

AC 14 50

Maravilloso. Introducción a las ciencias físico-naturales. Autor Jesús González Zorropero.

Fecha de emisión 14 de diciembre del 79. Generación y transformación de la energía. Segunda parte.

En esta segunda parte, relativa al tema de generación y transformación de la energía, expondremos algunas cuestiones que sirvan de complemento a lo dicho en la primera parte. Las fuerzas de rozamiento disipan gradualmente la energía de los sistemas mecánicos y acaban por llevarlos al reposo. ¿Qué relación hay entre la energía mecánica perdida por rozamiento y la cantidad de calor producida a causa de él? Este problema fue resuelto experimentalmente a mediados del siglo pasado por el físico inglés Joule, quien obtuvo que una caloría equivale a 4,18 J. Los trabajos de Joule confirmaron que el calor es una energía en igual sentido que lo es la energía mecánica y que, aunque una forma de energía puede transformarse en otra, cinética, potencial, calorífica, eléctrica, química, etc., la cantidad total de energía de cualquier sistema de cuerpos o sustancias permanece constante.

Esta ley de la conservación de la energía representa uno de los pilares fundamentales de la física. La energía es simplemente la capacidad de producir trabajo. A un cuerpo o a un sistema de cuerpos se les da energía cuando se efectúa un trabajo sobre él.

En este proceso no hay más que una simple cesión de energía de un cuerpo a otro. En dicha cesión no se crea ni se destruye energía alguna, no se hace más que cambiar de una forma a otra. Es cierto que en muchos procesos parte de la energía no queda disponible.

Así, por ejemplo, como antes se ha dicho, el trabajo realizado contra el rozamiento se convierte en energía calorífica de manera tal que difícilmente puede utilizarse. Así pues, aun cuando no se destruye la energía, se desperdicia por lo que se refiere a su utilidad en el proceso. Pero para valorar exactamente los procesos de intercambio energético hay que tener en cuenta la transformación energía-masa.

La masa de un cuerpo no permanece necesariamente constante durante su movimiento. Cuando un cohete consume combustible y expulsa los gases para proporcionarse un empuje, su masa disminuye constantemente. El principio de la relatividad establece que aun cuando no se agregue materia, la masa de una partícula aumenta con la velocidad.

Esta variación de la masa con la velocidad es despreciable a velocidades que sean pequeñas frente a la de la luz, por lo que sólo será importante en el caso de pequeñas partículas que se puedan acelerar hasta velocidades próximas a la de la luz. Las transformaciones energía-masa se rigen por la ecuación de Einstein, E igual m por c cuadrado. La energía es igual a la masa por el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío.

E , la energía, es igual a m , la masa, por el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío, c^2 . Esta

velocidad es igual a 3 por 10 elevado a 8 metros por segundo. La equivalencia entre masa y energía se comprueba fácilmente en las reacciones nucleares.

En las reacciones químicas ordinarias, la energía liberada por molécula es tan pequeña que no se pueden apreciar las variaciones de masa. Las demás formas de la energía pueden asociarse análogamente a variaciones de masa, que en muchísimos casos son tan pequeñas que no pueden medirse. En la ecuación de Einstein, el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío es un número muy grande, lo que significa que una pequeña cantidad de masa corresponde a una gran cantidad de energía.

Dicho de otra forma, la masa de una cantidad dada de energía es en general muy pequeña. Así, la masa de una luz emitida en un minuto por una linterna eléctrica con una lámpara de 10 vatios sólo supone 7 por 10 elevado a menos 12 gramos. El calor necesario para que un kilo de agua eleve su temperatura desde el punto de solidificación al de ebullición corresponde a una masa de 4 por 10 elevado a menos 8 gramos aproximadamente.

Por el contrario, cuando cierta cantidad de masa se transforma en energía, obtenemos una enorme cantidad de energía a partir de un cambio muy pequeño de masa. Así, por ejemplo, el cuerpo central de uranio de la primera bomba atómica sólo perdió alrededor de un gramo de su masa inicial en el curso de su transformación en productos de fisión. Al transformarse en energía, este gramo de masa produjo un efecto equivalente a la explosión de 20.000 toneladas de trinitotolueno.

En los procesos radiactivos y de formación de energía nuclear se manifiesta claramente la obtención de energía a costa de la desaparición de cierta cantidad de masa. Esta energía aparece como energía cinética de diferentes partículas producidas en la reacción, tales como las siguientes. Partículas alfa, que tienen carga eléctrica positiva y son núcleos de átomos de helio.

Protones, también con carga eléctrica positiva y son núcleos de átomos de hidrógeno. Rayos beta, formados por electrones con gran velocidad y energía. Su carga eléctrica será negativa.

Neutrones, que son partículas de una masa casi igual a la del protón, pero que no tienen carga eléctrica. Los procesos radiactivos consisten en la desintegración espontánea de elementos químicos de alto peso atómico, como son el uranio y el radio, originándose nuevos elementos químicos. Estos procesos van acompañados de la emisión de rayos alfa, beta y gamma.

Los rayos gamma son energía pura electromagnética y, por consiguiente, no tienen carga y carecen de masa. Como ejemplo de los valores que se producen en las energías de desintegración de los procesos radiactivos, diremos que las velocidades de las partículas alfa emitidas oscilan de 0,98 a 2,06 por 10 elevado a 7 metros por segundo, como se ve valores próximos a la velocidad de la luz en el vacío. Estas velocidades corresponden a energías cinéticas de 3,2 a 14,2 por 10 elevado a menos 6 hercios, que son enormemente mayores que las encontradas en los fenómenos físicos ordinarios.

Así, por ejemplo, la energía cinética de los átomos en el movimiento térmico a una temperatura tan alta como 6000 grados Kelvin, que es la temperatura de la superficie del Sol, es sólo 1,25 por 10 elevado a menos 12 hercios, es decir, varios millones de veces menor que la energía implicada en la desintegración radiactiva. Vamos a considerar ahora el tema de la producción de energía en el Sol, que estimamos es de gran interés. Una persona con pocos conocimientos científicos puede pensar que el Sol está quemándose como se queman los leños en una chimenea o el petróleo en una lámpara.

Sin embargo, es fácil demostrar que, aunque estuviera hecho de la mejor mezcla combustible para cohetes, el Sol en combustión no duraría más que algunos miles de años. A mediados del siglo pasado, se propuso una teoría sobre la producción de la energía solar. Se decía que, siendo el Sol una esfera gigante de gas caliente que pierde energía por radiación de su superficie, estaba obligado a contraerse, aunque muy lentamente.

Durante esta contracción, las fuerzas gravitatorias, actuando sobre la masa solar, realizan un trabajo mecánico que se transforma en calor. Se ha calculado que, siendo mucho más potente que las reacciones químicas, tales como la combustión, este proceso mantendría al Sol con su luminosidad actual durante un par de millones de años, lo que en el siglo pasado se consideraba un periodo suficiente para explicar los acontecimientos de la geología histórica. Hoy se admite que la vida sobre la Tierra ha de haber existido durante 500 millones de años al menos, y la corteza sólida y los océanos tienen que ser más viejos.

Así, la contracción del Sol no pudo ciertamente proporcionar suficiente energía para mantener la superficie de la Tierra y sus océanos con un calor suficiente para el origen y evolución de los organismos vivos. El descubrimiento de que la energía almacenada en los núcleos atómicos es un millón de veces mayor que la energía liberada en las transformaciones químicas, arrojó una luz nueva sobre los orígenes de la energía solar. Si el Sol podía existir durante miles de años por una reacción química de combustión, los manantiales de energía nuclear pueden suministrar energía durante miles de millones de años.

Para explicar el ritmo de producción de energía observado en el Sol, hay que admitir que se trata de una transformación nuclear inducida, producida por la temperatura enormemente elevada existente en su interior. Los cálculos hechos en 1929 por los científicos llevaron a la conclusión de que a las temperaturas existentes en el Sol cabe esperar se produzcan reacciones termonucleares entre los núcleos de hidrógeno, protones y los núcleos de otros elementos ligeros que liberen cantidades suficientes de energía nuclear para explicar la radiación solar observada. Desde 1937 se admite que las reacciones termonucleares que determinan la producción de energía dentro del Sol son las que se conocen con el nombre de ciclo del carbono y la reacción hidrógeno-hidrógeno.

En los ciclos del carbono, el átomo de este elemento actúa como un catalizador nuclear que ayuda a unir cuatro protones independientes para formar una sola partícula, alfa, liberando energía. Una vez realizado este proceso, se recupera el átomo de carbono inicial. Dado que en

el Sol el carbono está en proporción muy pequeña, esta reacción supone solamente el 1% de la producción de energía en el núcleo del Sol.

En la reacción hidrógeno-hidrógeno, el primer paso es la formación de un núcleo de deuterio en el proceso de choque térmico entre dos protones. El deuterio es un isótopo del hidrógeno con peso atómico 2. Esto va seguido de una serie de reacciones termonucleares que transforman el deuterón, así formado, en helio y una partícula alfa liberando energía. Dado que el hidrógeno constituye el 50% aproximadamente del material solar, la reacción hidrógeno-hidrógeno constituye el fundamento de la energía solar.

Hablemos algo finalmente del futuro de nuestro Sol. Dado que la energía radiada por el Sol se debe principalmente a la transformación continua del hidrógeno en helio, es evidente que el Sol no puede brillar eternamente porque se agotará el combustible. Se ha calculado que durante sus 5 millares de millones de años de existencia, el núcleo de nuestro Sol ha consumido la mitad aproximadamente de su provisión inicial de hidrógeno, de modo que tiene bastante combustible nuclear para otros 5 millares de millones de años.

¿Qué sucederá cuando esté próximo el final de sus recursos de combustible? La escasez de combustible nuclear se sentirá primero en las regiones centrales del Sol y esto provocará que la región de altas temperaturas se moverá hacia las capas externas que todavía contienen bastante hidrógeno para mantener un fuego nuclear. Este proceso originará un aumento continuo del tamaño del astro y un incremento gradual de su luminosidad. En el intervalo de algunos cientos de millones de años, se espera que el diámetro del Sol se haga tan grande como la órbita de Venus y su luminosidad se multiplique entre 10 y 20, haciendo que los océanos terrestres hiervan violentamente.

Tras este último esfuerzo, el Sol comenzará a encogerse y a apagarse hasta hacerse completamente débil e insignificante. Pero no hay motivo de pánico inmediato, todavía nos quedan 5 millares de millones de años.