

330

Materia y energía

El Diccionario de la Real Academia Española, que se considera como la suprema autoridad de la lexicología española, define la palabra Energía así: "Causa capaz de transformarse en trabajo mecánico". Sin embargo creemos que esta definición es deficiente para el estudio que nos proponemos. W. Watson, profesor del Colegio Imperial de Ciencias y Tecnología de Londres afirmaba: "Puede definirse la energía, como la capacidad de producir trabajo, entendiendo por trabajo la producción de un cambio en el estado de la materia venciendo una resistencia que se opone a dicho cambio". La mejor definición y la más completa en mi concepto es la que nos da el doctor Jorge Alvarez Lleras en sus "Glosas Técnicas al Diccionario de la Real Academia Española de la lengua". Ella dice así: "Energía. Término abstracto, de carácter universal en el mundo físico, y que sirve para designar una magnitud equivalente a un trabajo mecánico, con la idea de posible acumulación de este trabajo y aprovechamiento parcial de él en la transformación respectiva".

No tenemos pues una idea bien determinada de la energía, no la conocemos sino por las impresiones de ella sobre nuestros sentidos, y estas impresiones son las que nos vinculan con el mundo físico, con la materia que nos rodea. Podría decirse que los fenómenos físico-químicos son manifestadores de la energía, pues hablamos de energía cinética, energía potencial, energía química, energía *térmica*, etc. y sabemos que estas energías pueden transformarse de una manera equivalente basándose sobre la ley de la conservación de la energía.

El principio de la conservación de la Energía sobre el cual se basa la doctrina de la Física moderna dice que la suma total de energía en un recinto cerrado, del cual no sale ni entra energía, es constante, limitándose los fenómenos que en él ocurren a transformaciones de unas en otras clases de energía. Como corolario de este teorema podemos afirmar que la cantidad de energía del universo es una cantidad constante. (1). Otra consecuencia de este principio es la negación del movimiento perpetuo, es decir la máquina que bajaría indefinidamente sin que se le suministrara energía (2).

(1) Watson.

(2) Watson.

Según Descartes la materia es todo lo que ocupa el espacio. Sin embargo se denomina generalmente materia al conjunto de cuerpos formados de átomos que constan de dos partes principales a saber: del núcleo central y de la envoltura.

Existe también una relación o mejor dicho una semejanza entre la conservación de la energía y la conservación de la materia que es expresada por la ley de Lavoisier: "El peso del compuesto (un compuesto químico) es igual a la suma de los componentes" o lo que es lo mismo: "No ha sido observado nunca ningún cambio en el peso total de las sustancias que toman parte en cualquier proceso químico". Esta ley que fue descubierta por Lavoisier en 1774, fue comprobada por las experiencias de Landolt y Mauley en 1900 y 1912 respectivamente, quienes la definieron así: "Nunca se ha descubierto una variación en el peso total de las sustancias que toman parte en reacciones químicas, que exceda los límites del error experimental" (1).

Sin embargo Manuel Kant sostiene en su filosofía que la ley de la conservación de la materia es como una "Categoría apriorística" de nuestra razón. Por otra parte se conocen las llamadas leyes de la desintegración de la materia que describen el fenómeno por el cual los átomos de una sustancia se convierten en otra mediante la pérdida de ciertas partes del núcleo. Se habla hoy de la "desmaterialización de la masa", de la transformación de la energía en masa, y de la creación de la materia a partir de la energía.... Pues aquí no vamos a pretender que podemos hacer desaparecer una montaña, o una casa, objetos compuestos por millones de átomos, esto sería un absurdo extravagante, y más allá del alcance de la ciencia. Solamente queremos mostrar que en ciertas condiciones experimentales, pueden comprobarse las destrucciones de ciertas partículas eléctricas que constituyen la materia. Vamos pues, a tratar de demostrar la equivalencia de las leyes de la conservación de la energía y de la conservación de la materia, es decir que estos dos pueden enunciarse en una sola, y que las dos magnitudes que las expresan pueden reducirse a una sola.

Ya hemos dicho que la materia consiste en átomos o grupos de átomos, que constan de un núcleo y de una envoltura compuesta de electrones que se mueven en órbitas alrededor del núcleo. Estos electrones son partículas cargadas de electricidad negativa, y son semejantes a las diversas clases de materia. Así los electrones derivados

(1) Mellor.

del Hidrógeno, y del plomo actúan de la misma manera. Los núcleos son compuestos de protones, neutrones, electrones y positrones, pero siempre la carga positiva del núcleo se equilibra con las cargas negativas de los electrones de la envoltura para formar un átomo eléctricamente neutro. La masa de un elemento es determinada por el núcleo, por ser muy pequeña la de los electrones, y las propiedades físicas del mismo elemento dependen del número de electrones y de su repartición en las diversas órbitas que componen la envoltura. Los electrones son pues esencialmente energía electromagnética condensada en un pequeño volumen. Esta energía depende de la carga del electrón y de la velocidad que tiene en su movimiento de rotación; sería nula para un electrón en reposo e infinita para un electrón que se moviera con la velocidad de la luz.

Las propiedades de los electrones y de sus movimientos se utilizan en unos aparatos llamados electrónicos. Aquí vamos a describir uno de ellos que nos servirá para la explicación de nuestra tesis, se trata del aparato de Rayos X.

Los Rayos X, o Rayos Roentgen se forman por el choque de rayos catódicos contra un cuerpo sólido. Los tubos de rayos X, que no son más que diodos, constan de un cátodo formado por un filamento en forma de espiral situado dentro de un cilindro abierto, y de un ánodo que lleva en el centro una pieza de tungsteno, o de una aleación de tungsteno con otros metales, llamado anticátodo.

Los electrones emitidos por el filamento, aceleran bajo la influencia del voltaje, en todo su trayecto hacia el anticátodo, y alcanzan una velocidad enorme, que para altos voltajes puede alcanzar casi la velocidad de la luz, siendo que esta velocidad es proporcional a la raíz cuadrada del potencial existente entre el filamento y el ánodo, en voltios. Los electrones al chocar con esta velocidad enorme contra el anticátodo producen en el metal de este una violenta oscilación de muy alta frecuencia que da lugar a las radiaciones Roentgen, por un procedimiento no muy bien conocido.

Si en vez de provocar el choque de electrones, o partículas de electricidad negativa contra el anticátodo, provocamos el choque de partículas de electricidad positiva, produciríamos según los experimentos llevados a cabo por M. Jean Thibaud, una radiación de tal forma que el número de fotones sea mucho mayor que en el caso de electrones.

Estos fotones son sencillamente quanta de luz o de rayos X y fueron descubiertos por Arthur Holly Compton, quien demostró experimentalmente en 1923 que la luz es emitida, transmitida y absor-

bida como quanta, o energía corpuscular. (1). Estos quanta se conocen actualmente con el nombre de fotones.

Las radiaciones producidas por el movimiento de partículas de electricidad positiva al cual acabamos de referirnos, son según los experimentos de los doctores Joliot-Curie y Jean Thibaud, del tipo gamma. Es decir que se trata de rayos que tienen una longitud de onda entre 0,005 y 1 Å (Angstrom), y tienen una velocidad tal que son capaces de atravesar una capa de plomo de varios centímetros de espesor, y no son influenciados por los campos magnéticos. Se producen pues, radiaciones de uno de los tipos que emite el radio, cuya manifestación fue descubierta por Antoine Henri Becquerell, y que fueron atribuidos al radio por Marie Sklodowska Curie (1867-1934).

La partícula de electricidad positiva al penetrar en la materia, se unirá con una carga negativa igual, un electrón, y dice el señor Thibaud "Las dos cargas idénticas —la positiva y la negativa— se aniquilarán mutuamente como *más* agregado a *menos* da cero", y sigo citando al Dr. Thibaud: "De esta fusión debe resultar necesariamente, para salvaguardar la conservación de la energía, la liberación de dos fotones iguales correspondiendo cada uno a la masa de uno y de otro electrones entre destruidos.... Nuestra experiencia, dice Thibaud, vuelve tangible, de alguna manera, el principio de identidad entre materia y energía".

Las tentativas de interpretación de la conversión de la energía en materia, y de la materia en energía, no están sino en una etapa experimental, y no se tienen todavía pruebas suficientemente decisivas, ni se ha demostrado rigurosamente. Lo explicado anteriormente no es sino una hipótesis especulativa, y el entendimiento de esta materialización y desmaterialización sobrepasa un poco el nivel limitado de nuestra inteligencia. No podemos concebir que la cualidad que posee la materia pueda existir fuera de ella, que la inercia, que según dice Sullivan en su "Limitación de la ciencia", es la única calidad mensurable científica, propia de la materia, pueda existir fuera de ella aunque sea en potencia. Sin embargo si admitimos los fenómenos ya explicados acerca de la transformación de la materia en energía es de suponer que pueda demostrarse el teorema recíproco. Con este fin se han hecho numerosos experimentos.

En 1910 Víctor Hess descubrió los Rayos Cósmicos, que son radiaciones que provienen probablemente de fuera de nuestra galaxia.

(1) Ciertos físicos sostenían que los rayos X o la luz eran emitidos y absorbidos como quanta, pero se movían de acuerdo con la teoría ondulatoria de Maxwell.

Se consideraron como radiaciones formadas por partículas eléctricas, y que tienen una longitud de onda menor que la de los rayos Gamma de que hablamos arriba, por tener una penetración mucho mayor en el plomo. La observación de que estas radiaciones son más densas en el Ecuador que en los polos nos proporciona la convicción de su característica corpuscular. Gracias al aparato de Wilson para el estudio de radiaciones, que describiremos luego, se ha encontrado que las partículas que forman los rayos cósmicos llamados Mesotrones tienen una masa igual a 100 o 200 veces la del electrón. Se ha investigado recientemente en el observatorio del monte Evans, a una altura de más de 2.000 metros sobre el mar, el fenómeno de la desaparición del 50% de los Mesotrones, engendrados por los Rayos Cósmicos al llegar al Nivel del Mar. No se sabe cual es exactamente la causa de esta desaparición, o más bien desintegración. El Mesotrón que se dirige hacia la tierra puede muy bien desintegrarse por choques contra átomos que forman la atmósfera. Sin embargo esta destrucción se asemeja a los fenómenos radiactivos por ser independiente de las condiciones exteriores. Es probable que este fenómeno tenga alguna relación con el problema que estamos estudiando.

En 1933, después del descubrimiento de la presencia de positrones en los rayos cósmicos, se demostró que podían obtenerse positrones bombardeando una pieza de plomo por neutrones y fotones procedentes de polonio y glucinio. Para explicar esta producción de protones, algunos admiten que un Polón puede desaparecer por interacción con un núcleo de átomos dando lugar a un electrón y un positrón. Esta hipótesis de Joliot —Curie recibió el nombre de “Materialización del Fotón”. Las investigaciones de esta clase han sido dificultadas por la escasez del positrón, que había sido descubierto por el método de las trayectorias de los rayos del físico inglés Wilson.

Este aparato diseñado para el estudio de partículas eléctricas consta de una cámara con aire saturado de vapor de agua, que se deja expandir al admitir las partículas. Por el enfriamiento debido a la expansión se forman diminutas gotas de agua, como una neblina y se producen por ejemplo con radiaciones, gran número de iones a lo largo de sus trayectorias. Se forman pues líneas blancas que pueden ser fotografiadas, pues el tiempo de reevaporación de la neblina permite la exposición fotográfica.

Este fenómeno de la “materialización del fotón” ha sido observado por medio del aparato de Wilson, en el cual se observan dos rayas, la una de un electrón, la otra de un positrón. La materialización de un fotón, en un electrón y un positrón, mediante la interacción de un núcleo de átomos necesita un fotón cuya energía sea

mayor de 1,024.000.000 de electrón voltios (1). Se observa, pues, que a expensas de energía considerable del fotón que desaparece se crean dos partículas, o dos masas; un electrón y un fotón. Para darnos cuenta de la energía gastada en esta transformación recordemos que un electrón-voltio es la energía representada por un electrón que acelera entre una diferencia de potencial de un voltio, y como la carga de un electrón es de 4.8×10^{-10} unidades electrostáticas, y un ergio por unidad electrostática equivale a 300 voltios, se calcula que 1 electrón o voltio es igual a 1.6×10^{-12} ergios. Por consiguiente la energía mínima para la materialización de un fotón sería $1.024.000.000 \times 1.6 \times 10^{-12} = 16.38 \times 10^{-3}$ ergios. Esta energía es pues mucho mayor que la que posee un átomo de gas por su translación. En efecto de la teoría cinética de los gases se desprende que la energía media que posee un átomo de un gas monoatómico en

virtud de su translación es dada por la fórmula $E = \frac{3}{2} KT$, donde T

es la temperatura absoluta y K la constante de Boltzmann. A la temperatura de 27° C. o de 300° absolutos la energía de una molécula de un gas monoatómico es de 6×10^{-14} ergios.

Si la masa y la energía pueden transformarse una en otra podemos sugerir que sea posible transformar la energía cinética en materia, o lo que es lo mismo la velocidad en materia. Muchos experimentos se intentaron al respecto desde 1933. Varios estudios se realizaron con el fin de demostrar la materialización de la energía cinética de electrones en los rayos Beta, entre los cuales merecen especialmente citarse los del señor Aurelio Marqués de Silva efectuados en el Laboratorio Curie del instituto del Radio en París. El estudio especialmente la materialización de la energía cinética de los Rayos B sobre una pantalla de plomo que tenía un espesor determinado. Al hacer incidir los positrones emitidos por la fuente de bromuro de radio situado dentro de una cámara de Wilson, sobre una pantalla de plomo, parte de ellos eran absorbidos, y entonces aparecían positrones en la pantalla debido a la materialización de los rayos Beta y gamma, pero como existía un exceso de protones éste se atribuyó a la materialización de la energía cinética de los rayos Beta.

De lo anterior se deduce la similitud que existe entre los conceptos de materia y de energía. Una de las principales cualidades de la materia es que va acompañada generalmente de masa y exis-

(1) Delewsky.

te una relación establecida por Einstein, en su teoría de la relatividad entre energía y masa que es

$$E = M c^2$$

donde E es la energía, M la masa y c la velocidad de la luz. Por consiguiente en la interacción de dos cuerpos una pérdida de energía corresponde a una pérdida de masa. La Física define momentum, o cantidad de movimiento de un cuerpo como el producto de su masa por su velocidad; y existe una ley de la conservación del momentum que es paralela a la de la conservación de la energía. Sin embargo en la teoría de la relatividad se define la cantidad de movimiento como el producto de una masa invariable por una velocidad modificada, o sea el producto de la masa por el cambio de posición dx durante el intervalo ds en lugar del tiempo dt . Basándonos en esta proposición y siguiendo el raciocinio de Eddington, se puede demostrar que el momentum relativo es el producto de dos factores, a saber: de una velocidad y de una masa variable función de su posición en el espacio y el tiempo con respecto al observador:

$$\begin{aligned} m \frac{dx}{dt} &= m \frac{dt}{ds} \frac{dx}{dt} \\ &= M \frac{dx}{dt} \end{aligned}$$

poniendo

$$M = m \frac{dt}{ds}$$

Desarrollando el concepto de la masa variable con respecto al observador se puede demostrar que está compuesta de la suma de dos partes: la masa en reposo y la energía cinética:

$$M = m \frac{dt}{ds}$$

$$ds^2 = dt^2 - dX^2 - dy^2 - dz^2$$

$$\left(\frac{ds}{dt} \right)^2 = 1 - \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 - \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 - \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 = 1 - u^2$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{1 - U^2}} = m + \frac{1}{2} m u^2.$$

Pero si suponemos que la masa en reposo es una especie de energía potencial estacionada en la masa, podremos identificar masa y energía y llegar a la relación entre masa y energía, que dedujo Einstein, para cualquier clase de energía o sea que la masa es igual al cociente de la energía sobre el cuadrado de la velocidad de la luz.

$$M = \frac{E}{C^2}$$

Así por ejemplo un volante que gira tiene una masa mayor que el mismo volante en reposo: igualmente un reloj al cual se ha dado cuerda tiene una masa mayor que antes de darle cuerda. Evidentemente estos cambios de masa no han podido medirse por ser muy pequeños, pues hay que dividir la energía por C^2 o sea 9×10^{20} . La relación de Einstein sugiere el hecho de que la masa de inercia, o en reposo, sea una propiedad de la energía más bien que de la materia. La ley de la conservación de la energía vendrá a ser meramente otro aspecto de la ley de la conservación de la masa. La distinción habitual y artificial que se hace entre materia y energía se debe al hecho de que no se toma como unidad de velocidad la de la luz y estas dos cantidades se miden con unidades distintas. De los experimentos citados y de la teoría de la relatividad se deduce que los principios de la conservación de la energía y de la masa quedan reducidos a uno solo, y puede considerarse que la energía es una manifestación de la materia.

J. Delleur.

Alumno de la Facultad

EMPLEO DEL HELIO EN LA PRODUCCION DE MAGNESIO

Un método perfeccionado para la extracción del magnesio de sus minerales, es la materia de que trata una patente expedida recientemente por el Gobierno de los Estados Unidos y traspasada al mismo sin el pago de derechos de regalía. El procedimiento ordinario para extraer los óxidos del magnesio consiste en calentarlo con un material carbonáceo que absorba el oxígeno y desprenda el magnesio en forma de vapor. Para evitar que se vuelva a oxidar el magnesio, se introduce generalmente durante el proceso de enfriamiento, algún gas que contenga carbono, pero, esto tiene la desventaja de que forma mezclas explosivas peligrosas. De acuerdo con esta patente, se emplea como sustituto el gas helio inerte e incombustible, olvidándose así esa dificultad. La aglomeración del magnesio al enfriarse, en forma de gotas, se acelera sometiendo al vapor vibraciones supersónicas intensas pero inaudibles.