

Conservación de la Energía

La energía mecánica total de un sistema es constante cuando actúan dentro del sistema sólo fuerzas conservativas. Asimismo podemos asociar una función energía potencial con cada fuerza conservativa. Por otra parte, la energía mecánica se pierde cuando están presentes fuerzas no conservativas, como la fricción.

En el estudio de la termodinámica encontraremos que la energía puede transformarse en energía interna del sistema. Por ejemplo, cuando un bloque desliza sobre una superficie rugosa, la energía mecánica perdida se transforma en energía interna almacenada temporalmente en el bloque y en la superficie, lo que se evidencia por un incremento mensurable en la temperatura del bloque. Veremos que en una escala submicroscópica esta energía interna está asociada a la vibración de los átomos en torno a sus posiciones de equilibrio. Tal movimiento atómico interno tiene energía cinética y potencial. Por tanto, si a este incremento en la energía interna del sistema lo incluimos en nuestra expresión de la energía, la energía total se conserva

Este es sólo un ejemplo de cómo podemos analizar un sistema aislado y encontrar siempre que su energía total no cambia, siempre que se tomen en cuenta todas las formas de energía. Esto significa que, la energía nunca puede crearse ni destruirse. La energía puede transformarse de una forma en otra, pero la energía total de un sistema aislado siempre es constante. Desde un punto de vista universal, podemos decir que la energía total del universo es constante. Si una parte del universo gana energía en alguna forma, otra parte debe perder una cantidad igual de energía. No se ha encontrado ninguna violación a este principio.

Un objeto que se mantiene a cierta altura h sobre el suelo no tiene energía cinética, pero, hay una energía potencial gravitacional asociada igual a mgh relativa al suelo si el campo gravitacional está incluido como parte del sistema. Si el objeto se suelta, cae hacia el piso, y conforme cae su velocidad y en consecuencia su energía cinética aumenta, en tanto que la energía potencial disminuye. Si se ignoran los factores como la resistencia del aire, toda la energía potencial que el objeto pierde cuando cae aparece como energía cinética. En otras palabras, la suma de las energías cinéticas y potencial, conocida como energía mecánica E , permanece constante en el tiempo. Este es un ejemplo de la **conservación de la energía**. En el caso de un objeto en caída libre, este principio nos dice que cualquier aumento (o disminución) en la energía potencial se acompaña por una disminución (o aumento) igual en la energía cinética.

Puesto que la energía mecánica total E se define como la suma de las energías cinética y potencial, podemos escribir.

$$E = K + U$$

Por consiguiente, es posible aplicar la conservación de la energía en la forma $E_i = E_f$, o

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

La conservación de la energía requiere que la energía mecánica total de un sistema permanezca constante en cualquier sistema aislado de objetos que interactúan sólo a través de fuerzas conservativas.

Energía potencial

Un objeto con energía cinética puede realizar trabajo sobre otro objeto, como lo ilustra el movimiento de un martillo que clava un clavo en la pared. Veremos ahora que un objeto también puede realizar trabajo por efecto de la energía que produce su posición en el espacio. Cuando un objeto cae en un campo gravitacional, el campo ejerce una fuerza sobre él en la dirección de su movimiento, efectuando trabajo sobre él, con lo cual incrementa su energía cinética. Considere un ladrillo que se

dejo caer desde el reposo directamente sobre el clavo de una tabla que está horizontal sobre el suelo. Cuando es soltado el ladrillo cae hacia la tierra ganando velocidad y, en consecuencia, ganando energía cinética. Gracias a su posición en el espacio, el ladrillo tiene energía potencial (tiene el potencial para hacer trabajo), la cual se convierte en energía conforme cae. En el momento en que el ladrillo llega al suelo, efectúa trabajo sobre el clavo encajándolo en la tabla. La energía que un objeto tiene debido a su posición en el espacio recibe el nombre de energía potencial gravitacional. Es la energía mantenida por un campo gravitacional y transferida al objeto conforme este cae.

Las unidades de la energía potencial gravitacional son las mismas que las del trabajo. Esto significa que la energía potencial puede expresarse en joule, erg o pie/libra. La energía potencial, como el trabajo y la energía cinética, es una cantidad escalar.

Advierta que la energía potencial gravitacional asociada a un objeto solo depende de la altura vertical de este sobre la superficie de la tierra. De acuerdo con esto, observamos que el trabajo hecho por la fuerza de la gravedad sobre un objeto conforme este cae verticalmente hacia la tierra es el mismo que si empezara en el mismo punto y se deslizara por una pendiente sin fricción hacia la tierra.

En problemas de trabajo que abarquen a la energía potencial gravitacional, siempre es necesario establecer igual a cero su valor en algún punto. La elección del nivel del cero es por completo arbitraria puesto que la cantidad importante es la diferencia en la energía potencial y esta diferencia es independiente de la elección del nivel cero.

Con frecuencia es conveniente elegir la superficie de la tierra como la posición de referencia para energía potencial cero, pero, otra vez, esto no es importante. Casi siempre, el planteamiento del problema indica un nivel conveniente que elegir.

Sistemas Conservativos

Fuerzas conservativas

Son las fuerzas que se encuentran en la naturaleza pueden dividirse en dos categorías: conservativas y no conservativas.

Una fuerza es conservativa si el trabajo que hace sobre una partícula que se mueve entre dos puntos cualesquiera es independiente de la trayectoria seguida por la partícula. Además, el trabajo hecho por una fuerza conservativa ejercida sobre una partícula que se mueve por una trayectoria cerrada es cero.

La fuerza de la gravedad es conservativa. El trabajo realizado por la fuerza gravitacional sobre un objeto que se mueve entre dos puntos cualesquiera cerca de la superficie de la tierra es

$$WG = mgy_i - mgy_f$$

Apartir de esto vemos que WG sólo depende de las coordenadas inicial y final del objeto y, en consecuencia es independiente de la trayectoria. Además, WG es cero cuando el objeto se mueve por cualquier trayectoria cerrada (donde $y_i = y_f$).

Podemos asociar una función de energía potencial con cualquier fuerza conservativa.

$$U_g = mgy$$

La energía potencial gravitacional es la energía almacenada en el campo gravitacional cuando el objeto se levanta contra el campo.

Las funciones de energía potencial son definidas sólo para fuerzas conservativas. En general, el trabajo W hecho sobre un objeto por una fuerza conservativa es igual al valor inicial de la energía potencial asociada al objeto menos el valor final:

$$W_c = U_i - U_f$$

Fuerzas no conservativas

Una fuerza es no conservativa si produce un cambio en la energía mecánica. Por ejemplo, si alguien mueve un objeto sobre una superficie horizontal y lo regresa a la misma posición y al mismo estado de movimiento, pero encuentra que fue necesario realizar una cantidad de trabajo neta sobre el objeto, entonces algo debe haber disipado esa energía transferida al objeto. Esa fuerza disipativa se conoce como fricción entre la superficie y el objeto. La fricción es una fuerza disipativa o noconservativa. Por contraste, si el objeto se levanta, se requiere trabajo, pero la energía se recupera cuando el objeto desciende. La fuerza gravitacional es una fuerza no disipativa o conservativa.

Suponga que usted mueve un libro entre dos puntos sobre una mesa. Si el libro se mueve en una línea recta entre los dos puntos A y B , la pérdida de energía mecánica debido a la fricción es mayor (en valor absoluto) que $-fd$. Por ejemplo, la pérdida de la energía mecánica por la fricción a lo largo de la trayectoria semicircular es igual a $-f(\pi d/2)$, donde d es el diámetro del círculo.

La masa y la energía

Otro principio importante la conservación de la masa, nos dice que en cualquier tipo de proceso, físico o químico, la masa no puede crearse ni destruirse. Es decir la masa antes del proceso es igual a la masa después del proceso.

Durante siglos, para los científicos la energía y la masa aparecían como dos cantidades que se conservaban de manera independiente. Sin embargo, en 1905 Einstein hizo el increíble descubrimiento de que la masa, o inercia, de cualquier sistema es una medida de la energía total de este. Por consiguiente, la energía y la masa son conceptos relacionados. La relación entre los dos está dada por la más famosa fórmula de Einstein.

$$E = mc^2$$

Donde c es la velocidad de la luz y E es la energía equivalente de una masa m , la masa aumenta con la velocidad; sin embargo, esta dependencia es insignificante para $v \ll c$. En consecuencia, las masas que utilizamos para describir situaciones en nuestras experiencias cotidianas siempre se consideran como masa en reposo.

La energía asociada con incluso una pequeña cantidad de materia es enorme. Por ejemplo, la energía de 1 kg de cualquier sustancia es:

$$E = mc^2 = (1 \text{ kg}) (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \times 10^{16} \text{ J}$$

!Esto es equivalente al contenido de energía de aproximadamente 15 millones de barriles de petróleo crudo (aproximadamente el consumo de 1 día en Estados Unidos)! Si esta energía pudiera liberarse fácilmente, como trabajo útil, nuestros recursos energéticos serían ilimitados.

En realidad, solo una pequeña fracción de la energía contenida en una muestra de material puede liberarse a través de procesos químicos o nucleares. Los efectos son más grandes en las reacciones nucleares donde se observan de manera cotidiana cambios fraccionarios en la energía, y por tanto en la

masa, de aproximadamente 10 . Un buen ejemplo es la enorme cantidad de energía liberada cuando el núcleo de uranio 235 se divide en dos núcleos mas pequeños. Esto se debe a que el núcleo de 235U tiene mas masa que la suma de las masas de los núcleos producto. La imponente naturaleza de la energía que se libera en dichas reacciones se demuestra claramente en la explosión de una arma nuclear.

De una manera breve la ecuación $E = mc$ nos dice que la energía tiene masa. Siempre que la energía de un objeto tiene algún cambio, su mas cambia . Si E es el cambio en la energía de un objeto, su cambio de masa es:

$$m = \frac{E}{c^2}$$

c

Cada vez que la energía E en cualquier forma se aplica a un objeto, el cambio en la masa del objeto es $m = E/c$. No obstante, debido a que c es tan grande, los cambios en la masa en cualquier experimento mecánico o reacción química ordinarios son demasiado pequeños para detectarse.