Actividades Tema 9 ENERGÍA Y TRABAJO. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Pág. 206	nº 2
Pág. 209	nº **7** y **8**
Pág. 210	nº 9 y **10**
Pág. 212	nº 11 y **12**
Pág. 213	nº **14**
Pág. 214	nº **15**
Pág. 215	nº **18** y 19
Pág. 217	nº **21** y 23
Pág. 218	nº 26 y **27**

PRACTICA

Pág. 221	nº 31, **36**, **39**, 42 y **43**
Pág. 222	nº **45**, 52, **53**, y **54**
Pág. 223	nº **57** y **61**

APLICA LO APRENDIDO

Pág. 223	nº **63**

Se corregirán preferentemente las actividades **subrayadas** y en **negrita**.

Actividades Unidad

2. 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.

7. Un pájaro de 200 g de masa vuela a una altura de 6 m sobre la superficie terrestre a una velocidad de 10,8 km/h. Calcula su energía potencial y su energía cinética.

Considerando que la masa del pájaro es 200 g = 0,2 kg, y que vuela a 6 m de altura y a una velocidad de 10,8 km/h = 3 m/s, las energías cinética y potencial del ave serán:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2\, kg \cdot (3\, m)^2 = 0{,}9\, J$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\, kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 6\, m = 11{,}76\, J$$

8. 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:

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

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:

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

9. 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 1800 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:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = 0 \quad \Longrightarrow \quad \text{Está en reposo.}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 2\,m = 3{,}92\,J$$

$$E_m = E_c + E_p = 0\,J + 3{,}92\,J = 3{,}92\,J$$

b) Bola de 200 g de masa moviéndose a 1 m/s, por un carril a 3 m de altura:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2\,kg \cdot (1\,m)^2 = 0{,}1\,J$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 3\,m = 5{,}88\,J$$

$$E_m = E_c + E_p = 0{,}1\,J + 5{,}88\,J = 5{,}98\,J$$

c) Coche de 1 800 kg de masa a 65 km/h (18,1 m/s), atravesando un puente de 25 m de altura:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1800\,kg \cdot (18{,}1\,m)^2 = 294849\,J$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 1800\,kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 25\,m = 441000\,J$$

$$E_m = E_c + E_p = 294849\,J + 441000\,J = 735849\,J$$

10. Un objeto posee una energía mecánica de 40 J y su velocidad es de 2 m/s. ¿Podemos calcular, con estos datos, su masa? Discute las distintas posibilidades.

No puede saberse su masa, pues desconocemos la altura para poder calcular la energía potencial. En efecto, tenemos que:

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = m\left(\frac{1}{2} v^2 + g \cdot h\right) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \quad m = \frac{E_m}{1/2 \cdot v^2 + g \cdot h}$$

De esta expresión, conocemos todos los datos excepto la altura. Por tanto, no podemos calcular la masa.

11. ¿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.

12. Una bola pequeña se lanza verticalmente con una velocidad de 5 m/s. Si despreciamos el rozamiento con el aire, explica cómo podríamos calcular qué altura alcanzará, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica. ¿Necesitas algún dato adicional para realizar el cálculo?

Aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_{m_1} = E_{m_2} \quad \Rightarrow \quad E_{c_1} + E_{p_1} = E_{c_2} + E_{p_2}$$

$$\frac{1}{2}\, m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2}\, m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2$$

$$\frac{1}{2}\,m\cdot(5\ m/s)^2 + \ m\cdot 9{,}8\ m/s^2\cdot 0\,m = \ \frac{1}{2}\,m\cdot(0\ m/s)^2 + \ m\cdot 9{,}8\ m/s^2\cdot h$$

$$\frac{1}{2}\,m\cdot(5\ m/s)^2 = \ m\cdot 9{,}8\ m/s^2\cdot h$$

$$h = \frac{\frac{1}{2}\cdot 25\,m/s^2}{9{,}8\ m/s^2} = 1{,}28\,m \quad \Longrightarrow \quad h = \ 1{,}28\,m$$

No es necesario conocer la masa, pues su valor puede simplificarse en la igualdad.

14. 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.
b) La fuerza forma un ángulo de 25º con la dirección del desplazamiento.

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

$$W = F_x\cdot\Delta x = 400\ N\cdot 20\ m = 8000\ J$$

b) 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:

$$F_x = F\cdot\cos\alpha = 400\ N\cdot\cos 25° = 362{,}5\ N$$

$$W = F_x\cdot\Delta x = 362{,}5\ N\cdot 20\ m = 7250\ J$$

También podemos utilizar directamente la fórmula del trabajo:

$$W = F\cdot\cos\alpha\cdot\Delta x = \ 400\ N\cdot\cos 25°\cdot 20\ m = 7250\ J$$

15. Un coche de 1500 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 m/s).

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

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.

$$\sum F = m \cdot a = 1500\ kg \cdot (-4{,}6\ m/s^2) = -6900\ N$$

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:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}\, a \cdot\ t^2$$

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

$$s = 13{,}9\ m/s \cdot 3\ s - \frac{4{,}6\ m/s^2 \cdot (3\ s)^2}{2} = 21\ m$$

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

$$W = F_x \cdot \Delta x = -6900\ N \cdot 21\ m = -144900\ J$$

17. 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.

18. Calcula la fuerza necesaria para elevar una masa de 60 kg mediante:

a) Una palanca en la que los brazos de la potencia y de la resistencia son de 2 m y 1,5 m, respectivamente.
b) Una polea fija sin rozamiento.

a) Aplicaremos para el cálculo la ley de la palanca, considerando que la resistencia viene dada por el peso del objeto ($\mathrm{F_{resistencia} = p = m \cdot g = 588\ N}$):

$$\mathrm{F_{potencia} \cdot l_{potencia} = F_{resistencia} \cdot l_{resistencia}}$$

$$\mathrm{F_{potencia} \cdot 2\ m = 588\ N \cdot 1{,}5\ m}$$

$$\mathrm{F_{potencia} = 441\ N}$$

b) 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 588 N para elevarlo.

19. Explica si la polea fija cumple el principio de que el trabajo realizado por la potencia o trabajo motor tiene el mismo valor y signo contrario que el que lleva a cabo la resistencia o trabajo resistente.

En la polea simple, la potencia (F_2) y la resistencia (F_1) tienen el mismo valor, la misma dirección (vertical) y el mismo sentido (ambas fuerzas son hacia abajo). También el desplazamiento es el mismo ($l_1 = l_2$), pero mientras en el caso de la resistencia, la fuerza y el desplazamiento son contrarios, en el caso de la potencia ambas magnitudes tienen el mismo sentido, por lo que el trabajo motor y el trabajo resistente tendrán el mismo valor, pero su signo será contrario: positivo para el trabajo motor (desplazamiento y fuerza aplicada de la misma dirección y sentido) y negativo para el trabajo resistente (sentido contrario para el desplazamiento y la fuerza resistente). Esto también ocurre si la fuerza aplicada no tiene la dirección vertical, pues, en ese caso, sigue cumpliéndose que el desplazamiento y la fuerza tienen la misma dirección y sentido.

20. 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.

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

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:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 - \frac{1}{2}\, m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 - 0$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 18000\, J}{30\, kg}} = 34{,}6\ m/s$$

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 2.ª ley de la Dinámica, el valor de la aceleración será:

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

Y aplicando las ecuaciones de la cinemática, obtendremos el valor de la velocidad, teniendo en cuenta que la velocidad inicial del objeto es cero (v_0 = 0 m/s), pues parte del reposo:

$$v^2 = v_0^2 + 2\, a \cdot s$$

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

21. 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:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 - \frac{1}{2}\, m \cdot v_0^2$$

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

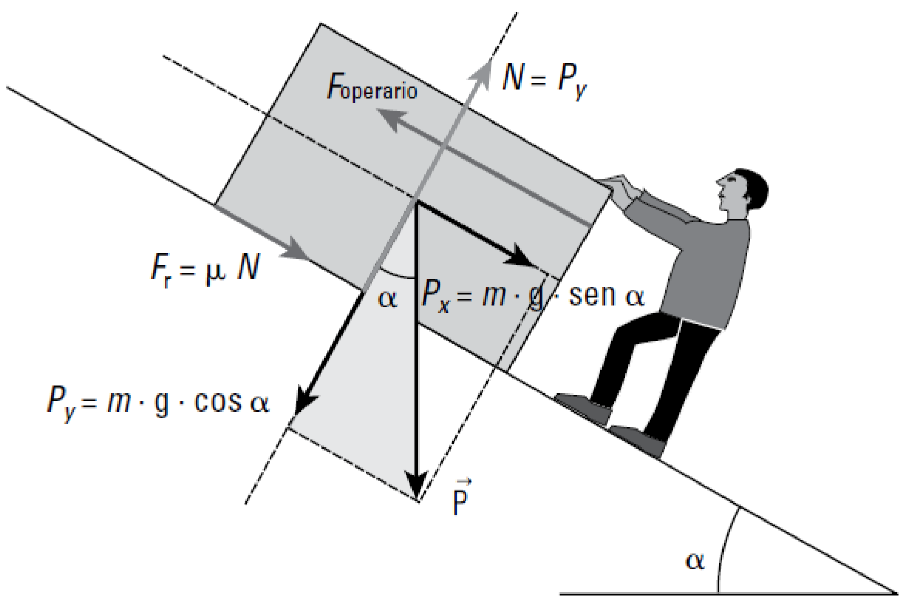
El trabajo es de signo negativo, pues el objeto pasa de tener una velocidad igual a 4,2 m/s, a detenerse (v = 0 m/s), debido a una fuerza que actúa sobre él contraria al movimiento.

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:

$$W = F_x \cdot \Delta x \quad \Longrightarrow \quad F_x = \frac{W}{\Delta x} = \frac{-2{,}65\, J}{12\, m} = -0{,}22\, N$$

23. 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:

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

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

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

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

24. Corrige los errores que hay en estos enunciados en tu cuaderno:

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.

26. 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:

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

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

$$W = 74\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot (5{,}8\ m - 0\ m) = 4206{,}2\ J$$

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

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

27. 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:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 - \frac{1}{2}\, m \cdot v_0^2$$

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

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.

PRACTICA

31. Identifica alguna acción que muestre que los siguientes sistemas poseen energía.

a) Una lámpara colgada del techo. La lámpara colgada del techo posee energía (potencial, en este caso), pues si soltamos el gancho que la sostiene, adquiere un movimiento uniformemente acelerado de caída, llegando incluso a romperse al impactar contra el suelo.
b) Una bola que rueda por un plano inclinado. Una bola que rueda por un plano inclinado posee energía (potencial por encontrarse a una cierta altura, y cinética debido a su movimiento) que se puede poner de manifestó si choca contra otro objeto.
c) Un gas contenido en un mechero. El gas posee energía (química o interna) que se pone de manifiesto al encender una chispa con la rueda del mechero, produciéndose una combustión que produce calor y luz.

36. Un motorista que circula por una autovía a la velocidad de 120 km/h tiene una energía cinética de $1{,}94 \cdot 10^5$ 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:

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

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***.

39. Calcula la energía mecánica de un avión de 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 = 15000 kg, su velocidad 900 km/h = 250 m/s y su altura 10 km = 10000 m, la energía mecánica será:

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

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

$$E_m = E_c + E_p = 4{,}69 \cdot 10^8\, J + 1{,}47 \cdot 10^9\, J = 1{,}94 \cdot 10^9\, J$$

42. Una balsa de agua cilíndrica de 12 m de diámetro y 2 m de altura se encuentra a una altura de 60 m sobre una colina.

a) ¿Qué energía potencial tiene el agua contenida en la balsa? Considera que su densidad es 1 g/cm^3.
b) Si al descender por la conducción hacia una turbina, toda la energía potencial se transforma en energía cinética, y esta a su vez en energía eléctrica, ¿qué cantidad de energía eléctrica proporcionará la balsa, considerando un rendimiento del 70 %?

a) 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:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot (6\, m)^2 \cdot 2\, m = 226{,}08\, m^3$$

La balsa contiene 226,08 m^3 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:

$$d = \frac{m}{V} \quad \Longrightarrow \quad m = d \cdot V \quad \Longrightarrow \quad m = 1000\ kg/m^3 \cdot 226{,}08\, m^3 = 226080\, kg$$

Su energía potencial será, pues:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 226080\, kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 60\, m = 132935040\, J = 1{,}33 \cdot 10^8\, J$$

b) Con un rendimiento del η = 70 %, la energía eléctrica que produce la turbina será:

$$E_{eléctrica} = E_p \cdot \eta = 1{,}33 \cdot 10^8\, J \cdot \frac{70}{100} = 9{,}31 \cdot 10^7 J$$

43. La cabina de una atracción de feria, cuya masa es de 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:

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

Como la energía mecánica del objeto es 45000 J, quiere decir que está en movimiento, y que su energía cinética es:

$$E_m = E_c + E_p \quad \Longrightarrow \quad E_c = E_m - E_p$$

$$E_c = 45000\, J - 34104\, J = 10896\, J$$

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

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

44. Indica si en los siguientes sistemas podría aplicarse el principio de conservación de la energía mecánica o no, justificando en cada caso tu respuesta:

a) **Arrastramos una pesada caja sobre el suelo.** ***No***, pues al arrastrar la caja se producen pérdidas de energía por rozamiento; además, la caja recibe una aportación de energía por nuestra parte, al arrastrarla.

b) **La sonda espacial Mariner viaja por el espacio.** ***Sí***, pues sobre la sonda no actúan fuerzas que incrementen su energía, ni se producen pérdidas por rozamiento.

c) **Un paracaidista desciende con su paracaídas abierto.** ***No***, pues, mediante el paracaídas, el paracaidista es frenado, y sufre pérdida de energía por rozamiento.

d) **Un satélite de telecomunicaciones orbita alrededor de la Tierra.** ***Sí***, pues el satélite no sufre pérdidas de energía por rozamiento en su movimiento de traslación alrededor de la Tierra y no es impulsado por motores.

45. Por un plano inclinado sin rozamiento desciende una bola 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:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2\ kg \cdot (2{,}8\ m/s)^2 = 0{,}784\, J$$

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?

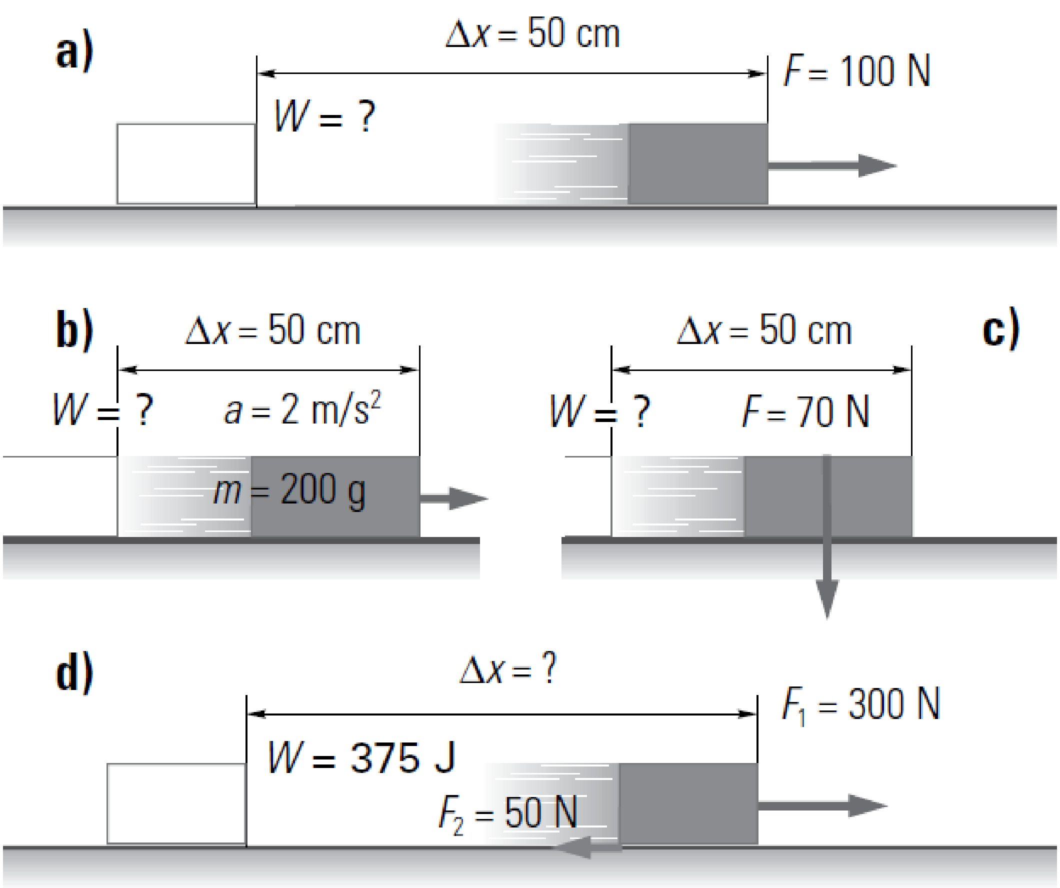
Si en lugar de una superficie horizontal la bola encuentra otro plano inclinado sin rozamiento, con in- dependencia de su inclinación, la bola ascenderá hasta una ***altura igual a la que se dejó caer inicialmente***, es decir, **40 cm**. Según el principio de conservación de la energía mecánica, la bola ha transformado su energía potencial inicial $E_p = m \cdot g \cdot h = 0{,}2\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}4\ m = 0{,}784\, J$ 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.

52. Contesta brevemente a las siguientes cuestiones.

a) ¿Cuándo se considera un trabajo negativo?
El trabajo es de signo negativo cuando la fuerza y el desplazamiento son de sentido contrario.

b) ¿Puede ocurrir que sobre un objeto que se des-plaza actúe una fuerza y el trabajo sea cero?
Sí, si la fuerza que actúa sobre el objeto es perpendicular al desplazamiento.

53. Realiza los cálculos y completa el dato que falta:



a)

$$W = F \cdot \Delta x = 100\ N \cdot 0{,}5\ m = 50\ J$$

b)

$$F = m \cdot a = 0{,}2\ kg \cdot 2\ m/s^2 = 0{,}4\ N$$

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

c)

$$W = 0\ J \quad \Longrightarrow \quad La\ fuerza\ es\ perpendicular\ al\ desplazamiento.$$

d)

$$F = F_1 - F_2 = 300\ N - 50\ N = 250\ N$$

$$\Delta x = \frac{W}{F} = \frac{W375\ J}{F250\ N} = 1{,}5\ m$$

54. Arrastramos un bloque de madera sobre una superficie horizontal tirando de él con una cuerda, que forma un ángulo de 30° con respecto a la horizontal. 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:

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

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

$$\sum F = F_{1x} - F_{roz} = 43{,}3\ N - 10\ N = 33{,}3\ N$$

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

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

55. Pedro quiere levantar una roca de 320 kg ayudándose de una palanca. Para ello, coloca el fulcro a una distancia de 40 cm de la roca. Si la palanca tiene una longitud total de 2 m, ¿qué fuerza deberá realizar en el otro extremo?

Aplicando la ley de la palanca, y considerando que el fulcro está a 0,4 m de la roca, y que el otro extremo de la palanca queda a 2 – 0,4 = 1,6 m del fulcro, la fuerza que debe realizar Pedro (F_1) será:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \implies F_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{l_1} = \frac{p_r \cdot l_2}{l_1} = \frac{320\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}4\ m}{1{,}6\ m} = 784\ N$$

57. Se lanza una caja de cartón de 240 g de masa sobre una superficie horizontal cuyo coeficiente de rozamiento es μ = 0,3. Considerando que la caja se ha lanzado con una velocidad inicial de 0,5 m/s, calcula:

a) La fuerza de rozamiento que actúa sobre la caja.

La fuerza de rozamiento es:

$$F_{roz} = \mu \cdot m \cdot g = 0{,}3 \cdot 0{,}24\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 0{,}71\ N$$

b) La energía cinética de la caja en el instante del lanzamiento.

La energía cinética de la caja en el instante del lanzamiento es:

$$E_c = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}24\ kg \cdot (0{,}5\ m/s)^2 = 0{,}03\ J$$

c) El trabajo realizado sobre la caja y la distancia que recorre hasta pararse por completo.

Considerando que la única fuerza en la dirección del movimiento to que actúa sobre la caja es la fuerza de rozamiento, podemos calcular la aceleración de la caja aplicando la segunda ley:

$$\sum F = F_{favor} - F_{roz} = m \cdot a$$

$$-F_{roz} = m \cdot a \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{-F_{roz}}{m} = \frac{-0{,}71\ N}{0{,}24\ kg} = -3\ m/s^2$$

La aceleración es negativa, porque el movimiento es uniformemente retardado. El espacio recorrido por la caja hasta detenerse será:

$$v^2 = v_0^2 + 2\, a \cdot s \quad \Longrightarrow \quad s = \frac{v^2 - v_0^2}{2\, a}$$

$$s = \frac{(0\ m/s)^2 - (0{,}5\ m/s)^2}{2\,(-3\ m/s^2)} = 0{,}042\ m = 4{,}2\ cm$$

El trabajo realizado sobre la caja se puede calcular multiplicando la fuerza que actúa sobre ella (F_{roz} = 0,71 N) por la distancia recorrida:

$$W = -F_{roz} \cdot \Delta x = -0{,}71\ N \cdot 0{,}042\ m = -0{,}03\ J$$

El trabajo tiene signo negativo porque la fuerza que actúa sobre la caja es de sentido contrario al movimiento. Coincide con la variación de energía cinética, según el teorema de las fuerzas vivas.

60. En una planta de elaboración de zumos de naranja, una tolva 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:

$$\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1} = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 \; m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) =$$
$$= 2000\, kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot (15\, m - 0\, m) = 2{,}94 \cdot 10^5\, J$$

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, $2{,}94 \cdot 10^5$ J = 294000 J.

c) La potencia de la tolva.

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

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

61. 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 (teorema de las fuerzas vivas):

$$W_{neto} = \Delta E_c = E_{c_2} - E_{c_1} = \frac{1}{2}\, m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2}\, m \cdot v_1^2$$

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

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_{roz}). De acuerdo con esto:

$$W_{neto} = \sum F \cdot \Delta x = (F_{motor} - F_{roz}) \cdot \Delta x \;\Longrightarrow\; W_{neto} = F_{motor} \cdot \Delta x - F_{roz} \cdot \Delta x$$

Por tanto:

$$F_{motor} \cdot \Delta x = W_{neto} + F_{roz} \cdot \Delta x$$

$$W_{motor} = W_{neto} + F_{roz} \cdot \Delta x$$

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

c) La potencia de la locomotora.

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

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

63. En un festival automovilístico, el público observa expectante una exhibición de saltos. En la línea de salida de una recta de 120 m, un coche de 900 kg de masa detenido hace rugir su motor. Recorre la recta acelerando para alcanzar una velocidad de 144 km/h. En ese momento, encuentra una rampa de 10 m de longitud, cuyo punto más alto se encuentra a 1,2 m del suelo. Tras recorrer la rampa, el coche, que ya ha alcanzado la velocidad de 162 km/h, inicia un vuelo elevándose por el aire en una trayectoria parabólica, por encima de varios coches que han sido estacionados justo a continuación de la rampa. Teniendo en cuenta que el coche invierte para elevarse el 12 % de la energía cinética que tiene en el momento de abandonar la rampa, contesta:

a) ¿Qué variación de energía cinética experimenta el coche desde que comienza a moverse, hasta que alcanza el final de la recta?
b) ¿Cuál es la energía mecánica del coche en el momento en que alcanza el extremo de la rampa?
c) ¿Qué altura máxima alcanzará el coche en su vuelo parabólico, una vez que abandona la rampa? Recuerda que debes indicar la altura alcanzada respecto al suelo.
d) Cuando el coche cae después de su vuelo aéreo, ¿con qué velocidad llega al suelo?
e) En su recorrido por la recta inicial, el coche es impulsado por el motor. ¿Cuál es el trabajo neto realizado durante ese recorrido? ¿Cuál es el valor de la fuerza neta aplicada?
f) ¿En qué leyes o principios has basado los cálculos realizados? Explícalo.

a) Inicialmente, el coche se encuentra parado, por lo que su energía cinética es cero. Al final de la recta, la velocidad del coche es de 144 km/h = 40 m/s, y teniendo en cuenta que su masa es de 900 kg, su energía cinética en ese punto es de $7{,}2 \cdot 10^5$ J, que coincide con la variación de energía cinética experimentada en ese trayecto.

$$\Delta E_c = E_{c_1} - E_{c_0} = \frac{1}{2}\, m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2}\, m \cdot v_0^2$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}\, 900\, kg \cdot (40\ m/s)^2 - \frac{1}{2}\, 900\, kg \cdot (0\ m/s)^2 = 7{,}2 \cdot 10^5\, J$$

b) Al recorrer la rampa, el coche ha aumentado su energía cinética, dado que su velocidad en lo alto de la misma es de 162 km/h = 45 m/s. Por tanto, en ese punto su energía cinética es de 911250 J. Además, el coche encuentra a una altura de 1,2 m, por lo que tiene una energía potencial de 10584 J. En consecuencia, la energía mecánica, que viene dada por la suma de las energías cinética y potencial será:

$$E_{c_2} = \frac{1}{2}\, m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2}\, 900\, kg \cdot (45\ m/s)^2 = 911250\, J$$

$$E_{p_2} = m \cdot g \cdot h_2 = 900 kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 1{,}2\, m = 10584\, J$$

$$E_{m_2} = E_{c_2} + E_{p_2} = 911250\, J + 10584\, J = 921834\, J$$

c) Según se indica en el enunciado, el 12 % de la energía cinética (911250 J·12/100) = 109350 J) del coche se invierte en incrementar su altura, respecto al punto en el que abandona la rampa, es decir, se transforma en energía potencial. De acuerdo con esto, la altura alcanzada por el coche a partir del extremo de la rampa, como consecuencia, será:

$$E_{p_{vuelo}} = E_{c_2} \cdot \frac{12}{100} = 911250 \cdot \frac{12}{100} = 109350\, J$$

$$E_{p_{vuelo}} = m \cdot g \cdot \Delta h \implies \Delta h = \frac{E_{p_{vuelo}}}{m \cdot g}$$

$$\Delta h = \frac{109350\, J}{900\, kg \cdot 9{,}8\ m/s^2} = 12{,}4\, m$$

Como este extremo de la rampa ya se encuentra a 1,2 m del suelo, el coche, en realidad, alcanza una altura sobre el suelo de:

$$h_{máx} = h_2 + \Delta h = 1{,}2\, m + 12{,}4\, m = 13{,}6\, m$$

d) Si despreciamos el rozamiento con el aire, podemos aplicar el principio de conservación de la energía mecánica. De acuerdo con este principio, toda la energía mecánica se transformará en cinética al llegar al suelo, por lo que tendremos:

$$E_{c_3} = E_{m_2} = 921834\,J$$

$$E_{c_3} = \frac{1}{2}\,m \cdot v_3^2 \quad \Longrightarrow \quad v_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{c_3}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 921834\,J}{900\,kg}} = 45{,}3\ m/s$$

e) El trabajo realizado por el motor en la recta de aceleración viene dado por la variación de la energía cinética experimentada por el coche, de acuerdo con el ***teorema de las fuerzas vivas***; por tanto, su valor es de $7{,}2 \cdot 10^5$ J. Como ese trabajo es igual a la fuerza neta que actúa sobre el coche multiplicada por el desplazamiento, que es de 120 m, el valor de esta fuerza neta será:

$$W = \Delta E_c = F \cdot \Delta x \quad \Longrightarrow \quad F = \frac{W}{\Delta x} = \frac{7{,}2 \cdot 10^5\,J}{120\,m} = 6000\,N$$

f) Para resolver esta situación, se ha aplicado el ***teorema de las fuerzas vivas***, y ***fórmulas*** como las que permiten el ***cálculo de la energía*** de un sistema, o las del movimiento uniformemente variado de ***caída libre*** de un cuerpo.