

$$v = \sqrt{\frac{2 E_p}{m}} = \sqrt{2 \cdot \frac{1400 \text{ J}}{22 \text{ kg}}} = 11 \text{ m/s}$$

$$1400 \text{ J} = m g h$$

$$h = \frac{1400 \text{ J}}{m g} = \frac{1400 \text{ J}}{22 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 6,5 \text{ m}$$

Cuando el objeto vuelve para atrás, y dado que se conserva la energía, el muelle se vuelve a comprimir los mismos 30 cm.

## Actividad de ampliación pág. 309

Un objeto de 30 kg de masa cae sobre un muelle, de constante  $k = 3000 \text{ N/m}$ , que se encuentra en equilibrio 4 m por debajo de él. ¿Cuánto se comprime el muelle supuesto que no hay pérdidas por rozamiento?

**Solución:**

El objeto cae y pierde energía potencial, que se transforma en energía potencial elástica del muelle. Hay que tener en cuenta que pierde no sólo la energía potencial que corresponde a su altura, sino también la que corresponde a la distancia que se comprime el muelle puesto que sigue bajando.

$$m g (h + \Delta x) = 1/2 k (\Delta x)^2$$

$$30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (4 \text{ m} + \Delta x) = 1/2 \cdot 3000 \text{ N/m} \cdot (\Delta x)^2$$

$$1176 + 294 \Delta x = 1500 (\Delta x)^2$$

$$\Delta x = \frac{294 \pm \sqrt{(-294)^2 - 4 \cdot 1500 \cdot (-1176)}}{2 \cdot 1500} = 1 \text{ m}$$

(Sólo hemos tomado la solución positiva, que es la que tiene sentido físico por como hemos calculado la energía potencial.)

## Actividad de ampliación pág. 310

Calcula la velocidad final de un cuerpo de 5 kg de masa que se mueve inicialmente a una velocidad de 10 m/s, que recibe un trabajo motriz de 40 J y al que se hace ascender por una rampa de 3 m de altura, perdiendo en el proceso 17 J en forma de trabajo de rozamiento.

**Solución:**

Aplicando la ecuación de conservación de la energía generalizada:

$$W_{\text{motriz}} + W_{\text{roz}} + E_{\text{c0}} = E_{\text{pf}} + E_{\text{cf}}$$

$$40 \text{ J} + (-17 \text{ J}) + 1/2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2 = 273 \text{ J} =$$

$$= 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m} + 1/2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (273 \text{ J} - 147 \text{ J})}{5 \text{ kg}}} = 7,1 \text{ m/s}$$

## Actividad de ampliación pág. 311

Si en una bomba atómica, constituida por átomos de  $^{235}\text{U}$ , se pierden en la transformación (fisión) 0,6 g de uranio, que se convierten totalmente en energía, ¿cuánta energía se obtiene en la fisión?

Una tep (tonelada equivalente de petróleo: es la energía liberada en la combustión de 1 tonelada de petróleo) equivale a  $4,18 \cdot 10^9 \text{ J}$ . ¿Cuántas toneladas de petróleo hay que quemar para obtener la misma energía que libera la reacción de fisión del uranio?

Aplicando la Ecuación de Einstein,  $E = \Delta m c^2$

$$E = 0,6 \text{ g} \cdot 1 \text{ kg}/1000 \text{ g} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 5,4 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$5,4 \cdot 10^{13} \text{ J} \cdot 1 \text{ tep}/4,18 \cdot 10^9 \text{ J} = 13000 \text{ tep} = 13 \text{ kilotones}$$

Se puede utilizar el problema para comentar que ésta fue la pérdida de masa y la energía liberada por la primera bomba atómica lanzada en una guerra, la de Hiroshima, aunque ésta era de plutonio.

## Actividad de refuerzo pág. 312

Un arco de constante  $k = 400 \text{ N/m}$  se precarga con una flecha con una varilla de 60 cm de longitud y de masa 55 g, tensándose la longitud completa de la varilla.

Suponiendo que al soltar la cuerda ésta transmite a la flecha el 95 % de su energía, ¿con qué velocidad sale disparada la flecha? Si al impactar con el blanco, éste ejerce una fuerza de rozamiento de 650 N sobre la flecha, ¿cuánto se incrustará la flecha en el blanco?

**Solución:**

$$E_{\text{p elástica}} = 1/2 k (\Delta x)^2 = 1/2 \cdot 400 \text{ N/m} \cdot (0,6 \text{ m})^2 = 72 \text{ J}$$

Como se aprovecha el 95 % de la energía inicial, se aprovechan  $72 \text{ J} \cdot 95\% = 68 \text{ J}$

Despejando,

$$68 \text{ J} = 1/2 m v^2 = 1/2 \cdot 0,055 \text{ kg} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 68 \text{ J}}{0,055 \text{ kg}}} = 50 \text{ m/s}$$

La energía que lleva la flecha es de 68 J, que deben transformarse íntegramente en trabajo de rozamiento:

$$W = 68 \text{ J} = F_{\text{roz}} d = 650 \text{ N} \cdot d$$

$$d = 68 \text{ J}/650 \text{ N} = 0,105 \text{ m} = 10,5 \text{ cm}$$

## Evaluación

- Calcula el trabajo que realiza el motor de un coche que realiza una fuerza horizontal de 5000 N, mientras el coche se desplaza 30 m, a velocidad constante sin rozamientos. ¿Y el que realiza un obrero que arrastra un saco de 100 kg por un suelo deslizante a lo largo de 12 m, haciendo una fuerza de 150 N formando un ángulo de  $30^\circ$  sobre la horizontal? ¿Y el trabajo que hace la fuerza de rozamiento (6 N) de una moto con el suelo cuando ésta recorre 400 m?

**Solución:**

Como el trabajo es  $W = F \Delta x \cos \alpha$ :

$$\text{Coche: } W = 5000 \text{ N} \cdot 30 \text{ m} \cdot \cos 0^\circ = 150000 \text{ J}$$

$$\text{Obrero: } W = 150 \text{ N} \cdot 12 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 1560 \text{ J}$$

$$\text{Moto: } W = 6 \text{ N} \cdot 400 \text{ m} \cdot \cos 180^\circ = -2400 \text{ J}$$

## Evaluación

1. Calcula el trabajo que realiza el motor de un coche que realiza una fuerza horizontal de 5000 N, mientras el coche se desplaza 30 m, a velocidad constante sin rozamientos. ¿Y el que realiza un obrero que arrastra un saco de 100 kg por un suelo deslizante a lo largo de 12 m, haciendo una fuerza de 150 N formando un ángulo de 30° sobre la horizontal? ¿Y el trabajo que hace la fuerza de rozamiento (6 N) de una moto con el suelo cuando ésta recorre 400 m?

### Solución:

Como el trabajo es  $W = F \Delta x \cos \alpha$ :

$$\text{Coche: } W = 5000 \text{ N} \cdot 30 \text{ m} \cdot \cos 0^\circ = 150000 \text{ J}$$

$$\text{Obrero: } W = 150 \text{ N} \cdot 12 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 1560 \text{ J}$$

$$\text{Moto: } W = 6 \text{ N} \cdot 400 \text{ m} \cdot \cos 180^\circ = -2400 \text{ J}$$

- 2> Un lanzador de piedras lanza una piedra de 40 kg de masa sobre el suelo con una velocidad de 6 m s<sup>-1</sup>, y ésta se desplaza 3,5 m hasta que se detiene. Calcula el valor del trabajo de rozamiento y el coeficiente de rozamiento de la piedra con el suelo.

$$\text{Datos: } g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$$

### Solución:

La piedra tiene energía cinética:

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 40 \text{ kg} \cdot (6 \text{ m s}^{-1})^2 = 720 \text{ J}$$

Como al final toda la energía cinética se pierde, ésta se transforma en trabajo de rozamiento:

$$W_r = -80 \text{ J}$$

Aplicando la fórmula del trabajo de rozamiento:

$$W_r = \mu m g \cos \alpha \Delta x \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \mu = \frac{-720 \text{ J}}{40 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 180^\circ \cdot 3,5 \text{ m}} = 0,52$$

- 3> Calcula la potencia que debe tener una bomba de agua para elevar 40 m<sup>3</sup> de agua hasta una altura de 20 m en una hora. Contesta en W y CV. Expresa la cantidad de energía que se le ha suministrado al agua (en forma de energía potencial) en kW h.

$$\text{Datos: } g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}; \quad \text{densidad del agua: } 1 \text{ kg/dm}^3$$

### Solución:

Al elevar el agua, lo que hacemos es aumentar la energía potencial de ésta, por lo que

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E_p}{t} = \frac{m g \Delta h}{t} = \frac{d V g \Delta h}{t} =$$

$$= \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot 40 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}}{1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 2180 \text{ W}$$

$$2180 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ CV}}{735 \text{ W}} = 2,97 \text{ CV}$$

La energía suministrada es 2,18 kW · 1 h = 2,18 kW h.

- 4> ¿Quién tiene más energía: un objeto de 5 kg que se mueve a 15 m s<sup>-1</sup>, un niño de 25 kg que se encuentra en un globo aerostático a 100 m de altura, o un muelle de constante recuperadora 10000 N/m que está comprimido 10 cm? Razona la respuesta.

### Solución:

$$\text{El objeto tiene energía cinética: } E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m s}^{-1})^2 = 562,5 \text{ J.}$$

$$\text{El niño tiene energía potencial: } E_p = m g h = 25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 100 \text{ m} = 24500 \text{ J.}$$

$$\text{El muelle tiene energía potencial elástica: } E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 = \frac{1}{2} \cdot 10000 \text{ N/m} \cdot (0,1 \text{ m})^2 = 50 \text{ J.}$$

Tiene mucha más energía el niño; el que menos tiene es el muelle.

- 5> Un esquiador de 70 kg se tira desde un trampolín de 15 m de altura con una velocidad de 20 m s<sup>-1</sup>, cayendo sobre una pista horizontal, y sin frenar, se enreda en una red elástica que se estira 4 m hasta que detiene al esquiador. Calcula la velocidad con la que llega a la pista y la constante elástica de la red.

$$\text{Datos: } g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$$

### Solución:

Al principio, el esquiador tiene energía cinética y potencial con un valor total de

$$E = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m s}^{-1})^2 + 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 15 \text{ m} = 14000 \text{ J} + 10290 \text{ J} = 24290 \text{ J}$$

Esta energía se conserva en todo el recorrido. Primero se transforma toda ella en energía cinética cuando toca pista, con lo que la velocidad es

$$E = \frac{1}{2} m v^2, \text{ de donde } v = \sqrt{\frac{2 E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 24290 \text{ J}}{70 \text{ kg}}} = 26,3 \text{ m s}^{-1}$$

Posteriormente, toda la energía cinética se transforma en elástica:

$$E = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2, \text{ de donde } k = \frac{2 E}{(\Delta x)^2} = \frac{2 \cdot 24290 \text{ J}}{(4 \text{ m})^2} = 3036 \text{ N/m}$$