

ÁTOMOS EN MOVIMIENTO

La materia está hecha de átomos.

Hipótesis atómica.– Todas las cosas están hechas de átomos: pequeñas partículas que se mueven en perpetuo movimiento, atrayéndose mutuamente cuando están a poca distancia, pero repeliéndose al ser apretadas unas contra otras.

Los átomos tienen $1 \text{ o } 2 \times 10^{-8} \text{ cm}$ de radio. Ahora bien, 10^{-8} cm se denomina un angström de modo que decimos que tienen 1 o 2 angströms de radio. Otra forma de recordar este tamaño es la siguiente: si se ampliara una manzana hasta el tamaño de la Tierra, entonces los átomos de la manzana tendrían aproximadamente el tamaño de la manzana original.

La atracción molecular hace que las moléculas de las cosas no se deshaga. El movimiento de agitación es lo que se representa como calor: cuando se aumenta la temperatura, aumenta el movimiento. Si se calienta el agua, la agitación aumenta y aumenta el volumen entre los átomos, y si el calentamiento continúa llega un momento en que la atracción entre las moléculas no es suficiente para mantenerlas juntas y se disgregan separándose unas de otras: Así es como se produce vapor a partir del agua: aumentando la temperatura.

Propiedades del vapor de agua o cualquier otra gas: para confinar un gas debemos aplicar una presión. Evidentemente, la presión es proporcional al área, a la densidad y a la temperatura.

Al comprimir un gas lentamente, los átomos ganan velocidad y por lo tanto aumenta su temperatura. Así que, en una compresión lenta, un gas aumentará su temperatura, y en una expansión lenta disminuirá su temperatura.

Ahora bien, supongamos que disminuimos la temperatura del agua. La agitación de las moléculas de los átomos de agua está decreciendo continuamente. ¿Qué sucederá? Que las moléculas se quedarán bloqueadas en una nueva estructura: el hielo. Un punto interesante en esto es que en el material hay un lugar definido para cada átomo. La diferencia entre sólidos y líquidos consiste en que en un sólido los átomos están dispuestos en algún tipo de formación, llamada una *red cristalina*, y no tienen una posición aleatoria a grandes distancias; la posición de los átomos en un extremo del cristal está determinada por la de otros a millones de átomos de distancia al otro extremo del cristal.

Aunque el hielo tenga una estructura rígida, el hielo tiene calor. Y ¿qué es el calor en el caso del hielo?. Los átomos no están en reposo. Están agitando y vibrando.. A medida que aumentamos la temperatura, vibran con una amplitud cada vez mayor, hasta que se salen de su sitio. Llamamos a esto fusión. A medida que disminuimos la temperatura, la vibración disminuye cada vez mas hasta que, en el cero absoluto, se reduce a una cantidad mínima de vibración que pueden tener los átomos, aunque no nula.

Procesos Atómicos

La hipótesis atómica describe procesos. El primero esta asociado a la superficie del agua. Por encima de su superficie hay moléculas de vapor de agua, al igual que moléculas de oxígeno, de nitrógeno. Pero las moléculas en el agua están en continua agitación, y de vez en cuando una molécula en la superficie es golpeada con una fuerza algo mayor de lo habitual y es expulsada. Así, molécula a molécula, el agua desaparece: se evapora. Pero si tapamos el recipiente donde está contenida el agua,

a pesar de que haya moléculas que son expulsadas, otras vuelven a ella, con lo que la cantidad de agua no cambia.

Ahora bien, si destapamos el recipiente y soplamos por encima del agua, el número de moléculas que se separa es mayor que el número de ellas que regresan, con lo cual estamos procediendo al proceso de evaporación. Si queremos evaporar agua, arrimemos un ventilador.

Cuando las moléculas dejan el agua, le roban calor y cuando regresan generan calor. Si soplamos en el agua para mantener una preponderancia continua en el número de moléculas que se evaporan, entonces el agua se enfría. Por lo tanto, ¡hay que soplar la sopa para enfriarla!

Vayamos al proceso en el que un sólido se disuelve en agua. La sal es un sólido, un cristal – el cristal no está compuesto de átomos, sino de iones. Un ion es un átomo que o bien tiene algunos electrones de mas o bien ha perdido alguno. En un cristal de sal hay iones de cloro (átomos de cloro con un electrón extra) e iones de sodio (átomos de sodio a los que les falta un electrón)

Pero, se disuelve la sal en el agua o se cristaliza a partir del agua. NO se puede decir con exactitud, porque mientras que algunos de los átomos está dejando el cristal, otros átomos se están volviendo a unir a él. Se trata de un proceso *dinámico*, igual que en el proceso de la evaporación, y depende de si hay mas o menos sal en el agua que la cantidad necesaria para el equilibrio. Por equilibrio se entiende esa situación en la que el ritmo en el que los átomos están dejando el cristal se ajusta con el ritmo al que están volviendo a él.

Reacciones Químicas

Sucede cuando los átomos y los iones han cambiado de compañeros de viaje. Una reacción química es aquella en la que tiene lugar una recombinación de los compañeros atómicos.

Los átomos son muy especiales: les gustan ciertos compañeros concretos, ciertas direcciones concretas, y así sucesivamente. La tarea de la física consiste en analizar porqué cada uno de ellos quiere lo que quiere. Por ejemplo: se supone que los átomos de carbono están en un cristal sólido. Ahora por ejemplo, una de las moléculas de oxígeno puede llegar al carbono, y cada uno de sus átomos puede recoger un átomo de carbono, y salir en una nueva combinación – carbono-oxígeno–, que es una molécula de un gas denominado monóxido de carbono (CO). Pero el carbono atrae al oxígeno con mucha mas fuerza que el oxígeno atrae al oxígeno o que el carbono atrae al carbono. En este proceso se genera una gran cantidad de energía de movimiento, que es la energía cinética. Esto es la combustión que es obtener calor a partir de la combinación de oxígeno y carbono. Si otro oxígeno se une al CO tenemos otra molécula compuesta por un carbono y dos oxígenos que se denomina dióxido de carbono. Los químicos han estudiado las ordenaciones de los átomos y han encontrado que toda sustancia es algún tipo de *disposición de átomos* y decimos la disposición exacta de los átomos en el espacio. Así pues, una fórmula química es simplemente una imagen de semejanza molécula.

¿Y como descubre el químico cual es la disposición? Para descubrir esta disposición de los átomos, el químico observa qué sucede cuando mezcla dos sustancias distintas: es la química orgánica. También se pueden examinar moléculas semejantes por un método físico y ha sido posible localizar cada átomo midiendo donde están.

El problema de la química está en dar nombre a cada sustancia y saber lo que es. El nombre debe decir qué es y dónde está cada átomo.

FÍSICA BÁSICA

La física antes de 1920

Los átomos tienen ciertas propiedades: la *inercia*, si una partícula se está moviendo continuará moviéndose en la misma dirección a menos que sobre ella actúen fuerzas. Las *fuerzas*, que entonces se pensaba que eran de dos tipos: fuerza de interacción que mantenía los diferentes átomos en diferentes combinaciones de una forma

complicada; y la otra fuerza era una interacción de largo alcance que variaba de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y que fue denominada *gravitación*.

Toda materia es una infinidad de partículas en movimiento. Muchas cosas pueden estar relacionadas por: la presión; procede de las colisiones de los átomos con las paredes o con lo que sea; el impulso de los átomos, si todos se están moviendo en una cierta dirección en promedio, es el viento; los movimientos aleatorios internos son el calor. Hay ondas de exceso de densidad, donde se han reunido demasiadas partícula. Esta onda de exceso de densidad es el sonido.

En la gravedad cada objeto atrae a todos los demás, pero imaginemos ahora que existen dos tipos de objetos, y que esta nueva fuerza (fuerza eléctrica) tiene la propiedad de que los semejantes se repelen pero los diferentes se atraen. El objeto que porta esta interacción fuerte se denomina carga.

Supongamos que tenemos dos objetos diferentes que se atraen mutuamente, un más y un menos, y que están muy próximos. Supongamos que tenemos otra carga a cierta distancia. ¿Sentiría alguna atracción?. No sentiría *prácticamente ninguna*, porque si las dos primeras cargas tienen el mismo tamaño, la atracción de una y la repulsión de la otra se cancelan. La base última de la interacción entre los átomos es eléctrica..

Se pensaba que los átomos tienen un núcleo con carga eléctrica positiva y rodeado de un cierto número de electrones cargados negativamente. Después se encontraron en el propio núcleo los protones y los neutrones, muy pesados y casi de la misma masa. Los protones están cargados eléctricamente y los neutrones son neutros. Las propiedades químicas dependen de los electrones en el exterior y solo de cuantos electrones hay, o sea que las propiedades químicas de una sustancia dependen solo de un número, el número de electrones.

Otra cosa que se descubrió acerca de la fuerza eléctrica. La existencia de la carga positiva distorsiona o crea en cierto sentido una condición en el espacio, de modo que cuando en dicho espacio colocamos la carga negativa, esta siente una fuerza. Esta potencialidad para producir una fuerza se denomina un campo eléctrico.

Las fuerzas eléctricas y las fuerzas magnéticas pueden atribuirse realmente a un mismo campo, como dos aspectos diferentes de exactamente la misma cosa. Un campo eléctrico variable no puede existir sin magnetismo. La idea de interacción directa debe ser reemplazada por lo que se denomina campo electromagnético.

El campo electromagnético puede transportar ondas: algunas son *luz*, otras se utilizan en *emisiones radiofónicas*, etc. Estas ondas oscilantes pueden tener diferentes *frecuencias*. La única cosa que es realmente diferente de una onda a otra es la *frecuencia de oscilación*. Los Rayos X no son otra cosa que luz de frecuencia muy alta, y mas arriba están los Rayos gamma; los rayos procedentes de los núcleos se denominan rayos gamma, mientras que los que proceden de los átomos se denominan rayos X.

Física cuántica

La mecánica cuántica tiene muchos aspectos. En primer lugar existe una regla en la mecánica cuántica que dice que uno no puede saber a la vez donde está algo y a qué velocidad se está moviendo. La incertidumbre del momento y la incertidumbre de la posición son complementarias y el producto de ambas es constante. Esta regla explica una paradoja: si los átomos están formados de cargas mas y menos ¿por qué las cargas menos no se sitúan encima de las cargas más y se acercan hasta cancelarse completamente? ¿Por qué los electrones están en el exterior?. Si estuvieran en el núcleo sabríamos su posición exactamente, y el principio de incertidumbre exigiría entonces que tuvieran un momento muy grande, es decir, una energía cinética muy grande y saldrían despedidos del núcleo.

Otro cambio: no es posible predecir exactamente lo que va a suceder en cualquier circunstancia. Por ejemplo, es posible preparar un átomo que esté a punto de emitir luz, pero no podemos predecir cuando va a emitir la

luz. La naturaleza se comporta de tal modo que es *fundamentalmente imposible* hacer una predicción precisa de qué sucederá exactamente en un experimento dado.

Es falso que si se hacen dos experimentos iguales, se deban obtener los mismos resultados. Es un hecho experimental, pero no es necesario que se den los mismos resultados. ¿Cuál es la hipótesis fundamental de la ciencia, la filosofía fundamental?. *La única prueba de la validez de cualquier idea es el experimento*. Si resulta que la mayoría de los experimentos dan lo mismo en cualquier sitio, entonces esa "mayoría de experimentos" se utilizará para formular alguna ley general.

Los principios mecanocuánticos tienen unas consecuencias. Una de las consecuencias es que las cosas que solemos considerar como ondas se comportan también como partículas, y las partículas se comportan como ondas; de hecho, todas las cosas se comportan de la misma forma. No hay una distinción entre una onda y una partícula.

Además del electrón, el protón y el neutrón, tenemos un nuevo tipo de partícula: el fotón. La interacción de electrones y protones que constituye la teoría electromagnética se denomina *electrodinámica cuántica*. Esta teoría fundamental de la interacción de luz y materia, o campo eléctrico y cargas, constituye el mayor éxito hasta ahora en física.. De la electrodinámica cuántica salen todas las leyes eléctricas, mecánicas y químicas: las leyes para el choque de bolas de billar, los movimientos de conductores en campos magnéticos, el calor específico del conocido de carbono, el color de los tubos de neón, la densidad de la sal, y las reacciones del hidrogeno y el oxigeno para formar agua, son todas las consecuencias de esta única ley.

La electrodinámica cuántica predice un montón de cosas nuevas: predice las propiedades de los fotones de muy alta energía, rayos gamma, etc. Predijo otra cosa muy notable: además del electrón debería haber otra partícula de la misma masa, pero de carga opuesta, llamada positrón. Es cierto el hecho de que para cada partícula existe una antipartícula.

Núcleos y partículas

¿De qué están hechos los núcleos y como se manifiestan unidos? Resulta que los núcleos se mantienen unidos por fuerzas enormes ¿Cuáles son las fuerzas que mantienen unidos los protones y los neutrones en el núcleo? Yukawa sugirió que las fuerzas entre neutrones y protones tienen algún tipo de campo, y cuando ese campo se agita se comporta como una partícula.

Hoy tenemos aproximadamente treinta partículas, y es muy difícil comprender las relaciones entre todas estas partículas y para que las quiere la naturaleza, o cuales son los vínculos entre unas y otras.. El conocimiento que se tiene de la física nuclear es conocimiento aproximado, a mitad de camino entre la experiencia y la teoría: se

supone un tipo de fuerza entre protones y neutrones y se trata de ver qué sucederá, pero sin entender realmente de dónde procede la fuerza.

Todas las partículas que están junto a los neutrones y los protones se denominan bariones. Además de los bariones, las otras partículas implicadas en la interacción nuclear se denominan mesones. Cada partícula tiene su antipartícula, a menos que una partícula sea su propia antipartícula.

Finalmente tenemos otras dos partículas que no interaccionan fuertemente con las nucleares: una es el fotón y quizá, si el campo gravitatorio tiene también un análogo mecanocuántico, entonces habrá una partícula, un gravitón, que tendrá masa nula. El hecho de que una partícula tenga masa nula significa que no puede estar en reposo. Un fotón nunca está en reposo, siempre se está moviendo a 300.000 km. por segundo.

En resumen: fuera del núcleo, parece que lo conocemos todo; dentro de él, la mecánica cuántica es válida: no

se ha encontrado ningún fallo en los principios de la mecánica cuántica. Las reglas del juego son los principios mecanocuánticos, y dichos principios se aplican tanto a las nuevas partículas como a las viejas. Parece que poco a poco vamos a tuntas hacia una comprensión del mundo de las partículas subatómicas, pero realmente aun no sabemos hasta donde tendremos que seguir en esta tarea.

RELACION DE LA FÍSICA CON LAS OTRAS CIENCIAS

La física es la mas fundamental y general de las ciencias, y ha tenido un efecto profundo sobre todo el desarrollo científico. De hecho, la física es el equivalente actual a lo que se solía llamar *filosofía natural*, de la que surgieron la mayoría de las ciencias modernas.

Química

La ciencia que está mas profundamente afectada por la física es la química. La química primitiva fue muy importante para la física. La interacción entre las dos ciencias fue muy intensa porque la teoría de los átomos estaba apoyada en gran medida en experimentos de química. La colección de reglas acerca de qué sustancias se combinan con cuales, y cómo, constituyó la química inorgánica. Todas estas reglas fueron finalmente explicadas por la mecánica cuántica, de modo que la química teórica es de hecho física.

Existe también una rama de la física y la química que fue desarrollada por las dos ciencias a la par, y que es extraordinariamente importante. Se trata de los métodos estadísticos, aplicados a situaciones para las que existen leyes mecánicas, lo que con propiedad se denomina *mecánica estadística*. La mecánica estadística es la ciencia de los fenómenos del calor, o termodinámica.

Otra rama de la química es la química orgánica, la química de las sustancias que están asociadas con seres vivos. La química orgánica tiene una relación muy estrecha con la biología que le suministra sus sustancias, y con la industria; y además mucha química física y mucha mecánica cuántica pueden aplicarse a los compuestos orgánicos tanto como a los inorgánicos.

Biología

Hubo una interesante relación inicial en la que la biología ayudó a la física en el descubrimiento de la *conservación de la energía*, que fue demostrada por Mayer en relación con la cantidad de calor tomada y cedida por una criatura viviente.

La característica mas común es que todos los seres vivos están hechos de células, dentro de cada una de las cuales hay una maquinaria compleja para hacer cosas por medios químicos. En las células de las plantas, por ejemplo, hay maquinaria

para captar la luz y generar sacarosa, que es consumida en la oscuridad para mantener viva la planta.. Ahora bien, existen en las células moléculas muy grandes que de un modo complicado mantienen a las células mas pequeñas en la forma precisa para que la reacción pueda ocurrir fácilmente. Estas cosas muy grandes y complicadas se denominan enzimas. Una enzima está hecha de otra sustancia denominada *proteína*.

Pero ¿cómo saben las enzimas lo que hay que hacer? Se hace mediante una sustancia que hay en el núcleo de la célula, y que no es una proteína, denominada ADN (ácido desoxirribonucleico). Esta es la sustancia clave que se transmite de una célula a otra y transporta la información sobre como hacer las enzimas.

Ninguna disciplina o campo está haciendo actualmente mas progresos en tantos frentes como la biología. Todas las cosas están hechas de átomos y todo lo que hacen los seres vivos puede entenderse en términos de las agitaciones y oscilaciones de los átomos.

Astronomía

La astronomía es mas vieja que la física. De hecho, la astronomía puso en marcha la física al mostrar la bella simplicidad del movimiento de las estrellas y los planetas cuya comprensión constituyó el principio de la física.

Ahora sabemos muchas cosas sobre los átomos, especialmente respecto a su comportamiento en condiciones de alta temperatura pero de muy alta densidad, de modo que podemos analizar el comportamiento de la sustancia estelar mediante la mecánica estadística. Aunque no podemos reproducir estas condiciones en la Tierra, sí podemos decir a menudo, utilizando las leyes físicas básicas, lo que va a suceder exactamente, o con mucha aproximación. Así es como la física ayuda a la astronomía.

Geología

Hablemos ahora de lo que se denominan *ciencias de la Tierra*, o *geología*. En primer lugar, la meteorología y la predicción del tiempo. Los instrumentos de la meteorología son instrumentos físicos y el desarrollo de la física experimental hizo posible estos instrumentos.

¿Qué pasa en el interior de la Tierra? Se conoce mucho sobre la velocidad de las ondas de un terremoto a través de la Tierra y sobre la distribución de la densidad en la Tierra. Sin embargo, los físicos han sido incapaces de obtener una buena teoría acerca de densidad que debería tener una sustancia a las presiones que cabría esperar en el centro de la Tierra.

Para que la física sea útil a otras ciencias de un modo teórico, además de por la invención de instrumentos, la ciencia en cuestión debe suministrar al físico una descripción del objeto en el lenguaje físico. Para que una teoría físico sea útil debemos saber donde están situados los átomos y para entender la química debemos saber exactamente que átomos están presentes. Otro problema es que las demás ciencias tienen por decirlo así, cuestión histórica. Mientras que las otras ciencias tienen una historia detrás de ellas, en física no la hay.

LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

- Ley de la conservación de la energía.

Esta ley establece que hay una cierta magnitud, que llamamos energía, que no cambia en los múltiples cambios que sufre la naturaleza. Esta es una idea muy abstracta, porque es un principio matemático: dice que hay una magnitud numérica que no cambia cuando algo sucede.

En primer lugar, cuando estamos calculando la energía, a veces parte de ella sale del sistema y se pierde, o a veces algo de ella entra. Para verificar la conservación de la energía debemos tener cuidado en no introducir ni quitar nada. En segundo lugar, la energía tiene muchas formas diferentes, y hay una formula para cada una. Estas son: energía gravitatoria, energía cinética, energía térmica, energía elástica, energía eléctrica, energía química, energía radiante, energía nuclear, energía de masa.

Energía potencial gravitatoria

El que no hay un movimiento perpetuo en absoluto es un enunciado general de la ley de la conservación de la energía. Debemos tener cuidado en definir el movimiento perpetuo. Hagámoslo primero para las maquinas de levantar pesos. Siempre y cuando la maquina que levantó el peso sea devuelta a su condición original exacta, y que además sea completamente autocontenida: que no haya recibido la energía para levantar el peso de alguna fuente externa, tenemos una maquina de movimiento perpetuo.

Cualquier maquina reversible, independientemente de cómo opere, que baja un kilogramo un metro y con ello

eleva un peso de tres kilogramos, lo eleva siempre la misma distancia, X. Esta es evidentemente una ley universal de gran utilidad. La suma de los productos de los pesos por sus alturas se denomina *energía potencial gravitatoria*: es la energía que tiene un objeto debido a su posición con respecto a la Tierra. Así, la fórmula de la energía gravitatoria, siempre que no estemos demasiado lejos de la Tierra (la fuerza se debilita a medida que subimos más alto) es :

$$E_{pg} = (\text{peso}) \times (\text{altura})$$

El nombre genérico de la energía que tiene que ver con la posición con respecto a alguna otra cosa se denomina *energía potencial*. Si en lugar de trabajar contra fuerzas gravitatorias es contra fuerzas eléctricas contra las que estamos trabajando, entonces la energía contenida se denomina *energía potencial eléctrica*.

Energía cinética

Para encontrar la fórmula para la energía cinética de un objeto en movimiento con velocidad V, debemos calcular la altura que podría alcanzar y multiplicarla por el peso:

$$E_c = W V^2 / 2g$$

Otras formas de energía

- En primer lugar, la energía elástica. Para comprimir verticalmente un muelle debemos hacer algún trabajo, pues cuando lo tenemos comprimido podemos levantar pesos con él. La energía elástica es la fórmula para un muelle cuando está comprimido. Si lo soltamos, la energía elástica se convierte en energía cinética cuando el muelle pasa por el punto de equilibrio y pasa alternativamente de una forma a otra, entre compresiones y estiramientos del muelle y la energía cinética del movimiento.
- Energía térmica. Normalmente cuando las cosas ruedan hay un bamboleo y una agitación debidos a las irregularidades del material y los átomos empiezan a vibrar en su interior; una vez que el movimiento se ha detenido, encontramos que los átomos están vibrando en el interior de un modo aleatorio y confuso. Sigue habiendo energía cinética y por medio de termómetros es posible descubrir que hay calor, y que realmente hay un aumento de energía cinética. Llamamos a esta forma de energía *energía térmica*, pero no es realmente una forma nueva: es simplemente energía cinética, movimiento interno.
- Energía eléctrica, que tiene que ver con las atracciones y repulsiones de cargas eléctricas
- Energía radiante, la energía de la luz que sabemos que es una forma de energía eléctrica.
- Energía química, energía que se libera en las reacciones químicas.
- Energía nuclear; que es la energía implicada en la disposición de las partículas dentro del núcleo. Sabemos que no es energía eléctrica ni gravitatoria, ni puramente química.
- Energía de masa, que es la que tiene un objeto por su sola existencia.

Hay otras dos leyes de conservación que son análogas a la conservación de la energía. Una se denomina conservación del momento lineal. La otra se denomina conservación del momento angular.

La conservación del momento está asociada en mecánica cuántica con la afirmación de que, independientemente de *dónde* se haga el experimento, los resultados siempre serán los mismos.

LA TEORÍA DE LA GRAVITACION

Movimientos planetarios

¿Cuál es la ley de la gravitación? Cualquier objeto en el universo atrae a cualquier otro objeto con una fuerza

que para dos cuerpos cualesquiera es proporcional a la masa de cada uno de ellos y varía de forma inversamente proporcional a la distancia entre ambos. Y a esto añadimos el hecho de que un objeto responde a una fuerza acelerándose en la dirección de la fuerza en una cantidad que es inversamente proporcional a la masa del objeto

Leyes de Kepler

Kepler descubrió que cada planeta se mueve alrededor del sol siguiendo una curva denominada elipse, con el sol en uno de los focos de dicha elipse.

En segunda observación de Kepler era que los planetas no se mueven alrededor del sol a una velocidad uniforme, sino que se mueven más deprisa cuando están más próximos al sol y más despacio cuando están más alejados de él. De acuerdo con esta segunda ley, la velocidad orbital de cada planeta es tal que el radio del vector barre áreas iguales en tiempos iguales.

La tercera ley descubierta por Kepler dice que cuando se comparan los periodos orbitales y los tamaños de las órbitas de dos planetas cualesquiera, los periodos son proporcionales a la potencia $3/2$ del tamaño de la órbita (periodo es el tiempo que tarda un planeta en recorrer completamente su órbita).

Desarrollo de la dinámica

Galileo estudió las leyes del movimiento y descubrió el principio de la *inercia*: si algo se está moviendo, sin que nadie lo toque y completamente imperturbado, continuará moviéndose para siempre, manteniéndose para siempre, manteniendo una velocidad uniforme en línea recta.

Newton modificó esta idea al decir que la única forma de cambiar el movimiento de un cuerpo es aplicando una fuerza. Añadió así la idea de que una fuerza es necesaria para cambiar la velocidad o dirección del movimiento de un cuerpo. La ley consiste en que la aceleración producida por la fuerza es inversamente proporcional a la masa, o que la fuerza es proporcional a la masa multiplicada por la aceleración.

Ley de la gravitación de Newton

Newton se dio cuenta de que el Sol podría ser la sede u organización de fuerzas que gobiernan el movimiento de los planetas: todas las fuerzas están dirigidas exactamente hacia el Sol.

Newton utilizó la segunda y la tercera ley de Kepler para deducir su ley de la gravitación. La ley de la gravitación explica muchos fenómenos que no se entendían antes. Por ejemplo, la atracción de la Luna sobre la Tierra provoca las mareas hasta entonces misteriosas. La Luna atrae el agua que hay debajo de ella y causa las mareas. Funciona así: La atracción de la Luna hacia la Tierra y hacia el agua está equilibrada en el centro. Pero el agua que está más próxima a la Luna está más atraída y el agua que está más alejada de la Luna es menos atraída que la media.

Gravitación universal

¿Qué podemos entender cuando entendemos la gravedad? Todo el mundo sabe que la Tierra es redonda, pero ¿Por qué es redonda? Debido a la gravitación. Es redonda simplemente porque cada cosa atrae a todas las demás, y así tiene que atraerse a sí misma todo lo que pueda, pero no es redonda del todo porque está girando sobre su eje y esto produce efectos centrífugos que tienden a oponerse a la gravedad en la proximidad del ecuador.

Todos los planetas se empujan y se atraen; la fuerza que controla el viaje de Júpiter alrededor del Sol no es solamente la fuerza del Sol. Existe también la atracción de Saturno, aunque esta es menor puesto que el Sol es

mucho mas masivo que Saturno. Se hicieron intentos de analizar los movimientos de Júpiter, Saturno y Urano basados en la ley de la gravitación. Se calcularon los efectos de cada uno de estos planetas sobre cada uno de los demás para ver si podían entenderse por completo las minúsculas desviaciones e irregularidades de dichos movimientos a partir de esta sola ley. Para Júpiter y Saturno, todo iba bien pero para Urano era extraño. No estaba viajando en una elipse exacta, pero eso era comprensible debido a las atracciones de Júpiter y Saturno. Adams y Leverrier, uno en Francia y el otro en Inglaterra, llegaron a la misma conclusión: quizá hubiera otro planeta, oscuro e invisible que no se hubiera visto. Este planeta N, podría atraer a Urano. Calcularon donde debería estar. Miraron desde distintos sitios y allí estaba el otro planeta desconocido: Neptuno con lo que se demostraban las leyes de la gravitación.

El experimento de Cavendish

Si hay una fuerza entre cualquier par de objetos, deberíamos ser capaces de medir esa fuerza. Cavendish mostró por primera vez la fuerza directa entre dos bolas grandes y finas de plomo y dos bolas mas pequeñas de plomo situadas en los extremos de un brazo sustentado por un hilo muy fino, llamado hilo de torsión. Midiendo cuanto se retuerce el hilo, se puede medir la intensidad de la fuerza, verificar que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y determinar su intensidad:

Mm

$F = G \frac{Mm}{R^2}$

R²

Cavendish afirmó que él estaba pesando la Tierra, pero lo que estaba haciendo era medir el coeficiente G de la ley de la gravedad. Esta es la única manera en que puede determinarse la masa de la Tierra. G resulta ser :

$6,667 \times 10^{-11} \text{ newton.m}^2/\text{kg}^2$

¿Qué es la gravedad?

Newton, en lugar de preocuparse de saber qué hace a la Tierra moverse, se contentó con encontrar qué hacía sin entrar en su mecanismo.. Se han sugerido muchos mecanismos para la gravitación.

En 1750 fue propuesto por primera vez el siguiente mecanismo: supongamos que hubiera muchas partículas moviéndose por el espacio a gran velocidad en todas

direcciones y que son ligeramente absorbidas al atravesar la materia. Cuando son absorbidas por la Tierra, le comunican un impulso. Sin embargo, puesto que hay tantas marchando en un sentido como en el otro, todos los impulsos se compensan. Pero cuando el Sol, está próximo, las partículas que llegan hacia la Tierra a través del Sol son parcialmente absorbidas por éste, de modo que llegan menos procedentes del Sol que las que llegan del lado opuesto.. Por consiguiente, la Tierra experimenta un impulso neto hacia el Sol y no se necesita mucho tiempo para ver que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Esto implica que la Tierra, al moverse alrededor del Sol, sería golpeada por mas partículas procedentes del lado frontal que del lado posterior. Por consiguiente, la Tierra recibiría mas impulso desde la parte frontal, y experimentaría una resistencia al movimiento y se estaría frenando en su órbita llegando a pararse en su trayectoria.

Gravedad y relatividad

Según Newton, el efecto gravitatorio es instantáneo, es decir, si moviéramos una masa, experimentaríamos de golpe una nueva fuerza debido a la nueva posición de dicha masa; por medios semejantes podríamos enviar señales a velocidad infinita.. Einstein presentó argumentos que sugieren que no podemos enviar señales mas

rápidas que la velocidad de la luz, de modo que la ley de la gravitación debe ser errónea. Para corregir estos retrasos tenemos la ley de la gravitación de Einstein, que dice: cualquier cosa que tenga energía tiene mas: mas a en el sentido de que es atraída gravitatoriamente.

COMPORTAMIENTO CUANTICO.

Mecánica atómica

La mecánica cuántica es la descripción del comportamiento de la materia en todos sus detalles, y en particular, de lo que sucede a escala atómica. Las cosas a una escala muy pequeña no se comportan como nada que hayamos visto alguna vez. El comportamiento cuántico de los objetos atómicos (electrones, protones, neutrones, fotones y demás) es el mismo para todos: todos son partícula-ondas.

Primeros principios de la mecánica cuántica

Primero de hacer un resumen de las principales conclusiones de los experimentos (experimento con balas, con ondas, con electrones, interferencia de las ondas electronicas y de observar los electrones) se debe definir primero lo que es un experimento ideal: es uno en el que todas las condiciones iniciales y finales del experimento están perfectamente especificadas. Un suceso es un conjunto específico de condiciones iniciales y finales.

Resumen

- La probabilidad de un suceso en un experimento ideal viene dada por el cuadrado del valor absoluto de un número complejo ψ que se denomina amplitud de probabilidad.
- Cuando un suceso puede ocurrir de varias formas alternativas, la amplitud de probabilidad para el suceso es la suma de las amplitudes de probabilidad para cada forma considerada por separado.
- Si se realiza un experimento que es capaz de determinar si se ha seguido una u otra alternativa, la probabilidad del suceso es la suma de las probabilidades para cada alternativa.

RICHARD PHILIPS FEYNMAN.-(1918–1988) Físico estadounidense premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones a la electrodinámica cuántica. Conocido por la introducción de sus famosos diagramas y la formulación de la mecánica cuántica como suma de caminos.

1

10