

UNIDAD 3: TEOREMAS DE CONSERVACIÓN.

TEMÁTICA: TEOREMA DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA Y SUS APLICACIONES.

Existen diferentes definiciones de energía, relacionadas con capacidad y fuerza, aunque en general es la propiedad que tiene un sistema para hacer un trabajo. No obstante, lo que es interesante comprender es el comportamiento de la energía, es decir la manera como se transforma. El estudio de diversas formas de energía y sus transformaciones ha conducido a la ley de la conservación de la energía en mecánica newtoniana: “la energía no se puede crear ni destruir; se puede transformar de una forma a otra, pero la cantidad total de energía no cambia”.

Encontramos también diferentes manifestaciones de energía: calor, movimiento, radioactividad, electricidad, entre otras. Convirtiéndose la energía en una de las partes fundamentales del universo, el cual además está compuesto de materia y energía en un fondo espacio temporal.

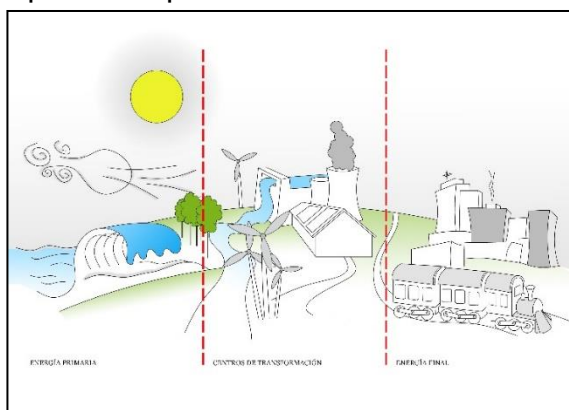
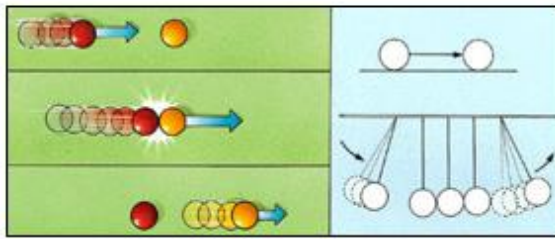


Figura 1. Fuentes de energía, transformación y usos. ¹

Dentro de los tipos de energía se encuentra la energía mecánica, que es producida por fuerzas de tipo mecánico, como la elasticidad, la gravitación, etc, y la poseen los cuerpos por el simple hecho de moverse o de encontrarse desplazados de su posición de equilibrio. La energía mecánica se compone de: energía cinética y energía potencial, esta última puede ser gravitatoria o elástica.

¹ Recurso tomado de <https://www.eoi.es/blogs/fuentes-de-energia-transformacion-y-usos/>



Cuando un cuerpo transmite energía a otro, la energía cedida por el primero es igual a la ganada por el segundo: La bola que está en movimiento se para al chocar con otra y esta se pone en movimiento. De esa forma no hay pérdida de energía sino transmisión.

Figura 2. Física: Energía mecánica y trabajo, conservación y disipación.²

Energía cinética:

Para identificar las características de la energía de movimiento, denominada energía cinética, utilizamos la ecuación:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Donde m es la masa del objeto y v es el módulo de la velocidad a la que se mueve.

Cuando un objeto se mueve, entonces, es capaz de efectuar trabajo, que depende de la masa y rapidez del objeto.

Si se considera que el trabajo neto es la suma de los trabajos realizados por cada una de las fuerzas que actúan en el sistema. Entonces, la variación de la energía cinética ΔK de un objeto en movimiento es igual al trabajo neto requerido para modificar su estado inicial de movimiento, es decir que, en general el trabajo neto se puede expresar como los cambios de energía cinética

$$W_{Neto} = \Delta K$$

Donde, el cambio en la energía cinética es la energía cinética final $\frac{1}{2}mv_f^2$ menos la energía cinética inicial $\frac{1}{2}mv_i^2$

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (2)$$

Energía potencial:

Es importante indicar que un objeto puede almacenar energía dependiendo de su posición, este tipo de energía se denomina energía potencial, ya que, en esta

² Recurso tomado <https://natureduca.com/fisica-energia-mecanica-y-trabajo-conservacion-y-disipacion-01.php>

condición de almacenamiento, el objeto tiene el potencial de desarrollar un trabajo. Por ejemplo, un resorte estirado o comprimido tiene el potencial de realizar un trabajo, a esta energía se le denomina energía potencial elástica y se expresa de la siguiente manera:

$$U_s = \frac{1}{2}k\Delta x^2 \quad (3)$$

donde k corresponde a la "constante elástica del resorte", y Δx a la elongación realizada por el objeto elástico desde su posición de equilibrio.

El caso de la energía potencial elástica, donde las unidades de la constante elástica son $[k] = \frac{N}{m}$. Al hacer un análisis dimensional utilizando las unidades del sistema internacional de medidas se tiene que:

$$[U_s] = [k\Delta x^2]$$

$$[U_s] = \frac{N}{m}m^2 = N \cdot m = J$$

La energía potencial de un cuerpo debida a su posición se llama energía potencial gravitacional y se expresa mediante:

$$U_g = mgh \quad (4)$$

En este caso la energía potencial es igual al producto de la masa m del objeto, por la altura h a la que se encuentra sobre un valor de referencia y al valor de la aceleración debida a la gravedad g .

Con frecuencia es conveniente elegir la superficie de la Tierra como la posición de referencia para la energía potencial con valor cero, sin embargo, dependiendo de la situación a estudiar la posición de referencia puede cambiar.

Para el caso de una partícula que cae desde una altura " h " en caída libre, es decir, en un movimiento con aceleración constante, se dice que la partícula posee energía cinética y potencial gravitatoria. Se puede deducir entonces, que la energía cinética está asociada a la velocidad de un objeto y que la energía potencial gravitatoria está asociada a la posición del objeto. Observe la siguiente secuencia:



Figura 3. Energía cinética y potencial igual a cero.

La suma de las energías cinética y potencial $E = K + U$ (5), conocida como **energía mecánica** E , permanece constante en el tiempo. Este es un ejemplo del principio de conservación de la energía, es decir, que dos instantes de tiempo inicial (i) y final (f) se cumple que:

$$E_f = E_i \quad (6)$$



Figura 4. Energía potencial diferente a cero, debido a la altura "h"
O lo que es igual a:

$$K_f + U_f = K_i + U_i \quad (7)$$

El principio de la conservación de la energía se cumple para cualquier sistema aislado de objetos que interactúan sólo a través de fuerzas conservativas³ en el marco de la mecánica newtoniana

³ Una fuerza es conservativa, si el trabajo realizado sobre una partícula que se mueve entre dos puntos cualesquiera es independiente de la trayectoria seguida por la partícula.



Figura 5. Energía cinética y potencial diferente a cero.

Unidades de medida

La unidad de medida de energía, en el sistema internacional, es el Joule (J), en honor al físico inglés James Joule; esta unidad de medida se define como el producto entre las unidades de fuerza y distancia, es decir, $1 J = 1 N \cdot m$.

De manera similar se procede con todos los tipos de energía, en todos ellos, siempre se llega a la unidad de Joules.

Conservación de la energía en un péndulo

El péndulo es un sistema físico que ha sido utilizado para la construcción de relojes, determinación de la gravedad y para el estudio de muchos otros fenómenos. Es un sistema en el que bajo ciertas circunstancias se presenta conservación de la energía mecánica. El péndulo consiste en una masa oscilante, lanzada desde una cierta altura h respecto al nivel de referencia.

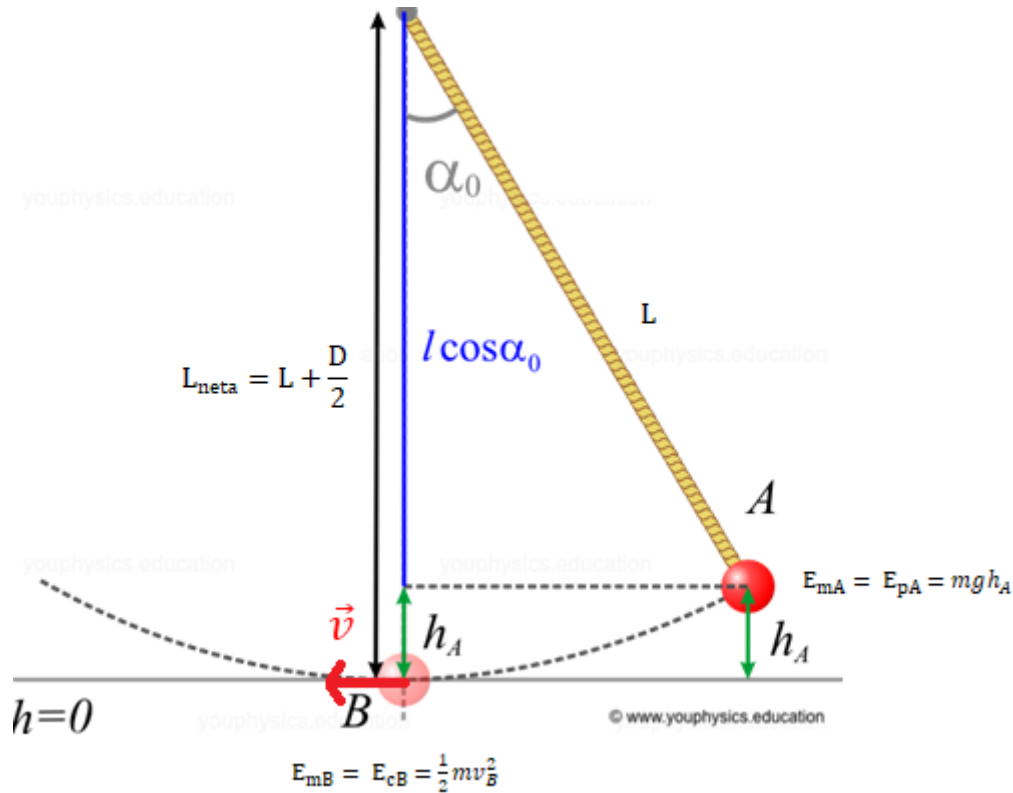


Figura 6. Esquema del péndulo, donde se indica cómo determinar la altura inicial en términos del ángulo inicial.

En la posición de lanzamiento del péndulo la velocidad es cero y por lo tanto su energía mecánica está dada por su energía potencial.

$$E_{mA} = E_{pA} + E_{cA} = mgh_A + 0 = mgh_A$$

En la posición más baja de la masa, tenemos que la altura respecto al nivel de referencia es cero por lo tanto la energía mecánica está dada por su energía cinética.

$$E_{mB} = E_{pB} + E_{cB} = 0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Considerando que no actúan fuerzas no conservativas, así tenemos que la energía mecánica en A es igual que en el punto B , lo que se expresa matemáticamente como:

$$E_{mA} = E_{mB} \quad (8)$$

De esta forma tenemos la siguiente igualdad:

$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (9)$$

Cancelando la masa encontramos:

$$gh_A = \frac{1}{2}v_B^2 \quad (10)$$

De esta forma a través del teorema de la conservación de la energía podemos determinar la gravedad, si conocemos la velocidad en el punto B (punto más bajo) y la altura respecto al nivel de referencia, así obtenemos que la gravedad está dada por:

$$g = \frac{\frac{1}{2}v_B^2}{h_A} \quad (11)$$

La altura inicial, se determina a través del ángulo de oscilación, como se observa en la Figura 6. Así la altura inicial se determina como:

$$h_A = L_{neta} - L_{neta}\cos(\alpha_0) = L_{neta}(1 - \cos(\alpha_0))$$

Donde L_{neta} es la longitud del péndulo más el radio de la esfera de la masa del péndulo. De esta forma la gravedad está dada por:

$$g = \frac{\frac{1}{2}v^2}{L_{neta}(1 - \cos(\alpha_0))} \quad (12)$$

La incertidumbre relativa de la gravedad, realizando la propagación de errores está dada por la expresión (ver Ecuación 12 protocolo 1):

$$\frac{\Delta g}{g} \approx 2 \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta L_{neta}}{L_{neta}} \quad (13)$$

La ecuación 13 es válida si la incertidumbre del ángulo se puede despreciar.