio cuantitativo. El carácter abstracto de la matemática capacitó al físico para llevar sus teorías más allá de los límites del lenguaje corriente, a los dominios del átomo y de la galaxia. Sin embargo, la confirmación de una hipótesis no es cuestión de mera coincidencia numérica; depende de la interpretación de las fórmulas matemáticas, que en última instancia refleja la conducta humana racional.

2. Partícula y Onda, los dos conceptos básicos

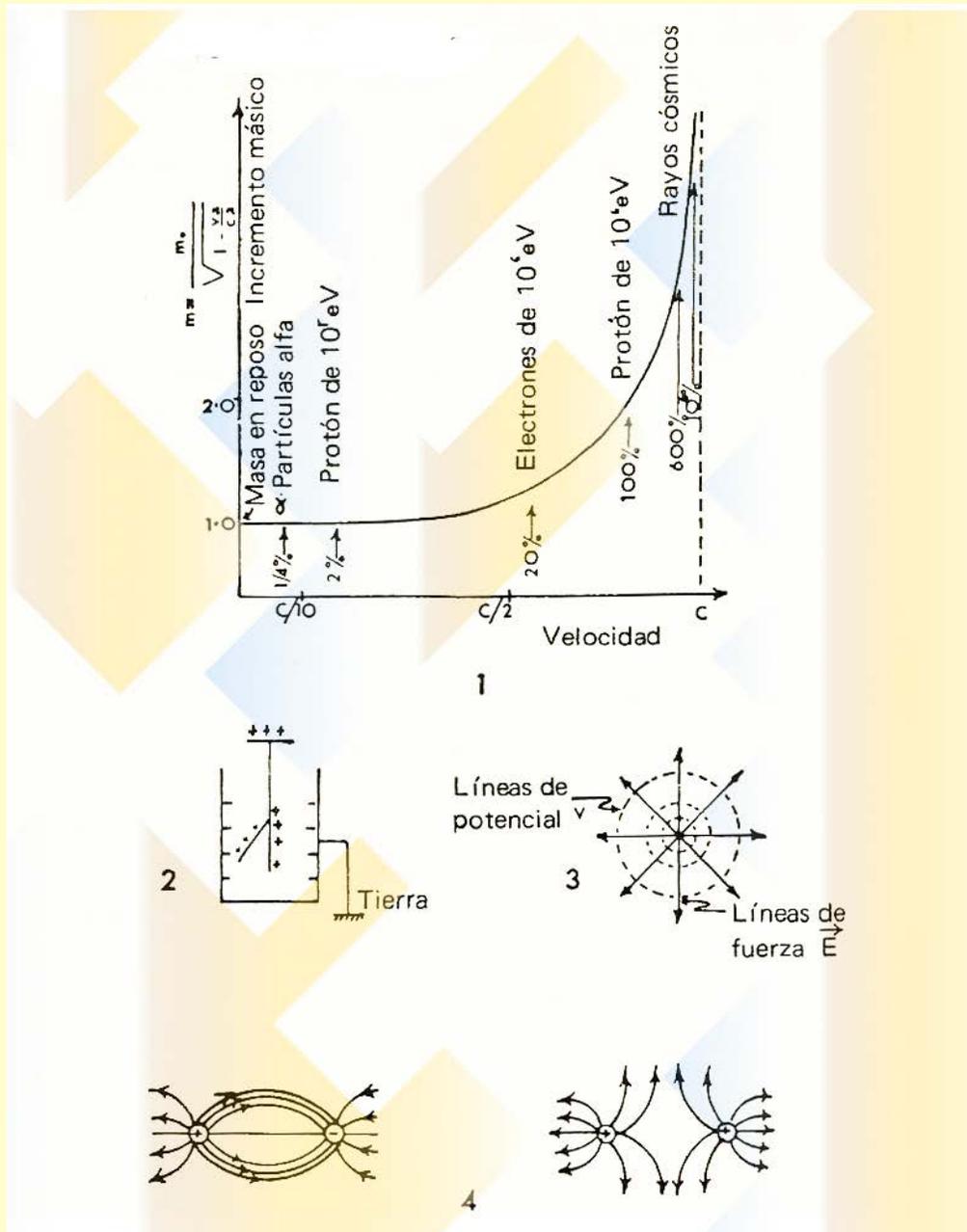
La idea de partícula deriva del átomo griego. Su propiedad principal es la masa. El átomo se hace divisible cuando se le introduce como propiedad adicional la carga eléctrica; entonces, la masa de una partícula ya no es constante, sino que cambia con la velocidad. Cuando se aceptan los dos conceptos de partícula y onda, la partícula pasa a ser un paquete de ondas de probabilidad. Las ondas, a su vez, también se pueden describir como corrientes de partículas virtuales, de fotones, por ejemplo. Las partículas tienden, empero, a volverse inestables, aunque ahora ya no están aisladas sino interactuando fuertemente unas con otras. En teorías sucesivas, desde la mecánica hasta la mecánica cuántica, nuestras ideas se desarrollan en el sentido de una abstracción siempre creciente; al mismo tiempo, se tornan más incluyentes y poderosas.

1. Partículas



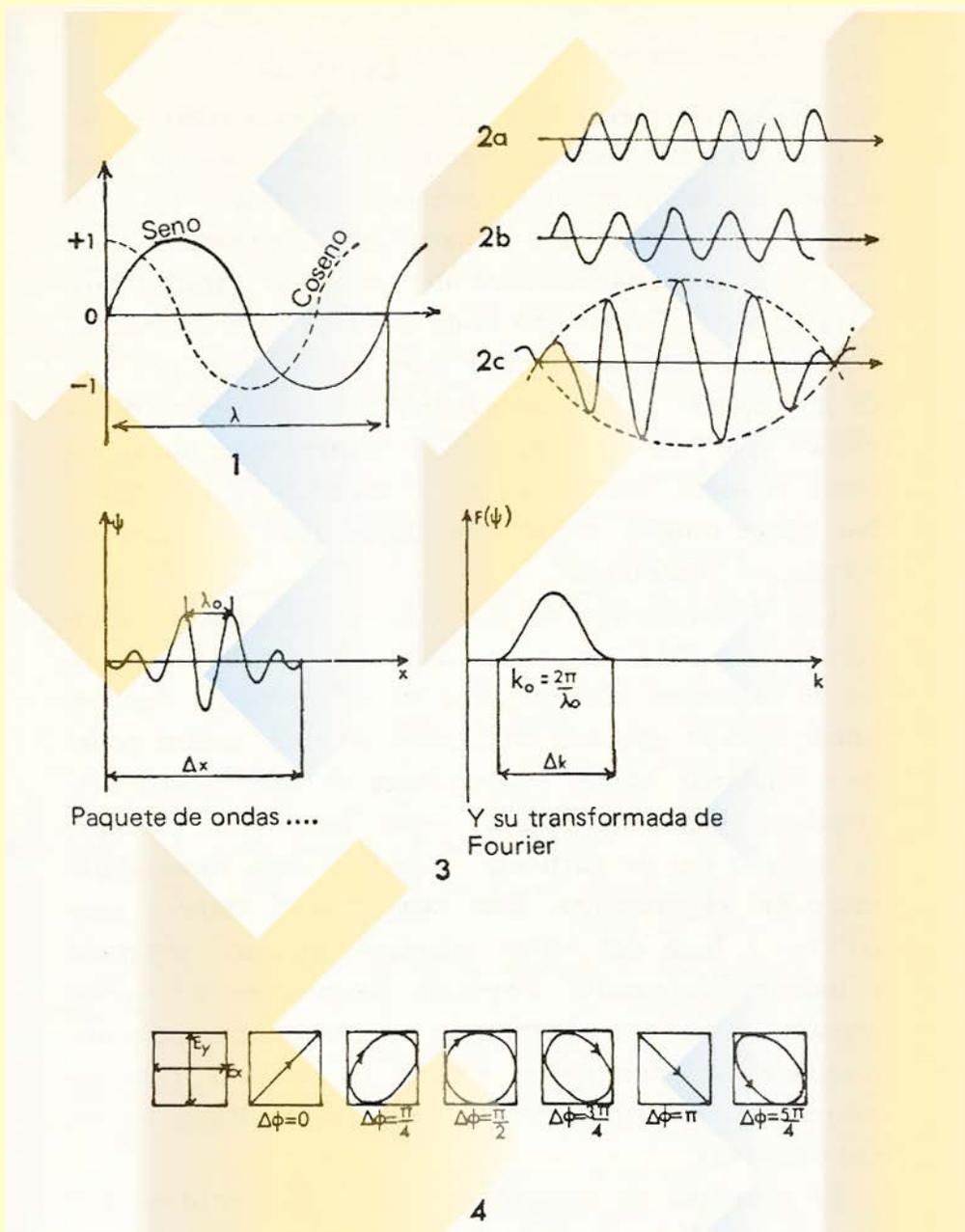
La partícula es primero la esfera rodando por un plano inclinado (1) o la piedra que cae (2). Sobre la base del concepto de partícula se describen el movimiento de un planeta alrededor del Sol (3) y las mareas terrestres (4). Por último, tenemos el choque de partículas: un núcleo desvía la partícula alfa de la trayectoria inicial (5) y un electrón dispersa al fotón, partícula "virtual" (6).

2. Partículas y cargas



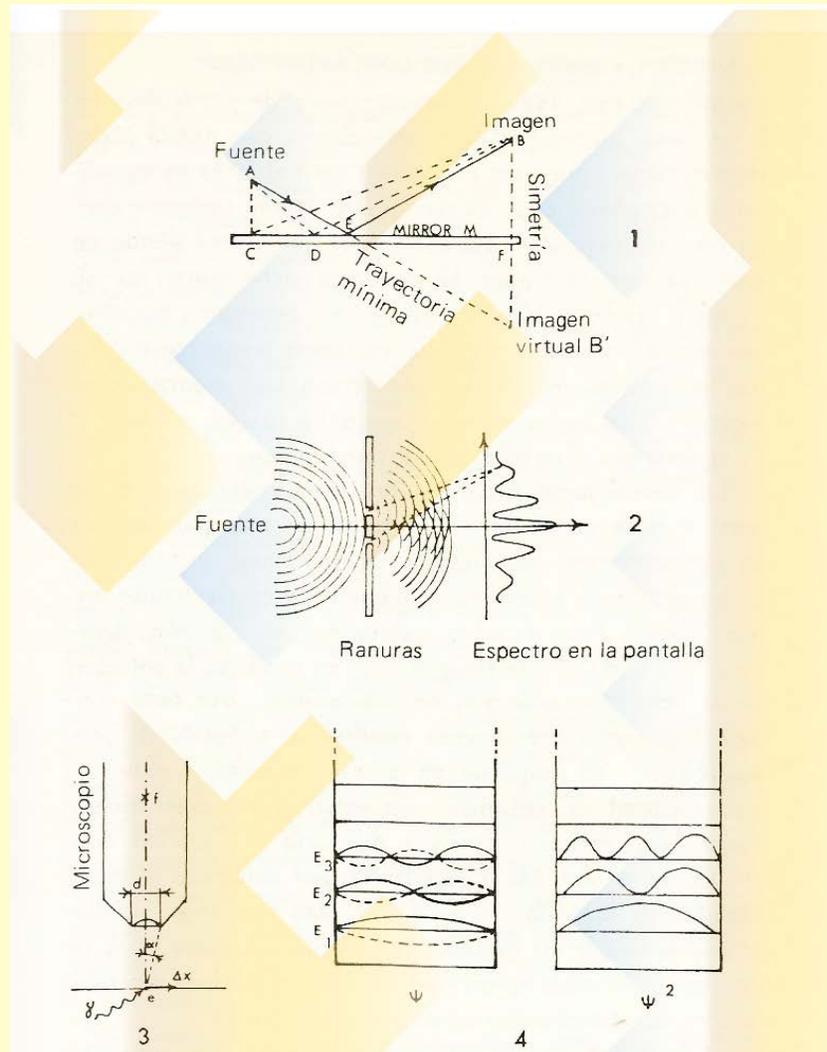
La partícula se torna menos densa; su masa varía con la velocidad (1). Esto ocurre recién cuando se suministra carga a la partícula. La deflexión del electroscopio demuestra la existencia de las cargas (2). Las cargas están representadas por sus campos; hay líneas de fuerzas y líneas de potencial (3) y (4).

3. Ondas



La forma más sencilla de onda está dada por la función seno o coseno (1). Un tren de ondas simple, de extensión infinita, no posee realidad material (2^a y 2b). Toda onda finita es un grupo constituido por superposición de a lo menos dos ondas simples (2c). También puede ser un paquete de ondas o pulsos, pareciendo así una entidad localizada a modo de partícula (3). Una onda transversal, como la luminosa, tiene propiedades direccionales reveladas por la polarización (4).

4. Ondas



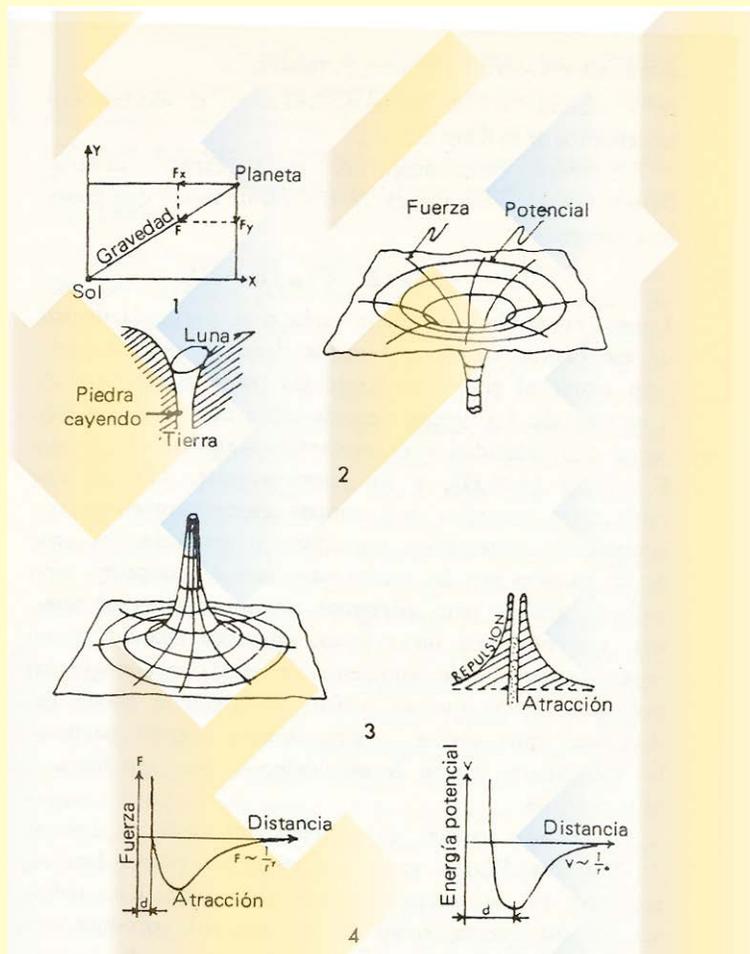
La propagación de una onda luminosa, por ejemplo reflejada por un espejo, está regida por el principio del tiempo mínimo de Fermat (1). En la difracción a través de dos ranuras, la onda produce un espectro que se repite (2). una onda de longitud de onda muy pequeña, el rayo gamma, nos permite localizar un objeto minúsculo, como es el electrón, aunque con un margen de error Δx predeterminado por el cuanto de acción (3). Finalmente, en una "caja" de potencial, el electrón está representado por una onda estacionaria de probabilidad que le imparte niveles discretos de energía. El cuadrado de la amplitud de esa onda indica la probabilidad que el electrón posea un nivel energético dado (4).

Resumen: Partícula y onda, los objetos móviles, van "desmaterializándose" cada vez más a medida que las teorías progresan de la mecánica a la mecánica cuántica. Al mismo tiempo, por interacción y cooperación, partícula y onda pierden su individualidad y su forma distinta. Tenemos fenómenos colectivos que son de carácter estadístico.

3. Fuerzas y campos. Espacio y tiempo

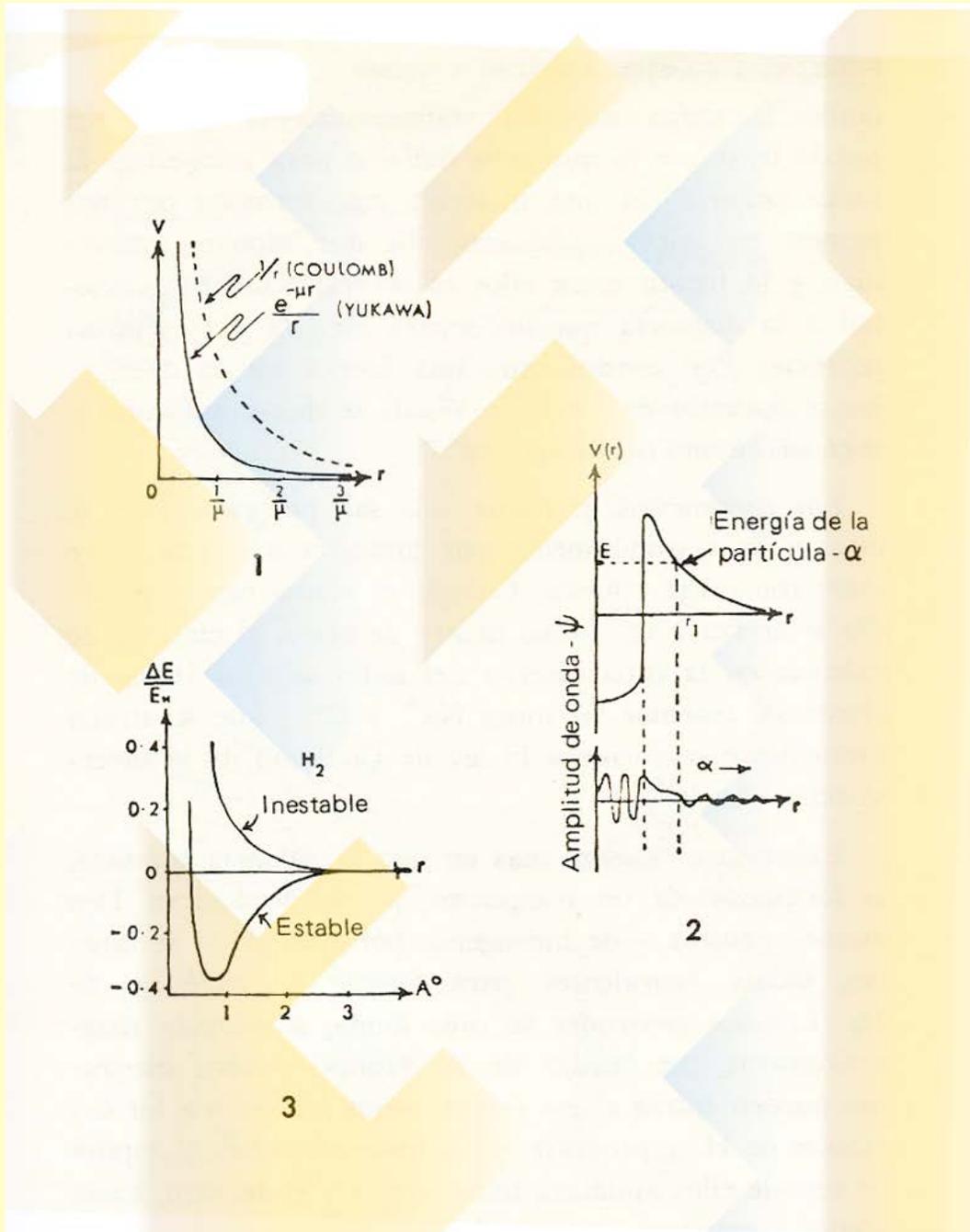
El campo es la representación moderna de una fuerza y muestra cómo se transmite la acción a través del espacio. Hay interacción, y no acción unilateral. La ley de la inversa del cuadrado de la distancia para averiguar la fuerza es característica de la Física clásica. En el dominio de los átomos y las partículas elementales aparecen nuevos tipos de fuerza. La fuerza de intercambio opera mediante la interacción de "spins" electrónicos y mantiene cohesionados, formando una molécula, dos átomos neutros. La interacción nuclear fuerte entre los nucleones, es efectuada por el mesón. La interacción nuclear débil está caracterizada por el neutrino. De acuerdo con la teoría de la relatividad, el campo de fuerza determina la distancia espacial entre los sucesos, y así el espacio tiene estructura. El universo a gran escala es no-euclidiano, debido al campo gravitacional entre los astros. Además, espacio y tiempo están conectados, son propiedades relativas de los hechos, y no les proporcionan un marco absoluto. El espacio-tiempo, y con él la causalidad, no poseen la estructura rígida que les atribuye la interpretación física mecanicista.

7. Fuerzas



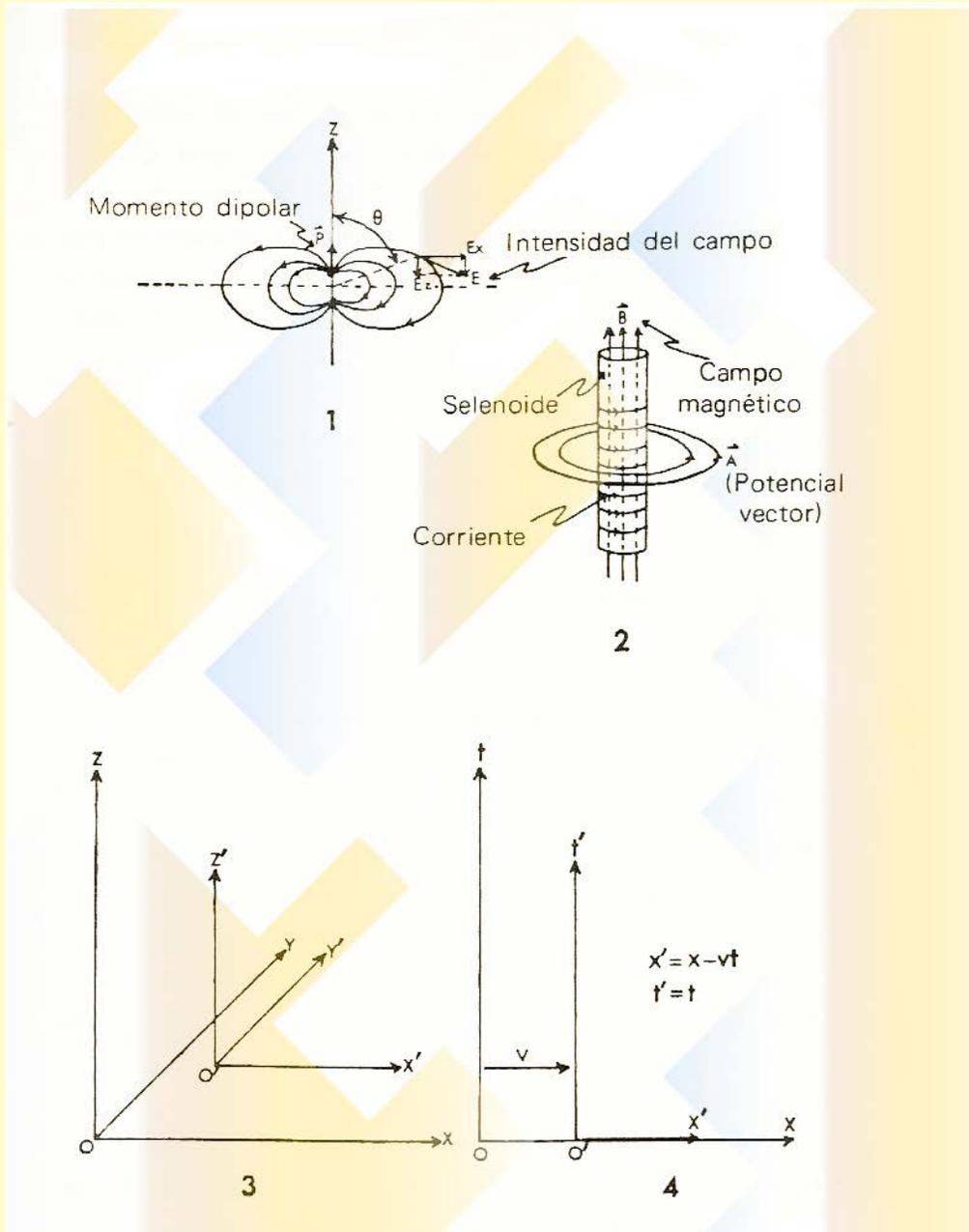
Las fuerzas actúan a través del espacio (1). El movimiento debido a una fuerza está indicado por las líneas de igual potencial. La fuente de potencial que es el campo gravitacional terrestre sólo produce atracción (2), mientras que la nuclear causa a la vez atracción y repulsión (3). Una representación más simple de la fuerza y el potencial se obtiene graficando sus valores como funciones de la distancia respecto de un origen; ejemplo la fuerza de Van der Waals entre los átomos (4).

8. Fuerzas



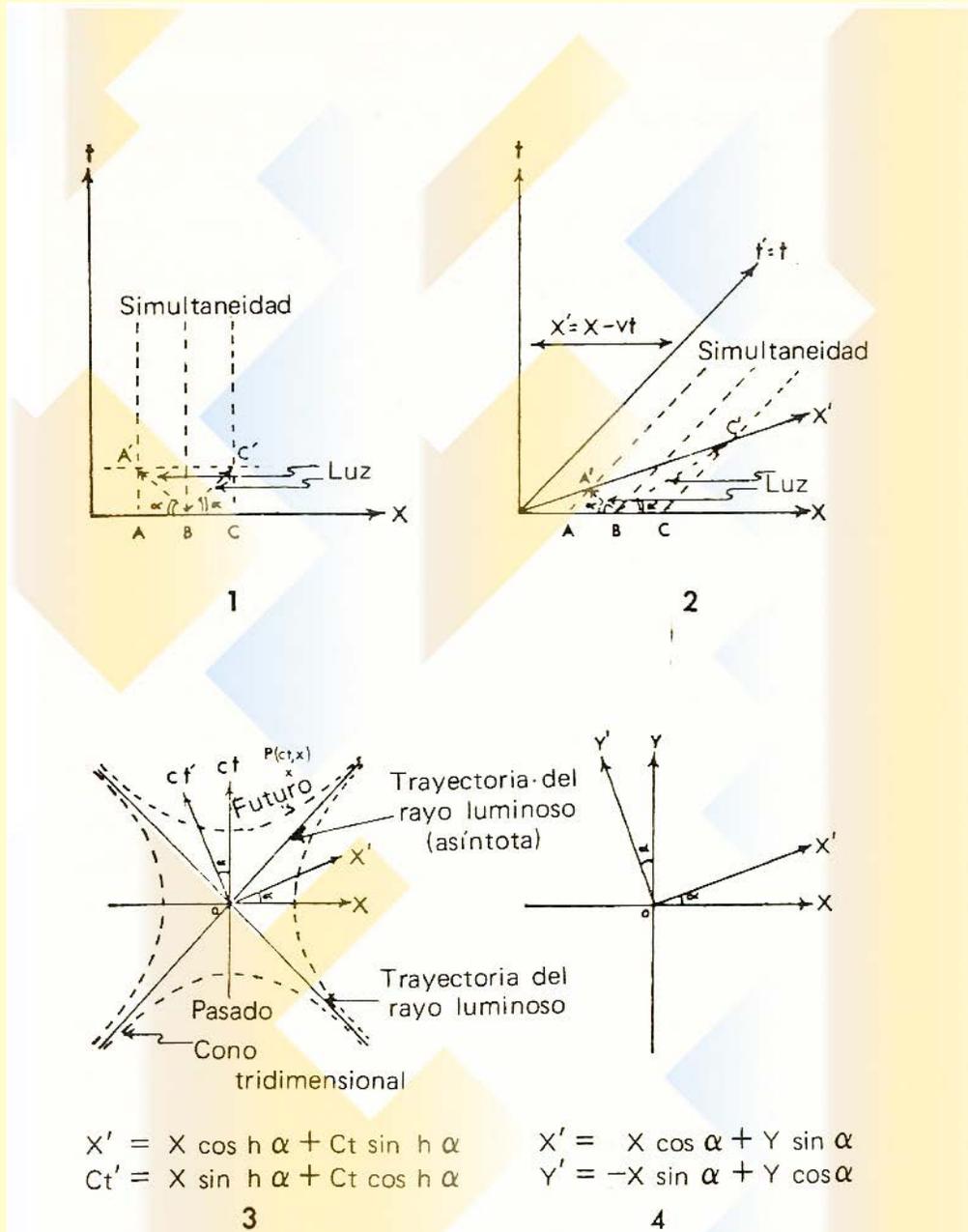
El potencial nuclear (de Yukawa) difiere del potencial ordinario de Coulomb (1). El pozo de potencial nuclear puede ser atravesado por una partícula alfa por efecto túnel (2). Las curvas de energía potencial correspondientes a la molécula de H_2 representan la fuerza de intercambio mecano-cuántica (3).

9. Campos y espacio



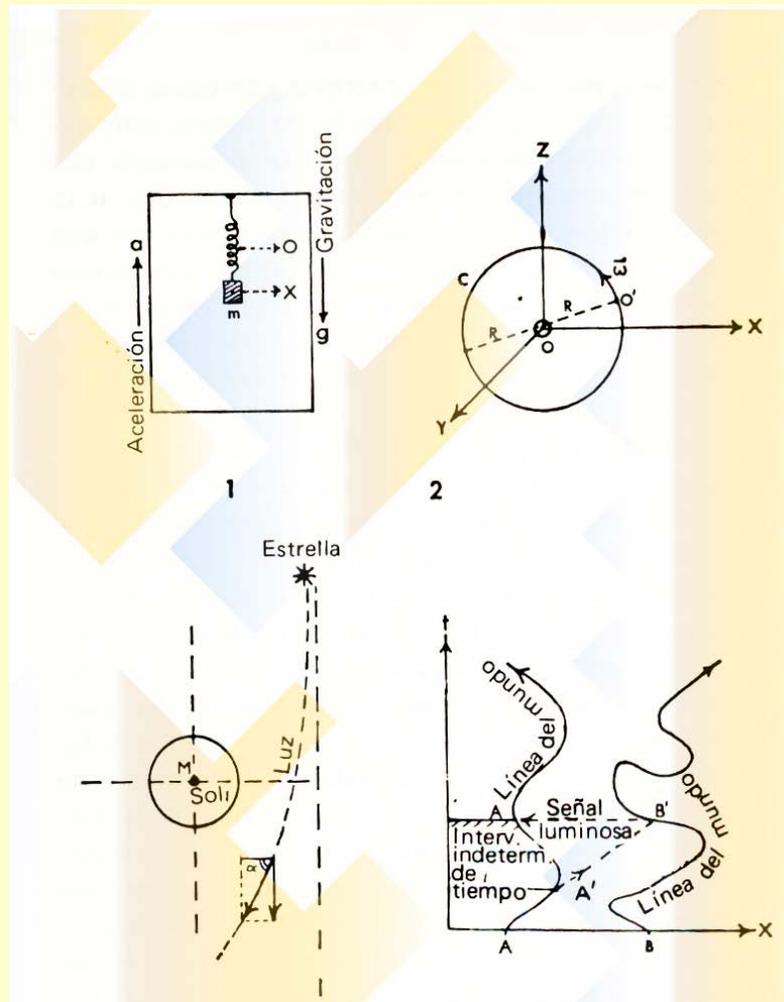
Las fuerzas tienen campos y los campos determinan el espacio. El dipolo (estático) genera un campo eléctrico (1) y el solenoide genera un campo magnético (2). El espacio implica movimiento, y el movimiento se refiere a un sistema de coordenadas (3). El cambio de uno a otro sistema en movimiento uniforme, relativo, lo describe la transformación (clásica) de Galileo (4).

10. El espacio



La ley de la relatividad especial de Einstein está basada en la señal luminosa. Se tiene que definir la simultaneidad de los sucesos distantes. Se la grafica con un solo sistema (1) o con dos sistemas, conforme a la relatividad de Galileo (2). La última imagen representa el mundo de Minkowski de acuerdo a la transformación de Lorentz (3). Dos sistemas en movimiento relativo están relacionados entre sí por la simple rotación (4).

11. El espacio



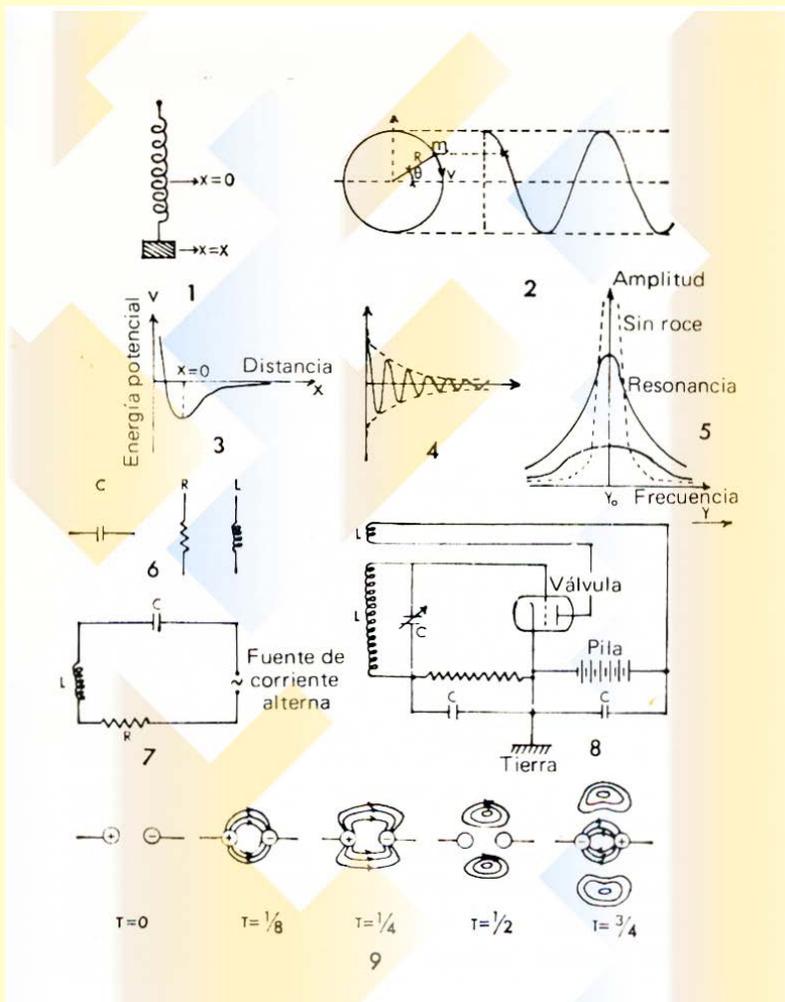
La relatividad general de Einstein se basa en el principio de equivalencia (1). Cuando se admite que sistemas de coordenadas con aceleración relativa son equivalentes, el espacio se torna no-euclidiano. Demuestra esto el disco rotatorio (2); para un observador en el punto O , la razón entre la circunferencia C y el diámetro $D = 2R$ es π (euclidiano); para un observador en O' , $C/(D) < \pi$ (no-euclidiano). La deflexión de la luz en el campo gravitacional del Sol, es uno de los efectos de ese campo (3). La velocidad finita de la luz limita las relaciones causales entre los sucesos (4).

Resumen: El universo dinámico está determinado por las fuerzas que operen en él, y el espacio-tiempo es una armazón elaborada sobre la base de los hechos físicos reales. La relatividad se extiende a todos los movimientos y, por ende, nuestras leyes son covariantes, es decir, su forma matemática cambia con la transformación de las coordenadas. La gravitación está incorporada en la geometría del continuo espacio-tiempo, y tenemos un universo curvo y cerrado. La teoría de la relatividad ha traído consigo un mayor grado de "abstracción" en la descripción del mundo físico.

4. El modelo en Física. Abstracción, generalización e idealización

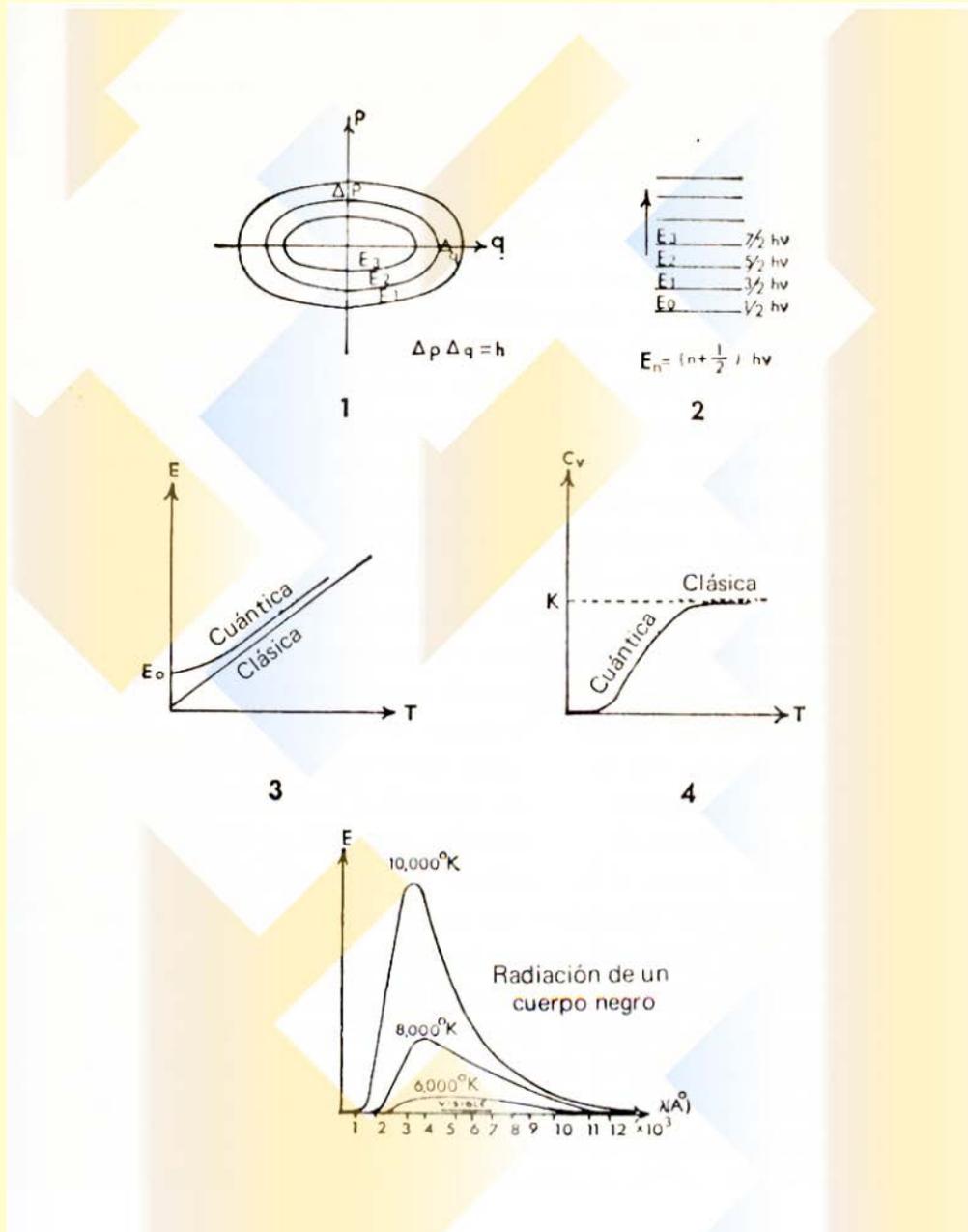
La investigación nos procura un horizonte cada vez más vasto y nos conduce a una penetración cada vez más profunda de la naturaleza. Necesitamos, pues, conceptos más incluyentes o generales, y los obtenemos por abstracción. Los modelos nos permiten valernos de conceptos abstractos. Los conceptos básicos son pocos, y también hay sólo unos pocos modelos. El ejemplo principal es el oscilador. El modelo opera por analogía y permite interpretar, en términos de una teoría conocida, parte de otra teoría más avanzada o abstracta. El modelo mismo cambia, desde el simple oscilador mecánico, pasando por el electromagnetismo, hasta el oscilador mecánico-cuántico, etc. Existen modelos geométricos y "matemáticos". El modelo varía de representación visual a imagen no-figurativa, "abstracta".

12. Osciladores



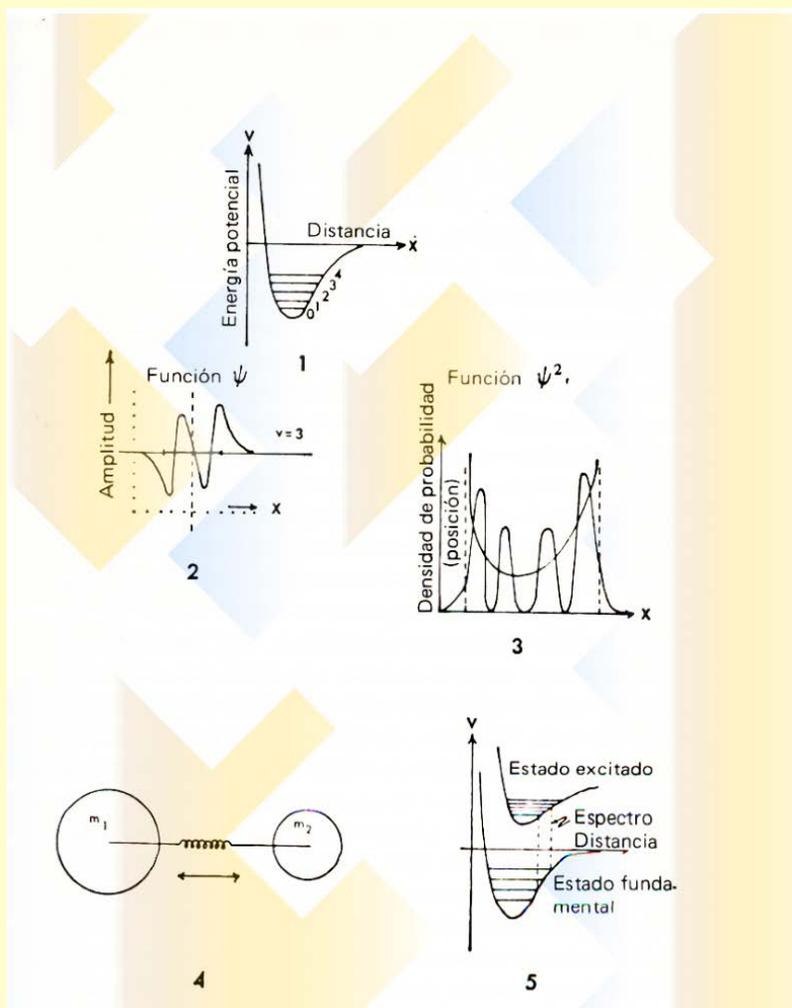
El ejemplo más simple de oscilador es la masa sobre un resorte (1). También se le puede ver como una masa que oscila dentro de un círculo produciendo movimiento armónico (2). La masa tiene una energía potencial que depende de su distancia al origen (3). Cuando hay fricción, las oscilaciones se amortiguan (4). En respuesta a la frecuencia hay resonancia (5). Constituyen otros ejemplos de oscilador el circuito L-R-C (6 y 7) y el circuito de grilla sintonizada (8). El movimiento periódico de cargas -dipolo eléctrico oscilante- es fuente de ondas electromagnéticas (9). Las líneas de fuerza divergen del dipolo cuando las cargas son momentáneamente cero; luego, cuando el dipolo invierte su polaridad, se forman nuevas líneas, etc.

13. Osciladores



En el dominio microscópico, la energía del oscilador tiene que cuantizarse. Esto lo demuestra el área energética en el espacio-fase (1). Los niveles están dispuestos en una serie de escalones $E_n = (n + \frac{1}{2}) h\nu$. El nivel más bajo (2) no es cero, sino $\frac{1}{2} h\nu$. La energía interna (3) y el calor específico (4) de una sustancia se explican considerando los átomos como osciladores, y así es el espectro de radiación de los cuerpos negros (5).

14. Osciladores



La curva de potencial del oscilador tiene que combinarse con sus niveles cuánticos (1). La amplitud y la probabilidad de que el oscilador esté en determinado nivel de energía está representada, respectivamente, por la función ψ (2) y su cuadrado (3). Una molécula vibrante es un oscilador (4). Sus distintos estados excitados (electrónicamente) se subdividen en niveles de vibración (5).

Resumen: Las teorías se suceden en dirección a una abstracción cada vez mayor. Podemos elaborar una teoría más abstracta utilizando un modelo. Este presenta ciertas analogías, sobre todo estructurales y funcionales, con la situación que ejemplifica. El modelo es fragmento de una teoría ya conocida y aceptada; con él obtenemos una ecuación que luego se interpreta sobre la base de la nueva teoría. Enlaza la reinterpretación con la interpretación basada en la teoría antigua el Principio de Correspondencia. Hacer modelos es cuestión de imaginación, de inventiva, del científico; pero en Física tenemos algunos modelos standard, como el oscilador que nos han servido muy bien. Con el modelo por escala alcanzamos, pues, grados de abstracción cada vez más altos en nuestro pensar; asimismo, descubriendo y describiendo procesos cada vez más alejados de la experiencia ordinaria, logramos comprender mejor la naturaleza. Esta mejor comprensión constituye una integración mayor de los conceptos dados por la nueva teoría. Dilatar las fronteras del conocimiento también perfecciona su integración, pues podemos percibir con más claridad la interdependencia de las cosas y las relaciones entre nuestros conceptos. Esto trae consigo la generalización.

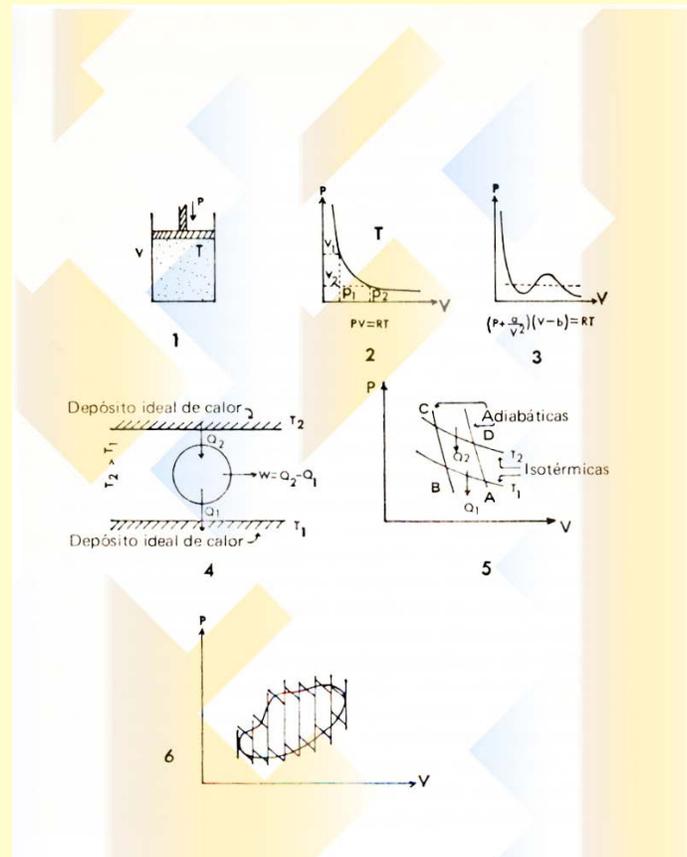
Por consiguiente, el modelo se parece mucho a lo que ha ocurrido en el arte moderno. Penetramos más allá de las semejanzas obvias en lo cotidiano, para desentrañar los esquemas –de estructura y función– que existen en el mundo y, en especial, aquellos otros que yacen ocultos en nuestro mundo interior de impresiones “inconscientes”. El modelo es una imagen no-figurativa, o “abstracta”, ya que muestra relaciones que escapan a nuestra visión corriente.

5. Sistema y proceso

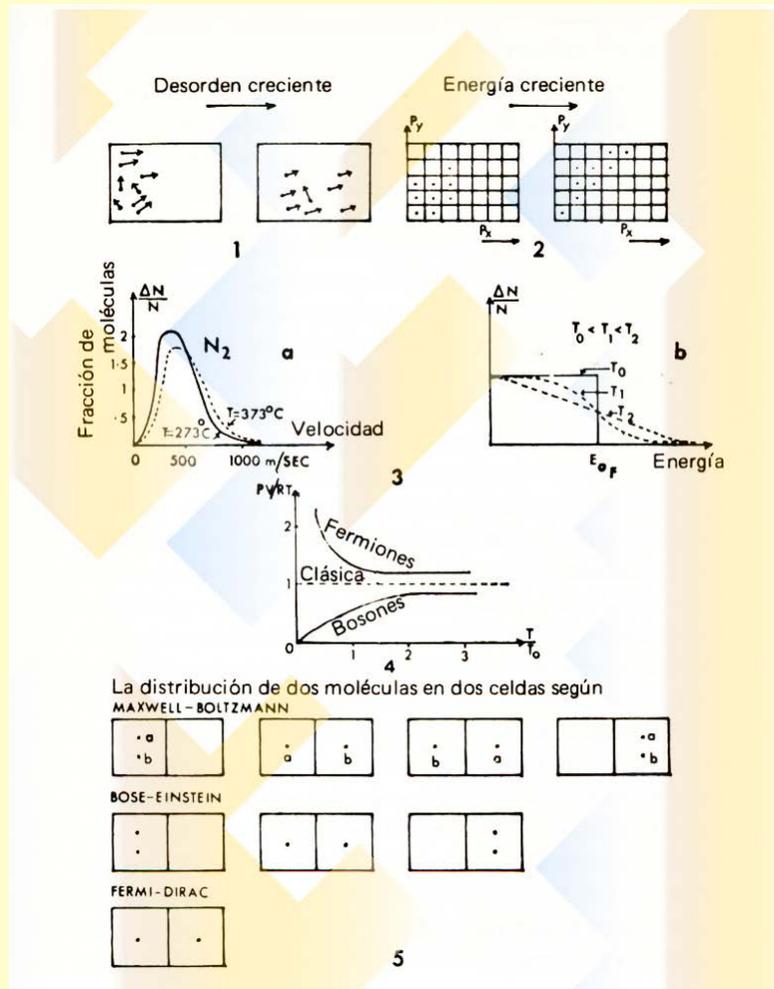
La termodinámica es una teoría amplia, que se ocupa de sistemas y procesos más que de las partículas individuales y sus movimientos. También sus leyes son generales. La conservación de la energía, el aumento de entropía y la inaccesibilidad del cero absoluto son principios que, interpretados convenientemente, rigen para todos los procesos naturales. La máquina de Carnot, que funciona con un gas ideal, es el modelo macroscópico de un proceso. La distribución estadística de partículas en el espacio-fase es su modelo microscópico. La principal característica es el orden, y todos los procesos están limitados por el creciente desorden y por la energía de punto cero. A pesar de sus limitaciones intrínsecas, la termodinámica es una teoría del cambio y, por lo tanto, se puede considerar que también describe el proceso de comunicación. Un sistema varía de un estado a otro al transmitirse información. Siempre hay “ruido”; éste reduce y limita la información que podemos obtener de cualquier proceso.

15. Sistemas y procesos

En esencia, sistema termodinámico es un gas encerrado en un cilindro de paredes adiabáticas y con pistón móvil (1). La ecuación de estado de un gas ideal está dada por la curva simple $PV = RT$ (2). La ecuación de estado del gas de Van der Waals está dada por $(p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$ (3). La máquina de Carnot efectúa un proceso termodinámico (4). Esta máquina opera dentro de cierto ciclo (5). Para poder computar el desarrollo de un proceso cualquiera, se lo descompone en muchos ciclos de Carnot (6).



16. Sistemas



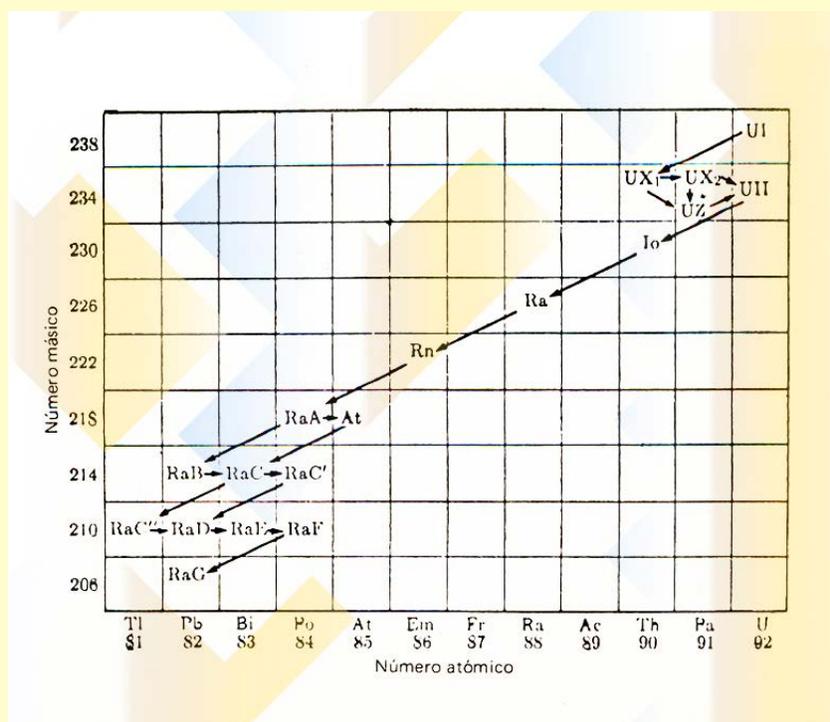
En el dominio microscópico, representan al sistema termodinámico las moléculas de gas. Su orden (o desorden) en el espacio ordinario (1) se traduce por una distribución en todas las celdas de energía del espacio-fase (2). Existen diversas hipótesis acerca de cómo puede efectuarse esta distribución. Así se obtienen las curvas de la distribución clásica según Maxwell-Boltzmann (3^a) o la de la distribución mecánico-cuántica según Fermi y Dirac (3^b). Consecuencialmente difieren las ecuaciones de estado (4). Se ilustran las diversas posibilidades supuestas para el caso de distribución de dos partículas en dos celdas (5).

Resumen: La termodinámica brinda un enfoque completamente distinto, e independiente, para conocer el mundo físico. Precisamente por fijar los límites de idealización dentro de los cuales debe quedar todo proceso natural, es esta teoría tan incluyente y tan acertada en su descripción de la realidad. Demuestra el carácter incluyente de la termodinámica su interpretación como informática. En esta forma, reemplaza a la epistemología que heredáramos de la especulación precientífica. El universo en que vivimos ya no es mecánico (Newton) ni siquiera luminoso (Einstein), sino un universo de comunicación.

6. Las fronteras de la Física

La Física teórica está abierta hacia todos lados. La galaxia y la partícula elemental demarcan su jurisdicción dimensional. El cero absoluto de temperatura –superconductividad y superfluidez– y la irreversibilidad que llevan a los confines fijados por el orden y el desorden. Finalmente, la no linealidad excede el marco trazado por los físicos cuando se limitan a tratar los efectos más simples, lineales, de primer grado; en vez de la acción singular, unilateral, se tornan accesibles a la investigación los efectos de interacción y de segundo grado.

17. Elementos, átomos y partículas

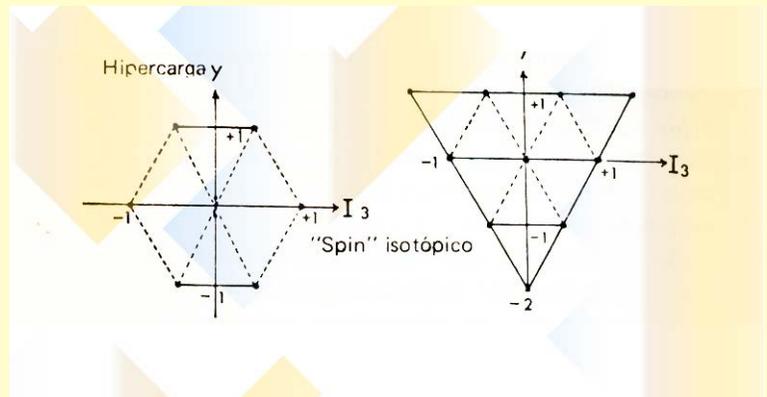


Elementos, átomos y partículas se clasifican de distintas maneras. Los elementos están ordenados en la Tabla Periódica según sus masas y propiedades químicas. En (a) está ilustrada una cadena de elementos radiactivos, como serie, referida a sus productos de desintegración. Las partículas elementales se pueden ordenar en un cuadro según su masa, carga y extrañeza en (b). Cuando se las ordena en función de la hipercarga Y y del "spin" isotópico I_3 , las partículas con determinado "spin" y paridad quedan interrelacionadas en un esquema de simetría unitaria: $Y = 2(Q - I_3)$, donde Q es la carga ordinaria (c)". Esta figura está compuesta por las figuras que siguen en el texto: son las figuras (a), (b) y (c). Las figuras (b) y (c) están en la página que sigue. No están colocadas Las letras (a), (b) y (c) para identificar las figuras. Por lo tanto, el título no corresponde ni tampoco un título que aparece como "18. Sistemas" en la figura (b).

Masa en GeV	Carga -e	Carga 0	Carga +e	Agrupación y extrañeza
14	$\Upsilon^- = A_c^- \pi^+$	$\Upsilon^- = A_c^- \pi^0$	$\Upsilon^- = A_c^- \pi^-$	S=2
13	B_c^-	B_c^0		S=2
12	Σ^-	Σ^0	Σ^+	S=1
11		Λ^0		S=1
10				
9		n	p	S=0
8		$\omega = \pi^+ \pi^+ \pi^-$		S=0
7	$\rho^- = \pi^- \pi^0$	$\rho^0 = \pi^+ \pi^-$	$\rho^+ = \pi^+ \pi^0$	S=0
6				
5	K^-	K^0	K^+	S=1
4				
3				
2	π^-	π^0	π^+	S=0
1	e^-	ν_e		
0	μ^-	ν_μ		

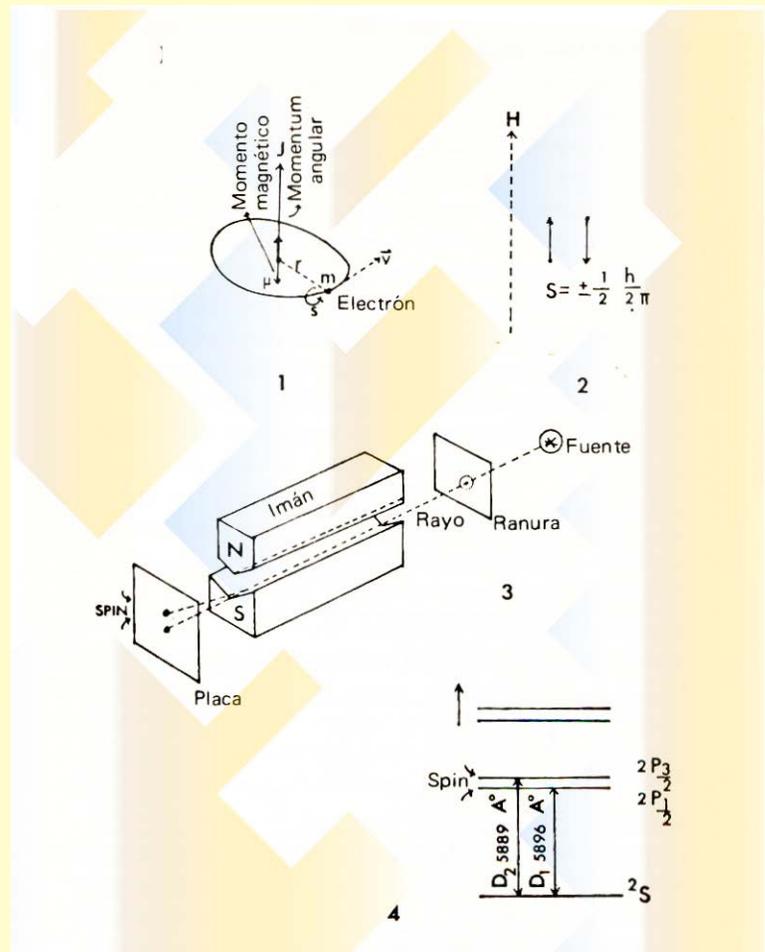
Partículas elementales

(b)



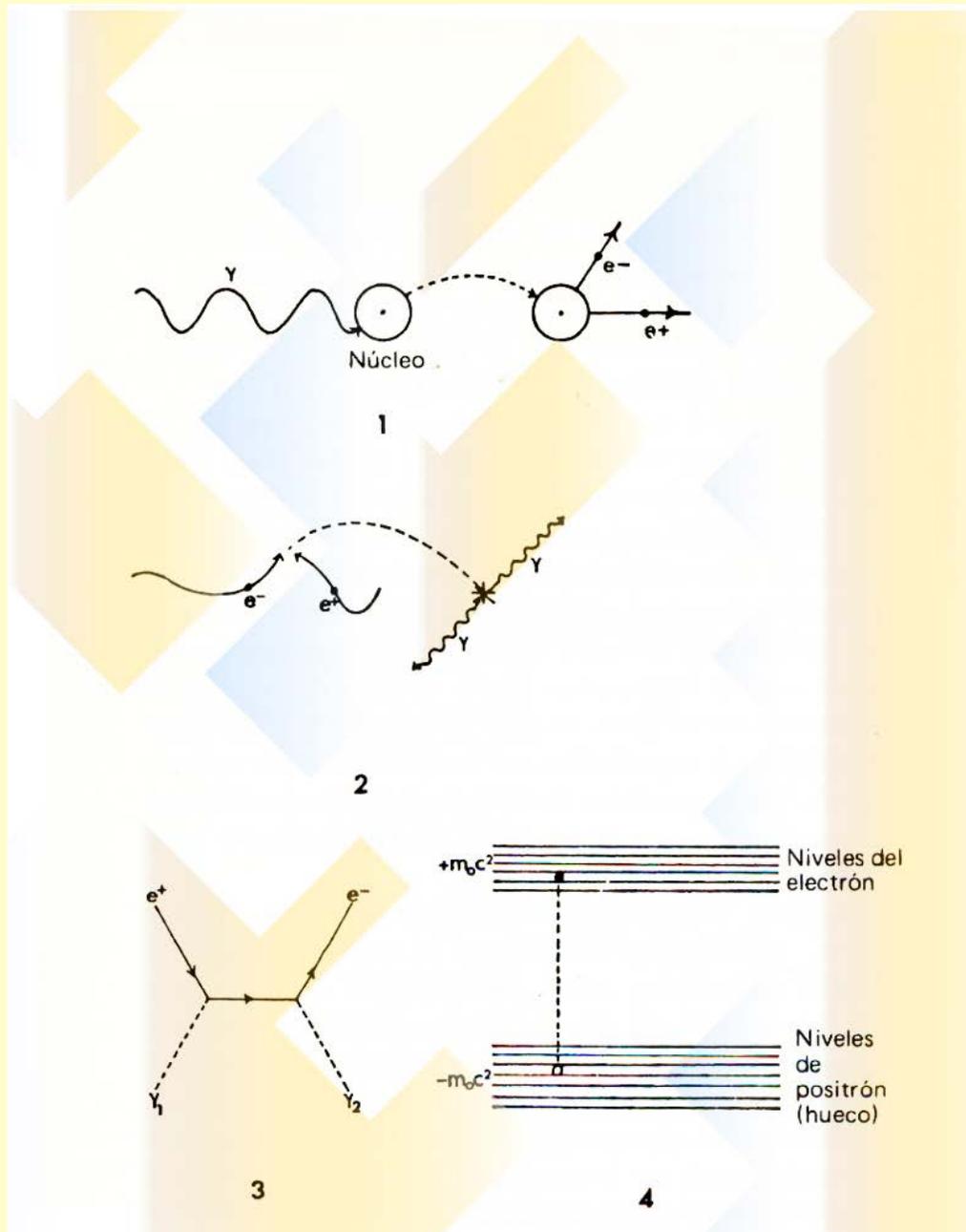
(c)

18. Spin



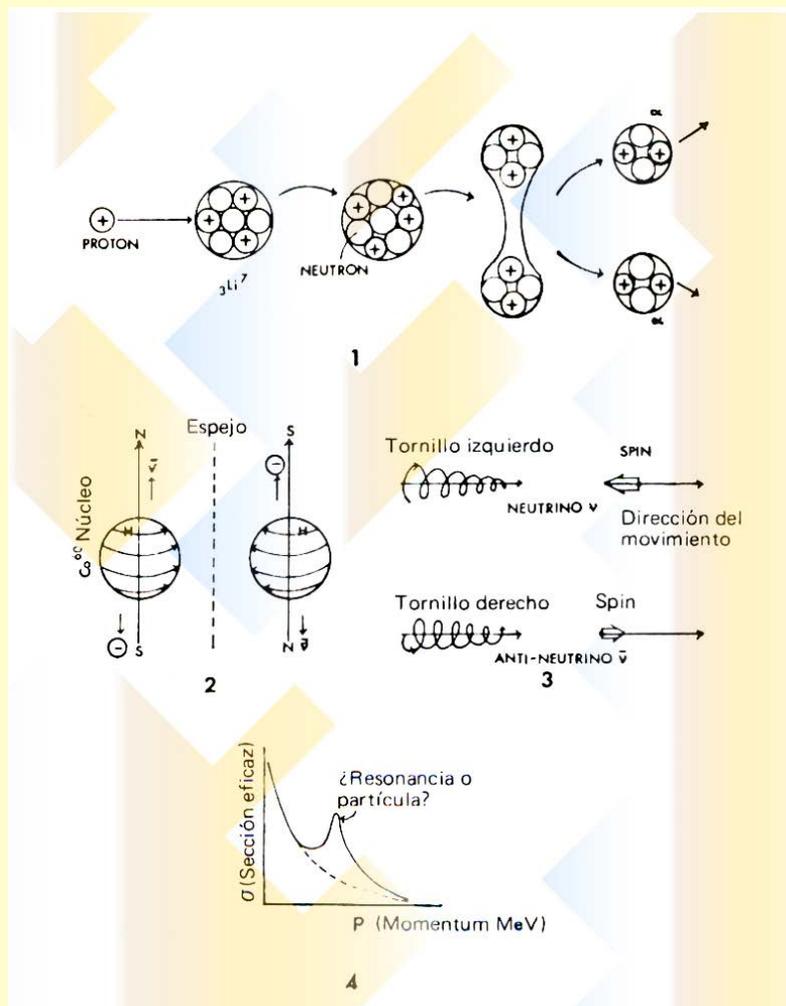
El "spin" de un electrón está indicado por la duplicación de la razón giro magnética. Entonces, el momento magnético μ de un electrón en una órbita es a su momento angular J como e/m_0c (1). El "spin" del electrón posee solamente dos valores en un campo magnético externo (2). Las dos direcciones del "spin" se observan directamente en el experimento con el rayo atómico (3). Se demuestra indirectamente su existencia por la estructura de doblete de las líneas espectrales de un átomo como el de sodio (4).

19. Creación



Se produce un par de electrones cuando choca contra un núcleo adecuado un rayo gamma con una energía mínima de $2 m_0c^2$ (1). En cambio, en una colisión se aniquilan un par de electrones, emitiéndose un rayo gamma de energía correspondiente (2). El diagrama de Feynman (3) muestra la relación cuántica entre los electrones y el rayo gamma. Según la teoría de Dirac, la creación pareada se presenta como transición entre niveles de energía (4).

20. ¿Fin de la Física antigua y comienzo de una nueva?



El proceso de fisión libera energía nuclear (1). Este es el fin de la física antigua cuya preocupación principal son la materia y la energía. La violación de la paridad (simetría especular) en la desintegración del núcleo de cobalto (2), la asimetría entre materia y antimateria (3) y la resonancia corpuscular (ilustrada por la dependencia de la sección eficaz respecto del momentum en el caso de la reacción $K^- + p = K^- + n$, según Ferro-Luzzi) indican una nueva manera de pensar en física (4).

Resumen: ¿Es posible encontrar algo común a todas las nuevas regiones donde está incursionando nuestra investigación en este momento? El universo y el dominio de las partículas elementales exhiben como rasgo predominante la creación: las ideas necesarias para describirla son las de cooperación, interacción, orden y simetría. También los campos de baja temperatura e irreversibilidad ilustran las mismas ideas. Y en la misma terminología tienen que describirse los fenómenos no-lineales resultantes de la interacción. Aparece un nuevo enfoque que nos obliga a revisar a

fondo nuestras ideas de objetividad. Las teorías de Einstein constituyen el cambio de rumbo. La idea de invariancia bajo un grupo de transformaciones representa un grado más alto, más abstracto de teorización que la idea de conservación. El siguiente grado superior es la idea de simetría que expresa la ley del grupo. Así, de la descripción estática a base de constantes de movimiento pasamos a la invariancia dinámica de los sistemas y, por último a la simetría dinámica de las leyes. Esta mayor abstracción en nuestro pensar nos permite investigar procesos más complejos que los conocidos en Física hasta ahora; el de creación, por ejemplo. Estamos acercándonos a la complejidad que nos enseñan los procesos biológicos; pero su descripción es muy abstracta.

7. Resumen general. Evolución de la Física. La ciencia como actividad creadora

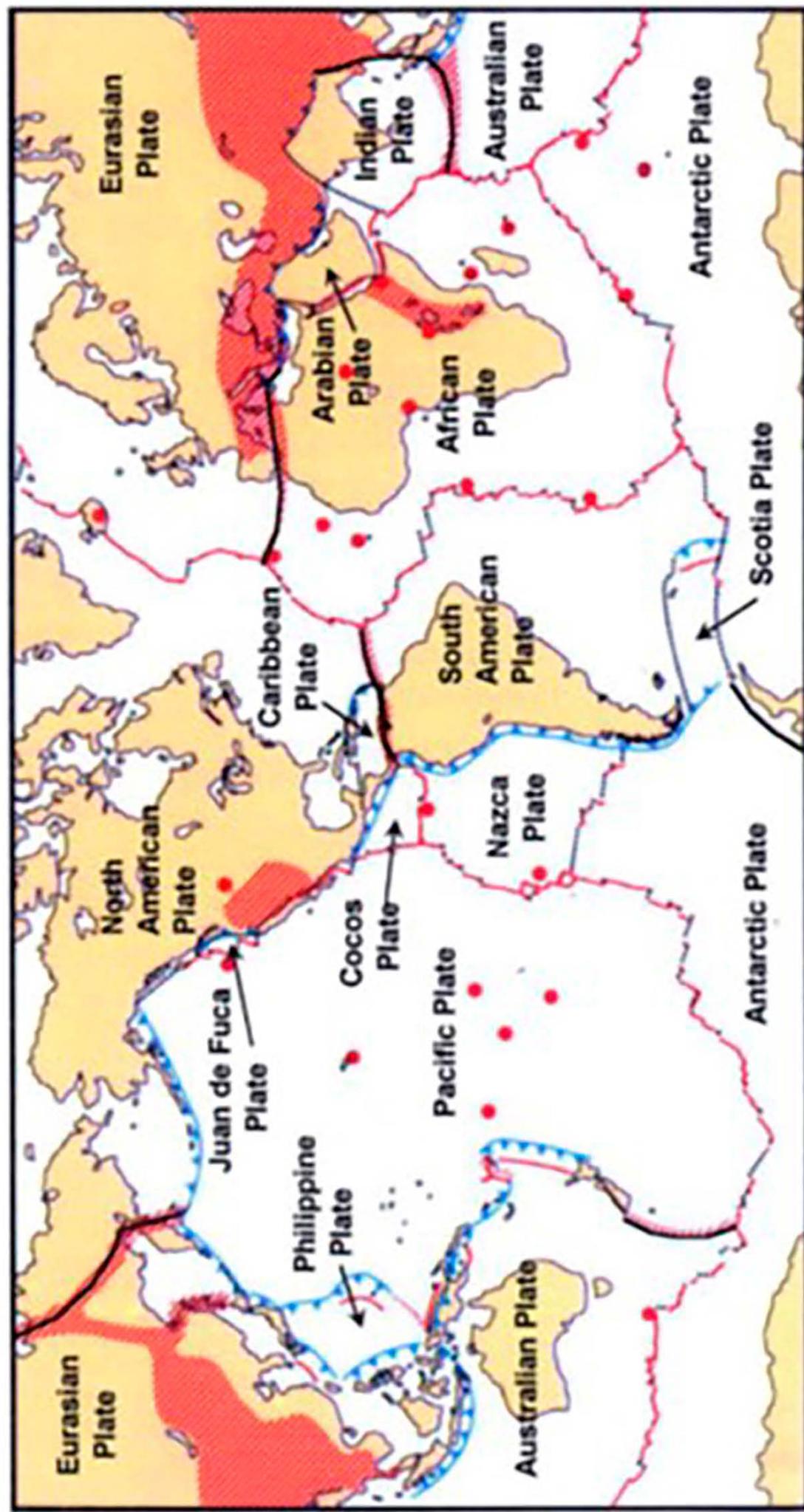
¿Cómo piensa el físico? Si deseamos entender sus métodos, no podemos descuidar la historia y la psicología de la ciencia. La lógica de la ciencia –que se ocupa del empleo consecuente del simbolismo– es necesaria, pero no suficiente. La medición en un proceso natural, de modo que en ella hay que considerar el papel del experimentador y las limitaciones del instrumento. Igualmente importante es ver la Física en su relación con las demás ciencias, para no exponer erróneamente sus métodos ni sus conquistas.

Resumen: La ciencia –en especial la Física– es una actividad creadora. El mundo exterior y el mundo interior del ser humano son interdependientes. El resultado de su interacción es el conocimiento. El uso del simbolismo nos permite dilatar el horizonte de nuestros conocimientos más allá de la experiencia inmediata. La ciencia es la representación “abstracta” de la realidad. Hacemos ciencia elaborando teorías cada vez más abstractas. La Física ilustra cómo una teoría nueva se basa en otra antigua y cómo la teoría antigua es, a su vez, rectificada por la nueva. Estas son la correspondencia y la autorrectificación que distinguen al pensar científico “abierto”. Su receptividad y su autonomía hacen de la ciencia el tipo de pensamiento más avanzado que ha desarrollado hasta ahora la humanidad.

La aplicación didáctica de la lectura completa de este libro y, en particular de los resúmenes presentados aquí, se puede efectuar en una asignatura de Historia y Filosofía de la Ciencia, Didáctica de la Física, u otras similares, a nivel universitario o también de Educación Media. Por ejemplo, se sugiere plantear las siguientes actividades:

1. ¿Cuáles son las características de la ciencia que el autor señala en el primer capítulo?
2. ¿Cuáles eran los problemas físicos que no explicaba la construcción de la Física clásica?
3. ¿Cuál es la diferencia entre la experimentación realizada a comienzos de la Física en el siglo XVI y la del siglo XX?
4. ¿En qué consiste el método científico según lo expresado por el autor del libro y cuál ejemplo clásico da al respecto?
5. ¿Cómo se distinguen los experimentos de investigación y los experimentos con fines didácticos? ¿Cuáles ejemplos se presentan en el libro?
6. ¿Cuál es la descripción que hace el autor de los experimentos para describir el éter y el experimento de Michelson, entre otros?
7. ¿Cuáles son los principales conceptos que utiliza la Física para explicar la naturaleza y cuáles son sus características?
8. ¿Cómo se fueron generando los conceptos de partícula, onda, masa, carga y cuantización, entre otros, según el autor?
9. ¿Cuál es la relación entre fuerza, campo, espacio y tiempo?
10. ¿En qué consiste un modelo en Física y cuál es su grado de abstracción, generalización e idealización?
11. ¿Cuál es el estudio que realiza el autor del libro respecto a la Termodinámica y los conceptos de sistema y proceso?
12. ¿Cuáles son las principales fronteras de la Física que menciona el autor en su libro?
13. Comparar las fronteras de la Física que menciona el autor con los problemas que se investiga actualmente, en el siglo XXI?
14. Analizar la evolución de la Física que narra el autor en el último capítulo y su pensamiento respecto a la ciencia como una actividad creadora.

Selección y notas de JEG



Mapa de placas tectónicas para Actividad 10 de Los Temblores