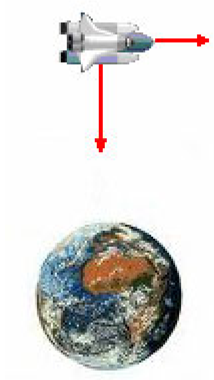
CUESTIONES



1 Un satélite de comunicaciones gira con velocidad constante atraído por la fuerza gravitatoria. Explica cómo hallarías el trabajo realizado por esta fuerza.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

Como la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares el trabajo es nulo, ya que W = F · d cos90º = 0.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

2 Calcula el trabajo realizado en los casos siguientes:

a) Una piedra de 20 kg se mantiene a 1,50 m del suelo durante 40 s.

b) Un resorte se mantiene tenso durante 4 s ejerciendo una fuerza de 12 N.

c) Un patinador de 65 kg se desliza 2 m, a velocidad constante, en una superficie horizontal helada sin rozamiento.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

a) Como no hay desplazamiento el trabajo es nulo.
b) Tampoco hay movimiento no hay trabajo,
c) Como la velocidad es constante y no hay rozamiento, no actúa ninguna fuerza y el trabajo también es nulo.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

ACTIVIDADES

1 Un motor de 500 W ha estado funcionando durante 8 h. ¿Qué energía ha consumido?

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

P = 500 W.
t = 8 h = 8·3 600 s = 28 800 s.

Energía = trabajo = W = P · t = 500 W · 28 800 s = $1{,}44 \cdot 10^7$ J = $1{,}44 \cdot 10^4$ kJ.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

2 Entre las siguientes unidades, indica las que son de trabajo o energía:

a) kg m s;	**c)** kWh;	**e)** kp m;	**g)** kg m²/s²;
b) N cm;	**d)** Ws;	**f)** N s;	**h)** kg m/s².

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

La ecuación de dimensiones del trabajo o la energía es [W] = [F]·[d] = [m]·[a]·[d] = M ·L·T^{-2} · L = M L^2 T^{-2} (siendo M = masa, L = longitud y T = tiempo).

a) [kg m s] = M L T ⇒ no es unidad de trabajo.

b) [N cm] = $M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L = M L^2 T^{-2} \Rightarrow$ sí es unidad de trabajo.
c) [kWh] = [P·t] = [W/t ·t] = [W] $\Rightarrow$ sí es unidad de trabajo.
d) [W·s] = [P·t] = [W/t ·t] = [W] $\Rightarrow$ sí es unidad de trabajo.
e) [kp m] = Fuerza · desplazamiento $\Rightarrow$ sí es unidad de trabajo.
f) [N s] = $MLT^{-2} \cdot T = MLT^{-1}$. $\Rightarrow$ no es unidad de trabajo.
g) [kg m^2 / s^2] = $M L^2 T^{-2} \Rightarrow$ sí es unidad de trabajo.
h) [kg m/ s^2] = $M L T^{-2} \Rightarrow$ no es unidad de trabajo.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

3 Justifica que el producto F · v (fuerza por velocidad) es una potencia.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot \frac{d}{t} = F \cdot v$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

4 Un alumno sube 4 m por una cuerda del gimnasio en 40 segundos. Si su masa es de 60 kg, calcula el trabajo realizado y la potencia media con la que lo ha hecho.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

W = F·d·cos0º = P · d ·cos0º = mgdcos0º = 60 kg · 9,8 m/s^2 · 4 m · 1 = 2 352 J.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2352 J}{40 s} = 58{,}8\ W$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

5 Un proyectil de masa m alcanza el tronco de un árbol con velocidad v penetrando en el mismo una distancia d hasta quedar detenido. Explica cómo la energía del proyectil se ha transformado en trabajo. Si R es la fuerza de resistencia que ofrece el árbol a la penetración del proyectil, deduce una fórmula para obtenerla a partir del teorema de las fuerzas vivas.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

El proyectil al llegar al árbol lleva una energía cinética Ec = $\frac{1}{2}mv^2$ que se transforma en trabajo de penetración W = R · d.

Como según el teorema de las fuerzas vivas Ec = W $\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = Rd \Leftrightarrow R = \frac{mv^2}{2d}$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

6 Si emprendes una carrera y consigues la velocidad de 36 km/h, ¿cómo calcularías tu energía cinética en julios? Necesitas otro dato, ¿cuál?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Para calcular la energía cinética aplico la fórmula Ec = $\frac{1}{2}mv^2$, luego necesito mi masa, que supuesta de 70 kg me daría una energía cinética Ec = $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}70\,kg \cdot 10^2\,\frac{m}{s^2} = 3\,500$ J.

✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

7 Un automóvil de 1 200 kg arranca y en 20 s alcanza la velocidad de 108 km/h. Calcula en julios el aumento de energía cinética. Si debido al rozamiento se ha perdido el equivalente al 25 % de la E, calcula la potencia media del vehículo.

✻✻✻❃❃✪❃❃✻✻✻

m = 1 200 kg.
t = 20 s.
$v = 108\,\frac{km}{h} = 108\,\frac{km}{h}\cdot\frac{1000\,m}{1\,km}\cdot\frac{1\,h}{3600\,s} = 30\,\frac{m}{s}$

Como pasa de velocidad nula a una velocidad de 30 m/s su aumento de energía cinética es:

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}1200\,kg\cdot 30^2\,\frac{m^2}{s^2} = 540\,000\ J.$$

Como se ha perdido un 25% de la energía que el motor proporciona, el 75 % que queda se corresponde con 540 000 J, es decir la energía del motor es E_{motor} = 540 000 J $\frac{100}{75} = 720000$ J, cuya potencia media es P = $\frac{720000\,J}{20\,s} = 36000$ W

✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

8 Una bomba hidráulica ha llenado un depósito de 500 litros situado a 6 m de altura en 20 min. ¿Qué trabajo ha realizado y con qué potencia?

✻✻✻❃❃✪❃❃✻✻✻

V = 500 L ⇒ m = 500 kg.
h = 6 m.
t = 20 min = 1 200 s.

Trabajo = ΔEp = mgh = 500 kg · 9,8 m/s^2 · 6 m = 29 400 J.

Potencia = P $= \frac{W}{t} = \frac{29400\,J}{1200\,s} = 24{,}5$ W.

✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

9 Un paracaidista se lanza desde 800 m de altura. Si la masa con su equipo es de 75 kg, ¿cuánto ha disminuido su energía potencial cuando está a 40 m del suelo?

✻✻✻❃❃✪❃❃✻✻✻

Altura inicial = h_1 = 800 m.
Altura final = h_2 = 40 m.
Masa = m = 75 kg.

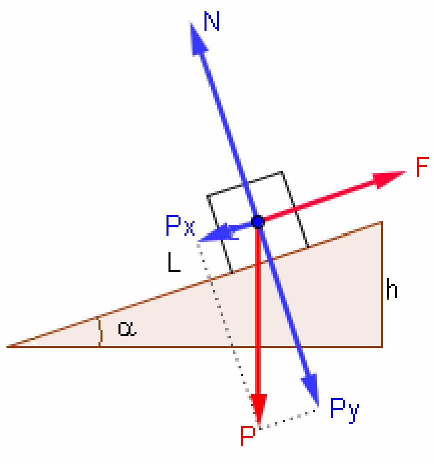
ΔEp = mg ($h_1 - h_2$) = 75 kg · 9,8 m/s^2 · (800 m – 40 m) = 558 600 J ha disminuido.

✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

10 Al subir una montaña te cansas más si sigues una senda empinada que por una de poca pendiente, pero en este caso tardas más. Si solamente se tiene en cuenta la fuerza gravitatoria, ¿cuándo realizas más trabajo y cuándo es mayor la potencia?

La fuerza que debemos hacer es, como mínimo, igual a la componente del peso en la dirección del plano inclinado (Px) que es igual a mgsenα, a igualdad de masa (m) a subir, si aumentamos la inclinación (el seno aumenta desde el valor 0 para sen0º a 1 para sen90º) luego Px aumenta siendo máxima si lo elevamos verticalmente (los planos inclinados se usan para disminuir el esfuerzo de elevación de una masa, que es su razón de ser). El trabajo como sólo depende de la posición inicial y final (la fuerza gravitatoria es conservativa) no depende de la inclinación, ya que la altura final es constante, el trabajo será el mismo.

En cuanto a la potencia como mide la relación entre el trabajo y el tiempo y el trabajo es el mismo pero el tiempo es mayor en el plano inclinado, es menor en el plano inclinado y va aumentando con la inclinación siendo máxima en el recorrido vertical.



11 En una pistola de resorte, la longitud de este se reduce en 10 cm al montarla para el disparo. ¿Qué energía potencial tiene el resorte en esa situación? ¿Con qué velocidad saldrá un proyectil de corcho cuya masa es de 5 g? (k = 80 N/m).

Acortamiento = x = 10 cm= 0,1 m
Masa del proyectil = 5 g = 0,005 kg.
Constante de elasticidad del resorte = k = 80 N/m.

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}80\frac{N}{m}\cdot 0{,}1^2 m^2 = 0{,}40\ J.$$

Si suponemos despreciables las fuerzas de rozamiento la energía potencial elástica del resorte será igual a la energía cinética con que será impulsado el proyectil:

$$E_p = Ec = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0{,}40J}{0{,}005kg}} = 12{,}65\frac{m}{s}$$

12 Si se pone la pistola del ejercicio anterior en posición vertical y se la carga con una bola de acero que tiene una masa de 20 g, ¿qué altura alcanzará la bola al lanzarla?

La energía potencial elástica del resorte se convierte en cinética al impulsar el proyectil y esta en potencial en el punto más alto:

$$E_{Pe} = Ec = Ep = mgh \Leftrightarrow h = \frac{E_{Pe}}{mg} = \frac{0{,}40J}{0{,}020kg \cdot 9{,}8m/s^2} = 2{,}04\ m$$

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

13 En la Luna se lanza verticalmente y hacia arriba un objeto de 400 g a la velocidad de 20 m/s. Determina:

a) La altura máxima alcanzada y la energía potencial en ese punto.
b) Las energías potencial y cinética a los 50 m del suelo. (g_L = 1,63 N/kg).

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

a) De acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica, la energía cinético en el suelo de la luna (en donde tomamos la potencial nula) será igual a la energía potencial en el punto más alto (en donde la velocidad es nula), $Ec = Ep \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mg_L h \Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g_L} = \frac{\left(20\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 1{,}63\frac{N}{kg}} = 112{,}7\ m$

$$Ep = Ec = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}0{,}4kg \cdot 20^2\frac{m^2}{s^2} = 80\ J.$$

b) Como la energía mecánica se conserva Em (abajo) = Em (a 50 m), es decir Ec_1 (abajo) = $Ep_2 + Ec_2$ (a 50 m), Como $Ep_2 = m \cdot g_L \cdot h_2 = 0{,}4kg \cdot 1{,}63m/s^2 \cdot 50m = 32{,}6$ J, $Ec_2 = Ec_1 - Ep_2$ = 80 J – 32,6 J = 47,4 J.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

14 Un bloque de hielo de 1 kg es lanzado a la velocidad de 10 m/s por una rampa helada hacia arriba. Si la pendiente de la rampa es de 30° y se supone nulo el rozamiento, halla:

a) Cómo es la energía mecánica y cuánto vale en las partes más baja y más alta de la rampa.
b) El recorrido hecho por el bloque antes de detenerse.
c) La energía potencial y cinética cuando ha recorrido 8 m.

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

a) Denominando la parte baja (punto 1) y la alta (punto 2) y de acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica $Em_1 = Em_2$, $Ep_1 + Ec_1 = Ep_2 + Ec_2$ es decir $Ec_1 = Ep_2$ ya que en el parte baja no tiene energía potencial y en la alta la velocidad es nula.

$$Ec_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}1kg \cdot 10^2\frac{m^2}{s^2} = 50\ J = Ep_2$$

b) Hay varias formas de hallar el espacio recorrido una de las más cortas es usar el principio de conservación de la energía para hallar la altura a la que llega y luego usar la trigonometría para hallar el espacio recorrido:

$Ec_1 = 50\ J = Ep_2 = mgh_2 \Leftrightarrow h_2 = \frac{Ep_2}{mg} = \frac{50J}{1kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}} = 5{,}1$ m, luego como $sen30^o = \frac{h_2}{L} \Rightarrow L = \frac{h_2}{sen30^o} =$ 10,2 m es el espacio recorrido.

c) Si se han recorrido L_3 = 8 m sobre el plano, la altura es $h_3 = L_3 \cdot sen30º$ = 8 m · ½ = 4 m y la energía potencial en este punto vale $Ep_3 = mgh_3$ = 1kg · 9,8 m/s^2 · 4 m = 39,2 J, luego la energía cinética será $Ec_3 = Ec_1 – Ep_3$ = 50 J – 39,2 J = 10,8 J.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

15 Un monopatín de 4 kg dirigido por un chico de 36 kg alcanza una rampa de 30° a la velocidad de 5 m/s. Si en el rozamiento se pierde el 10 % de la energía, ¿qué espacio recorrerá en la rampa?

❃❃❃❃❃✪❃❃❃❃❃

Ahora intervienen fuerzas disipativas (la de rozamiento) luego parte de la energía inicial la consumen el trabajo que realizan estas fuerzas.

Si se pierde un 10 % de la energía cinética del principio de la rampa, la energía potencial arriba será el 90 % de dicha energía:

$$Ep = m_T \cdot g \cdot h = 0{,}90\ Ec = 0{,}90\ \frac{1}{2} m_T v_0^2 \Leftrightarrow h = \frac{0{,}90 v_0^2}{2g} = \frac{0{,}90 \cdot 5^2}{2 \cdot 9{,}8} = 1{,}15\ \text{m}$$

Luego el espacio recorrido sobre la rampa es $L = \dfrac{h}{sen30º} = 2h = 2{,}30\ \text{m}$.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

16 Sobre una mesa se encuentra un cuerpo de 1,5 kg sujeto a un muelle de constante k = 150 N/m. El muelle se estira 10 cm y se suelta. Si entre el cuerpo y la mesa existe un rozamiento de coeficiente μ = 0,2, ¿qué velocidad lleva el cuerpo cuando pasa por la posición x = 0 cm?

❃❃❃❃❃✪❃❃❃❃❃

La energía potencial elástica se invierte en el trabajo de las fuerzas de rozamiento y la energía cinética del cuerpo, $Ep_e = W(Fr) + Ec$, luego:

$$\frac{1}{2}kx^2 = Fr \cdot x + \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}kx^2 = \mu mg \cdot x + \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2\left(\frac{1}{2}kx^2 - \mu mg \cdot x\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2(\frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 0{,}1^2 - 0{,}2 \cdot 1{,}5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}1)}{1{,}5}}$$

= 0,55 m/s.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

17 Calcula la temperatura del cuerpo humano, 37 °C, en la escala Kelvin y en la de Fahrenheit.

❃❃❃❃❃✪❃❃❃❃❃

T(K) = t (ºC) + 273 = 37 ºC + 273 = 310 K.

$$\frac{t(ºC)}{5} = \frac{t(ºF) - 32}{9} \Leftrightarrow t(ºF) = \frac{9}{5}t(ºC) + 32 = \frac{9}{5}37 + 32 = 98{,}6\ ºF.$$

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

18 Un reportero de televisión en Nueva York comenta: «Las temperaturas el día de Navidad han sido muy bajas; no han superado los 20°». ¿Te extraña la noticia?

No, si caemos en la cuenta que al tratarse de Nueva Cork la temperatura está expresada en la escala Fahrenheit, que se usa en EEUU, lo que equivaldría en Celsius a:

$$\frac{t(^oC)}{5} = \frac{t(^oF)-32}{9} \Leftrightarrow t(^oC) = \frac{5}{9}\left[t(^oF)-32\right] = \frac{5}{9}\left[20-32\right] = -6{,}7\,^oC$$

19 ¿A qué temperatura marcan el mismo valor numérico el termómetro Celsius y el Fahrenheit?

Si ha de ser t (ºC) = t (ºF) = t $\Rightarrow \frac{t(^oC)}{5} = \frac{t(^oF)-32}{9} \Leftrightarrow \frac{t}{5} = \frac{t-32}{9} \Leftrightarrow 9t = 5t - 160 \Leftrightarrow 4t = 160 \Leftrightarrow t = \frac{160}{4} =$ 40 ºC = 40 ºF.

20 Determina el calor necesario para calentar 80 L de agua desde 10 °C hasta 30 °C. Da la respuesta en J y en kWh. Si se hace con energía eléctrica y esta cuesta 0,08 €/kWh, calcula el importe de esa energía. (Densidad del agua: d = 1 000 kg m $^{-3}$).

$$V_{H_2O} = 80L = 80dm^3 = 0{,}080m^3 \Rightarrow m_{H_2O} = d{\cdot}v = 1000\,\frac{kg}{m^3}{\cdot}0{,}080m^3 = 80\,kg.$$

Calor específico del agua = c = 4180 J/(kg·K)

Q = m ·c· ($T_f - T_i$) = 80 kg · 4180 J/(kg·K)·20 K = 6 688 000 J = 6 688 000 J $\frac{1kWh}{3600000J} = 1{,}858$ kWh

Importe = Energía consumida · precio = 1,858 kWh $\cdot\frac{0{,}08€}{kWh} = 0{,}15$ €.

21 Un calentador eléctrico de 2,5 kWh calienta el agua de un depósito de 100 litros desde la temperatura inicial de 10 °C hasta la final de 50 °C. ¿Qué tiempo necesita para ello?

$$V_{H_2O} = 100\,L = 100dm^3 = 0{,}100m^3 \Rightarrow m_{H_2O} = d{\cdot}v = 1000\,\frac{kg}{m^3}{\cdot}0{,}100m^3 = 100\,kg.$$

Calor específico del agua = c = 4180 J/(kg·K)

$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i) = 100\ kg \cdot 4180\ J/(kg \cdot K) \cdot 40\ K = 16\ 720\ 000\ J = 16\ 720\ 000\ J\ \dfrac{1kWh}{3600000J} = 4,64\ kWh$

Como $P = \dfrac{W}{t} = \dfrac{Q}{t} \Leftrightarrow t = \dfrac{Q}{P} = \dfrac{4,64kWh}{2,5kW} = 1,86\ h$ = 1 h 51 min 36 s.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

22. Halla el calor necesario para transformar 800 g de agua a 20 °C en vapor de agua a 100 °C. (L_v = 2 257 200 J kg^{-1} ¿K^{-1}?).

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Con la loable intención de conseguir mayor claridad, cualidad de la que carecemos, según nuestros alumnos, vamos a resolucionar (resolver+solucionar) el ejercicio (que no problema, un problema es otra cosa) en tres pasos:

Hallamos primero el calor necesario para pasar los 0,8 kg de agua a t_1 = 20 ºC a agua a t_2 = 100 ºC:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) = 0,80\ kg \cdot 4180\ J/(kg \cdot K) \cdot 80\ K = 267\ 520\ J$$

Después (2º paso) hallamos el calor necesario para convertir los 0,8 kg de agua líquida en vapor:

$$Q_2 = m \cdot L_v = 0,\ 80\ kg \cdot 2\ 257\ 200\ J/kg = 1\ 805\ 760\ J$$

Y, por último, sumamos los calores *pasados* en los dos pasos anteriores pasa hallar el calor total necesario:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 267\ 520\ J + 1\ 805\ 760\ J = 2\ 073\ 280\ J.$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

23 Un proyectil de plomo de 5 g, inicialmente a 20 °C, se lanza con una velocidad de 300 m/s contra una placa de acero, quedando incrustado. ¿Se fundirá el plomo como consecuencia del choque? (La placa de acero no varía su temperatura). (Datos: punto de fusión del plomo = 330 °C; calor específico del plomo = 0,122 J/g K; calor latente de fusión del plomo = 24,7 J/g).

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

La energía cinética del proyectil es $Ec = \dfrac{1}{2} mv^2 = \dfrac{1}{2} 0,005kg \cdot 300^2\ \dfrac{m^2}{s^2} = 225\ J.$

Esa energía se convierte íntegramente en calor que capta el proyectil (no la placa de acero), ¿se fundirá el plomo?, para contestar a esa pregunta vamos a calcular la energía necesaria para que los 5 g de plomo alcancen los 330 ºC y después para que se fundan y comparar con la energía cinética que lleva el proyectil:

Calor necesario para subir el plomo de 20 ºC a 330ºC

$$Q_1 = m \cdot c_{Pb} \cdot (T_2 - T_1) = 5\ g \cdot 0,122\ J/(g \cdot K) \cdot 310\ K = 189,1\ J$$

Calor necesario para fundir los 5 g de plomo

$$Q_2 = m \cdot L_v = 5\ g \cdot 24,7\ J/g = 123,5\ J$$

Luego el calor necesario para fundir el plomo es Q = Q_1 + Q_2 = 189,1 J + 123,5 J = 312 J, luego no se funde totodo el plomo ya que la energía comunicada es menor 225 J, veamos la masa de plo que se funde:

$$Ec = Q_1 + m \cdot Lv \Leftrightarrow m = \frac{Ec - Q_1}{Lv} = \frac{225J - 189{,}1J}{24{,}7\frac{J}{g}} = 1{,}45\,g$$ de plomo se funden quedando el resto a 330ºC.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

24 Desde una altura de 30 m cae 1 kg de hielo a 0 °C. Si toda la energía que pierde al chocar contra el suelo se convierte en calor, ¿qué cantidad de hielo se habría fundido? (Dato: calor de fusión del hielo, 334,4 · 10^3 J/kg).

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Hallamos la energía que llevará el hielo al chocar con el suelo que será igual a la energía potencial en h = 30 m:

$$Ep = mgh = 1kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 30\ m = 294\ J$$

Si la energía potencial se convierte íntegramente en calor:

$$Ep = Q = m_{hielo}\,L_f\quad m_{hielo} = \frac{Ep}{L_f} = \frac{294J}{334{,}4 \cdot 10^3\,J/kg} = 8{,}8 \cdot 10^{-4}\,kg = 0{,}88mg$$ de hielo se funden

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

25 Sobre 250 g de agua a 80 °C se echan 30 g de aluminio a 20 °C. Al cabo de cierto tiempo la temperatura de la mezcla es de 78,5 °C. Si no hay intercambios de energía con el exterior, ¿cuál será el calor específico del aluminio?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Calor cedido por el agua a 80 ºC = calor captado por el aluminio a 20 ºC

$$m_{H_2O} \cdot c_{H_2O}(T_1 - T_{eq}) = m_{Al} \cdot c_{Al}(T_{eq} - T_2) \Leftrightarrow 250 \cdot 4180 \cdot 1{,}5 = 30 \cdot c_{Al}\,58{,}5 \Leftrightarrow c_{Al} = \frac{1567500}{1755} = 893\,\frac{J}{kg \cdot K}$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

26. En una vasija de paredes aislantes se introducen cantidades iguales de agua a 50 °C y de hielo a - 40 °C.

a) ¿Se fundirá todo el hielo?
b) ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

a) Para que se funda todo el hielo el calor cedido por el agua (hasta llegar a los 0 ºC) debe ser mayor o igual que el calor que necesita captar el hielo.

Calor cedido por el agua = $Q_1 = m \cdot c_a \cdot (T_1 - T_{eq}) = m \cdot 4180 \cdot 50 = 209\,000$ m J

Calor captado por el hielo = Q_2 = calor para pasar de t_2 = - 40 ºC a t_{eq} = 0 ºC + calor necesario para fundir el hielo a 0 ºC = $m \cdot c_h \cdot (T_{eq} - T_2) + m \cdot L_f = m \cdot 2090 \cdot 40 + m \cdot 334\,400 = 83\,600m + 334\,400m = 418\,000$ m J

Como $Q_2 > Q_1$ no se funde todo el hielo. Aunque no se nos pide podemos hallar el % de hielo fundido:

209 000m J = 83 600m J + 334 400 %m J $\Leftrightarrow \% = \dfrac{209000mJ - 83600mJ}{334400mJ} = 0{,}375$, un 37,5 % del hielo se funde.

b) Como el calor necesario para que el hielo pase a 0 ºC es de 83 600m J < 209 000m J la temperatura final será de 0 ºC, el calor que falta es el necesario para fundir todo el hielo, es decir como se funde parte del hielo el sistema ha de estar a la temperatura de fusión 0 ºC

****

27. Un vaso contiene 200 g de agua a 80 °C. ¿Cuántos gramos de hielo a 0 °C habrá que añadir para que la temperatura final del sistema sea de 50 °C?

****

Calor cedido por el agua (Q_1) = calor captado para fundir el hielo (Q_2) + calor captado para que el agua a 0 ºC (hielo ya fundido) suba hasta la temperatura de equilibrio de 50 ºC (Q_3)

$Q_1 = m_a \cdot c_a (T_1 - T_{eq})$
$Q_2 = m_h L_f$.
$Q_3 = m_h c_h (T_{eq} - T_2)$

Como $Q_1 = Q_2 + Q_3$ sustituyendo tenemos:

$m_a \cdot c_a (T_1 - T_{eq}) = m_h L_f + m_h c_h (T_{eq} - T_2)$ de donde despejamos la única incógnita que es la masa de hielo (m_h):

$$m_h = \frac{m_a \cdot c_a (T_1 - T_{eq})}{L_f + c_h (T_{eq} - T_2)} = \frac{0{,}2kg \cdot 4180 \dfrac{J}{kg \cdot K} \cdot 30K}{334400J + 2090 \dfrac{J}{kgK} \cdot 50K} = 0{,}057\ kg = 57\ g \text{ de hielo hay que añadir.}$$

****

CUESTIONES

3 ¿En qué caso el calor suministrado a un sistema se transforma totalmente en un incremento de la energía interna del mismo?

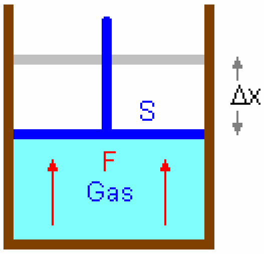
****

Cuando no se produce trabajo, como $\Delta U = Q + W$, si $W = 0$ entonces $\Delta U = Q$ y el calor suministrado se emplea totalmente en variar la energía interna del sistema.

****

④ Demuestra que el producto de una presión por una variación de volumen equivale a un trabajo.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻



Si consideramos un gas encerrado en un recipiente con un émbolo de superficie S, la fuerza que el gas ejerce sobre el émbolo es F = p ·S, si el émbolo experimenta un desplazamiento Δx, el trabajo realizado por el gas será:

$W = F\cdot \Delta x = p\cdot S\cdot \Delta x = p\cdot \Delta V$ ya que $S\cdot \Delta x = \Delta V$ es el cambio de volumen que ha experimentado el gas.

También podemos demostrarlo comprobando que su ecuación de dimensiones tiene unidades de trabajo $[W] = ML^2\,T^{-2}$:

$$[p\cdot \Delta V] = \left[\frac{F}{S}\cdot \Delta V\right] = \left[\frac{F}{S}\cdot \Delta x\cdot S\right] = [F\cdot \Delta x] = [W]$$

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

CONSOLIDACIÓN

① Cita algún caso donde se ejerza una fuerza sobre un cuerpo y sin embargo no se realice trabajo.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

Si portamos unas saco de 10 al hombro desde el almacén a nuestro coche, ya que la fuerza que ejercemos (igual al peso del saco) y el desplazamiento son perpendiculares.

Si sostenemos el mismo saco durante 5 minutos en espera de que nuestro marido nos abra la puerta del coche (ahora el desplazamiento es nulo y no se realiza trabajo).

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

②. ¿En qué unidad se mide el trabajo y la energía? Defínela.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

El trabajo y la energía (capacidad para producir traba) se miden en el Sistema Internacional en Julios que es el trabajo que realiza un sistema que ejerce una fuerza, paralela al desplazamiento, de 1 N en una distancia de 1m.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

③ ¿Qué es potencia? Explica el concepto de potencia poniendo uno o varios ejemplos. Comenta las unidades más frecuentes de potencia.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

Es la relación entre el trabajo realizado (W) y el tiempo (t) que se emplea en realizarlo: $P = \frac{W}{t}$

Si dos motores bombean la misma cantidad de agua tendrá más potencia el que realice ese trabajo en menos tiempo.

Si dos personas trabajan el mismo tiempo será más potente el que realice un trabajo mayor.

En el Sistema Internacional, la unidad de potencia es el vatio (W) que es la potencia necesaria para realizar un trabajo de un julio en un segundo: $1W = \frac{1J}{1s}$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

④ ¿Qué es el kWh? Explica por qué esta unidad es tan práctica.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Como el kW = 1 000 W es unidad de potencia y la hora (h) = 3 600 s es unidad de tiempo, su producto kW·h = kWh es unidad de trabajo (Potencia · Tiempo = Trabajo) o energía.

Su utilidad deriva de que el unidad habitual de la energía eléctrica consumida, porque son cantidades de energía que medidas en Julios sería muy grandes.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

⑤ Indica y explica cuál de las expresiones siguiente es más correcta:

- Se ha perdido energía mecánica.
- Se ha transformado la energía mecánica en...
- Ha desaparecido la energía mecánica.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Como la energía ni se crea ni se destruye sólo se transforma y es una cualidad de los cuerpos o sistemas la expresión más correcta sería la segunda pues la energía ni se pierde ni desaparece se transforma en otro tipo de energía o calor (si las fuerzas son disipativas).

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

⑥ ¿Qué es energía interna de un sistema?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

La **energía interna** de un sistema, es el resultado de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo constituyen, de sus energía de rotación y vibración, además de la energía potencial intermolecular debida a las fuerzas de tipo gravitatorio, electromagnético y nuclear, que constituyen conjuntamente las interacciones fundamentales. O sea la energía interna de un sistema se refiere a la energía cinética aleatoria de traslación, rotación o vibración que puedan poseer sus átomos o moléculas, además de la energía potencial de interacción entre estas partículas.

En termodinámica se denomina **energía interna** a la energía que posee un sistema en virtud de su estado termodinámico.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

⑦ Enuncia y formula el primer principio de la termodinámica. Explica los signos de las magnitudes que intervienen en el intercambio energético.

El primer principio es una ley de conservación de la energía y, a su vez, una definición precisa del calor. Afirma que, como la energía no puede crearse ni destruirse (dejando a un lado las posteriores ramificaciones de la equivalencia entre masa y energía) la cantidad de energía transferida a un sistema en forma de calor más la cantidad de energía transferida en forma de trabajo sobre el sistema debe ser igual al aumento de la energía interna (**U**) del sistema. El calor y el trabajo son mecanismos por los que los sistemas intercambian energía entre sí.

$$\mathbf{Q + W = U} \quad (1)$$

ó más precisamente:

$$\mathbf{\Delta Q + \Delta W = \Delta U} \quad (2)$$

Cuando un sistema se pone en contacto con otro de menor nivel energético que él, tiene lugar un proceso de igualación de los niveles energéticos de ambos. El primer principio de la termodinámica identifica el calor, como una forma de energía. Puede convertirse en **trabajo** mecánico y almacenarse. Experimentalmente se demostró que el calor, que originalmente se medía en unidades llamadas *calorías*, y el trabajo o energía, medidos en joules, eran completamente equivalentes.

Cuando se permite que fluya calor a un sistema como resultado de una diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores, ocurrirá un aumento equivalente en la energía interna siempre que no se permita al sistema realizar trabajo mecánico sobre sus alrededores. En general, esto no sucede así, y se tiene que: **El aumento en la energía interna del sistema más la cantidad del trabajo externo efectuado por el mismo, equivale al calor absorbido por el sistema**.

⑧ Explica qué es calor de cambio de estado y en qué unidad se mide en el SI.

Calor latente o **calor de cambio de estado**, es la energía absorbida por las sustancias al cambiar de estado, de sólido a líquido (**calor latente de fusión**) o de líquido a gaseoso (**calor latente de vaporización**). Al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se devuelve la misma cantidad de energía.

Como $Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow c = \dfrac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow [c] = \dfrac{J}{kg \cdot K}$

⑨ Contesta las siguientes cuestiones:

a) ¿Puede un sistema absorber calor sin que varíe su energía interna?

b) Cuando un sistema pasa de un estado 1 a un estado 2, la energía absorbida en forma de calor, ¿es la misma en todos los procesos que unen dichos estados?

a) En teoría sí puede absorber calor un sistema sin que varíe su energía interna si el sistema realiza un trabajo equivalente sobre el exterior, según el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta Q + \Delta W = \Delta U$$

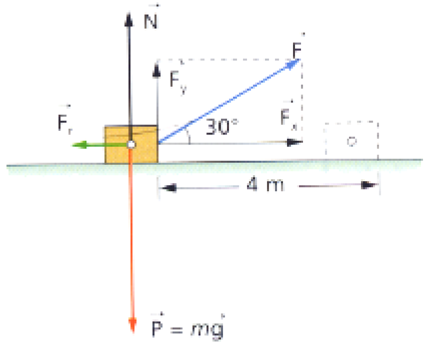
b) No es la misma pues el calor no es una variable de estado y por tanto depende del camino por el que se realice la transformación.

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

EJERCICIOS Y PROBLEMAS

① Un cuerpo de 2 kg de masa se desplaza 4 m en una superficie horizontal bajo la acción de una fuerza de 6 N que forma un ángulo de 30° con el desplazamiento. Se opone al avance la fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el suelo. Si el coeficiente de rozamiento es μ = 0,2, calcula el trabajo de cada fuerza y el trabajo total.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋



Las **fuerzas peso** (P) y la **reacción normal** del suelo (N), que son iguales, no realizan trabajo pues son perpendiculares al desplazamiento.

Fuerza F: La componente vertical (Fy) no realiza trabajo ya que también es perpendicular al desplazamiento y el trabajo realizado por la componente horizontal es:

$W_{Fx} = Fx \cdot d = F \cdot \cos 30º \cdot d = 6N \cdot \cos 30º \cdot 4m = 20{,}78$ J.

Fuerza de rozamiento Fr: El trabajo de la fuerza de rozamiento es $W_{Fr} = Fr \cdot d \cdot \cos 180º = \mu N \cdot d \cdot \cos 180º = \mu \cdot (P - Fy) \cdot d \cos 180º = \mu \cdot (mg - F \mathrm{sen} 30º) \cdot d \cos 180º = 0{,}2 \cdot (2\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 - 6\text{N} \cdot \mathrm{sen} 30º) \cdot 4\text{m} \cdot (-1) = -13{,}28$ J.

El trabajo total = $W = W_{Fx} + W_{Fr} = 20{,}78\text{ J} - 13{,}28\text{ J} = 7{,}5$ J.

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

② Un objeto de 10 kg se desliza por un plano inclinado 45° con la horizontal sin rozamiento. Halla la energía cinética cuando ha recorrido 4 m, si la velocidad inicial es vo = 5 m/s, y el trabajo realizado en el descenso.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

Si aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica:

Incremento de energía potencial arriba + energía cinética arriba = energía cinética al recorrer 4m

Si ha recorrido 4 m ha bajado una altura $\Delta h = 4m \cdot \mathrm{sen} 45º = 2{,}83$ m, luego:

$$Ec_f = mg \cdot \Delta h + \frac{1}{2} m v_0^2 = 10kg \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2} \cdot 2{,}83m + \frac{1}{2} 10kg \cdot 5^2 \frac{m^2}{s^2} = 402{,}3\text{ J}$$

Como $Ec_i = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}10kg \cdot 5^2\frac{m^2}{s^2} = 125$ J, el trabajo realizado en el descenso es la variación de la energía cinética:

$$W = \Delta Ec = Ec_f - Ec_i = 402{,}3J - 125J = 277{,}3\,J$$

❄❄❄✪✪❀✪✪❄❄❄

③ Una grúa sube un contenedor de 1 800 kg a 5 m de altura en 10 s. Calcula la potencia de la grúa en este trabajo.

❄❄❄❀❀✪❀❀❄❄❄

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{Peso \cdot h}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{1800kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} \cdot 5m}{10s} = 8820W = 8{,}82\,kW.$$

❄❄❄✪✪❀✪✪❄❄❄

④ Una cascada de 80 m de altura arroja 50 m³ de agua en cada segundo. Si se pudiese aprovechar el 80% de la energía de esa agua, ¿cuántas bombillas de 100 W podrían encenderse?

❄❄❄❀❀✪❀❀❄❄❄

$V = 50\ m^3 \Rightarrow m = 50\ 000$ kg

$$P_{teórica} = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{Peso \cdot h}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{50000kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} \cdot 80m}{1s} = 3{,}92 \cdot 10^7\,W$$

$P_{útil} = 0{,}8\ P_{teórica} = 0{,}8 \cdot 3{,}92 \cdot 10^7 W = 3{,}14 \cdot 10^7$

$$N^o \text{ de bombillas} = P_{útil} \cdot \frac{1bombilla}{100W} = 3{,}14 \cdot 10^7\,W \cdot \frac{1bombilla}{100W} = 3{,}14 \cdot 10^5 \text{ bombillas}$$

❄❄❄✪✪❀✪✪❄❄❄

⑤ Se lanza verticalmente hacia arriba un cuerpo de 5 kg con energía cinética de 1 250 J. Calcula:

a) La altura alcanzada si no hay rozamiento del aire.
b) La energía potencial máxima.
c) La energía potencial cuando la velocidad es 1/5 de la inicial.

❄❄❄❀❀✪❀❀❄❄❄

a) Principio de conservación de la energía mecánica: Ec(abajo) = Ep(arriba) ; Ec = mgh $\Leftrightarrow h = \frac{Ec}{mg} =$

$$= \frac{1250J}{5kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}} = 25{,}51\,m.$$

b) Como Ep (arriba) = Ec (abajo) $\Rightarrow$ Ep = 1 250 J.

c) Llamemos a ese punto del recorrido punto 2, se cumplirá, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:

$Ec_1 = Ec_2 + Ep_2$ además $Ec_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{5}v_1\right)^2 = \frac{1}{25}\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{25}Ec_1 = \frac{1}{25}1250J = 50$ J, luego:

$$Ep_2 = Ec_1 - Ec_2 = 1250\text{ J} - 50\text{J} = 1\,200\text{J}.$$

❉❉❉✪✪❀✪✪❉❉❉

⑥ Se lanza un objeto de 1 kg a la velocidad de 20 m/s por una rampa de 30° y hacia arriba. Si pierde en la subida el 40% de su energía mecánica en trabajo de rozamiento, determina:

a) El trabajo de rozamiento.

b) El espacio que recorre.

❉❉❉❀❀✪❀❀❉❉❉

a) La energía mecánica = Ec (abajo), ya que la potencial es nula = $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}1kg{\cdot}20^2\frac{m^2}{s^2} = 200$ J.

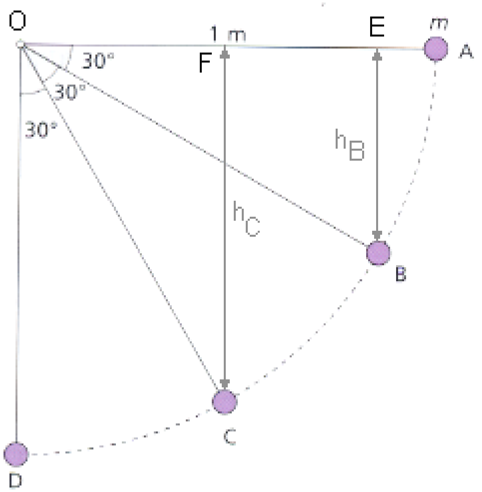
Como el trabajo de rozamiento es la energía mecánica perdida W(Fr) = - 0,4 ·Ec =- 0,4· 200J = - 80 J.

b) Ep (arriba) + W(Fr)= Ec(abajo), luego Ep = 200 J – 80 J = 120J = mgh $\Rightarrow h = \frac{Ep}{mg} = \frac{120J}{1kg{\cdot}9{,}8\frac{m}{s^2}} = 12{,}24$ m, luego el espacio recorrido e = $\frac{h}{sen30^o} = \frac{12{,}24}{1/2} = 24{,}49$ m.

❉❉❉✪✪❀✪✪❉❉❉

⑦ Un péndulo de L = 1 m se deja oscilar desde la posición A. Si no hay rozamiento, calcula la velocidad del péndulo en las posiciones B, C y D. ¿Cuál es la energía cinética y potencial en B y C si m = 10 g?

❉❉❉❀❀✪❀❀❉❉❉



En el triángulo rectángulo OEB, $sen30^o = \frac{h_B}{L} \Leftrightarrow h_B = Lsen30^o$.

En el triángulo rectángulo OFC, $sen60^o = \frac{h_C}{L} \Leftrightarrow h_C = Lsen60^o$.

Si, tomamos como cero de la energía potencial en D y aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica a los puntos A y B, tenemos:

$Ep_A = Ep_B + Ec_B \Rightarrow Ec_B = Ep_A - Ep_B$, es decir:

$\frac{1}{2}mv_B^2 = mgL - mg(L - h_B) = mg(L - L + h_B) = mgh_B = m \cdot g \cdot L \cdot$ sen30º, luego, despejando, $v_B = \sqrt{\frac{2mgLsen30^o}{m}} = \sqrt{2g{\cdot}L\frac{1}{2}} = \sqrt{gL} = \sqrt{9{,}8\frac{m}{s^2}{\cdot}1m} = \sqrt{9{,}8}\frac{m}{s} = 3{,}13\frac{m}{s}$

Si aplicamos el mismo principio y técnica de resolución a los puntos A y C tenemos:

$$v_C = \sqrt{\frac{2mgLsen60^o}{m}} = \sqrt{2g \cdot Lsen60^o} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} \cdot 1msen60^o} = 4{,}12\frac{m}{s}$$

Como en el punto D ya toda la energía potencial se ha convertido en cinética:

$$\frac{1}{2}mv_C^2 = mgh_A \Leftrightarrow v_C = \sqrt{\frac{2mgL}{m}} = \sqrt{2gL} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8} = 4{,}43\frac{m}{s}$$

Ahora hallamos las energías:

$Ep_B = m \cdot g(L – h_B) = m \cdot g(L – Lsen30^o) = m \cdot g \cdot L(1 – sen30^o) = m \cdot g \cdot L(1 – 1/2) = m \cdot g \cdot L/2 = Ec_B = ½ \cdot 0{,}01$ kg $\cdot$ 9,8 m/s^2 $\cdot$ 1 m = 0,049 J.

$Ep_C = m \cdot g(L – h_C) = m \cdot g(L – Lsen60^o) = m \cdot g \cdot L(1 – sen60^o) = 0{,}01kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} \cdot 1m\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0{,}013$ J

$Ec_C = mgLsen60^o = 0{,}01kg \cdot 9{,}8$ m/s$^2 \cdot 1$ m sen60º = 0,085 J.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

⑧ Dejas caer una bola de acero que pesa 20 g sobre un piso firme y pulido desde 1 m de altura y rebota hasta 80 cm. ¿Hay conservación de la energía mecánica? Si se ha perdido energía mecánica, calcula cuánta y dónde ha ido esa energía.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

En el rebote ha alcanzado menos altura de la que se dejó caer luego no se conserva la energía mecánica, parte se ha perdido en el trabajo realizado por la fuerza disipativa del rozamiento

La energía perdida por el trabajo de las fuerzas de rozamiento (con el aire) es la diferencia de energía potencial:

$\Delta Ep = Ep_f – Ep_i = mgh_f – mgh_i = mg(h_f – h_i) = 0{,}02$ kg$\cdot 9{,}8$ m/s^2 $\cdot$(0,80 m – 1 m) = - 0,0392J.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

⑨ Dejas caer la bola de la actividad anterior desde 10 m de altura. ¿A qué distancia del suelo estará si su energía potencial ha disminuido en 0,98 J? La bola, ¿ha perdido realmente energía?

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

La energía potencial en el rebote = energía potencial inicial – disminución de Ep.

$mgh_2 = mgh$ – disminución; $h_2 = h - \frac{disminución}{mg} = 10m - \frac{0{,}98J}{0{,}020kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}} = 10m - 5m = 5\,m$

En sentido estricto la energía se ha transmitido (en forma de calor) a la bola (y parte de este calor al aire circundante)

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

①⓪ Una bola de acero de 100 g cae sin velocidad inicial desde 2 m de altura chocando con el suelo firme y pulimentado. Si no se tiene en cuenta el rozamiento con el aire, calcula la altura de la bola después de tres rebotes si en cada uno pierde el 10 % de su energía cinética.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

Si en cada bote pierde un 10 % de su energía, se queda con un 90 % de la energía que tenía antes de cada rebote, luego subirá a una altura que será el 90 % de la inicial:

Primer rebote = $h_1 = 0{,}90\ h$
Segundo rebote = $h_2 = 0{,}90\ h_1 = (0{,}90)^2\ h$.
Tercer rebote = $h_3 = 0{,}90\ h_2 = (0{,}90)^3\ h = (0{,}90)^3 \cdot 2\text{m} = 1{,}458$ m

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

①① Un proyectil de 20 g alcanza horizontalmente el tronco de un árbol a la velocidad de 400 m/s, incrustándose 20 cm. ¿Cuál es el trabajo de la fuerza resistente? Calcula dicha fuerza.

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

La energía cinética que lleva el proyectil al impactar con el árbol se disipa en forma de trabajo de penetración venciendo la resistencia de este a ser penetrado:

$$W(Fr) = -Ec = -\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}0{,}02\text{kg}\cdot 400^2\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = -1600\ \text{J}$$

Ese trabajo W(Fr) es igual al producto de la fuerza resistente (Fr) por la distancia penetrada(d = 0,20 m) ya que el ángulo de ambas es de 180º y cos180º = -1, luego

$1600\ \text{J} = Fr \cdot d = Fr \cdot 0{,}20\ \text{m} \Leftrightarrow Fr = \dfrac{1600\text{J}}{0{,}20\text{m}} = 8000\ \text{N}$ de sentido contrario al de la penetración.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

①② El motor de un vehículo, cuya masa es de 1 200 kg, deja de funcionar cuando marcha horizontalmente a 72 km/h. A los 150 m se detiene.

a) Calcula la fuerza media de rozamiento y el trabajo de esta fuerza.
b) ¿Cuál ha sido la variación de la energía cinética?

✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

$$v_0 = 72\frac{\text{km}}{\text{h}} = 72\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot\frac{1000\text{m}}{1\text{km}}\cdot\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

a) El trabajo disipado por las fuerzas de rozamiento = variación de la energía cinética

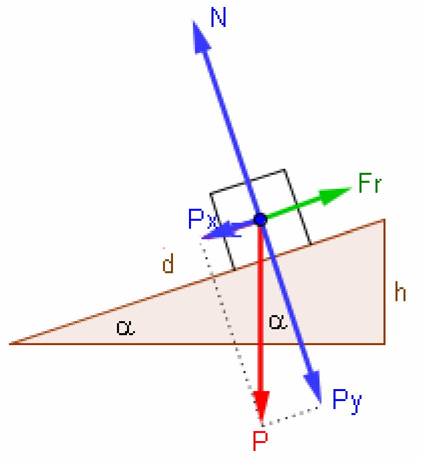
$$W(Fr) = \Delta Ec;\ W(Fr) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}1200\text{kg}\cdot 20^2\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = -240000\ \text{J}$$

Además $W(Fr) = Fr\cdot d \Leftrightarrow Fr = \dfrac{W(Fr)}{d} = \dfrac{-240000\text{J}}{150\text{m}} = -1600\ \text{N}$.

b) $\Delta Ec = Ec_f - Ec_i = W(Fr) = -240\,000$J.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

①③ Un cuerpo de 2 kg se deja en un plano de 60°. Determina el trabajo de las distintas fuerzas y la energía cinética a los 4 m de recorrido. (Coeficiente de rozamiento, μ = 0,4).



❃❃❃❃✪❃❃❃❃

Las fuerzas **Py** (componente vertical del peso) y **N** (reacción normal del plano sobre el cuerpo), que son iguales, no realizan trabajo por ser perpendiculares al desplazamiento.

La componente horizontal del peso (**Px**) realiza un trabajo:

W(Px) = Px·d·cos0º = mg·senα·d = 2 kg·9,8 m/s^2·sen60º·4m = **67,90 J**.

La fuerza de rozamiento (**Fr**) realiza un trabajo:

W(Fr) = Fr·d·cos180º = μN·d·cos180º = μ·Py ·d·cos180º = μ·mg·co60º ·d·cos180º = 0,4·2 kg·9,8 m/s^2·cos60º ·4 m ·cos180º = **- 15,68 J**.

Para hallar la energía cinética recitamos saber la altura descendida al recorrer 4m sobre el plano: h = d·sen60º.

Ahora hacemos balance de la energía:

Energía potencial arriba = Energía cinética a los 4m + trabajo de la Fr; $Ep_1 = Ec_2 + W(Fr)$, es decir:

$Ec_2 = Ep_1 - W(Fr)$ = mgh - W(Fr) = mgdsen60º - W(Fr) = 2 kg· 9,8 m/s^2·4m ·sen60º - 15,68 J = **52,22 J**.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

①④ Un martillo perforador para hacer pozos, en su primer descenso ha penetrado 2 m, cayendo desde 10 m de altura respecto al suelo. Si su masa es de 400 kg y el descenso lo ha realizado en caída libre, calcula la resistencia media del terreno.

❃❃❃❃✪❃❃❃❃

Altura = h = 10m.
Distancia de penetración = d = 2m.
Masa del martillo = m = 400 kg.

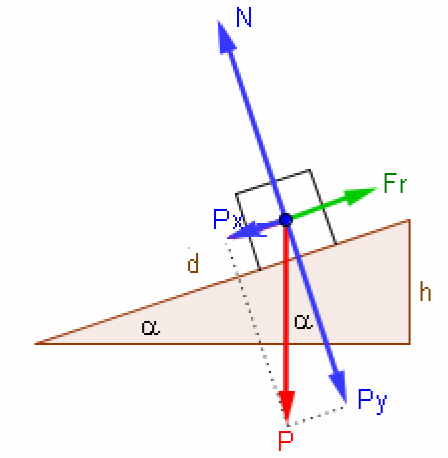
Trabajo de perforación = W = disminución de la energía potencial = ΔEp; W = $Ep_f - Ep_i$:

$$Fr \cdot d \cdot \cos 180º = mg \cdot (-d) - mgh \Leftrightarrow Fr = \frac{mg(h+d)}{d} = \frac{400kg \cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}\cdot(10+2)m}{2m} = \textbf{23 520 N}.$$

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

①⑤ Por una pista que tiene una pendiente del 20 % desciende un trineo 100 m. Si su masa es de 80 kg y el coeficiente de rozamiento $\mu = 0{,}06$, calcula:

a) La energía cinética al final del recorrido.
b) La pérdida de energía en trabajo de rozamiento.
c) Haz un balance de energías potencial, cinética y trabajo de rozamiento.



✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

Si el trineo desciende 100 m por una pendiente al 20 %, $\text{sen}\alpha = 0{,}2$ y, por tanto, $\cos\alpha = \sqrt{1-\text{sen}^2\alpha} = \sqrt{1-0{,}2^2} = 0{,}98$.

a) Como Ep(arriba) = Ec(final) + W(Fr) , para hallar la Ec(final) necesitamos hallar:

■ Ep(arriba) = m·g·h = 80 kg· 9,8 m/s^2 · 20m = 15 680 J.
■ El trabajo de la fuerza de rozamiento = W(Fr) = Fr·d·cos180º = μN·d·cos180º = μ·Py ·d·cos180º = μ·mg·coα ·d·cos180º = 0,06·80 kg·9,8 m/s^2· 0,98 ·100 m ·cos180º = - 4 610 J.

Ahora ya podemos saber Ec(final) = Ep(arriba) – W(Fr) = 15 680 J – 4 610J = **11 070 J.**

b) La pérdida de energía en trabajo de rozamiento se ha calculado en el apartado anterior = **- 4 610J.**

c) ΔEp = - (ΔEc + W) = **- 15 680 J**.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

①⑥ La fuerza recuperadora de un resorte viene dada por F = -5 x, siendo x la elongación y F la fuerza, en unidades del SI.

a) Representa gráficamente F en función de x.
b) Como el trabajo viene dado por el área entre la fuerza F, el eje de abscisas y las ordenadas que pasan por los extremos de la elongación, halla el trabajo de la fuerza que alargue 20 cm ese resorte.
c) ¿Qué energía potencial tiene el resorte en esa situación?
d) Analiza las respuestas anteriores.

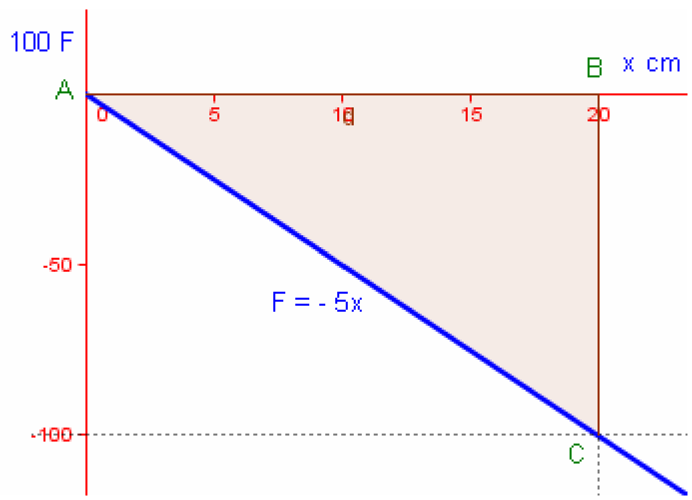
✻✻✻❀❀✪❀❀✻✻✻

a) Figura adjunta.
b) Trabajo = W = área del triángulo ABC =

$$= \frac{\overline{AB}\cdot\overline{BC}}{2} = \frac{0{,}20\text{m}\cdot(-5\cdot 0{,}20)\text{N}}{2} = -0{,}1\,\text{J}$$

c) Ep = W = - 0,1 J.

d) El trabajo empleado en alargar el resorte se convierte en energía potencial elástica.



✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

①⑦ ¿En qué relación se encuentran las energías potenciales en un resorte de constante k = 400 N/m cuando sus elongaciones son x_1 = 5 cm y x_2 = 10 cm?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

$$\begin{cases} Ep_1 = \frac{1}{2}kx_1^2 \\ Ep_2 = \frac{1}{2}kx_2^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{Ep_2}{Ep_1} = \frac{\frac{1}{2}kx_2^2}{\frac{1}{2}kx_1^2} = \frac{x_2^2}{x_1^2} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 = \left(\frac{10cm}{5cm}\right)^2 = 2^2 = 4 \Leftrightarrow Ep_2 = 4Ep_1$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

①⑧ Un resorte se alarga 4 cm al actuar una fuerza de 0,5 N sobre el mismo. A uno de sus extremos se le suelda una masa de 20 g, se estira hasta que la elongación sea de 6 cm y se le deja que oscile libremente. ¿Cuál será la velocidad máxima de esa masa?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Δx = 4 cm = 0,04 m
F = 0,5 N.

$$\text{Luego } k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{0{,}5N}{0{,}04m} = 12{,}5\frac{N}{m}$$

Elongación = x = 6 cm = 0,06 m.
Masa = m = 20 g = 0,020 kg.

Como la energía potencial elástica = variación de energía cinética:

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{kx^2}{m}} = \sqrt{\frac{12{,}5\frac{N}{m}\cdot 0{,}06^2m^2}{0{,}020kg}} = 1{,}5\frac{m}{s}$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

①⑨ Un resorte cuya constante es de 100 N/m va unido por uno de sus extremos a un punto fijo y por el otro a un carrito de 200 g, que rueda por un carril sin rozamiento apreciable en un plano horizontal. Se tira del carrito, desplazándolo 10 cm de su posición de equilibrio, y después se suelta.

a) ¿Qué velocidad tendrá al volver a la posición inicial de equilibrio?

b) ¿Cuál es su energía cinética y potencial al pasar por un punto situado a 6 cm antes de llegar a la posición de equilibrio?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

K = 100 N/m.
M = 200 g = 0,2 kg.
x = 10 cm = 0,10 m.

a) En el punto de equilibrio la energía potencial elástica que aplicamos al estirarlo se convierte en energía cinética:

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{kx^2}{m}} = \sqrt{\frac{100\frac{N}{m}\cdot 0{,}10^2 m^2}{0{,}20kg}} = 2{,}24\frac{m}{s}$$

b) x_1 = 6 cm = 0,06 m, luego:

$$\text{Energía potencial} = Ep_1 = \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}100\frac{N}{m}\cdot 0{,}06^2 m^2 = 0{,}18\,J$$

La energía cinética la hallamos por diferencia aplicando el principio de conservación de la energía:

$$Ep(x = 10\text{ cm}) = Ep_1 + Ec_1 \Rightarrow Ec_1 = \frac{1}{2}Kx^2 - Ep_1 = \frac{1}{2}100\frac{N}{m}\cdot 0{,}1^2 m^2 - 0{,}18J = 0{,}32\,J$$

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

②⓪ En un momento dado, un cuerpo que se desliza por una superficie horizontal tiene una velocidad de 10 m/s. Si la masa del cuerpo es de 2 kg y el coeficiente de rozamiento es μ = 0,2, calcula:

a) La fuerza de rozamiento.
b) El trabajo de esa fuerza.
c) El espacio recorrido por el cuerpo hasta detenerse desde el momento indicado.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

a) Fr = μN = μmg = 0,2 · 2 kg · 9,8 m/s^2 = 3,92 N.

b) Como la única fuerza que actúa es la de rozamiento, el trabajo de esta fuerza es igual a la energía cinética inicial pero negativo ya que es el trabajo de una fuerza disipativa:

$$W(Fr) = -\,Ec = -\frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}2kg\cdot 10^2\frac{m^2}{s^2} = -\,100J$$

c) De la igualdad W(Fr) = Fr· d cos180º $\Rightarrow d = \frac{W(Fr)}{Fr\cos 180º} = \frac{-100J}{-3{,}92N} = 25{,}51$ m.

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

②① Un esquiador toma el descenso de una pista cuya pendiente es de 30° a la velocidad de 5 m/s. Si el coeficiente de rozamiento es μ = 0,08 y la masa del esquiador, 80 kg, determina:

a) La energía mecánica que se transforma en trabajo de rozamiento en 20 m de recorrido.
b) El aumento de energía cinética.
c) La velocidad alcanzada.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

a) El trabajo de la fuerza de rozamiento = W(Fr) = Fr·d·cos180º = μN·d·cos180º = μ·Py ·d·cos180º = μ·mg·coα ·d·cos180º = 0,08·80 kg·9,8 m/s^2· cos30º ·20 m ·cos180º = - 1 086,34 J.

b) La energía cinética final es el trabajo que realiza la componente horizontal del peso menos el trabajo de las fuerzas de rozamiento que es negativo, hallamos el trabajo que realiza Px:

$W(P_x) = P_x \cdot d \cdot \cos 0^o = mg \cdot \text{sen}\alpha \cdot d = 80\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot \text{sen}30^o \cdot 20\ m = 7\ 840$ **J**.

y ahora la variación de energía cinética = $\Delta Ec = W(P_x) + W(F_r) = 7\ 840\ J - 1\ 086{,}34\ J = 6\ 753{,}66\ J$.

c) Del incremento de la energía cinética obtenemos el aumento de velocidad:

$$\Delta Ec = \frac{1}{2}m\Delta v^2 \Leftrightarrow \Delta v = \sqrt{\frac{2\Delta Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6753{,}66J}{80kg}} = 12{,}99\frac{m}{s}$$

Si a este aumento le sumamos la velocidad inicial tenemos la velocidad final: $v = v_0 + \Delta v = 10\ m/s + 12{,}99\ m/s = 13{,}99\ m/s$.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

②② El contenido energético de una mermelada de frambuesa es de 26 kcal por cada 100 g. Halla su contenido energético en cal/g y en kJ/kg.

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

$$\text{Contenido energético} = \frac{26kcal}{100g} \cdot \frac{1000cal}{1kcal} = 260\frac{cal}{g}$$

$$\text{Contenido energético} = \frac{26kcal}{100g} \cdot \frac{4{,}18kJ}{1kcal} \cdot \frac{1000g}{1kg} = 1086{,}8\frac{kJ}{kg}.$$

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

②③ Completa cada fila en tu cuaderno

T (ºC)	T (ºF)	T (K)
- 20	-4	253
11,11	52	283,11
127	260,6	400

✻✻✻✪✪❀✪✪✻✻✻

Hacemos la conversión de las distintas escalas de temperatura y la introducimos en la tabla:

■ Primera fila (T = -20 ºC)

$$\frac{T(^oC)}{5} = \frac{T(^oF)-32}{9} \Leftrightarrow \frac{-20}{5} = \frac{T(^oF)-32}{9} \Leftrightarrow T(^oF) = \frac{-20 \cdot 9}{5} + 32 = -4\ ^oF$$

T(K) = T(ºC) + 273 = - 20 + 273 = 253 K

■ Segunda fila (T = 52 ºF)

$$\frac{T(^oC)}{5} = \frac{T(^oF)-32}{9} \Leftrightarrow \frac{T(^oC)}{5} = \frac{52-32}{9} \Leftrightarrow T(^oC) = \frac{20 \cdot 5}{9} = 11{,}11\ ^oC$$

T(K) = T(ºC) + 273 = 11,11 + 273 = 283,11 K

■ Tercera fila (T = 400 K)

T(K) = T(ºC) + 273 ⇒ T(ºC) = T(K) – 273 = 400 – 273 = 127 ºC

$$\frac{T(^oC)}{5} = \frac{T(^oF) - 32}{9} \Leftrightarrow \frac{127}{5} = \frac{T(^oF) - 32}{9} \Leftrightarrow T(^oF) = \frac{127 \cdot 9}{5} + 32 = 260{,}6\ ^oF$$

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

②④ Realizando un diagrama de pasos, calcula el calor absorbido por 1 kg de hielo a -20 °C al transformarse en vapor de agua a 100 °C.

(L_f = 334,4 kJ·kg $^{-1}$; L_v = 2 257,2 kJ kg^{-1}).

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

■ Paso del hielo a -20 ºC a hielo a 0 ºC

$Q_1 = m_{hielo} \cdot c_{hielo} \cdot$(ºC – (- 20ºC)) = 1 kg · 2,132 kJ/kg·ºC · 20 ºC = 42,64 kJ.

■ Fusión del hielo a 0 ºC a agua a 0 ºC

$Q_2 = m_{hielo} \cdot L_f$ = 1 kg · 334,4 kJ/kg = 334,4 kJ.

■ Paso del agua a 0 ºC a 100 ºC

$Q_3 = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot$(100ºC – 0ºC) = 1 kg · 4,18 kJ/kg·ºC · 100 ºC = 418 kJ.

■ Vaporización del agua a 100 ºC

$Q_4 = m_{agua} \cdot L_v$ = 1 kg · 2257,2 kJ/kg = 2 257,2 kJ.

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ = 42,64 kJ + 334,4 kJ + 418 kJ + 2 257,2 kJ = 3 052,24 kJ.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

②⑤ Si la sustancia es el agua calcula el calor en las transformaciones siguientes a presión constante:

m (g)	T_1 (ºC)	T_2 (ºC)
100	-10	60
5	50	100(v)
40	0(s)	80
400	-40	0(s)

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Primera transformación (tres pasos)

1) Hielo a – 10 ºC a hielo a 0 ºC; $Q_1 = m_{hielo} \cdot c_{hielo} \cdot \Delta t$ = 0,100 kg · 2,132 kJ/kg·ºC · 10ºC = 2,132 kJ.
2) Calor de fusión del hielo = $Q_2 = m_{hielo} \cdot L_f$ = 0,100 kg · 334,4 kJ/kg = 34,44 kJ.

3) Calor para pasar el agua a 0 ºC a 60 ºC = $Q_3 = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta t$ = 0,100 kg ·4,18 kJ/kg·ºC·60 ºC = 25,08 kJ.

Calor total = $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ = 2,132 kJ + 34,44 kJ + 25,08 kJ = 61,652 kJ.

Segunda transformación (dos pasos)

1) Calor para elevar el agua a 50 ºC a 100 ºC = $Q_1 = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta t$ = 0,005 kg · 4,18 kJ/kg·ºC·50 ºC = 1,045 kJ.
2) Calor de vaporación del agua = $Q_2 = m_{agua} \cdot L_v$ = 0,005 kg · 2 257,2 kJ/kg = 11,286 kJ.

Calor total = $Q = Q_1 + Q_2$ = 1,045 kJ + 11,286 kJ = 12,331 kJ.

Tercera transformación (dos pasos)

1) Calor de fusión del hielo = $Q_1 = m_{hielo} \cdot L_f$ = 0,040 kg · 334,4 kJ/kg = 13,376 kJ.
2) Calor para pasar el agua a 0 ºC a 80 ºC = $Q_2 = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta t$ = 0,040 kg ·4,18 kJ/kg·ºC·80 ºC = 13,376 kJ.

Calor total = $Q = Q_1 + Q_2$ = 13,376 kJ + 13,376 kJ = 26,752 kJ.

Cuarta transformación (un pasos)

1) Paso de hielo a -40 ºC a hielo a 0 ºC = $Q_1 = m_{hielo} \cdot c_{hielo} \cdot \Delta t$ = 0,400 kg · 2,132 kJ/kg·ºC · 40ºC = 34,112 kJ.

❈❈❈✪✪❀✪✪❈❈❈

②⑥ Se condensan 10 kg de vapor de agua a 100 °C y la energía desprendida en el proceso se transforma en energía cinética utilizándose para lanzar verticalmente hacia arriba el agua resultante. ¿A qué velocidad sería propulsada el agua y qué altura alcanzaría? (Dato: calor de condensación del vapor de agua = 2 257,2 10^3 J/kg).

❈❈❈❀❀✪❀❀❈❈❈

Calor de condensación = $Q = m_v \cdot L_c$ = 10 kg · 2 257,2·10^3 J/kg = 2 257,2·10^4 J.

Este calor de condensación se transforma en energía cinética, luego:

$$Q = Ec;\ Q = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2Q}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2257{,}2 \cdot 10^4}{10}} = 2124{,}7\,\frac{m}{s}$$

Si igualamos el calor desprendido (y la energía cinética) a la energía potencial podemos despejar la altura alcanzada:

$$Q = Ec = Ep;\ Q = mgh \Leftrightarrow h = \frac{Q}{mg} = \frac{2257{,}2 \cdot 10^4\,J}{10kg \cdot 9{,}8\,\frac{m}{s^2}} = 230326{,}5\,m = 230,\ 333\ km.$$

❈❈❈✪✪❀✪✪❈❈❈

②⑦ Un calentador eléctrico de 2,5 kW calienta el agua de un depósito de 100 litros desde la temperatura inicial de 10 °C hasta 50 °C. ¿Qué tiempo necesita para ello si el rendimiento de la transformación de energía eléctrica en térmica es del 95 %?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Hallamos primero la energía (en forma de calor) necesaria para pasar los 100 kg (para el agua el litro = el kg ya que la densidad es 1kg/L) de agua de 10 ºC a 50 ºC:

$$Q = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta t = 100\ kg \cdot 4\,180\ J/kg \cdot ºC \cdot 40\ ºC = 1{,}672 \cdot 10^7\ J$$

Como el rendimiento es del 95 %, el calentador necesitará comunicar una energía eléctrica:

$$W = 1{,}672 \cdot 10^7\ J / 0{,}95 = 1{,}76 \cdot 10^7\ J.$$

Para lo que necesita un tiempo:

$$P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{1{,}76 \cdot 10^7\ J}{2{,}5 \cdot 10^3\ W} = 7040\ s = 7040\ s \cdot \frac{1h}{3600s} = 1{,}96\ h$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

②⑧. Una piedra de 0,5 kg cae desde una altura de 1 000 m en un recipiente que contiene 2,5 kg de agua.

a) ¿Cuál es la velocidad de la piedra al llegar al recipiente?
b) ¿Cuánto se eleva la temperatura del agua?
(Datos: calor específico del agua a 1 atm = 4 180 J/kg °C; g = 9, 8 m/s²).

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

a) Energía potencial arriba = energía cinética al llegar al recipiente:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1000} = 140\,\frac{m}{s}$$

b) La energía comunicada al agua se emplea en elevar su temperatura:

$$mgh = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot \Delta t\ ;\ 0{,}5\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 1\,000\ m = 2{,}5\ kg \cdot 4180\ J/kg \cdot ºC \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{4900J}{10450J} = 0{,}47\ ºC.$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻