Energía y trabajo. Conservación de la energía.

Explica con un ejemplo tomado de la vida cotidiana la diferencia entre fuerza y energía. ¿Es correcto, desde el punto de vista de la Física, afirmar que un levantador de pesas tiene mucha fuerza? ¿Sería correcto decir que tiene mucha energía?

La energía es la capacidad de un sistema para realizar transformaciones sobre sí mismo o sobre otros sistemas. De este modo, decimos que un objeto de madera posee energía, porque puede transformarse en cenizas y aumentar la temperatura de su entorno si se quema, mediante una reacción de combustión, o un atleta posee energía, pues puede cambiar de posición, o lanzar objetos, como una jabalina o un disco. La fuerza, por su parte, es una interacción entre dos cuerpos, mediante la cual se producen cambios en el estado de movimiento o deformaciones de los mismos. Así, el atleta, que posee energía, y, por tanto, capacidad para producir cambios, modifica el estado de movimiento de los objetos que lanza, como la jabalina o el disco, aplicando una fuerza, mediante la cual les transmite parte de su energía.

Afirmar que un levantador de pesas tiene mucha fuerza no es correcto desde un punto de vista físico. Lo correcto es decir que posee mucha energía, y que es capaz de aplicar fuerzas muy grandes cuando levanta las pesas durante un entrenamiento o una competición.

Calcula la energía cinética de un ciclista de 70 kg de masa sobre una bicicleta de 12 kg de masa cuando circula a:

a) 18 km/h.

Para calcular la energía cinética aplicaremos la fórmula, considerando que la masa del conjunto ciclista-bicicleta es 82 kg, y que la velocidad habrá de indicarse en metros por segundo para que el resultado quede expresado en julios:

v = 18 km/h = 5 m/s:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{82 kg \cdot (5 \, m/s)^2}{2} = 1025 \text{ J}$$

b) 36 km/h. v = 36 km/h = 10 m/s:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{82\,kg \cdot (10\,m/s)^2}{2} = 4100\ J$$

Al aumentar la velocidad al doble, la energía cinética no se duplica, sino que se hace cuatro veces mayor, ya que la velocidad aparece elevada al cuadrado en la expresión.

Un pájaro de 300 g de masa vuela a una altura de 10 m sobre la superficie terrestre a una velocidad de 15 km/h. Calcula su energía potencial y su energía cinética.

Considerando que la masa del pájaro es 300 g = 0,3 kg, y que vuela a 10 m de altura y a una velocidad de 15 km/h = 4,2 m/s, la energía cinética y la potencial del ave serán:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{0,3\,kg \cdot (4,2\,m/s)^2}{2} = 2,6\ J$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0,3\,kg \cdot 9,8\,m/s^2 \cdot 10\,m = 29,4\ J$$

Calcula:

a) La masa de una bola situada a una altura de 5 m cuya energía potencial es de 200 J.

Despejamos la masa de la expresión de la energía potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \ \rightarrow \ m = \frac{E_p}{g \cdot h} = \frac{200\ J}{9,8\ m/s^2 \cdot 5\ m} = 4,1\,kg$$

b) La altura a la que se encuentra esa bola si su energía potencial cambia a 340 J.

Despejamos en este caso la altura, sabiendo que al ser la misma bola, la masa es 4,1 kg, y que su energía potencial ahora será 340 J:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \ \rightarrow \ h = \frac{E_p}{m \cdot g} = \frac{340\ J}{4,1\,kg \cdot 9,8\ m/s^2} = 8,5\ m$$

Calcula la energía mecánica de los siguientes cuerpos:

a) Una bola de 200 g de masa en reposo situada a 2 m de altura.

b) La misma bola moviéndose a 1 m/s por un carril recto colocado a 3 m de altura.

c) Un coche de 1 800 kg de masa que atraviesa un puente de 25 m de altura a una velocidad de 65 km/h.

La energía mecánica de un cuerpo se calcula como el resultado de sumar su energía cinética y su energía potencial.

a) Bola de 200 g de masa en reposo:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{0{,}2\,kg \cdot (0\ m/s)^2}{2} = 0\ J \quad \rightarrow \quad \text{Está en reposo.}$$
$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 2\,m = 3{,}92\ J$$
$$E_m = E_c + E_p = 3{,}92\ J$$

b) Bola de 200 g de masa moviéndose a 1 m/s:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{0{,}2\,kg \cdot (1\ m/s)^2}{2} = 0{,}1\,J$$
$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 3\,m = 5{,}88\ J$$
$$E_m = E_c + E_p = 5{,}98\ J$$

c) Coche de 1 800 kg de masa a 65 km/h (18,1 m/s):

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1800\,kg \cdot (18{,}1\,m/s)^2}{2} = 294849\ J$$
$$E_p = m \cdot g \cdot h = 1800\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 25\,m = 441000\ J$$
$$E_m = E_c + E_p = 735849\ J$$

¿Verdadero o falso? Justifica tus respuestas.

a) La energía potencial se transforma en energía mecánica cuando un cuerpo pierde altura.

Falso. Cuando un objeto pierde altura, en un descenso libre, por ejemplo, su energía potencial se transforma en energía cinética, aumentando en consecuencia su velocidad, pero su energía mecánica se conserva.

b) Si un objeto se desplaza sin ganar ni perder altura, su velocidad se mantiene constante, de acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica.

Falso. En general, aunque el objeto no aumente ni disminuya su altura, y se desplace horizontalmente, puede variar su energía mecánica, si es impulsado por una fuerza o está sometido a un rozamiento.

c) Un cuerpo puede variar su energía mecánica disipando una parte de ella o transformándola en otro tipo de energía.

Verdadero. Si un objeto disipa parte de su energía mediante fricción o rozamiento, o la aumenta por transformación de otro tipo de energía, el valor de su energía mecánica varía y no se mantiene constante.

Una bola de 45 g de masa es lanzada verticalmente con una velocidad de 6 m/s. Si despreciamos el rozamiento con el aire, calcula qué altura alcanzará, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica. ¿Necesitas algún dato adicional para realizar el cálculo?

Al suponer que no hay pérdidas de energía, pues se desprecia el rozamiento del aire, podemos considerar que se cumple el principio de conservación de la energía, es decir, la energía mecánica en la situación inicial (lanzamiento), será igual a la energía mecánica en el punto más alto.

Tomando el cero de energía potencial en el punto de lanzamiento, la energía mecánica inicial será:

$$E_{m_1} = E_{c_1} + E_{p_1}$$

$$E_{m_1} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} m\ \text{kg} \cdot (6\ \text{m/s})^2 + 0\ \text{J} = 18\ m\ \text{J}$$

En el punto más alto, la bola se detiene, por lo que su energía cinética es cero. La energía mecánica será:

$$E_{m_2} = E_{c_2} + E_{p_2} \ \rightarrow\ E_{m_2} = m \cdot g \cdot h$$

Como la energía mecánica se conserva, igualamos ambas expresiones, y despejamos el valor de altura h:

$$E_{m_1} = E_{m_2} \ \rightarrow\ 18\ m = m \cdot g \cdot h \ \rightarrow\ h = \frac{18\ \cancel{m}\ \text{J}}{\cancel{m}\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} = 1{,}8\ \text{m}$$

La bola alcanzará una altura de 1,8 m sobre el suelo. No es necesario ningún dato adicional, y la masa de la bola no influye.

Para arrastrar 20 m una caja aplicamos una fuerza de 400 N. Calcula el trabajo realizado en los siguientes casos:

a) La fuerza es paralela al desplazamiento y no existe rozamiento.

Al tener la fuerza y el desplazamiento la misma dirección, el trabajo realizado se calcula como el producto de ambos:

$$W = F \cdot \Delta x = 400 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 8000 \text{ J}$$

b) La fuerza, paralela al desplazamiento, vence una fuerza de rozamiento de 50 N.

Sobre el cuerpo se aplica una fuerza de 400 N, que ha de vencer una fuerza contraria al desplazamiento de 50 N, por lo que la fuerza neta que actúa sobre el objeto es:

$$F = F_{aplicada} - F_r = 400 - 50 \text{ N} = 350 \text{ N}$$
$$W = F \cdot \Delta x = 350 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 7000 \text{ J}$$

c) La fuerza forma un ángulo de 25° con la dirección del desplazamiento.

Cuando la fuerza no es paralela al desplazamiento, sino que forma un cierto ángulo con respecto a este, es necesario calcular el valor de la componente de la fuerza en esa dirección, dado por el producto del módulo de la fuerza neta que actúa sobre el objeto, y el coseno del ángulo que forman:

$$F_x = F \cdot \cos\alpha = 400 \text{ N} \cdot \cos 25° = 362{,}5 \text{ N}$$
$$W = F \cdot \Delta x = 362{,}5 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 7250 \text{ J}$$

Un coche de 1 500 kg de masa circula a 50 km/h y se aproxima a un semáforo en ámbar. El conductor frena y tarda en detenerse 3 s. Calcula:

a) La aceleración del coche y la fuerza de rozamiento que actúa sobre él.

La aceleración se calcula a partir de la variación de velocidad experimentada por el coche, considerando que inicialmente circula a v_1 = 50 km/h = 13,9 m/s, y que tarda 3 segundos en detenerse ($v_2 = 0$).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0 - 13{,}9 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = -4{,}6 \text{ m/s}^2$$

La aceleración tiene signo negativo porque se trata de un movimiento uniformemente retardado.

La fuerza de rozamiento que actúa sobre el vehículo se calculará aplicando la segunda ley de Newton.

$$F_r = m \cdot a = 1\,500 \text{ kg} \cdot (-4{,}6 \text{ m/s}^2) = -6900 \text{ N}$$

El signo negativo indica que esta fuerza es contraria al movimiento, de ahí que este sea uniformemente retardado.

b) El trabajo realizado por esta fuerza de rozamiento. (Nota: calcula en primer lugar la distancia recorrida por el coche hasta que se detiene).

Calculamos el espacio recorrido por el coche en estos 3 segundos:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$
$$s = 13{,}9 \text{ m/s} - \frac{4{,}6 \text{ m/s}^2 \cdot (3\text{ s})^2}{2} = 21 \text{ m}$$

El trabajo realizado por la fuerza de rozamiento que actúa sobre el coche será:

$$W = F \cdot \Delta x = -6\,900 \text{ N} \cdot 21 \text{ m} = -144900 \text{ J}$$

Como la fuerza de rozamiento es contraria al movimiento, el trabajo realizado por esta fuerza es de signo negativo.

Dos niños se montan en un balancín. Uno de ellos tiene una masa de 20 kg, y el otro, de 27 kg. Justifica, desde el punto de vista de la Física, por qué el niño con más masa debe impulsarse desde el suelo para que el balancín suba y baje.

En el balancín, que es una palanca de primer género, los dos brazos de la palanca son iguales. En consecuencia, para que quede equilibrado, según la ley de la palanca, las fuerzas aplicadas sobre sus extremos han de ser iguales.

En este caso, las fuerzas que se aplican son los pesos de los muchachos, por lo que al ser uno mayor que otro, la palanca, esto es, el balancín, caerá hacia el lado del chico cuya masa es mayor (27 kg), que deberá impulsarse desde el suelo para elevarse.

Calcula la fuerza necesaria para elevar una masa de 50 kg mediante:

a) Una palanca en la que los brazos de la potencia y de la resistencia son de 3 m y 2 m, respectivamente.

Aplicaremos para el cálculo la ley de la palanca, considerando que la resistencia viene dada por el peso del objeto ($F_{resistencia} = P = m \cdot g = 490$ N):

$$F_{potencia} \cdot l_{potencia} = F_{resistencia} \cdot l_{resistencia}$$
$$F_{potencia} \cdot 3\ m = 490\ N \cdot 2\ N$$
$$F_{potencia} = 326,7\ N$$

b) Una polea fija sin rozamiento.

En el caso de una polea fija, la potencia ha de ser igual a la resistencia, es decir, al peso del objeto suspendido de la misma, por lo que ha de aplicarse una fuerza de 490 N para elevarlo.

Sobre un cuerpo de 30 kg de masa actúa una fuerza horizontal de 60 N a lo largo de una distancia de 300 m.

a) ¿Se está realizando trabajo sobre el cuerpo? En caso afirmativo, calcúlalo.

Sí, sobre el cuerpo se está realizando trabajo pues sobre él actúa una fuerza neta distinta de cero en la dirección del desplazamiento.

$$W = F \cdot \Delta x = 60\ N \cdot 300\ m = 18000\ J$$

b) Si el cuerpo parte del reposo, ¿cuál es su velocidad al cabo de los 300 m? Haz el cálculo aplicando el teorema de las fuerzas vivas.

Considerando que el cuerpo se desplaza horizontalmente, su energía potencial no varía. Sin embargo, al pasar del reposo a moverse a una cierta velocidad, ha incrementado su energía cinética, de modo que según el teorema de las fuerzas vivas, el trabajo realizado se ha utilizado en incrementar dicha energía cinética.

Despejando de la igualdad, podemos calcular el valor de la velocidad del objeto al cabo de los 300 m:

$$W = \Delta E_c$$
$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - 0$$
$$v = \sqrt{\frac{2\ W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 18000\ J}{30\ kg}} = 34,6\ m/s$$

Este cálculo también puede realizarse aplicando las leyes de la Dinámica. Para ello, tendremos en cuenta que se trata de un movimiento uniformemente acelerado, causado por una fuerza aplicada sobre el objeto de 60 N. De acuerdo con la 2ª ley de la Dinámica, el valor de la aceleración será:

$$F = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{60\ N}{30\ kg} = 2\ m/s^2$$

Y aplicando las ecuaciones de la cinemática, obtendremos el valor de la velocidad, teniendo en cuenta que la velocidad inicial del objeto es cero, pues parte del reposo:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$$
$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 2\ m/s^2 \cdot 300\ m} = 34{,}6\ m/s$$

Una pesa de 300 g se desliza por una superficie horizontal hasta detenerse a causa del rozamiento.

a) ¿Qué fuerzas actúan sobre la pesa? ¿Cuál o cuáles realizan trabajo?

Sobre la pesa actúan simultáneamente varias fuerzas. Por un lado, el peso, verticalmente y hacia abajo; por otro, la fuerza normal que la superficie ejerce sobre el cuerpo, de igual valor, y con la misma dirección pero sentido contrario al peso. Estas dos fuerzas no realizan trabajo, pues son perpendiculares a la dirección del movimiento. Por otra parte, sobre la pesa actúa una fuerza de rozamiento, en la misma dirección del movimiento, pero de sentido contrario, por lo que esta fuerza realiza un trabajo sobre el objeto, de signo negativo.

b) Si la velocidad inicial de la pesa era de 4,2 m/s, ¿cuánto vale el trabajo realizado? ¿En qué teorema te basas para calcularlo?

Aplicamos el teorema de las fuerzas vivas, según el cual el trabajo realizado es igual a la variación de energía cinética del cuerpo, ya que la energía potencial no varía (desplazamiento horizontal). Aplicando, pues, este teorema, tendremos:

$$W = \Delta E_c$$
$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 =$$
$$= \frac{1}{2} 0{,}3\ kg \cdot 0 - \frac{1}{2} 0{,}3\ kg \cdot (4{,}2\ m/s)^2 = -2{,}65\ J$$

El trabajo es de signo negativo, pues el objeto pasa de tener una velocidad igual a 4,2 m/s, a detenerse (v = 0), debido a una fuerza que actúa sobre él contraria al movimiento.

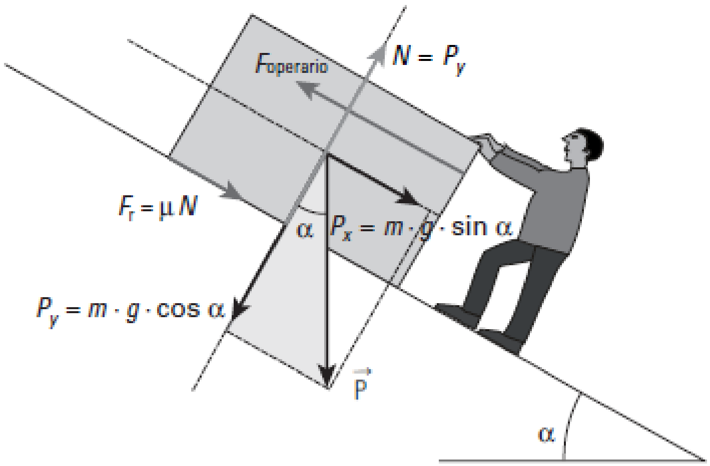
c) La pesa ha recorrido 12 m hasta pararse. ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento que actúa sobre ella?

Utilizando la expresión que relaciona el trabajo con la fuerza aplicada, y considerando que el espacio recorrido ha sido de 12 m, podremos calcular la fuerza de rozamiento del siguiente modo:

$$W = F \cdot \Delta x \quad \rightarrow \quad F = \frac{W}{\Delta x} = \frac{-2.65\ J}{12\ m} = -0{,}22\ N$$

Un operario sube una pesada caja de 130 kg con ayuda de una rampa hasta una altura de 1,5 m. Haz un dibujo en el que representes las fuerzas que actúan e indica si, con los datos anteriores, es posible calcular el trabajo realizado para subir la caja, o si se requieren datos adicionales.

Las fuerzas que actúan son las siguientes:



Como no disponemos del dato de la fuerza de rozamiento ni del desplazamiento realizado, no podemos calcular el trabajo. No obstante, sí es posible calcular el trabajo invertido en aumentar la energía potencial de la caja, para elevarla al punto situado a la altura indicada (1,5 m). De acuerdo con esto:

$$W = E_{p_2} - E_{p_1} = \Delta E_p$$

$$W = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) =$$

$$130\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot (1{,}5\ m - 0\ m) = 1911\ J$$

Si se desprecia el rozamiento, este es el trabajo total realizado.

Corrige los errores que hay en estos enunciados:

a) Una potencia grande implica una gran cantidad de trabajo.

Para que el valor de la potencia sea grande es necesario, o bien que se realice una gran cantidad de trabajo, o que el tiempo en el que se realiza el trabajo sea muy pequeño.

b) Para doblar la potencia de un motor, es preciso que realice el mismo trabajo en el doble de tiempo.

Para doblar la potencia de un motor, es necesario que se realice el mismo trabajo en la mitad de tiempo.

c) La energía se transfiere más rápidamente cuanto menor es la potencia.

La transferencia de energía es más rápida a medida que la potencia (energía transferida en la unidad de tiempo) es mayor.

Halla la potencia en el salto de un saltador con pértiga de 74 kg capaz de elevarse una altura de 5,80 m en 2,6 s.

Calcularemos en primer lugar el trabajo realizado por el saltador para elevarse hasta una altura de 5,8 m, como la diferencia de energía potencial antes y después del salto:

$$W = E_{p_2} - E_{p_1} = \Delta E_p$$
$$W = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) =$$
$$74\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot (5{,}8\ \text{m} - 0\ \text{m}) = 4206{,}2\ \text{J}$$

La potencia del saltador se calculará como el cociente entre el trabajo anterior, y el tiempo invertido en realizarlo:

$$P = \frac{w}{t} = \frac{4206{,}2\ \text{J}}{2{,}6\ \text{s}} = 1617{,}8\ \text{W}$$

En los últimos 117 m de una carrera de fondo, una corredora de 60 kg de masa pasa de una velocidad de 18 km/h a una de 24 km/h en 20 s. ¿Qué potencia desarrolla?

Aplicamos el teorema de las fuerzas vivas, teniendo en cuenta las velocidades expresadas en m/s:

$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 =$$
$$= \frac{1}{2} 60\ \text{kg} \cdot (6{,}7\ \text{m/s})^2 - \frac{1}{2} 60\ \text{kg} \cdot (5\ \text{m/s})^2 = -596{,}7\ \text{J}$$

La potencia entonces se calculará dividiendo el trabajo realizado entre el tiempo invertido en ello (20 s):

$$P = \frac{w}{t} = \frac{596{,}7\ J}{20\ s} = 29{,}8\ W$$

La corredora desarrolla, pues, una potencia de aproximadamente 30 vatios en el último tramo de la carrera.

Actividades finales

La obtención de energía eléctrica implica varias transformaciones. Explica esquemáticamente las transformaciones de energía que tienen lugar en:

a) Un aerogenerador eólico.

La energía eólica del viento al incidir sobre las aspas del aerogenerador produce un movimiento de las mismas (energía cinética), que acciona una turbina en la que se transforma, debido al movimiento de una espira en un campo magnético, en energía eléctrica.

b) Una central térmica.

En la central térmica se queman combustibles fósiles para calentar una caldera y producir un chorro de vapor que acciona el movimiento de la turbina, necesario para producir la corriente eléctrica.

c) Una central hidroeléctrica.

En las centrales hidroeléctricas se canaliza el agua contenida en una presa para ser lanzada a presión sobre la turbina del generador de corriente eléctrica.

Un motorista que circula por una autovía a la velocidad de 120 km/h tiene una energía cinética de 1,94 · 10^5 J. Por otra parte, un camión de 3500 kg de masa circula a la velocidad de 90 km/h. ¿Cuál de los dos sistemas tiene una energía cinética mayor?

La energía cinética del camión, que circula a la velocidad de 90 km/h = 25 m/s es:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{3500\ kg \cdot (25\ m/s)^2}{2} = 1093750\ J$$

El camión, a pesar de circular a una velocidad menor, tiene una energía superior a un millón de julios, frente a los casi 200000 J (194000 J) del motorista. La energía cinética del camión es cinco veces mayor.

Calcula la energía mecánica de un avión que 15 toneladas que sobrevuela el océano a una velocidad de 900 km/h y una altitud sobre el nivel del mar de 10 km.

La energía mecánica del avión es la suma de su energía cinética y su energía potencial. Considerando que su masa es 15 toneladas = 15 000 kg, su velocidad 900 km/h = 250 m/s y su altura 10 km = 10 000 m, la energía mecánica será:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{15000 \, kg \cdot (250 \ m/s)^2}{2} = 468750000 \text{ J} \approx 4{,}69 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 15000 \, kg \cdot 9{,}8 \, m/s^2 \cdot 10000 \, m = 1{,}47 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_m = E_c + E_p = 1{,}94 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Una balsa de agua de 15 m de diámetro y 3 m de altura se encuentra ubicada a una altura de 50 m sobre una colina.

a) ¿Qué energía potencial tiene el agua contenida en la balsa? Considera que su densidad es 1 g/cm^3.

Para calcular la energía potencial del agua contenida en la balsa, debemos conocer la masa de agua.

La capacidad de la balsa, es decir su volumen interior, considerando que es cilíndrica será:

$$v = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3{,}14 \cdot (7{,}5 \text{ m})^2 \cdot 3 \text{ m} = 530 \text{ m}^3$$

La balsa contiene 530 metros cúbicos de agua, cuya densidad es 1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3, por lo que la masa de agua vendrá dada por el resultado de multiplicar el volumen de agua por la densidad, resultando una masa de agua de 530 000 kg. Su energía potencial será, pues:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 530000 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m}/s^2 \cdot 50 \text{ m} = 259700000 \text{ J} = 2{,}6 \cdot 10^8 \text{ J}$$

La cabina de una atracción de feria, cuya masa es 290 kg, se encuentra a una altura de 12 m sobre el suelo y su energía mecánica en ese momento es igual a 45 000 J. Justifica si se encuentra en reposo o en movimiento, y, en este último caso, calcula la velocidad a la que se mueve.

La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial de la cabina. Si calculamos la energía potencial del artilugio, obtenemos:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 290 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m}/s^2 \cdot 12 \text{ m} = 34104 \text{ J}$$

Como la energía mecánica del objeto es 45 000 J, quiere decir que está en movimiento, y que su energía cinética es:

$$E_m = E_c + E_p \quad \rightarrow \quad E_c = E_m - E_p$$
$$E_c = 45000\ J - 34104\ J = 10896\ J$$

Y, despejando de la expresión de la energía cinética, calculamos la velocidad de la atracción:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10896\ J}{290\ kg}} =$$
$$= 8{,}7\ m/s = 31{,}3\ km/h$$

Por un plano inclinado sin rozamiento desciende un objeto de 200 g de masa, que se deja caer partiendo del reposo desde una altura de 40 cm, y llega a la base del plano con una velocidad de 2,8 m/s.

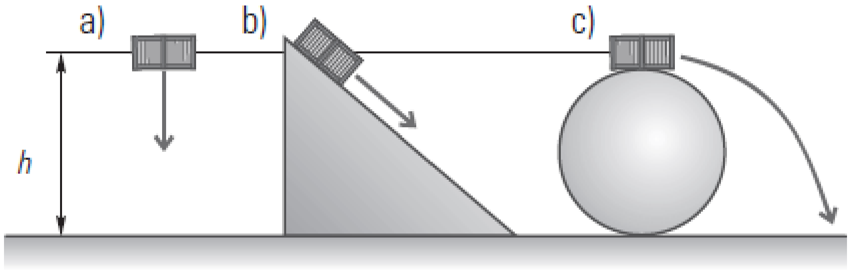
a) Si a continuación del plano el objeto encuentra una superficie horizontal sin rozamiento, ¿cuál será su energía cinética tras recorrer 20 cm sobre la misma?

La bola llega a la base con una energía cinética igual a 0,784 J, pues su masa es 0,2 kg y su velocidad en ese instante 2,8 m/s. Como la bola, a partir de ese punto se desliza por una superficie horizontal sin rozamiento, su energía cinética no varía, aunque haya recorrido 20 cm.

b) Si lo que encuentra es otro plano sin rozamiento, pero ascendente, que forma un ángulo de 20° con la horizontal, ¿hasta qué altura ascenderá la bola antes de detenerse por completo para volver a caer?

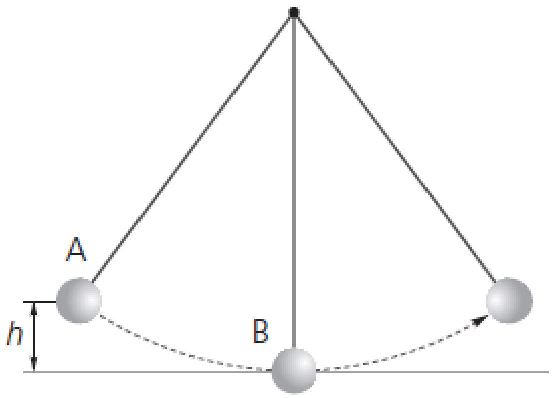
Si en lugar de una superficie horizontal la bola encuentra otro plano inclinado sin rozamiento, con independencia de su inclinación, la bola ascenderá hasta una altura igual a la que se dejó caer inicialmente, es decir, 40 cm. Según el principio de conservación de la energía mecánica, la bola ha transformado su energía potencial inicial ($m \cdot g \cdot h = 0{,}784$ J) en energía cinética en la base, y al volver a ascender, transforma esa energía cinética de nuevo en energía potencial, por lo que debe alcanzar la misma altura.

En los tres dibujos el objeto es el mismo, y su velocidad inicial es cero, Si no hay rozamiento, ¿cuál llegará con mayor velocidad al suelo?



Como no existe rozamiento, ni aportaciones externas de energía, se cumple el principio de conservación de la energía mecánica. En el punto inicial desde el que se deja caer, la energía potencial es la misma en los tres casos, pues también es igual la altura a la que se encuentran, y su energía cinética es cero, pues todos parten del reposo. Si tienen la misma energía potencial, y durante el descenso la transforman en energía cinética, en las tres situaciones el objeto llegará al suelo con la misma energía cinética y, por tanto, la misma velocidad, pues la masa es también la misma.

Luis y Ana han construido un péndulo con una pesa de 100 g y un hilo delgado de 50 cm de longitud. Elevan la pesa hasta una altura de 15 cm (punto A), tomando como referencia el punto de elongación máxima del péndulo (punto B), y la sueltan para que oscile libremente.



a) Calcula la energía mecánica de la pesa, antes de soltarla y en el momento en que pasa por la vertical.

En el punto inicial, antes de soltar la pesa, su energía mecánica viene dada por la energía potencial que posee, ya que al estar en reposo, su energía cinética es cero ($E_c = 0$):

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}1\,\text{kg} \cdot 9{,}8\,\text{m/s}^2 \cdot 0{,}15\,\text{m} = 0{,}147\ \text{J}$$
$$E_m = E_c + E_p = 0{,}147\ \text{J}$$

Cuando el péndulo oscila, considerando que no hay pérdidas por rozamiento, su energía mecánica se conserva. En consecuencia, su energía mecánica en el punto B será la misma que en el punto A, esto es 0,147 J.

b) ¿Con qué velocidad pasa la pesa por el punto B?

La energía potencial del péndulo en el punto B es cero, por lo que en realidad, la energía mecánica viene dada por la energía cinética de la pesa en ese punto. De acuerdo con esto, sabiendo que la energía cinética en B es 0,147 J, podemos calcular la velocidad de la pesa despejando:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}147\ \text{J}}{0{,}1\,\text{kg}}} = 1{,}71\,\text{m/s}$$

c) ¿Qué transformaciones de energía tienen lugar en el recorrido de la pesa, en cada oscilación?

Inicialmente, la pesa tiene una cierta energía potencial (0,147 J), que se transforma en energía cinética a medida que el péndulo desciende. A partir del punto de elongación máxima, vuelve a ascender, transformando la energía cinética adquirida en energía potencial.

d) Una vez que la pesa ya ha pasado por el punto B, ¿hasta qué altura ascenderá? ¿Por qué?

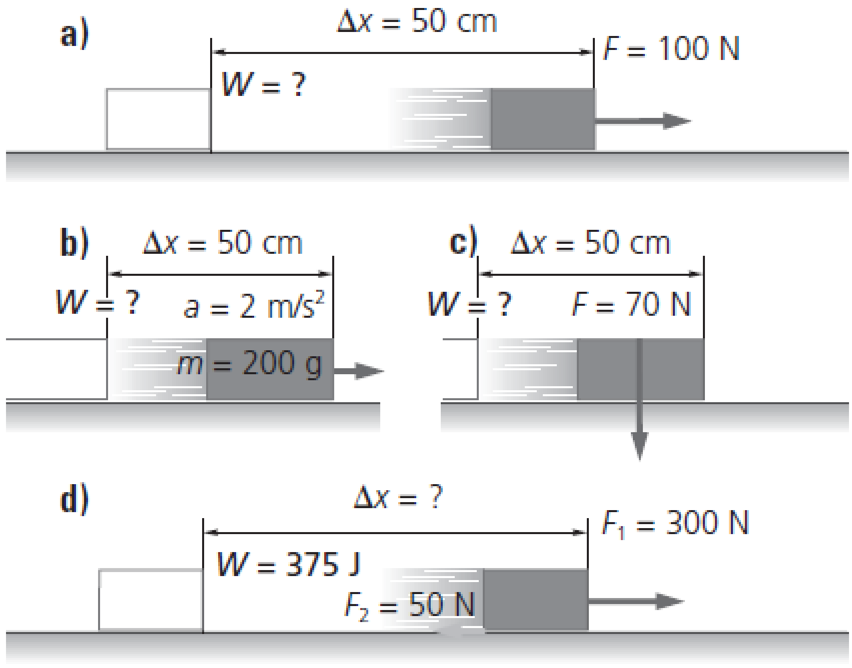
En su ascenso, el péndulo alcanzará la misma altura inicial, pues adquirirá la misma energía potencial que tenía inicialmente, siempre que no haya pérdidas por rozamiento.

Rellena en tu cuaderno las celdas sombreadas de esta tabla realizando los cálculos necesarios:

F	***Δx***	***W***
250 N	**50 cm**	125 J
100 N	**2 km**	**$2 \cdot 10^5$ J**
1400 N	4 m	**5,6 kJ**

Para completar la tabla tenemos que tener en cuenta la relación entre el trabajo (W), la fuerza aplicada (F) y el desplazamiento (Δx), $W = F \cdot \Delta x$.

Realiza los cálculos y completa el dato que falta:



a) $W = \sum F \cdot \Delta x = 100\ \text{N} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 50\ \text{J}.$

b) $\sum F = m \cdot a = 0{,}2\ \text{kg} \cdot 2\ \text{m/s}^2 = 0{,}4\ \text{N}.$

$$W = \sum F \cdot \Delta x = 0{,}4\ \text{N} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 0{,}2\ \text{J}.$$

c) W = 0 $\rightarrow$ La fuerza es perpendicular al desplazamiento.

d) $\sum F = F_1 - F_2 = 300\ \text{N} - 50\ \text{N} = 250\ \text{N}.$

$$\Delta x = \frac{W}{\sum F} = \frac{375\ \text{J}}{250\ \text{N}} = 1{,}5\ \text{m}.$$

Arrastramos un bloque de madera sobre una superficie horizontal tirando de él con una cuerda, que forma un ángulo con respecto a la horizontal de 30°. Si la fuerza aplicada es de 50 N, y el bloque experimenta una fuerza de rozamiento de 10 N, calcula el trabajo neto realizado para desplazarlo una distancia de 60 cm.

La componente horizontal de la fuerza con que es impulsado el bloque es:

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos 30° = 50\ \text{N} \cdot \cos 30° = 43{,}3\ \text{N}$$

Por otra parte, el bloque experimenta una fuerza de rozamiento contraria al movimiento de 10 N, por lo que la fuerza neta (ΣF) que actúa sobre el bloque es:

$$\Sigma F = F_{1x} - F_r = 43{,}3\ \text{N} - 10\ \text{N} = 33{,}3\ \text{N}$$

El trabajo realizado por esta fuerza neta para desplazar el bloque 60 cm = 0,6 m será:

$$W = \Sigma F \cdot \Delta x = 33{,}3\ \text{N} \cdot 0{,}6\ \text{m} \approx 20\ \text{J}$$

Queremos sacar agua de un pozo utilizando un cubo y una polea. Si el cubo lleno de agua tiene una masa de 10 kg, ¿qué fuerza debemos aplicar en el otro extremo de la cuerda para elevar el cubo, realizando la aproximación de que despreciamos el giro de la polea? ¿Tendrá alguna influencia el ángulo de la cuerda?

Tratándose de una polea simple, la fuerza aplicada ha de ser igual a la resistencia, en este caso, el peso del cubo ($P = m \cdot g = 98$ N). El ángulo no influye en la fuerza que debemos realizar, pero sí influye en la comodidad que nos ofrece la posición que adoptemos para sacar el cubo del pozo.

Un objeto de 1 800 g de masa en reposo sobre una superficie horizontal es empujado bajo la acción de una fuerza de 300 N, paralela a la superficie, que produce un desplazamiento en el mismo de 35 cm. Calcula:

a) El trabajo realizado por la fuerza aplicada.

El trabajo realizado sobre el cuerpo será:

$$W = F \cdot \Delta x = 300\ \text{N} \cdot 0{,}35\ \text{m} = 105\ \text{J}$$

b) La energía cinética del objeto al cabo de esos 35 cm.

De acuerdo con el teorema de las fuerzas vivas, el trabajo es igual a la variación de la energía cinética del objeto. Como la energía cinética inicial es cero, pues el objeto se encuentra en reposo, la energía cinética al cabo de los 35 cm será 105 J.

c) La velocidad que ha adquirido el objeto.

La velocidad del objeto al cabo de los 35 cm será:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 105\ \text{J}}{1{,}8\ \text{kg}}} = 10{,}8\ \text{m/s}$$

Un ciclista inicia una pendiente con una velocidad de 40 km/h, y, cuando llega al premio de la montaña situado en la cima, a 210 m de altitud sobre la base, su velocidad es 28 km/h. Calcula, considerando una masa de 90 kg:

a) El trabajo neto realizado por el ciclista para ascender desde la base hasta la cima de la pendiente.

El ciclista no solo se mueve a una cierta velocidad, sino que está ascendiendo la montaña. Por tanto, está variando su energía cinética y su energía potencial. El trabajo realizado por el ciclista viene dado por la variación de energía mecánica que experimenta. Teniendo en cuenta que pasa de una velocidad de 40 km/h = = 11,1 m/s a una velocidad de 28 km/h = 7,8 m/s:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = W$$

$$W = \Delta E_{m_1} - \Delta E_{m_0} =$$

$$= \left(\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1\right) - \left(\frac{1}{2} m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h_0\right) =$$

$$= \left(\frac{1}{2} 90\ \text{kg} \cdot (7{,}8\ \text{m/s})^2 + 90\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 210\ \text{m}\right) -$$

$$- \left(\frac{1}{2} 90\ \text{kg} \cdot (11{,}1\ \text{m/s})^2 + 90\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 0\ \text{m}\right) =$$

$$= 187958\ \text{J} - 5544{,}5\ \text{J} = 182413{,}5\ \text{J}$$

b) La fuerza con la que el ciclista ha pedaleado, considerada constante, teniendo en cuenta que la distancia recorrida ha sido de 4 km, y que la suma de las fuerzas en contra, también constante, fue de 90 N.

Realizando este trabajo, el ciclista ha recorrido 4 km. Por tanto, la fuerza neta (ΣF) en la dirección y sentido del movimiento ha sido:

$$W = \sum F \cdot \Delta x \ \rightarrow \ \sum F = \frac{w}{\Delta x} = \frac{182413{,}5\ \text{J}}{4000\ \text{m}} = 45{,}6\ \text{N}$$

Y como sobre el ciclista actuó una fuerza en contra de 90 N:

$$\Sigma F = F_{ciclista} - F_r \ \rightarrow \quad F_{ciclista} = 45{,}6\ \text{N} + 90\ \text{N} = 135,\ 6\ \text{N}$$

En una planta de elaboración de zumos de naranja, una tolva ubicada en la zona de descarga eleva las naranjas hasta una altura de 15 metros en 40 s. Considerando que la capacidad de la tolva es de 2 000 kg, calcula:

a) La variación de energía potencial de la carga de naranjas desde la base hasta la zona más alta.

La variación de energía potencial de la carga de naranjas será:

$$\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1} = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 =$$

$$= 2000\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 15\ \text{m} - 0 = 2{,}94 \cdot 10^5\ \text{J}$$

b) El trabajo realizado por la tolva para elevar la carga.

El trabajo realizado será igual a la variación de energía potencial de la carga, esto es, 294000 J.

c) La potencia de la tolva.

La potencia se calcula mediante el cociente entre el trabajo realizado y el tiempo invertido:

$$P = \frac{w}{t} = \frac{2{,}94 \cdot 10^{5}\ J}{40\ s} = 7350\ W = 7{,}35\ kW$$

Una locomotora de 90 toneladas de masa que se encuentra en una estación, parte del reposo y alcanza una velocidad de 144 km/h al cabo de 4 minutos, cuando se encuentra a una distancia de seis kilómetros de la estación. Considerando que la fuerza de rozamiento que experimenta es de 40000 N, calcula:

a) El trabajo neto realizado por la locomotora.

Como la locomotora se desplaza horizontalmente, y no existe variación de su energía potencial, el trabajo neto realizado por la fuerza resultante que actúa sobre la locomotora en la dirección del movimiento es igual a la variación de energía cinética del sistema:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = \left(\frac{1}{2} 90000\ kg \cdot (40\ m/s)^2 - 0\right) = 7{,}2 \cdot 10^{7}\ J$$

b) El trabajo motor que realiza la máquina.

Sobre la locomotora actúan en la dirección del movimiento dos fuerzas: la ejercida por la propia locomotora para impulsarse (F_{motor}) y la fuerza de rozamiento (F_r). De acuerdo con esto:

$$W_{neto} = \sum F \cdot \Delta x = \left(F_{motor} - F_r\right) \cdot \Delta x$$

Por tanto:

$$F_{motor} \cdot \Delta x - F_r \cdot \Delta x = W_{neto}$$

$$F_{motor} \cdot \Delta x = W_{neto} + F_r \cdot \Delta x \;\rightarrow\; W_{motor} = 7{,}2 \cdot 10^{7}\ J + F_r \cdot \Delta x$$

$$W_{motor} = 7{,}2 \cdot 10^{7}\ J + 40000\ J \cdot 6000\ N = 3{,}12 \cdot 10^{8}\ J$$

c) La potencia de la locomotora.

Finalmente, considerando que la locomotora ha invertido 4 minutos (240 segundos) en realizar ese trabajo, su potencia será:

$$P = \frac{w}{t} = \frac{3{,}12 \cdot 10^{8}\ J}{240\ s} = 1{,}3 \cdot 10^{6}\ W = 1300\ kW$$