

PRESENTACIÓN

Para completar el estudio de la mecánica se introducen los conceptos físicos de trabajo y energía. Los conceptos que se estudian en este tema tienen su propia acepción lingüística diferente de la física y provoca que el tema resulte familiar, pero complicado. Es importante diferenciar entre el uso coloquial y científico de trabajo para comprender que una persona que traslada un peso no siempre realiza trabajo físico; y que la potencia contratada en nuestros hogares limita el consumo de energía eléctrica simultáneo, pero no su uso secuencial.

Además, comprender el concepto de eficiencia de un motor contribuye a un consumo responsable que favorece el cuidado de la biosfera y el respeto del medio ambiente.

OBJETIVOS

- Saber cuáles son los cambios que la energía puede producir en los cuerpos.
- Afianzar el concepto de conservación de la energía.
- Diferenciar el concepto de trabajo desde el punto de vista de la física del término empleado en el lenguaje cotidiano. Diferenciar trabajo físico y esfuerzo.
- Conocer las magnitudes de las que depende el trabajo útil desarrollado por una máquina.
- Conocer el orden de magnitud de la potencia de algunas máquinas.
- Comprender el concepto de rendimiento y el de energía consumida, pero no aprovechada.
- Relacionar trabajo y variación de energía cinética.
- Relacionar trabajo y variación de energía potencial gravitatoria.
- Relacionar la fuerza de rozamiento con la energía disipada cuando un móvil se desplaza.

CONTENIDOS

Conceptos

- La energía y los cambios. Concepto de energía.
 - Energía, trabajo y calor: primera ley de la termodinámica.
 - Trabajo. Definición de trabajo. Interpretación gráfica del trabajo.
 - Potencia y rendimiento. Relación entre potencia y trabajo. Unidades de potencia.
 - Rendimiento de una máquina.
 - Trabajo y energía cinética.
 - La energía cinética. Teorema de la energía cinética. La energía cinética y la distancia de frenado.
 - Trabajo y energía potencial. Energía potencial gravitatoria. El trabajo y la energía potencial gravitatoria.
 - Energía potencial elástica.
 - La energía potencial y las interacciones.
 - Principio de conservación de la energía mecánica.
 - Conservación de la energía con fuerzas no conservativas.
-

Procedimientos, destrezas y habilidades

- Interpretar gráficas.
 - Interpretar esquemas donde aparecen fuerzas dibujadas y deducir a partir de ellos cuáles son algunas de las transformaciones energéticas que tienen lugar.
 - Calcular la energía cinética o la energía potencial que posee un cuerpo.
 - Resolver problemas numéricos aplicando el principio de conservación de la energía.
 - Elaborar esquemas que muestran las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.
-

Actitudes

- Adoptar hábitos que contribuyan al ahorro energético.
- Valorar la importancia de comprender bien los conceptos de trabajo, potencia y rendimiento a la hora de diseñar máquinas.
- Relacionar los conceptos estudiados en la unidad con temas sobre seguridad vial.
- Interés por relacionar los contenidos estudiados con los fenómenos producidos a nuestro alrededor.
- Admirar la precisión de los conceptos físicos frente a la ambigüedad lingüística con la que se utilizan.
- Valorar la potencia de los cálculos energéticos en diferentes sistemas frente a su estudio cinemático.

EDUCACIÓN EN VALORES

1 Educación para el consumo responsable y el medio ambiente

Comprender el concepto de rendimiento de un motor contribuye a elegir responsablemente los aparatos electrodomésticos. Un aparato eficiente no solo es una buena inversión a largo plazo por el ahorro que supone para el consumidor, sino que es la elección menos agresiva para el medio ambiente por el uso responsable que se hace de la energía eléctrica.

2. Educación vial

El alumno de Física y química de Bachillerato entiende que la potencia del motor de un vehículo mantiene una relación directa con la capacidad de aceleración que desarrolla y la velocidad que alcanza en un determinado intervalo de tiempo. Y el cuadrado de la velocidad corresponde a la energía cinética adquirida. En caso de accidente la energía cinética se degrada en calor y deformación. Cuanto mayor sea la energía, mayor será la degradación. Y el alumno utilizará responsablemente la potencia de sus vehículos.

En esta unidad se relaciona la distancia de frenado en un automóvil con la energía cinética que este posee. Asimismo, se hace hincapié en conocer cuáles son los factores que afectan a la distancia de frenado. Algunos de ellos son más obvios y conocidos por todos: la velocidad y el estado del pavimento (en suelos mojados la distancia de frenado aumenta). Pero otros, como la pendiente por la que circula el vehículo o la carga que este lleva, deben tenerse también muy en cuenta a la hora de circular con turismos o camiones, en cuyo caso un mayor peso implica una mayor variación en la distancia de frenado en caso de una pendiente descendente.

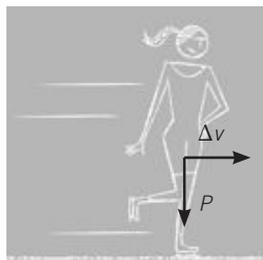
CRITERIOS DE EVALUACIÓN

1. Explicar el ámbito de aplicación del concepto de conservación de la energía.
2. Diferenciar el concepto de trabajo desde el punto de vista de la física del término empleado en el lenguaje cotidiano. Diferenciar trabajo físico y esfuerzo.
3. Indicar cuáles son las magnitudes de las que depende el trabajo útil desarrollado por una máquina.
4. Relacionar trabajo y variación de energía cinética y potencial y aplicarlo a la resolución de problemas numéricos.
5. Resolver problemas relacionando la fuerza de rozamiento con la energía disipada cuando un móvil se desplaza.
6. Aplicar los conceptos de trabajo y energía, y sus relaciones, en el estudio de las transformaciones y el principio de conservación y transformación de la energía en la resolución de problemas de interés teórico-práctico.
7. Aplicar el principio de y transformación de la energía y comprender la idea de degradación.
8. Adquirir una visión global de los problemas asociados a la obtención y uso de los recursos energéticos.

1. Calcula el trabajo que realiza la fuerza peso cuando un cuerpo de 3 kg de masa cae desde una altura de 10 m.

$$W = F \cdot s = mgh = 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 294 \text{ J}$$

2. Razona si realizan trabajo las personas del dibujo:

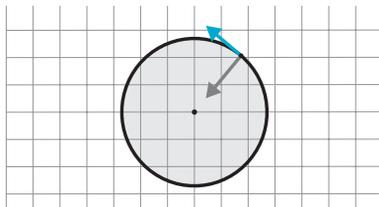


- a) Mantiene 150 kg a una altura de 2 m durante 4 s. b) Mantiene estirado el resorte durante 10 s. c) La patinadora de 60 kg se desliza 10 m sin rozamiento a velocidad constante.

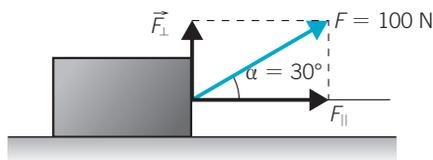
- a) No. No hay desplazamiento.
b) No. No hay desplazamiento.
c) No. La fuerza peso es perpendicular al desplazamiento.

3. Un cuerpo se mueve con movimiento circular y uniforme (ver figura). ¿Realiza trabajo la fuerza responsable de este movimiento? ¿Por qué?

No. La fuerza centrípeta es perpendicular al desplazamiento.



4. Una fuerza de 100 N que forma un ángulo de 30° con la horizontal tira de un cuerpo. Si el cuerpo se desplaza 2,6 m a lo largo del plano, calcula el trabajo realizado por esta fuerza. Si la fuerza de rozamiento es de 1,2 N, calcula también el trabajo realizado por dicha fuerza y el trabajo total realizado por ambas.



$$F_{||} = F \cdot \cos \alpha = 100 \cdot \cos 30^\circ = 86,6 \text{ N}$$

$$W_F = (\vec{F}_{||} + \vec{F}_{\perp}) \cdot \Delta \vec{r} = F_{||} \cdot \Delta s = 86,6 \cdot 2,6 \text{ m} = 225,16 \text{ J}$$

$$W_{FR} = -F_R \cdot s = -1,2 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ N} = 3,12 \text{ J}$$

Por tanto:

$$W_T = W_F + W_{FR} = 225,16 \text{ J} - 3,12 \text{ J} = 222,04 \text{ J}$$

5. **Calcula la potencia de una grúa capaz de elevar un cuerpo de masa 500 kg con una velocidad constante de 0,5 m/s.**

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = mgv = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 2450 \text{ J}$$

6. **Calcula el consumo medido en kWh de una lámpara de 60 W de potencia enchufada 50 minutos. Compáralo con el consumo de una lámpara de bajo consumo de 12 W que proporciona la misma intensidad luminosa.**

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = P \cdot t = 60 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3000 \text{ s} = 180000 \text{ J}$$

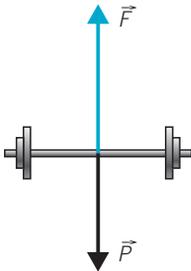
$$1 \text{ kWh} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J}$$

Por tanto:

$$\text{Consumo} = \frac{18000 \text{ J}}{3600000 \text{ J/kWh}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

El consumo de la lámpara 'normal' es $\frac{60}{12} = 5$ veces mayor. que el de la lámpara de 12 W.

7. **Un atleta levanta unas pesas de 150 kg a una altura de 2 m en 3 s.**
- ¿Qué fuerza tiene que hacer para subir las pesas?**
 - ¿Qué trabajo realiza?**
 - Calcula la potencia del atleta.**



Sobre las pesas actúan dos fuerzas: el peso y la que ejerce el atleta (F).

Primero se va a calcular la aceleración de las pesas:

$$s = \frac{1}{2} at^2 \rightarrow a = \sqrt{\frac{2s}{t^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{9}} = 0,67 \text{ m/s}^2$$

a) Aplicando la 2.ª ley de Newton:

$$F - P = ma \rightarrow F = mg + ma = m \cdot (g + a) = 150 \text{ kg} (9,8 \text{ m/s}^2 + 0,67) = 1570,5 \text{ N}$$

$$b) W = F \cdot s = 1570,5 \cdot 2 \text{ m} = 3141 \text{ J}$$

$$c) R = \frac{W}{t} = \frac{3141 \text{ J}}{3 \text{ s}} = 1047 \text{ W}$$

8. Una máquina bombea agua desde un depósito situado 4 m bajo el suelo. Para bombear 1000 L de agua hasta la superficie consume 100 000 J.

a) ¿Cuál es el rendimiento de la máquina?

b) ¿Qué ocurre con la energía que no se aprovecha?

$$a) W_{\text{realizado}} = F \cdot h = mgh = 1000 \text{ N} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ cm} = 39\,200 \text{ J}$$

$$W_{\text{consumido}} = 100\,000 \text{ J}$$

$$P = \frac{W_{\text{realizado}}}{W_{\text{consumido}}} \cdot 100 = \frac{39\,200 \text{ J}}{100\,000 \text{ J}} \cdot 100 = 39,2\%$$

b) La energía que no se aprovecha se transforma en calor (energía térmica).

9. Un transformador urbano de energía eléctrica es una máquina muy eficiente; tiene un rendimiento de un 98,5%.

a) ¿Cuánta energía se puede usar por cada MWh que llega al transformador?

b) ¿Qué pasa con el resto?

a) Por cada MWh se utiliza el 98,5%, es decir:

$$0,985 \text{ MWh} \cdot \frac{10^3 \text{ kWh}}{1 \text{ MWh}} \cdot \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{1 \text{ kWh}} = 3,546 \cdot 10^9 \text{ J}$$

b) Se transforma en calor (energía térmica).

10. ¿Qué objeto tiene más energía cinética: un coche de 1200 kg de masa que se mueve con una velocidad de 80 km/h o un proyectil de 40 kg disparado con una velocidad de 200 m/s?

Coche:

$$E_{\text{coche}} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 1200 \text{ kg} \cdot \left(\frac{80}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = 296\,296,30 \text{ J}$$

Proyectil:

$$E_{\text{proyectil}} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 40 \text{ kg} \cdot \left(\frac{200}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = 61728,43 \text{ J}$$

Por tanto:

$$E_{\text{coche}} > E_{\text{proyectil}}$$

11. Una partícula α (${}^4_2\text{H}^{2+}$) penetra en una región donde otras cargas eléctricas ejercen sobre ella una fuerza constante de $5 \cdot 10^{-14} \text{ N}$. ¿Qué variación de energía cinética se produce en la partícula después de recorrer 3 cm?

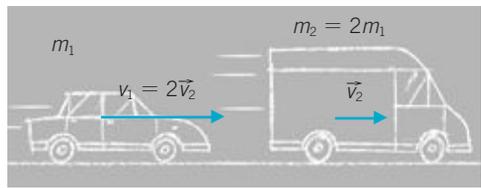
La variación de la energía cinética es igual al trabajo de las fuerzas eléctricas.

$$W = \Delta E_C$$

Por tanto:

$$\begin{aligned} \Delta E_C &= F \cdot s \rightarrow \Delta E_C = 5 \cdot 10^{-14} \text{ N} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \\ &\rightarrow \Delta E_C = 1,5 \cdot 10^{-15} \text{ J} \end{aligned}$$

12. Observa el dibujo e indica quién tiene más energía cinética.



Para el coche:

$$E_{C \text{ coche}} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

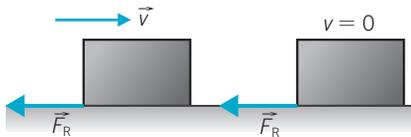
Para el camión:

$$E_{C \text{ camión}} = \frac{1}{2} (2m_1) \cdot \left(\frac{v_1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} m_1 v_1^2$$

Así:

$$E_{C \text{ camión}} = \frac{E_{C \text{ coche}}}{2}$$

13. Un cuerpo de 0,5 kg de masa se mueve por una superficie horizontal a 5 m/s y se detiene tras recorrer 10 m. Halla la fuerza de rozamiento mediante consideraciones energéticas.



Aplicando el teorema de la energía cinética:

$$W = \Delta E_C \rightarrow W = -F_R \cdot s \rightarrow -F_R \cdot s = 0 - \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow F_R = \frac{m v^2}{2s} = \frac{0,5 \text{ kg} \cdot 5^2 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 10 \text{ m}} \rightarrow$$

$$\rightarrow F_R = 0,625 \text{ N}$$

14. Calcula la energía cinética en cada caso.

Prestaciones	Fórmula 1	Moto GP	Rally
Velocidad máxima (km/h)	345	320	240
Potencia (CV)	800	180	350
Masa (kg)	500	130	1200
Consumo (L/100 km)	66	33	100
Energía cinética (J)	2296006	513580	2666667

(En todos los casos, para pasar una velocidad de km/h a m/s se divide entre 3,6.)

$$E_{C_{F1}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 500 \text{ kg} \cdot \left(\frac{345}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = 2296007 \text{ J}$$

$$E_{C_{Moto}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 130 \text{ kg} \cdot \left(\frac{320}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = 513580 \text{ J}$$

$$E_{C_{Rally}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 1200 \text{ kg} \cdot \left(\frac{240}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = 2666667 \text{ J}$$

15. Calcula la energía potencial de una maceta de 2 kg de masa colocada en la terraza de un edificio a 20 m de altura y la velocidad con la que llegaría al suelo si cayese.

La energía potencial es:

$$E_p = mgh = 2 \cdot 9,8 \cdot 20 = 392 \text{ J}$$

Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica se halla la velocidad con que llega al suelo.

$$mgh = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 20} = 19,8 \text{ m/s}$$

16. Calcula la energía potencial de una lámina de cristal de 80 kg que está en un andamio situado a 12 m del suelo. ¿Qué le puede ocurrir si no se sujeta con seguridad? Justifícalo con datos sobre la velocidad con la que impactaría el cristal contra el suelo.

La energía potencial es:

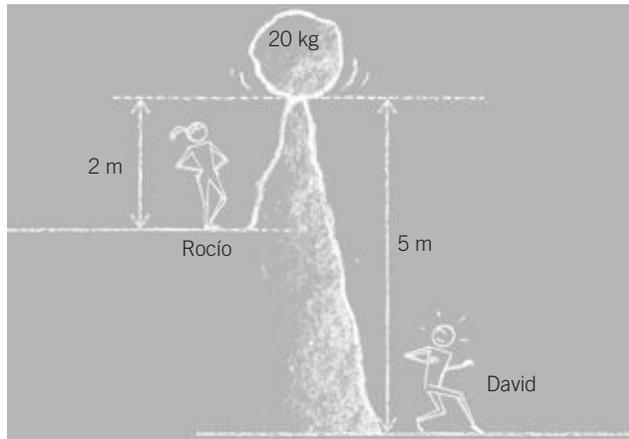
$$E_p = mgh = 80 \cdot 9,8 \cdot 12 = 9408 \text{ J}$$

Que se caiga y se rompa. Teniendo en cuenta lo dicho en el problema anterior:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 12 \cdot 9,8} = 15,3 \text{ m/s}$$

17. Rocío opina que la energía potencial de la piedra del dibujo es de 400 J, y David calcula que vale 1000 J. ¿Quién tiene razón? Justifica tu respuesta.

- Rocío
- David
- Depende



Ambos tienen razón, depende del sistema de referencia que se elija.

- Desde la posición de David:

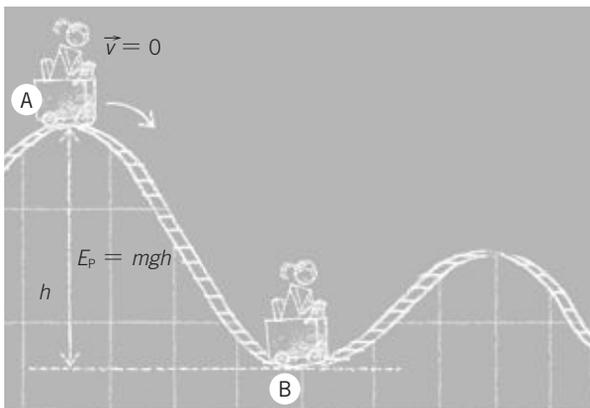
$$E_p = mgh_1 = 20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m} = 9803 \text{ J}$$

- Desde la posición de Rocío:

$$E_p = mgh_2 = 20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} = 3923 \text{ J}$$

18. Contesta:

- a) ¿A qué altura hay que elevar el carrito para que al pasar por el punto más bajo su velocidad sea de 20 m/s?
- b) ¿Y si se duplica la masa del carrito?



a) A partir del principio de conservación de la energía mecánica.

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh_B \rightarrow$$

$$\underset{\parallel}{\underset{0}{0}} \quad \underset{\parallel}{\underset{0}{0}}$$

$$\rightarrow \cancel{m} gh_A = \frac{1}{2} \cancel{m} v_B^2 \rightarrow h_A = \frac{v_B^2}{2g} = \frac{20^2 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 20,4 \text{ m}$$

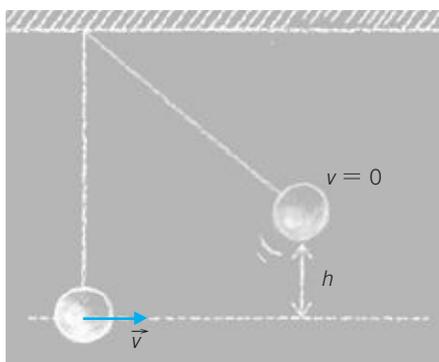
b) La masa no influye en el valor de la velocidad.

En el apartado a) se ve que la masa se simplifica; esto solo ocurre si no hay rozamiento.

19. Un péndulo está formado de un hilo de 2 m de longitud y una bolita de 100 g de masa. Cuando el péndulo pasa por su punto más bajo, lleva una velocidad de 5 m/s.

a) ¿Qué altura máxima alcanzará la bolita?

b) ¿Cuál será entonces su energía potencial?



a) Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:

$$\frac{1}{2} \cancel{m} v^2 = \cancel{m} gh \rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{5^2 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 1,28 \text{ m}$$

b) La energía potencial es la misma que la energía cinética que tenía en el punto más bajo.

$$E_p = E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot 25 \text{ (m/s)}^2 = 1,25 \text{ J}$$

20. Deja caer un balón de baloncesto, una pelota de tenis y una bola saltarina desde 1 metro de altura y anota la altura a la que rebota cada una.

Calcula la E_p inicial y la E_p final en cada caso.

- ¿Cuál es más elástica?
- ¿Qué ha pasado con la energía «perdida»?

Actividad práctica. La energía «perdida» se ha transformado en energía térmica.

21. Un paracaidista desciende con velocidad constante.

a) ¿Qué ocurre con su energía potencial?

b) ¿En qué se transforma?

a) Va disminuyendo con el tiempo a medida que cae.

b) Se transforma en energía térmica debido a la fuerza de rozamiento del paracaídas con el aire.

22. Cuando se deja caer una pelota desde una altura h no alcanza la misma altura tras rebotar con el suelo. ¿Por qué?

Porque parte de su energía mecánica, en este caso potencial, se transforma en calor (energía térmica).

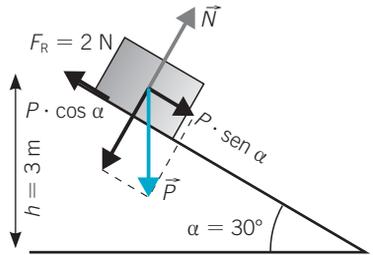
El cuerpo va perdiendo energía por rozamiento con el aire y en los sucesivos choques, por lo que cada vez la altura alcanzada es menor.

23. Se deja caer una caja de 2 kg desde la parte superior de un plano inclinado de 3 m de altura que forma un ángulo de 30° con la horizontal. Si la fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 2 N, calcula la velocidad de la caja al final del plano, cuando ha recorrido 6 m.

A partir del teorema de la energía cinética.

$$W = \Delta E_c = (mg \cdot \sin \alpha - F_R) \cdot s \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = (mg \cdot \sin \alpha - F_R) \cdot s$$

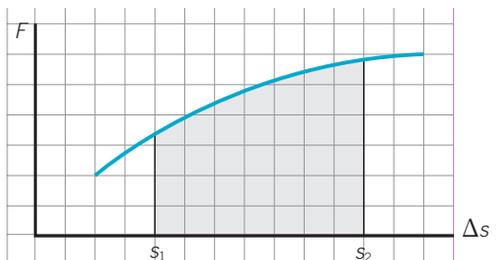


$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (mg \cdot \sin \alpha - F_R) \cdot s}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (2 \cdot 9,8 \cdot \sin 30 - 2) \cdot 6}{2}} = 6,84 \text{ m/s}$$

24. Siempre que una fuerza realiza trabajo sobre un cuerpo, ¿aumenta su energía?

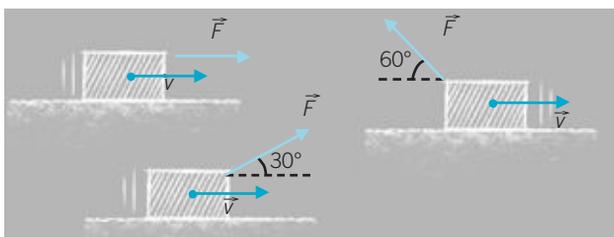
No. Puede disminuir si la fuerza tiene sentido opuesto al desplazamiento. Un ejemplo es la fuerza de rozamiento, que hace que disminuya la energía mecánica.

25. Observa la figura y di qué representa el área sombreada.



- a) El trabajo realizado por una fuerza constante.
 b) El trabajo realizado por una fuerza que no es constante.
 c) No representa ningún trabajo, ya que la fuerza no es constante.
- b) Representa el trabajo de una fuerza cuyo módulo varía con la posición (no constante).

26. Indica cuál de las tres fuerzas realiza más trabajo.



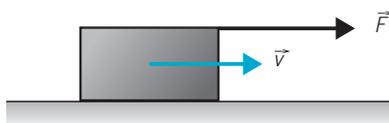
El trabajo se calcula así:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F_{\parallel} \cdot \Delta s = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta s$$

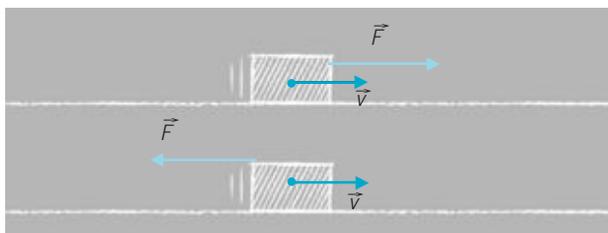
↓
Componente de la fuerza
paralela al desplazamiento

El trabajo de una fuerza es mayor si la fuerza es paralela al desplazamiento.

Se realiza más trabajo en el caso primero, ya que $\alpha = 0^\circ$ y $\cos 0^\circ = 1$



27. Indica si las fuerzas dibujadas realizan trabajo.



Sí, ambas fuerzas son paralelas al desplazamiento y, como son iguales, realizan el mismo trabajo. El trabajo de la primera es positivo, y el de la segunda es negativo.

28. En una piedra que gira en un plano vertical atada a una cuerda:

- La tensión de la cuerda no realiza trabajo.
- La tensión de la cuerda sí realiza trabajo.
- Necesitamos conocer el valor de la tensión para decir si hay trabajo o no.

a) La tensión de la cuerda es una fuerza perpendicular a la velocidad y, por tanto, no realiza trabajo.

29. Trabajando con unidades, demuestra que la energía cinética se expresa en julios.

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$$

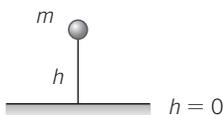
30. Si la velocidad de un cuerpo se hace cuatro veces mayor, ¿cómo varía su energía cinética?

- Aumenta 4 veces.
- Aumenta 16 veces.
- No varía; la energía se conserva.

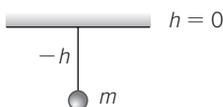
b) $E_c = \frac{1}{2} \cdot mv^2$ Si v se multiplica por 4, la energía cinética se multiplica por $4^2 = 16$.

31. ¿Puede tener un valor negativo la energía cinética? ¿Y la energía potencial?

La energía cinética siempre es positiva, $\left(E_c = \frac{1}{2} mv^2\right)$. No hay nada en la ecuación anterior que la pueda hacer negativa. La masa es una magnitud positiva, al igual que el cuadrado de la velocidad. La energía potencial puede ser positiva o negativa dependiendo de la elección del cero de energía potencial ($h = 0$).



$$E_p = mgh > 0$$



$$E_p = mg(-h) = -mgh < 0$$

- 32. Indica las transformaciones energéticas que tienen lugar cuando se deja caer una pelota y rebota varias veces hasta pararse.**

Al principio toda la energía es potencial. Según cae se va transformando en cinética, a la vez que disminuye la potencial. Debido al rozamiento con el aire y a los choques contra el suelo (no elásticos), parte de la energía mecánica se transforma en energía térmica hasta que finalmente la pelota se para.

- 33. Una piedra cae desde una azotea. Si tenemos en cuenta el rozamiento:**

- a) La energía cinética al llegar al suelo es igual que la energía potencial inicial de la piedra.
 b) La energía cinética al llegar al suelo es menor que la energía potencial inicial de la piedra.
 c) La energía cinética al llegar al suelo es mayor que la energía potencial inicial de la piedra.

b) La E_C al llegar al suelo es menor que la potencia inicial. A partir del teorema de la energía cinética: $\Delta E_M = W_{FR}$.

Como $W_{FR} < 0$:

$$\Delta E_M < 0 \rightarrow E_{P_i} > E_{C_{\text{suelo}}}$$

- 34. Calcula, utilizando razonamientos energéticos, la altura máxima que alcanza un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad v_0 . ¿Se corresponde el resultado con lo que se obtendría aplicando lo que recuerdas de los temas de cinemática?**

Si no se considera el rozamiento se cumple, a partir del principio de conservación de la energía mecánica, que la altura alcanzada es.

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m g y \rightarrow y = \frac{v_0^2}{2g}$$

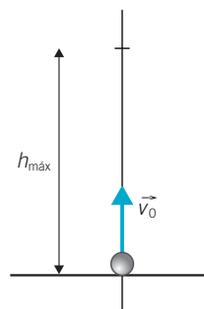
Esta expresión es la misma que se deduce de las ecuaciones de la cinemática para el movimiento vertical con aceleración constante.

Partiendo de las ecuaciones del movimiento con aceleración constante para un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba:

$$v = v_0 - gt; y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Al hacer $v = 0$ se obtiene el tiempo que se tarda en alcanzar el punto:

$$t = \frac{v_0}{g}$$

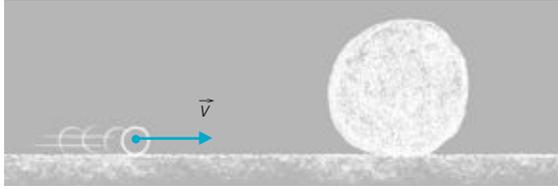


Y al sustituir en y queda:

$$y = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2} g \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Ambos resultados son iguales.

- 35. Una canica choca contra una pelota de plastilina inicialmente en reposo y se incrusta en ella. Elige la afirmación correcta:**



- a) Como el momento lineal se conserva en el choque, la energía cinética también se conserva.
 b) El momento se conserva, pero la energía cinética del sistema disminuye.
 c) El momento no se conserva, pero la energía cinética, sí.

b) El momento lineal se conserva siempre (en ausencia de fuerzas exteriores), pero la energía cinética, no. Solo se conserva la energía cinética en choques elásticos entre cuerpos duros que no se deforman en el choque.

En el caso del problema se conserva el momento, pero la energía cinética total disminuye.

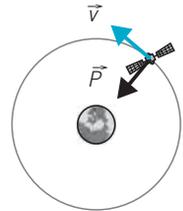
- 36. Un satélite gira en una órbita circular en torno a la Tierra.**

- a) ¿Realiza trabajo la fuerza peso? Haz un dibujo.
 b) ¿Qué puedes decir de su energía cinética y potencial?

a) La fuerza-peso (\vec{P}) es perpendicular a la velocidad \vec{v} , y, por tanto, al desplazamiento, por lo que $W = 0$.

b) Ya que $\vec{F} \perp \vec{v}$, $W = 0$, y como $W = \Delta E_c$, entonces $\Delta E_c = 0 \rightarrow E_c = \text{cte}$.

La energía cinética no varía. Como se trata de un sistema conservativo, la energía total es constante y, por tanto, también la E_p ($E_p = E - E_c$).



- 37. ¿Depende la energía mecánica de un cuerpo del sistema de referencia elegido?**

Sí. La dependencia es debida a la E_p . Su valor es relativo al punto de referencia elegido, es decir, el punto en el cual $E_p = 0$.

38. Se tienen dos muelles idénticos. Si después de estirados uno tiene el doble de longitud que el otro, ¿tendrá también el doble de energía potencial?

La E_p de un muelle es $E_p = \frac{1}{2} k \Delta l^2$.

- Muelle 1: pasa de l_0 a $l_0 + \Delta l$.
- Muelle 2: pasa de l_0 a $l_0 + \Delta l'$.

Si después de estirarlos el muelle 2 tiene doble longitud que el muelle 1, se cumple:

$$l_0 + \Delta l' = 2 \cdot (l_0 + \Delta l) \rightarrow \\ \rightarrow l_0 + \Delta l' = 2 l_0 + 2 \Delta l \rightarrow \Delta l' = l_0 + 2 \Delta l$$

La energía potencial del muelle 1 es:

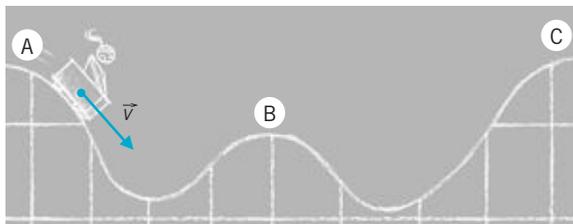
$$E_{p1} = \frac{1}{2} k \Delta l^2$$

Y la del muelle 2:

$$E_{p2} = \frac{1}{2} k (\Delta l')^2 = \frac{1}{2} k \cdot (l_0 + 2\Delta l)^2 = \frac{1}{2} k l_0^2 + 2k \cdot l_0 \Delta l + 2k \cdot \Delta l^2$$

Por tanto, $E_{p2} \neq E_{p1}$.

39. El carrito se deja caer desde (A). Contesta:



Si no existe rozamiento:

- El vagón llega a B.
- El vagón llega a C.
- El vagón llega a A.

Si existe rozamiento:

- El vagón no llega a C.
- El vagón llega a C.
- El vagón llega a C, pero al volver con menos energía de la que tenía inicialmente.

Si no existe rozamiento debido al principio de conservación de la energía mecánica, el vagón va de A hasta C pasando por B, ya que A y C están a la misma altura. Luego volverá hacia atrás y alcanzará de nuevo el punto A.

Si hay rozamiento hay pérdida de energía mecánica y el vagón no llega a C.

40. En un pueblo se consumen 10 000 L de agua cada hora. Si la altura desde el pozo donde se extrae hasta el depósito de distribución es de 30 m, calcula la potencia de la bomba. d (agua) = 1000 kg/m³.

El trabajo necesario para elevar 10 000 L de agua a 30 m de altura es:

$$W = mgh = 10\,000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 30 \text{ m} = 2\,940\,000 \text{ J}$$

Y la potencia de la bomba es:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2\,940\,000 \text{ J}}{3600 \text{ S}} = 816,6 \text{ W}$$

41. La lectura del contador de una vivienda marca un consumo de 40 kWh. Calcula la velocidad que alcanzaría un cuerpo de masa 10 kg si esta energía se utilizase en aumentar su velocidad partiendo del reposo.

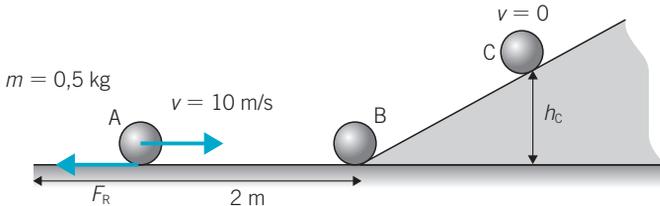
$$40 \text{ kWh} \cdot \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{1 \text{ kWh}} = 1,44 \cdot 10^8 \text{ J. Entonces:}$$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,44 \cdot 10^8}{10}} = 5366,56 \text{ m/s}$$

42. Se lanza un cuerpo de 500 g por un plano horizontal rugoso ($\mu = 0,4$) con una velocidad de 10 m/s. Después de recorrer una distancia de 2 m comienza a ascender por un plano inclinado sin rozamiento.



- a) Calcula la altura que alcanza.
b) ¿Cuánto vale la energía potencial del cuerpo en ese instante?



Tramo horizontal: $W_A^B = \Delta E_c$; $F_R = \mu mg$.

$$\begin{aligned} E_{CB} - E_{CA} &= -F_R \cdot s_{AB} \rightarrow E_{CB} = E_{CA} - F_R \cdot s_{AB} = E_{CA} - \mu mg s_{AB} = \\ &= \frac{1}{2} 0,5 \cdot 10^2 - 0,4 \cdot 0,5 \cdot 9,8 \cdot 2 = 25 - 3,92 = 21,08 \text{ J} \end{aligned}$$

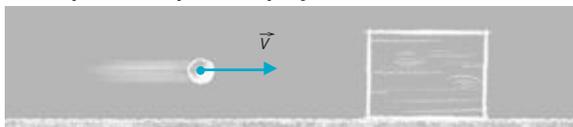
$$E_{CB} \frac{1}{2} m v_B^2 \rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2E_{CB}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 21,08}{0,5}} = 9,2 \text{ m/s}$$

- a) En el plano inclinado se cumple el principio de conservación de la energía mecánica, ya que no hay rozamiento.

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = m g h_C \rightarrow h_C = \frac{v_B^2}{2g} = \frac{9,2^2 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 4,3 \text{ m}$$

- b) $E_{PC} = m g h_C = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4,3 \text{ m} = 21,08 \text{ J}$
La E_{PC} es la misma que la E_{PB} .

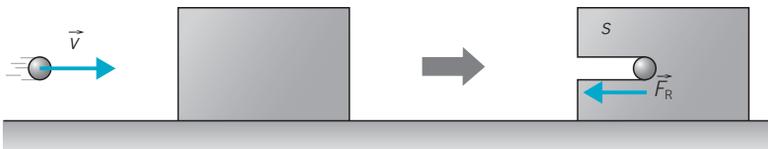
43. Un proyectil de 80 g que se mueve con una velocidad de 200 m/s se incrusta en un bloque de madera en el que penetra cierta distancia antes de pararse. Si la fuerza de resistencia que opone el bloque es de 3000 N, halla la distancia que se empotra el proyectil.



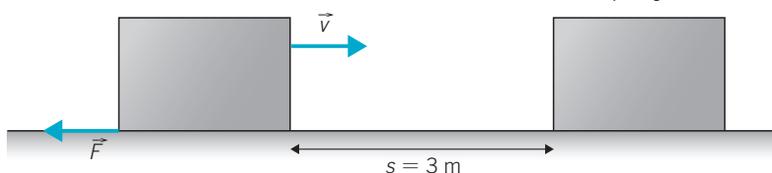
A partir del teorema de la energía cinética:

$$W = \Delta E_C \rightarrow -F_R \cdot s = 0 - \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow s = \frac{m v^2}{2 F_R} = \frac{0,08 \text{ kg} \cdot 200^2 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 3000 \text{ N}} = 0,53 \text{ m}$$



44. Sobre un cuerpo actúa una fuerza constante que lo detiene después de recorrer 3 m. ¿Con qué velocidad se movía?



De la misma forma que en el ejercicio anterior:

$$W = \Delta E_C \rightarrow -F \cdot s = 0 - \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2F \cdot s}{m}} = \sqrt{\frac{2F \cdot 3 \text{ m}}{m}}$$

La velocidad depende de la fuerza aplicada de la masa.

45. ¿Cuántos julios de energía eléctrica se convierten en luz y calor en una lámpara de 100 W en 5 horas?

$$W = P \cdot t = 100 \cdot \frac{\text{J}}{\cancel{\text{s}}} \cdot 5 \cdot 3600 \cancel{\text{s}} = 1800000 \text{ J}$$

46. ¿Qué trabajo es capaz de realizar una máquina de 150 CV en media hora?

$$W = P \cdot t = 150 \cancel{\text{ CV}} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \cancel{\text{ CV}}} \cdot 1800 \text{ s} = 198450000 \text{ J}$$

47. Un automóvil de 1300 kg se mueve con una velocidad de 100 km/h.

- a) Calcula el trabajo que realizan los frenos para detenerlo completamente.
b) Si se ha detenido después de recorrer 80 m, halla la fuerza de rozamiento de los frenos. $W = \Delta E_c$.

- a) El trabajo realizado por los frenos es igual a la disminución de la energía cinética. $W = \Delta E_c$.

$$W = 0 - \frac{1}{2} m v^2 = \frac{-1}{2} \cdot 1300 \text{ kg} \cdot \left(\frac{100}{3,6}\right)^2 (\text{m/s})^2 = -501543,2 \text{ J}$$

b) $W = F_R \cdot s \rightarrow F_R = \frac{W}{s} = \frac{501543,2 \text{ J}}{80 \text{ m}} = 6269,3 \text{ N}$

48. Sabiendo que el rendimiento de un motor es el porcentaje de energía que se transforma en trabajo útil, calcula la potencia de una bomba que eleva 1 m^3 de agua por minuto hasta la azotea de un edificio de 15 m de altura si se supone un rendimiento del 60%.

$$W_{\text{útil}} = mgh = 1000 \cdot 9,8 (\text{m/s})^2 \cdot 15 \text{ m} = 147000 \text{ J}$$

Por tanto:

$$P_{\text{útil}} = \frac{W_{\text{útil}}}{t} = \frac{147000 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 2450 \text{ W}$$

$$R = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}}} \rightarrow P_{\text{teórica}} = \frac{P_{\text{útil}}}{R} = \frac{2450 \text{ W}}{0,6} = 4083,33 \text{ W}$$

49. Se hace girar verticalmente un cuerpo que está unido a una cuerda de 1,5 m de longitud.

- a) Si la velocidad en el punto más bajo es de 10 m/s, halla su valor en el punto más alto.
b) ¿Qué velocidad mínima debe llevar en el punto más bajo para completar la circunferencia?

Se cumple el principio de conservación de la energía mecánica.

De las dos fuerzas que actúan, una, el peso, es conservativa, y la otra, la tensión de la cuerda, no realiza trabajo.

$$a) \frac{1}{2} \rho v^2 = \rho g \cdot (2l) + \frac{1}{2} \rho v'^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow v^2 = 4gl + v'^2 \rightarrow v' = \sqrt{v^2 - 4gl} =$$

$$= \sqrt{10^2 - 4 \cdot 9,8 \cdot 1,5} = \sqrt{100 - 58,8} = 6,4 \text{ m/s}$$

- b) Para que complete la trayectoria circular con velocidad mínima la tensión de la cuerda en el punto más alto debe ser nula. La única fuerza que actúa sobre el cuerpo en ese punto será el peso.

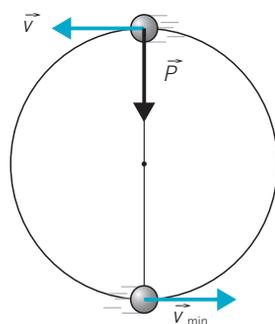
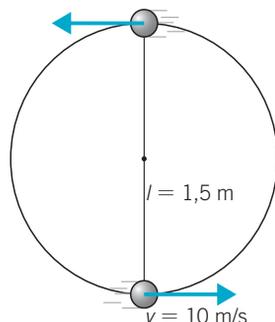
$$F_N = mg = m \frac{v^2}{R} \rightarrow \rho g = \rho \frac{v^2}{l} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{gl} = \sqrt{9,8 \cdot 1,5} = 3,8 \text{ m/s}$$

Del principio de conservación de la energía:

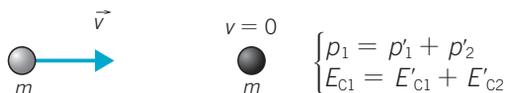
$$\frac{1}{2} \rho v_{\min}^2 = \rho g(2l) + \frac{1}{2} \rho v^2 \rightarrow v_{\min}^2 = 4gl + v^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\min}^2 = 4 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m} + 3,8^2 \text{ (m}^2/\text{s}^2) = 73,24 \text{ m}^2/\text{s}^2 \rightarrow v_{\min} = 8,5 \text{ m/s}$$



50. Se dice que un choque es elástico cuando se conserva la energía cinética. Un ejemplo de choque elástico es el que se produce entre dos bolas de billar. Supón que una bola de billar choca frontalmente con otra que se encuentra en reposo. Calcula la velocidad de las bolas después del choque.

Nota: es conveniente usar la expresión de la energía cinética en función del momento lineal. La dirección en que se mueven los cuerpos después del impacto es la misma que la que tenía el cuerpo antes de chocar.



$$E_c = \frac{p^2}{2m} \rightarrow \frac{p_1^2}{2m} = \frac{p_1'^2}{2m} + \frac{p_2'^2}{2m} \rightarrow p_1^2 = p_1'^2 + p_2'^2$$

$$\begin{cases} p_1 = p'_1 + p'_2 \\ p_1^2 = p_1'^2 + p_2'^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m v_1 = m v'_1 + m v'_2 \\ m^2 v_1^2 = m^2 v_1'^2 + m^2 v_2'^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v_1 = v'_1 + v'_2 \\ v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2 \end{cases} \rightarrow \\ \rightarrow v_1 + v_2 + 2v_1v_2 = v_1'^2 + v_2'^2 \rightarrow 2v_1v_2 = 0$$

Hay dos soluciones.

- $v_2 = 0$ y $v'_1 = v_1$ (físicamente imposible)
- $v'_1 = 0$ y $v_2 = v_1$

La bola que choca queda en reposo y la que recibe el impacto sale con la misma velocidad que tenía la que chocó con ella.

51. La altura máxima de una montaña rusa es 40 m. Los coches que transportan a las personas son elevados hasta esta altura y después se les deja deslizar hasta completar el recorrido.

- a) Halla la velocidad del carrito en dos puntos cuyas alturas son 30 m y 10 m, despreciando el rozamiento.**
b) ¿Por qué la altura inicial del coche es la máxima de todo el recorrido?

Se cumple el principio de conservación de la energía mecánica.

$$a) mgh = \frac{1}{2} m v'^2 + mgh' \rightarrow v'^2 = 2g \cdot (h - h') \rightarrow v' = \sqrt{2g \cdot (h - h')}$$

- A 30 m $\rightarrow v' = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (40 - 30)} = 14 \text{ m/s}$
- A 10 m $\rightarrow v' = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (40 - 10)} = 24,2 \text{ m/s}$

b) Porque el principio de conservación de la energía mecánica prohíbe alcanzar una altura mayor.

52. Una pelota con 25 J de energía cinética golpea a otra inicialmente en reposo. Tras el choque, la primera pelota se para y la segunda comienza a moverse.

- a) Teniendo en cuenta que la segunda pelota tiene 170 g de masa y el coeficiente de rozamiento es de 0,15, calcula la distancia recorrida por la segunda pelota hasta pararse.**
b) Si el choque se produce en una superficie más rugosa, ¿cómo se modifica el resultado?
c) ¿Se conserva la energía?

a) Por el principio de conservación de la energía, la segunda bola se queda con los 25 J de energía cinética, posteriormente los perderá por el rozamiento. La velocidad se puede, por tanto, calcular.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \text{ J}}{0,17 \text{ kg}}} = 17,15 \text{ m/s}$$

Tras el choque, la única fuerza que actúa sobre la bola es la fuerza de rozamiento hasta que se detenga, por lo que:

$$\mu mg = ma \rightarrow a = \mu g = 0,15 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,47 \text{ m/s}^2$$

La distancia recorrida se puede calcular con $v_0^2 - v^2 = 2 a \cdot s$

$$s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = \frac{17,15^2 - 0^2}{2 \cdot 1,47} = 50 \text{ m}$$

b) Si F_R aumenta recorre menos espacio hasta pararse.

c) La energía mecánica no; la energía, en general, sí.

- 53. ¿A qué velocidad debería subir una persona de 60 kg por una escalera para desarrollar una potencia de 1 kW?**

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

La fuerza mínima que tiene que hacer es la que necesita para subir su propia masa.

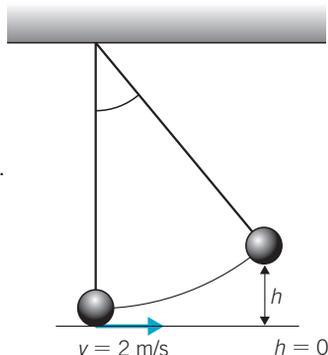
$$F = mg \rightarrow v = \frac{P}{mg} = \frac{1000 \text{ J/s}}{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N}} = 1,7 \text{ m/s}$$

- 54. ¿Qué altura máxima alcanzará la bolita de un péndulo si la velocidad en la parte más baja es de 2 m/s?**

Se cumple el principio de conservación de la energía mecánica.

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{4 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,2 \text{ m}$$



- 55. ¿Qué tiene más energía potencial, un cuerpo de 10 kg a una altura de 5 m o un muelle con $k = 30 \text{ N/cm}$ deformado 40 cm?**

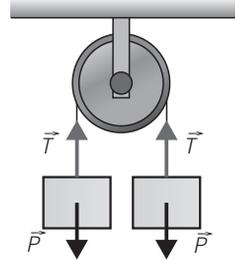
$$E_{P \text{ cuerpo}} = mgh = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m} = 490 \text{ J}$$

$$E_{P \text{ muelle}} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} 3000 \text{ N/m} \cdot 0,4 \text{ m}^2 = 240 \text{ J}$$

Por tanto: $E_{P \text{ cuerpo}} > E_{P \text{ muelle}}$.

56. Dos cuerpos de la misma masa que están unidos con una cuerda que pasa por la garganta de una polea se mueven con velocidad constante. Demuestra que en estas condiciones la energía potencial del sistema formado por las dos masas es constante.

La energía potencial gravitatoria no varía porque lo que aumenta la energía potencial de una masa al subir disminuye la de la otra al bajar. Ambas masas son iguales, y lo que asciende una lo desciende la otra.



57. Un tractor tira de un carro de 400 kg con una fuerza de 800 N (para vencer el rozamiento), recorriendo 15 m. Una grúa levanta el mismo carro a lo alto de un edificio de 15 m.

Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- Los dos realizan el mismo trabajo.
- El tractor realiza un trabajo de 12 000 J, y la grúa, 58 800 J.
- Es imposible que el tractor mueva un carro que pesa 4000 N con una fuerza de 800 N.
- El tractor no realiza trabajo porque no sube el carro ni un solo metro.

$$b) W_{\text{tractor}} = F \cdot s = 800 \text{ N} \cdot 15 \text{ m} = 12000 \text{ J}$$

$$W_{\text{grúa}} = mgh = 400 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} = 58800 \text{ J}$$

$$\text{Así: } W_{\text{grúa}} > W_{\text{tractor}}$$

Las otras (a, b y d) son falsas.

58. Un Airbús de 560 toneladas vuela a 0,85 Mach (1 Mach equivale a 340 m/s) a una altura de 10 km.

- Calcula su energía cinética, la potencial y la mecánica.
- Si no asciende a más altura ni incrementa su velocidad, ¿necesita combustible para mantenerse? ¿Por qué?

$$a) E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 560\,000 \text{ kg} \cdot (0,85 \cdot 340)^2 (\text{m/s})^2 = 2,3 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$E_p = mgh = 560\,000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10\,000 (\text{m/s})^2 = 5,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$E_T = E_c + E_p = 2,3 \cdot 10^{10} \text{ J} + 5,5 \cdot 10^{10} \text{ J} = 17,8 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- Evidentemente, un avión necesita una velocidad mínima para sustentarse en el aire, pero para mantener esa velocidad necesita vencer la fuerza de rozamiento con el aire y, por tanto, gastar energía que proviene del combustible que consume.



NOTAS

