Espacio Curricular: **FÍSICA**
Profesor: **MATIAS ANASTASI** Curso: **4°**

GUÍA
TRABAJO Y ENERGÍA

TEMAS: TRABAJO MECÁNICO - POTENCIA – ENERGÍA MECÁNICA - TRANSFORMACIONES Y CONSERVACIÓN

OBJETIVOS:

- ✓ Conocer bien el concepto de trabajo y energía mecánica y sus aplicaciones.
- ✓ Conocer, comprender y utilizar adecuadamente las ecuaciones de trabajo y energías.
- ✓ Identificar y analizar transformaciones de energía en situaciones reales y su relación con el trabajo.
- ✓ Resolver correctamente situaciones problemáticas.
- ✓ Participar activamente en actividades áulicas.

Todos tenemos una idea intuitiva sobre el concepto de energía, sabemos que se manifiesta de distintas formas, que puede transformarse y también transferirse, pero *¿cómo ocurre esto?; ¿cómo un cuerpo puede ganar o perder energía?; ¿cómo influye esto en el movimiento?* Ideas intuitivas también nos conducen al concepto de trabajo.

Todos los cuerpos de nuestro entorno cambian con el transcurso del tiempo. Por ejemplo, el agua de un charco se evapora, las hojas caen de los árboles, etc. Dichos cambios y procesos ocurren gracias a la energía, sin la cual nuestro mundo y, más aún, el universo no experimentaría cambio alguno. También se usa frecuentemente la idea de energía asociada a la actividad humana: piensa en la energía que tienes en la mañana y la que tienes antes de acostarte, pareciera que te has agotado y requieres descansar para recomponer esa energía utilizada en tus actividades diarias.

Siguiendo la línea que comenzamos a principio de año, en esta guía nos centraremos en el estudio de los conceptos relacionados con la **rama de la Mecánica**.

TRABAJO MECÁNICO

Al subir con tu mochila por unas escaleras, ¿crees que realizas el mismo esfuerzo al segundo piso que al cuarto? Si pides un libro en la biblioteca, ¿es el mismo esfuerzo llevarlo hasta el aula que hasta tu casa? ¿Cuál es la diferencia? *¿De qué variables crees que depende el "esfuerzo"?* Notamos que se requiere un mayor esfuerzo cuando los cuerpos deben desplazarse mayor distancia.

Para analizar los efectos de las fuerzas sobre algunos cuerpos realizamos el siguiente procedimiento: se aplica una fuerza sobre un libro que se encontraba en una superficie horizontal, producto de la cual se logra deslizarlo. Luego, se deja caer una pelota desde cierta altura. ¿Qué fuerzas estudiadas están actuando en cada caso? *¿Qué fuerzas afectaron el movimiento de los cuerpos?*

En el procedimiento anterior pudiste identificar aquellas fuerzas que afectaron el movimiento de los cuerpos. Para que una fuerza realice trabajo sobre un cuerpo debe influir en su desplazamiento.

A la ***relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento***, en particular a su producto, lo llamamos ***Trabajo Mecánico.***

$$\boxed{W = F \cdot \Delta x}$$

***Mientras mayor sea la fuerza aplicada y/o mayor sea el desplazamiento, mayor será el trabajo realizado*.**

Es importante tener presente que el trabajo se realiza siempre sobre algún cuerpo. Esta ecuación es válida si la fuerza es siempre constante.

Si bien la fuerza y el desplazamiento son magnitudes vectoriales, ***el trabajo es una magnitud escalar*** y su *unidad en el Sistema Internacional (SI)* es el **joule (J)**, que, según la relación anterior, corresponde a **N.m (newton . metro)**. Se *define* como ***la cantidad de trabajo realizado por una fuerza constante de 1 newton en 1 metro de longitud en la misma dirección de la fuerza***. Toma su nombre en honor al físico ingles *James Prescott Joule (1818 – 1889).*

Como intuitivamente se podría pensar, trabajo y la energía son conceptos relacionados, por lo que podemos también definir:

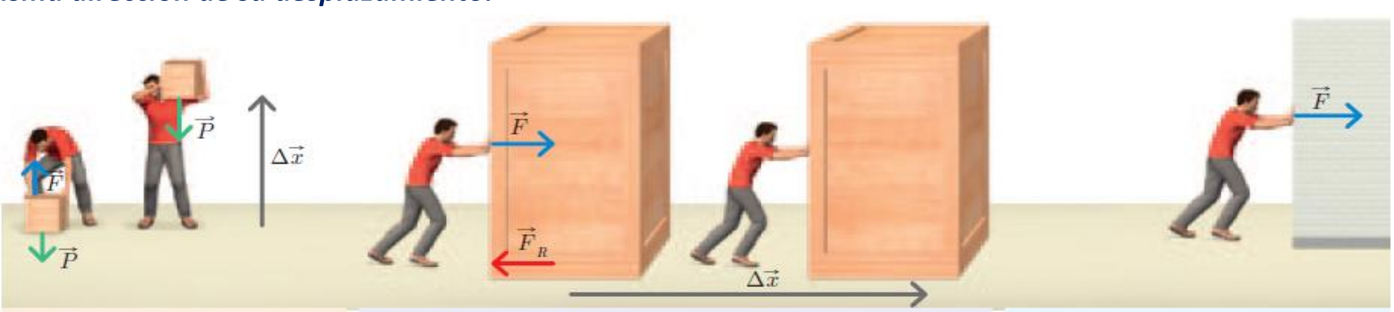
Trabajo Mecánico es una forma de transferir energía de un sistema a otro, por lo tanto, si queremos aumentar o disminuir la energía de un sistema, debemos efectuar un trabajo sobre él.

¿En qué situaciones se realiza trabajo?

No todas las fuerzas realizan un trabajo mecánico. Por ejemplo, el peso de una caja que se encuentra inmóvil sobre el suelo no efectúa un trabajo, dado que no produce ninguna modificación en la posición de la caja. Una fuerza **no efectúa trabajo** sobre un cuerpo cuando:

- **La fuerza es perpendicular al desplazamiento.**
- **La fuerza aplicada no logra influir en el desplazamiento del cuerpo.**

En particular, ***una fuerza (o una de sus componentes) realiza un trabajo sobre un cuerpo cuando actúa en la misma dirección de su desplazamiento.***



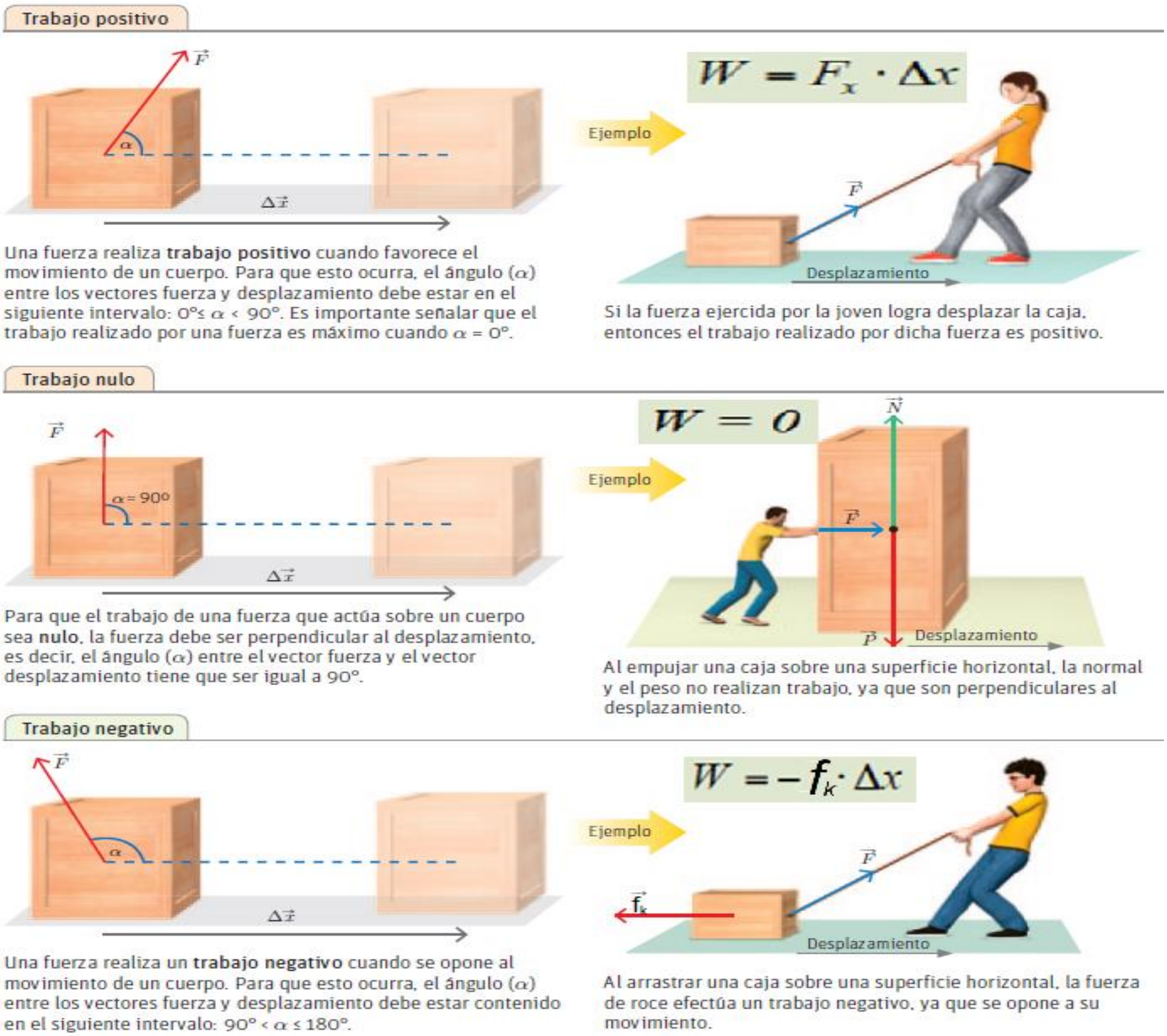
Al levantar verticalmente una caja, tanto la fuerza aplicada como el peso realizan un trabajo mecánico sobre esta.

Al deslizar una caja sobre una superficie horizontal, tanto la fuerza aplicada como el roce efectúan un trabajo. Sin embargo, en esta situación, el peso de la caja no realiza un trabajo.

Al empujar un muro, la fuerza aplicada no produce ningún efecto sobre la posición de este, por lo tanto, no realiza un trabajo.

El signo del trabajo

Dependiendo del ángulo que forman los vectores fuerza y desplazamiento, el trabajo mecánico puede ser negativo, positivo o nulo.



Trabajo Total, neto o resultante

Normalmente es difícil pensar que sobre un cuerpo actúa solo una fuerza, y para saber cuál es la fuerza neta o resultante sumamos todas y cada una de ellas, considerando la dirección y el sentido (signo) de cada una. Cuando hablamos del **trabajo total** que realizan las fuerzas sobre un cuerpo, y tomando en cuenta que el trabajo es una magnitud escalar, podemos calcular la **suma algebraica de los trabajos realizados por cada fuerza**, respetando si son positivos o negativos.

$$\boxed{W_N = W_1 + W_2 + W_3 + \ldots}$$

Otra manera de calcular el **trabajo neto** es considerando la **fuerza resultante sobre el cuerpo** y calcular el trabajo como uno solo.

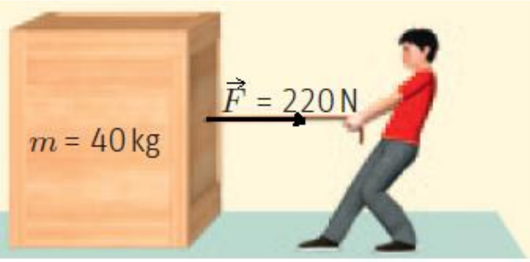
$$\boxed{W_N = F_N \cdot \Delta x}$$

Vamos a resolver un problema de ejemplo

Determinar el trabajo neto o resultante

Lucas desplaza 2,5 m una caja de 40 kg de masa sobre una superficie horizontal. Para ello, le aplica una fuerza paralela a la superficie, cuyo módulo es de 220 N. Considerando que la fuerza de fricción cinética entre la caja y el piso es de 70N, ¿cuál es el trabajo resultante sobre la caja?

Primero **esquematizamos la situación** y **realizamos un diagrama de cuerpo libre**:



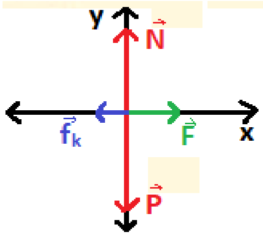
Registramos los datos:

$m = 40kg$

$F = 220N$

$f_k = 70\ N$

$\Delta x = 2,5\ m$



Para calcular el trabajo resultante sobre la caja debemos determinar previamente el trabajo realizado por cada una de las fuerzas. De esta manera, el trabajo total corresponderá a la suma de los trabajos individuales.

Analizamos la situación.

El trabajo realizado por la fuerza peso (P) y por la fuerza normal (N) es nulo, ya que ambas fuerzas forman un ángulo de 90° con el desplazamiento, es decir:

$$W_P = 0\ j \text{ y } W_{Normal} = 0\ J$$

Determinemos el trabajo realizado por la fuerza aplicada por Lucas. Para ello empleamos la expresión para el trabajo, considerando que fuerza y desplazamiento tienen el mismo sentido:

$$\mathbf{W_F = F \cdot \Delta x}$$

$$W_F = 220\ N \cdot 2,5\ m = 550\ J$$

Ahora, calculamos el trabajo efectuando por la fuerza de fricción cinética, teniendo en cuenta el signo:

$$\mathbf{W_f = -f_k \cdot \Delta x}$$

$$W_f = -70N \cdot 2,5\ m = -175\ J$$

Finalmente, el trabajo resultante es:

$$\mathbf{W_N = W_F + W_f + W_P + W_{Normal}}$$

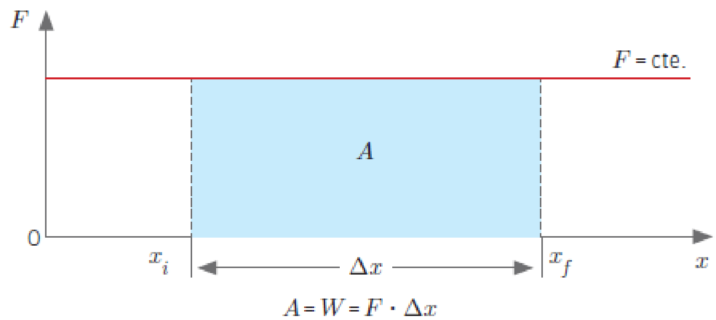
$$W_N = 550\ J - 175\ J + 0\ J + 0\ J$$

$$\mathbf{W_N = 375\ J}$$

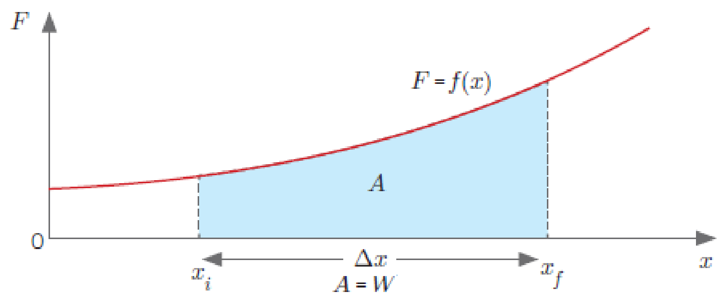
Interpretación gráfica del trabajo

Para representar gráficamente el trabajo en un plano cartesiano se sitúa en el eje de las abscisas (eje horizontal) la posición, y en el eje de las ordenadas (eje vertical) la fuerza. Según las características de esta última, distinguiremos:

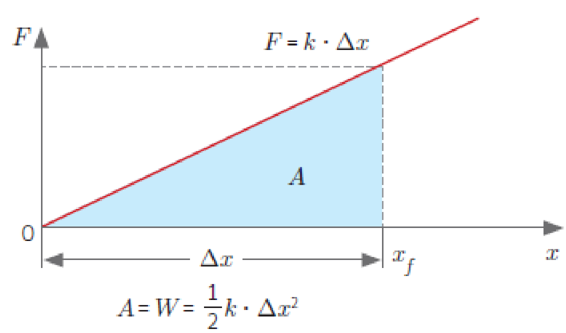
- **Fuerzas constantes:** Si una fuerza constante actúa sobre un cuerpo y lo desplaza en la dirección del eje horizontal, originará un desplazamiento Δx. Al representar la ***fuerza en función de la posición, F(x),*** se observa que el ***área comprendida entre la fuerza y el eje horizontal***, respetando los límites, equivale al trabajo realizado por la fuerza; ***W = F · Δx***.



- **Fuerzas variables**: En muchas situaciones, la fuerza varía con la posición (fuerza variable). En estos casos, la relación matemática vista anteriormente no se puede aplicar, ya que esta es válida solo cuando la fuerza es constante. En el siguiente gráfico, el ***área entre la curva y el eje horizontal*** si corresponde al trabajo mecánico. Sin embargo, para calcularla se requieren herramientas matemáticas más avanzadas.



Un caso de fuerza variable, en el que resulta simple determinar gráficamente el trabajo, corresponde a la **fuerza restauradora de un resorte**, ya que esta se modela mediante la ***Ley de Hooke (F = -k · Δx)***, siempre y cuando el resorte opere en su rango de elasticidad (*k: constate elástica del resorte; su unidad es el N/m*). En este caso, el trabajo corresponde al ***área del triángulo*** representado en el gráfico siguiente.



POTENCIA MECÁNICA

Imagina la siguiente situación: acompañas a un familiar a hacer las compras y al regresar cada uno carga una bolsa de 3 kg. Al llegar al edificio donde viven, tú subes directo al departamento en el 4°piso mientras que tu familiar se detiene en el 2°piso unos minutos a conversar con un amigo, para luego ir a departamento; *¿En cuál caso es mayor el trabajo realizo sobre la bolsa? ¿Qué diferencia existe en cada caso?* En muchos casos, especialmente en máquinas, es necesario e importante considerar no solo cuánto trabajo debe efectuarse sino también la rapidez con que se realiza.

La magnitud que relaciona el trabajo con el tiempo se llama potencia, y corresponde a ***la razón entre el trabajo mecánico (W) y el tiempo empleado en realizarlo (t)***:

$$\boxed{P = \frac{W}{t}}$$

A partir de esta expresión, podemos afirmar que ***mientras menor sea el tiempo empleado en efectuar un determinado trabajo, mayor será la potencia desarrollada***. ***La potencia es una magnitud escalar.***

Si consideramos que el trabajo es una forma de transferencia de energía entre dos cuerpos o sistemas, entonces la potencia puede ser entendida como la rapidez con la que ocurre dicha transferencia.

La unidad en la que se mide la potencia es el **watt (W)**, en honor al ingeniero e inventor escocés *James Watt (1736 – 1819)*, quien realizó importantes aportes al desarrollo de la máquina a vapor. 1 watt ***representa la potencia de un sistema que realiza un trabajo de 1 joule en 1 segundo***, es decir: **1 W = 1 J/s**. *Es de uso muy común expresar la potencia en kilowatt (1 kW=10^3W) y el megawatt (1 MW=10^6W).*

El concepto de potencia se puede interpretar como la rapidez con que se realiza un trabajo. A partir de la definición de trabajo podemos reescribir la expresión para la potencia como:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} = F \cdot \underbrace{\frac{\Delta x}{t}}_{v} = F \cdot v$$

Donde *v* es la velocidad del cuerpo sobre el que se aplica la fuerza. *La fórmula solo es válida para fuerzas constantes.*

En esta guía hemos estudiado el concepto de potencia desde el punto de vista de la mecánica. Sin embargo, **el concepto es mucho más amplio** y cotidiano de lo que podríamos pensar, dado que está presente en la mayor parte de los aparatos eléctricos y máquinas que utilizamos. En los artefactos eléctricos, ***la potencia eléctrica se define como la cantidad de energía que estos pueden liberar (o transformar) por unidad de tiempo***. Por ejemplo, en el caso de los focos, los de mayor potencia entregan más energía lumínica; o bien, un equipo de música cuya potencia es elevada, proporciona una mayor energía sonora.

ENERGÍA

Cualquier tipo de actividad necesita energía, ningún proceso físico, químico o biológico es posible sin energía.
El concepto científico de energía fue propuesto por el físico Thomas Young en 1807, quien lo definió como **la propiedad que tienen los cuerpos para transformarse o ser transformados**. A pesar de que no es fácil establecer con precisión lo que significa el termino energía, actualmente **en el estudio de la mecánica** se define como:

La capacidad de un cuerpo o un sistema para realizar trabajo.

En la física actual, el concepto de energía es mucho más amplio que el que acabamos de enunciar.

Como hemos visto, el termino trabajo se asocia con el desplazamiento de un cuerpo cuando actúa sobre él una fuerza en la dirección de dicho desplazamiento. Además, ***cuando un cuerpo realiza trabajo sobre otro, también le transfiere energía***. De esta manera, ***la energía se relaciona estrechamente con el trabajo***, ya que todo cuerpo que esté en capacidad de realizar trabajo usa energía de acuerdo con sus condiciones, funcionamiento o utilidad. Dado que ***la energía se puede transformar en trabajo***, esta se mide en las mismas unidades, es decir, en **joule (J)**. ***Importante:* *la energía es una magnitud escalar.***

Energía Cinética

La energía cinética es aquella que se encuentra asociada al movimiento. Estudiaremos específicamente a la energía cinética de traslación; sin embargo, cabe destacar que también existe la energía cinética de rotación.

En términos físicos, se puede definir la ***Energía Cinética*** como ***la capacidad que posee un cuerpo para realizar un trabajo mecánico en virtud de su movimiento.***

¿De qué parámetros depende la energía cinética? Imagina que presencias un accidente en el que un auto a una velocidad de 60 km/h choca contra otro auto que se encuentra estacionado, desplazándolo. Ahora imagina que el auto choca, pero a una velocidad de 120 km/h, *¿la fuerza y el desplazamiento que experimente el auto estacionado será igual que el caso anterior?* Es lógico pensar que mientras mayor sea la **velocidad (v)** del auto, mayor es el trabajo que puede realizar. Imagina ahora que el vehículo que embiste lo hace también a una velocidad de 60 km/h, como el primer caso, pero ahora es un camión, *¿qué ocurrirá con el trabajo que se realiza sobre el auto estacionado?* Puede decirse que la **masa (m)** del cuerpo también influye en la energía del vehículo, y por lo tanto en el trabajo que puede realizar. Con esto en mente, se establece que la ***Energía cinética (K o E_c)***:

$$K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Importante: ***la energía cinética siempre tiene un valor positivo****, pues no depende de la dirección del movimiento. Observa que la masa m siempre es una magnitud positiva y v^2, independiente del signo de v, siempre será un número mayor o igual que cero.*

Reflexionemos

Una gran cantidad de accidentes automovilísticos se producen por imprudencias del conductor, principalmente por exceso de velocidad. Al ir a gran velocidad, un automóvil posee una gran energía cinética, tiene la capacidad de realizar un trabajo de gran magnitud, y, por tanto, ejercer una fuerza de gran tamaño; esto puede traer graves consecuencias. ¿Por qué es importante respetar las leyes del tránsito? ¿Cómo podrías crear conciencia acerca de respetar los límites de velocidad?

Estudiamos que la energía cinética de un cuerpo está relacionada con el trabajo que este puede realizar, ***¿de qué manera se relacionan K y W?*** Cuando una fuerza neta (distinta de cero) actúa sobre un cuerpo cambia su estado de movimiento (lo acelera) y, en consecuencia, produce un cambio en su velocidad. **El trabajo realizado por la fuerza puede originar un cambio en la energía cinética** de este, al aumentarla o disminuirla. Matemáticamente:

$$\boxed{W = \Delta K}$$

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

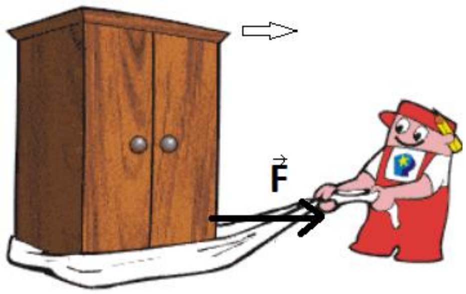
Esta relación es conocida como el ***Teorema del Trabajo y la Energía Cinética***, y señala que **la variación de la energía cinética entre dos puntos (inicial y final) es equivalente al trabajo realizado por la fuerza neta sobre el cuerpo entre esos puntos.**

Vamos a resolver un problema de ejemplo

Determinar la velocidad de un cuerpo

Imagina que estás ordenando tu casa y necesitas mover un mueble que contiene libros y otros objetos. Supongamos que la masa total es de 90 kg. Como no puedes levantarlo, lo arrastraras sobre la superficie horizontal con velocidad constante. La distancia que intentas desplazarlo es de 1,5 m. Considerando que la fuerza de fricción entre el mueble y el piso es de 184 N, ¿qué velocidad llevaba el mueble el instante antes de completar el desplazamiento si sabemos que el trabajo realizado por la fuerza aplicada sobre el mueble fue W_F = 300 J?

Primero **esquematizamos la situación** y **realizamos un diagrama de cuerpo libre**:



Registramos los datos:

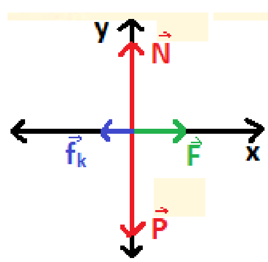
m = 90kg

W_F = 300 J

Δx = 1,5 m

f_k = 184 N

v_i = 0 m/s



Para calcular el trabajo resultante sobre el mueble, debemos determinar previamente el trabajo realizado por cada una de las fuerzas. De esta manera, el trabajo total corresponderá a la suma de los trabajos individuales.

Analizamos la situación.

El trabajo realizado por la fuerza peso (P) y por la fuerza normal (N) es nulo, ya que ambas fuerzas forman un ángulo de 90° con el desplazamiento, es decir:

$$W_P = 0 \text{ j y } W_{Normal} = 0 \text{ J}$$

Determinemos el trabajo realizado por la fuerza de fricción cinética, teniendo en cuenta el signo. Para ello empleamos la expresión para el trabajo:

$$\mathbf{W_f = -f_k \cdot \Delta x}$$

$$W_f = -184 \text{ N} \cdot 1{,}5 \text{ m} = -276 \text{ J}$$

Luego, el trabajo resultante es:

$$\mathbf{W_N = W_F + W_f + W_P + W_{Normal}}$$

$$W_N = 300 \text{ J} - 276 \text{ J} + 0 \text{ J} + 0 \text{ J}$$

$$W_N = 24 \text{ J}$$

Finalmente, la velocidad final del mueble podemos obtenerla aplicando el teorema de trabajo-energía cinética; el trabajo neto será igual a la variación de energía cinética:

$$\mathbf{W_N = \Delta K}$$

$$W_N = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_f^2 - v_i^2) \longrightarrow \frac{2.W}{m} = v_f^2 \longrightarrow \sqrt[2]{\frac{2.W}{m}} = v_f \longrightarrow \sqrt[2]{\frac{48 \text{ J}}{90 \text{ kg}}} = v_f$$

$$\mathbf{0{,}73 \text{ m/s} = v_f}$$

Energía Potencial

Cuando un clavadista profesional se lanza desde un trampolín a la piscina golpea el agua moviéndose bastante rápido, con mucha energía cinética. ***¿De dónde proviene esa energía?*** La respuesta que dimos anteriormente en esta guía fue que la fuerza gravitatoria (el peso) realiza trabajo sobre el clavadista al caer. La energía cinética del clavadista aumenta en una cantidad igual al trabajo realizado. Sin embardo, existe otra forma de analizar esta situación. Este nuevo enfoque se basa en el concepto de ***Energía Potencial (U)***, que es la ***energía asociada con la posición de un sistema.***

En este caso, hay una **Energía Potencial Gravitatoria** incluso cuando el clavadista está de pie en el trampolín. Al caer, no se agrega energía, sino que se transforma la energía potencial en energía cinética. Además, cuando el clavadista salta en el extremo del trampolín, la tabla almacena otra clase de energía llamada **Energía Potencial Elástica**.

Energía Potencial Gravitatoria

¿De qué parámetros depende la energía potencial gravitatoria? Se estudió que la energía potencial depende de la posición, pero lo analizaremos con un ejemplo.

Imagina que tienes 2 bolitas de acero, una menor que la otra, y un cajón con arena. Tomas la bolita más pequeña y la dejas caer desde una altura de 30 cm; luego tomas nuevamente la misma bolita y la dejas caer sobre otra zona de la arena, pero desde una altura de 2 m. *¿Qué efecto ocasionó sobre la arena cada caída?* Ahora imagina que dejas caer desde una altura también de 2 m pero ahora la bolita de mayor tamaño, *¿crees que el efecto será el mismo que en al caso anterior?*

Para levantar la bolita a una mayor altura se debe hacer un mayor trabajo sobre ella, y mayor aun al subir la bolita más grande. Al soltarla esta transfiere dicho trabajo (almacenado como energía potencial gravitatoria) a la arena en forma de energía. La energía transferida por la caída depende tanto de la altura desde la que cae el cuerpo como de su masa.

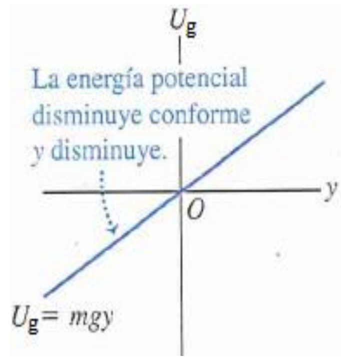
A esta ***capacidad para realizar trabajo en función de la altura (y) y la masa (m)*** la llamaremos ***Energía Potencial Gravitatoria (U_g o E_g).***

La expresión matemática que representa esta energía cerca de la superficie terrestre es:

$$\boxed{U_g = m \cdot g \cdot y}$$

Importante: La expresión anterior es válida solo para objetos próximos a la superficie terrestre, donde g es aproximadamente constante, alrededor de 9,81 m/s^2; ya que a medida que nos alejamos de la superficie terrestre el valor de esta magnitud disminuye.

Es muy importante establecer claramente el origen del sistema de referencia elegido.



La energía potencial gravitatoria, si bien la estudiaremos en base a la Tierra (al suelo), existe entre cualquier par de cuerpos a una cierta distancia mutua.

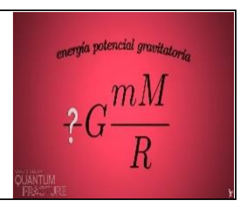
Una expresión más general para la energía potencial gravitatoria, derivada de la ley de gravitación universal, sin importar su distancia a la superficie terrestre es:

$$U_G(r) = -\frac{GMm}{r}$$

M: masa de la Tierra.
m: masa del cuerpo.
G: constante de gravitación.
r: distancia del cuerpo a la Tierra.

¡Para saber un poco más! Visualiza el siguiente video sobre la energía potencial gravitatoria:

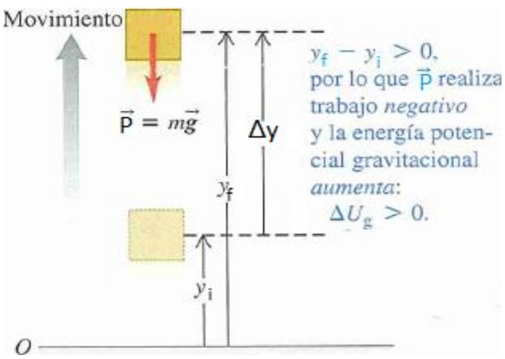
https://www.youtube.com/watch?v=YxK7UTlm1Ao



¿Cómo se relaciona la energía potencial gravitatoria con el trabajo realizado? Cuando un cuerpo desciende desde cierta altura, **el peso realiza trabajo** positivo sobre este. También, cuando subimos un objeto hasta determinada altura, la fuerza que aplicamos realiza trabajo positivo sobre el cuerpo y el peso un trabajo negativo.

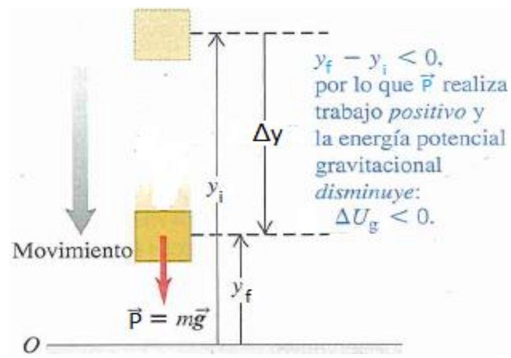
Por ejemplo, el trabajo realizado por la fuerza aplicada por un deportista que alza pesas. Estas tienen un cierto peso y el deportista ejerce una fuerza igual para subirlas con velocidad constante desde una altura inicial y_i= 0 m hasta una altura final y_f= 2 m. Esto implica que a las pesas se les puede asociar energía en virtud de la altura con respecto al piso.

Analicemos el trabajo de la propia fuerza gravitatoria (el peso) con un ejemplo más general. ***Si un cuerpo que está ubicado a una altura y_i se desplaza hasta una altura mayor y_f, su energía potencial experimentará una variación equivalente al trabajo mecánico realizado por su peso sobre él.*** En este caso el trabajo realizado por la fuerza peso es negativo (la fuerza y el desplazamiento tienen sentido contrario), pero la variación de energía potencial (ΔU) es positiva (pasa de una energía potencial inicial más baja, a una mayor). El mismo razonamiento podemos aplicar en el caso inverso. Entonces concluimos:



$$\boxed{-\Delta U_g = W_p}$$

$$W = -\Delta U_g = m \cdot g \cdot y_i - m \cdot g \cdot y_f$$



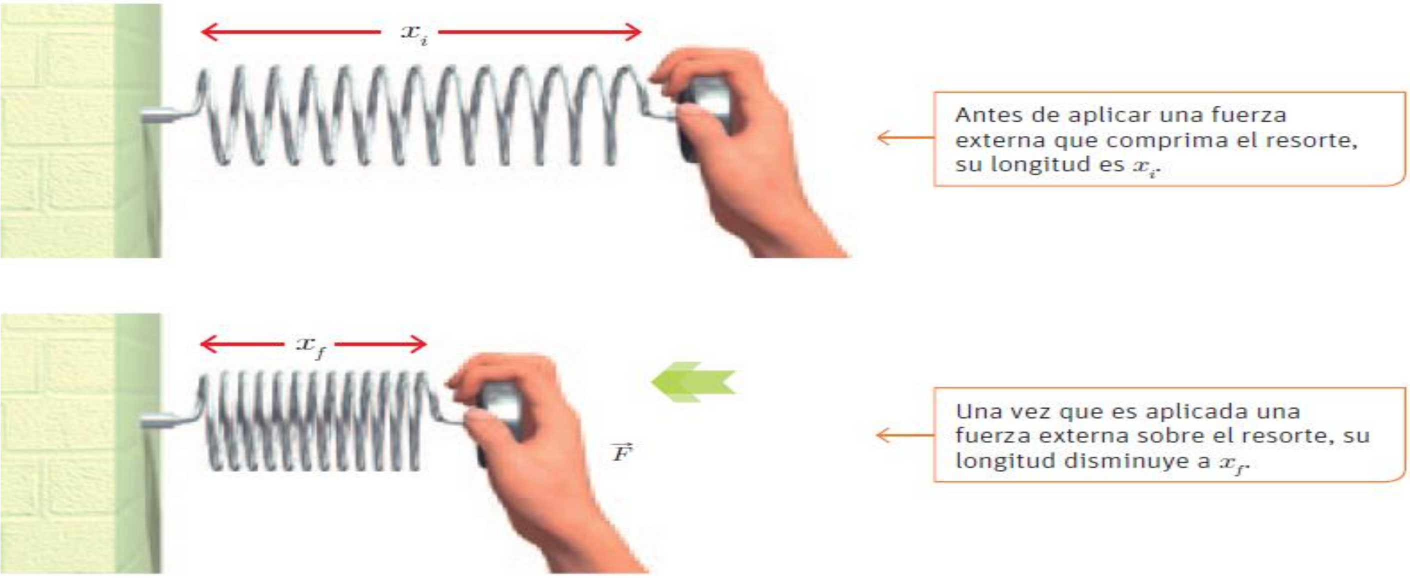
<u>Importante:</u> la energía potencial no realiza trabajo directamente, sino que esta puede convertirse en movimiento (energía cinética), y es debido a este movimiento que se realiza trabajo.
El valor de energía potencial depende del origen del sistema de referencia elegido, sin embargo, las diferencias de energía potencial permanecen siempre constantes.

<u>Energía Potencial Elástica</u>

La energía potencial gravitatoria la relacionamos con la capacidad de producir movimiento en virtud de la posición del cuerpo, pero esta capacidad no es exclusiva del peso. ***¿Con qué otros elementos podemos asociar esta clase de energía?*** Un ejemplo podría ser la banda de un arco, donde un trabajo es efectuado por una fuerza que estira la banda y este trabajo se almacena hasta que se suelta. Entonces, la banda puede impartir energía cinética a la flecha.

Describimos ***el proceso de almacenar energía en un cuerpo elástico en términos de Energía Potencial Elástica. Un cuerpo se considera elástico si recupera su forma y tamaño después de deformarse.***

Vamos a analizar un ***ejemplo ideal (modelo donde las únicas fuerzas que actúan son las que se mencionan y no existen disipaciones energéticas)***. Para comprimir un resorte con velocidad constante, debemos aplicar una fuerza que haga variar su longitud desde x_i hasta x_f, tal como se representa en la siguiente imagen:

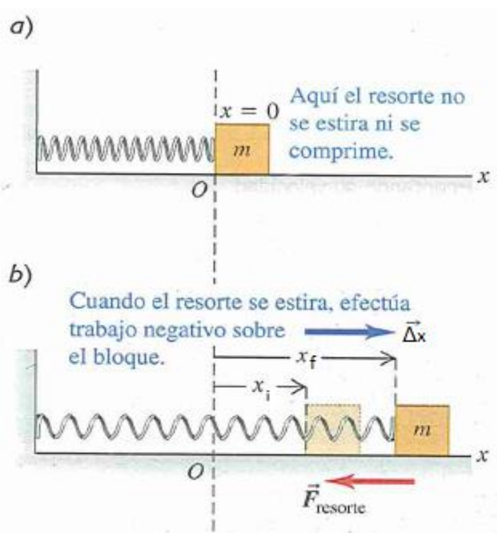


La ***Fuerza Elástica (F_e)***, ejercida por el resorte, se modela mediante la ***Ley de Hooke***, es decir:

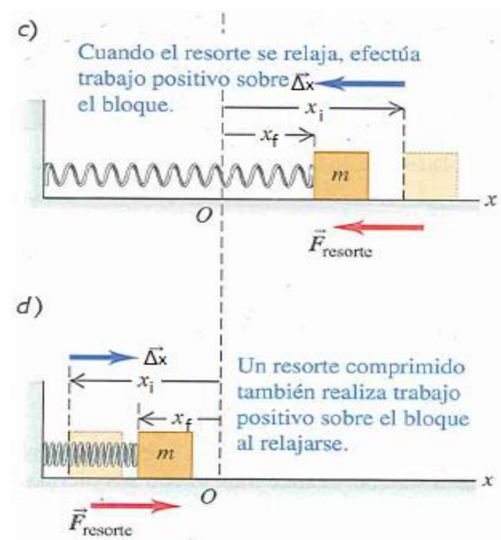
Importante: esta ley solo tiene validez para elongaciones (desplazamientos) pequeños del resorte, donde aún no se ha alcanzado el límite elástico (tensión que produce deformación permanente)

$$F_e = -k \cdot \Delta x$$

Donde *k es la constante de elasticidad del resorte y Δx su elongación*. ***Cuando el resorte queda comprimido (o estirado), decimos que posee energía potencial elástica***. ***¿De qué parámetros debe depender esta energía?*** Mientras mayor sea la **compresión o estirado del resorte (Δx)**, mayor será la velocidad que puede adquirir el cuerpo que recibe esta energía. Al determinar el trabajo que se requiere para comprimir (o estirar) el resorte desde su posición de equilibrio (donde el resorte no está estirado ni comprimido, x=0) hasta una posición arbitraria x, es necesario aplicar una **fuerza** entre 0 y *k.x*. Al utilizar un valor promedio para dicha fuerza podemos obtener:



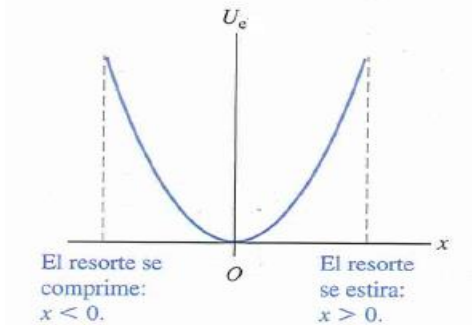
$$W = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$



El trabajo realizado se almacena en el resorte en forma de ***Energía Potencial Elástica (U_e o E_e)*** como:

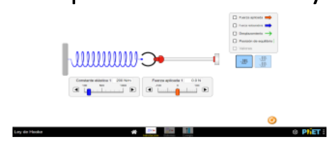
$$\boxed{U_e = \frac{1}{2} k \cdot x^2}$$

La gráfica de la energía potencial elástica para un resorte ideal es una parábola: $U_e = \frac{1}{2}kx^2$, donde x es la extensión o compresión del resorte. La energía potencial elástica U_e nunca es negativa.



Importante: ***la energía potencia elástica nunca es negativa.***

¡Para seguir aprendiendo! Ingresa al siguiente link que corresponde a un simulador donde podrás descubrir y aprender más sobre la Ley de Hooke:
https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_all.html?locale=es



Podemos observar que en esta situación también hay una relación entre el trabajo y la energía, pues cuando sobre un resorte se ejerce una **fuerza que hace variar su elongación**, podemos afirmar que ***el trabajo mecánico realizado por el resorte (W_e) es equivalente a la variación de energía potencial elástica***, esto es:

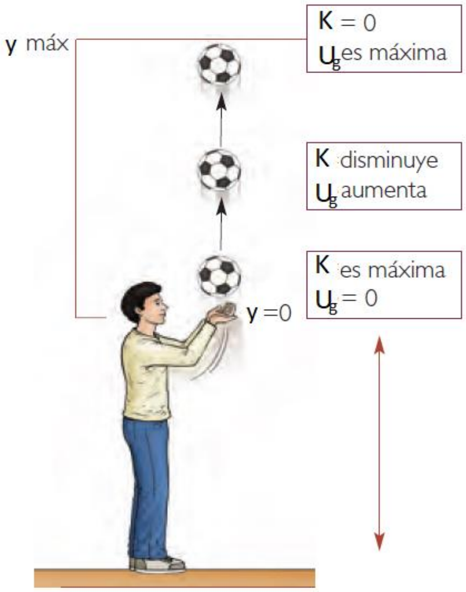
$$\boxed{W_e = -\Delta U_e}$$

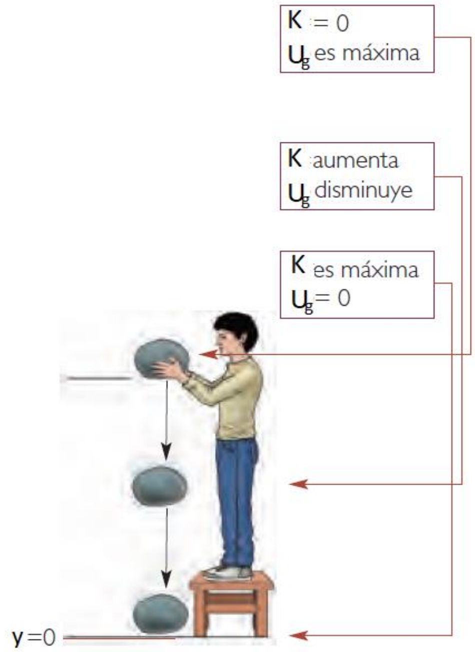
Energía Mecánica

Hemos visto que un cuerpo puede realizar trabajo en virtud de su movimiento o en virtud de su posición, y lo relacionamos a un tipo de energía en particular. Ahora nos preguntamos, ***¿existe alguna relación entre la energía cinética y la energía potencial?*** En la realidad, es muy difícil que un cuerpo o un sistema presente una sola forma de energía.

Vamos a analizar un ejemplo ideal. Si sostenemos un cuerpo a cierta altura podemos afirmar que posee energía potencial gravitatoria respecto al suelo, pero que no posee energía cinética. Si lo soltamos, sabemos que su energía potencial comenzará a disminuir ya que su altura es cada vez menor. Si prestamos atención nos daremos cuenta que su energía cinética comienza a aumentar a medida que cae, hasta alcanzar la velocidad máxima antes de tocar el suelo. En ese momento podemos afirmar también que su energía potencial gravitatoria es nula. Con el análisis anterior podemos concluir que ***pueden estar presentes ambas energías al mismo tiempo y que existe una relación entre ellas.***

En las ilustraciones podemos ver un lanzamiento vertical y una caída. En cada una de las situaciones se describe cómo varía la energía cinética y la potencial.





La capacidad total de realizar trabajo mecánico se denomina Energía Mecánica (E_M o E), y corresponde a la suma algebraica de la energía cinética y la energía potencial

$$\boxed{E_M = K + U}$$

La letra U representa tanto a la energía potencial gravitatoria como elástica.

La fuerza externa que se utilizó para levantar el cuerpo incrementó la energía del sistema, confiriéndole una energía potencial gravitatoria $U_g = m \cdot g \cdot y$, en el punto más alto. Por lo tanto, en ese momento toda la energía mecánica del sistema es potencial gravitatoria, es decir:

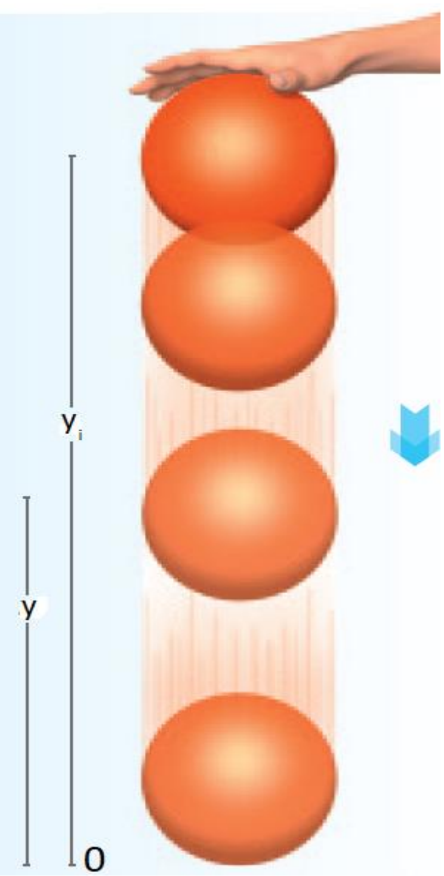
$$E_M = U_g = m \cdot g \cdot y_i$$

A medida que el cuerpo cae, su energía potencial disminuye debido a que la altura se reduce. Sin embargo, su energía cinética aumenta por el incremento de la velocidad del cuerpo. La energía mecánica del sistema en este punto es:

$$E_M = U_g + K = m \cdot g \cdot y + \frac{1}{2} m \cdot (v)^2$$

La energía potencial gravitatoria continúa transformándose en energía cinética, hasta que la altura se hace cero. En esta posición la energía cinética alcanza su valor máximo y la energía mecánica del sistema es:

$$E_M = K = \frac{1}{2} m \cdot v_f^2$$



Como vimos en el ejemplo anterior, ***cuando varía una de las energías (cinética o potencial) existe también una variación de la otra***: si una aumenta, la otra disminuye. Al lanzar un objeto hacia arriba, y ***considerando que no existe resistencia del aire***, inicialmente tiene solo energía cinética, pero en el punto más alto la energía cinética es nula, ***¿qué sucedió con esta energía?*** Se transformó toda en energía potencial, y cuando vuelve al punto de lanzamiento la velocidad con que llega es la misma velocidad con que sale, puesto que la energía potencial se vuelve a transformar en cinética. ***Si la velocidad inicial es igual a la velocidad final, entonces la energía en estos dos momentos es igual, lo que indica que la Energía Mecánica Total del cuerpo es constante***

$$E_M = K + U = \text{cte.}$$

Lo anterior lo podemos enunciar de la siguiente manera:

En ausencia de fuerzas disipativas *(que generan transformaciones energéticas a otras formas distintas a las estudiadas, por ej: rozamiento entre superficies, resistencia del aire, etc.)* ***la Energía Mecánica de un sistema permanece constante.*** Esto se conoce como el ***Principio de Conservación de la Energía Mecánica.***

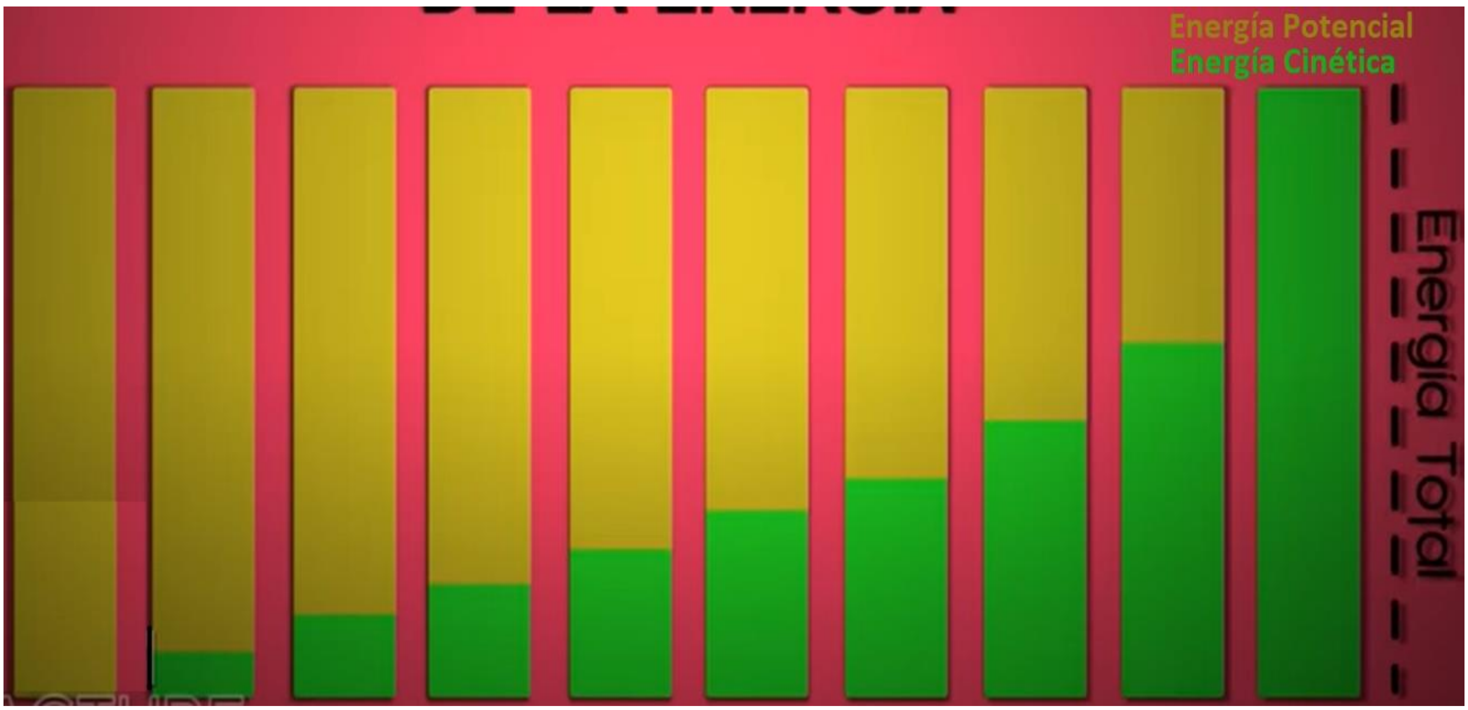
Cuando se considera **la energía mecánica en dos puntos, uno inicial y otro final**, se puede enunciar este principio para el ejemplo anterior de la siguiente forma:

<u>Importante:</u> debemos volver a recordar que esto es válido siempre que no existan fuerzas disipativas.

$$E_{M_i} = E_{M_f}$$

$$(U_g + K)_i = (U_g + K)_f$$

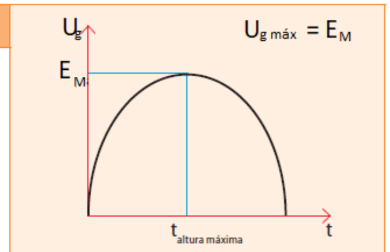
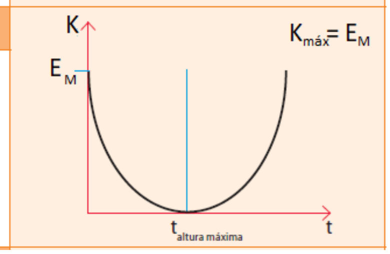
$$m \cdot g \cdot y_i + \frac{1}{2} m \cdot v_i^2 = m \cdot g \cdot y_f + \frac{1}{2} m \cdot v_f^2$$



Prof. Matias Anastasi

Graficas en función del tiempo

Estudiaremos el caso particular de un tiro vertical y caída libre. Cabe destacar que, si bien no serán exactamente iguales, las gráficas serán similares en cuanto a forma para otros escenarios.

Energía potencial	
Como la energía potencial depende directamente de la altura, el gráfico tiene la misma forma que el gráfico posición - tiempo en un lanzamiento vertical hacia arriba. Cabe notar que E_M corresponde al valor de la energía mecánica, ya que cuando la altura es máxima, la energía potencial también lo es.	
Energía cinética	
La energía cinética depende directamente del cuadrado de la velocidad, por lo tanto su gráfico tendrá la forma que se presenta. La energía disminuye con la altura, siendo nula en la altura máxima, pero alcanza su máximo valor cuando la altura es mínima.	

Si para cada momento de tiempo realizamos la suma de las funciones de energía potencial y energía cinética, obtendremos la ***función de energía mecánica en el tiempo***.

¡Para pensar!

¿Podrías realizar una gráfica que evidencie la conservación de energía mecánica a lo largo del tiempo? Realiza una gráfica de E_M en función del tiempo.

Si ahora analizamos la energía mecánica en función de la posición, ¿qué forma tendrá la gráfica? Grafica.

¡Para seguir aprendiendo! Ingresa a los siguientes links que corresponde a simuladores donde podrás descubrir y aprender más sobre las distintas formas de energías estudiadas y el principio de conservación**:**

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=es

https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html?locale=es

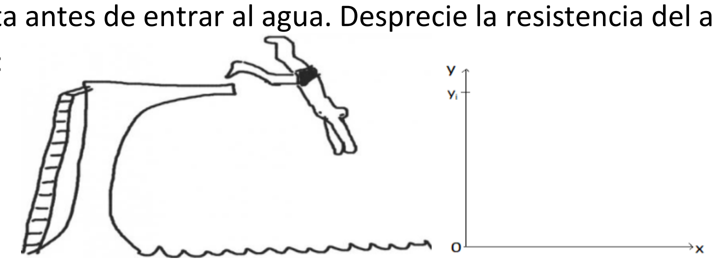
https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_all.html?locale=es

Vamos a resolver un problema de ejemplo

Determinar la energía cinética

Un clavadista de 75 kg salta desde una plataforma ubicada a 8 m de altura sobre el nivel del agua de la piscina. Calcula la energía cinética del clavadista antes de entrar al agua. Desprecie la resistencia del aire.

Primero **esquematizamos la situación**:



Registramos los datos: m = 75 kg y_i = 8 m y_f = 0 m v_i = 0 m/s

Para calcular la energía cinética final utilizaremos la conservación de la energía mecánica.

Analizamos la situación:

La única fuerza que está actuando es el peso y sabemos que la energía mecánica es constante, es decir, la energía al inicio debe ser igual a la energía al final del salto:

$$\mathbf{E_{Mi} = E_{Mf}}$$

$$\mathbf{K_i + U_{gi} = K_f + U_{gf}}$$

Sabemos que al inicio la velocidad es nula (K_i = 0 J), por lo que toda su energía mecánica será energía potencial gravitatoria. A medida que transcurre la caída, la energía potencial del clavadista va disminuyendo, pues su altura es cada vez menor, pero su velocidad va aumentando hasta alcanzar su valor máximo al tocar el agua, donde su energía potencial será nula (U_{gf} = 0 J). Por lo tanto:

$$U_{gi} = K_f$$

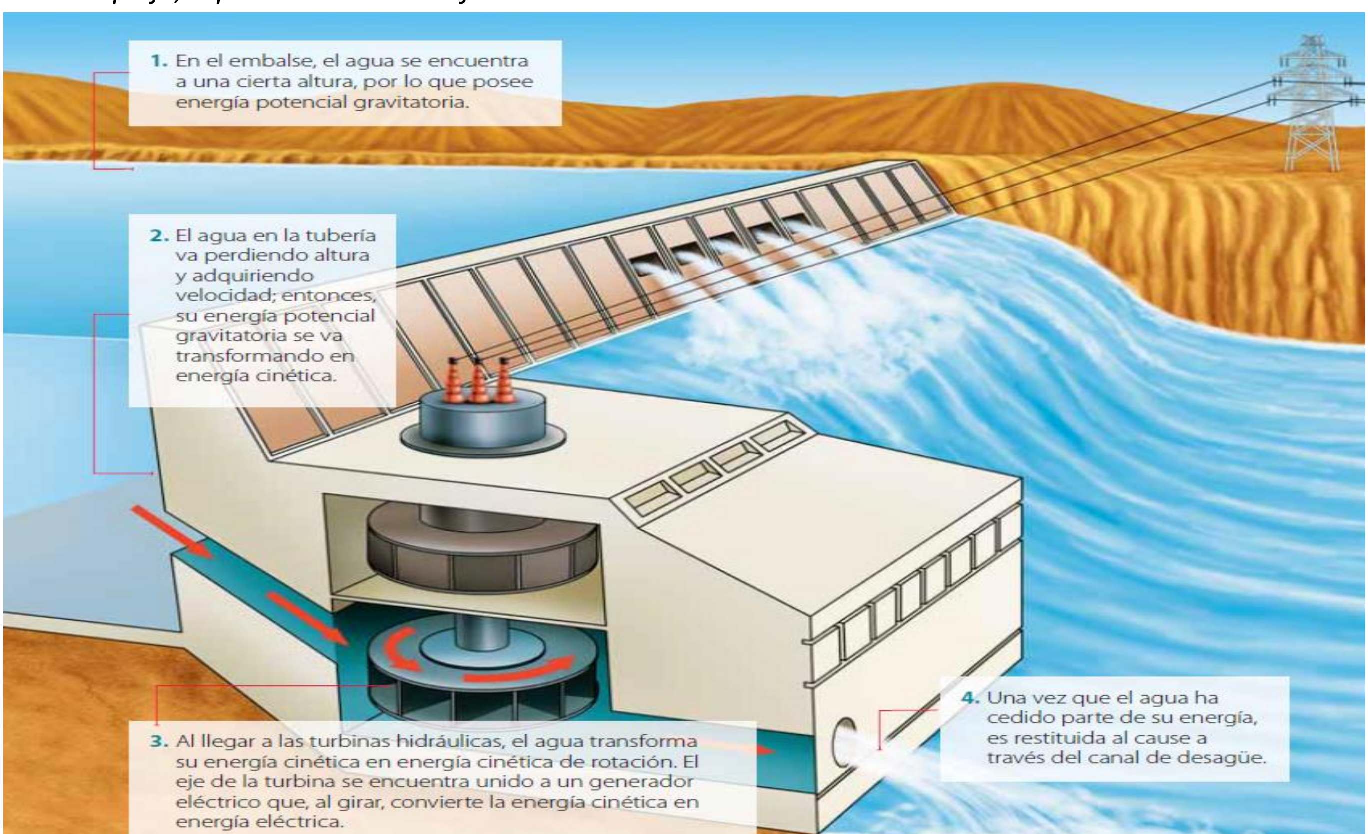
$$m \cdot g \cdot y_i = K_f$$

$$75\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 8\ m = K_f$$

$$\mathbf{5880\ J = K_f}$$

Resumen en acción: Centrales hidroeléctricas

En una central hidroeléctrica se puede observar el principio de la conservación de la energía mecánica. En ella, la energía mecánica del agua se transforma en energía eléctrica. Si se cuida el ambiente, esta forma de obtener energía puede ser renovable. A continuación describiremos este proceso. *Es importante señalar que este proceso es más complejo, aquí solo veremos el funcionamiento base con un modelo ideal.*



Para finalizar, haremos mención de la ***LEY DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA*** que incluye todo tipo de energía (energía térmica, energía sonora, energía eléctrica, energía química, etc.).

Si un objeto se mueve con velocidad constante por un plano horizontal no hay variación ni de energía cinética ni de energía potencial, por lo tanto, claramente la energía mecánica es constante; pero si lanzas un cuerpo por el suelo y este se detiene, ***¿la energía mecánica se conserva?*** **En la realidad, *en presencia siempre de fuerzas disipativas, la energía mecánica no se conserva.*** Sin embargo, ***no podemos hablar de una pérdida de energía por parte del cuerpo bajo la acción de una fuerza disipativa, sino que hablamos de una disipación o transferencia, ya que hay una variación de energía mecánica, pero esta diferencia de energía mecánica se ha disipado en forma de calor y/o sonido.***

LA ENERGÍA NO SE CREA NI SE DESTRUYE, SOLO SE TRANSFORMA. LA ENERGÍA TOTAL DEL UNIVERSO PERMANECE CONSTANTE.

¡Para saber un poco más! Visualiza el siguiente video sobre la energía y las simetrías de nuestro universo:
https://www.youtube.com/watch?v=KlRLGXbtgAA

ACTIVIDADES

PASOS PARA RESOLVER SITUACIONES PROBLEMÁTICAS DE FÍSICA

1. *LEE* EL PROBLEMA. *IDENTIFICA* QUÉ TE PREGUNTAN.
2. *REPRESENTA* LA SITUACIÓN MEDIANTE UN ESQUEMA, DIBUJO, GRÁFICO.
3. *MENCIONA* LOS PRINCIPIOS, LEYES RELACIONADOS CON EL TEMA.
4. *IDENTIFICA* LOS DATOS EXISTENTES PARA RESOLVER EL PROBLEMA.
5. *SELECCIONA* UNA RELACIÓN BÁSICA (FÓRMULA QUE VAS A UTILIZAR).
6. *RESUELVE*

-¿TODAS LAS VARIABLES ESTÁN EN EL MISMO SISTEMA DE UNIDADES?

SI / **NO** → **REVISA**

↓

CONTINÚA

-¿PUEDES SUSTITUIR LOS VALORES NUMÉRICOS PARA ENCONTRAR LA INCÓGNITA?

SI / **NO** → **REVISA**

↓

RESUELVE MATEMÁTICAMENTE

-¿ES RAZONABLE LA RESPUESTA?

SI / **NO** → **REVISA**

↓

¡FELICITACIONES HAS APRENDIDO ALGO QUE NO SABÍAS!

1) **Indica verdadero (V)** o **falso (F)** según corresponda. En caso falso **justifique**.

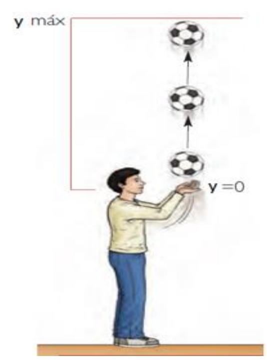
a. El trabajo sobre un cuerpo depende tanto de la fuerza como del tiempo empleado. ___
b. La energía mecánica se conserva siempre. ___
c. El trabajo neto es la suma de los trabajos de cada fuerza que está actuando sobre el cuerpo. ___
d. La energía cinética puede tomar cualquier valor. ___
e. La energía potencial depende de la posición de un cuerpo. ___
f. La potencia es el trabajo o energía dividida en el tiempo. ___
g. El trabajo sobre un cuerpo es nulo si la fuerza forma un ángulo mayor a 90° con el desplazamiento. ___

2) **Mencione** el teorema del trabajo y la energía cinética.

3) **Imagina** que te acabas de mudar a tu nuevo departamento y necesitas mover una mesa al lugar que elegiste. La masa de la mesa es de 50 kg. Como no puedes levantarla, la arrastraras sobre el piso de cerámicos con una fuerza constante. La distancia que intentas desplazarlo es de 3 m. Considerando que la fuerza de fricción entre la mesa y el piso es de 100 N, ¿qué velocidad llevaba la mesa el instante antes completar el desplazamiento si sabemos que el trabajo realizado por la fuerza aplicada sobre el mueble fue W_F = 325 J? **Realiza** el diagrama de cuerpo libre del mueble.

4) Un clavadista de 70 kg salta desde una plataforma ubicada a 5 m de altura sobre el nivel del agua de la piscina. Desprecie la resistencia del aire.
Dibuja la situación, y **analiza** y **menciona** las energías presentes y sus transformaciones. **Calcula** la velocidad final del clavadista antes de entrar al agua.

5) **Analiza** la siguiente situación. Una persona lanza una pelota de 1 kg verticalmente con una velocidad de 10 m/s.



a. Si no existe resistencia del aire, ¿con que velocidad llegará nuevamente a la mano de la persona? ¿A qué altura máxima llegará? (*Puedes tomar el sistema de referencia que prefieras).*
b. Si existiera resistencia del aire, ¿qué cambiaria de la situación anterior? **Explique.**