Energía, trabajo y calor

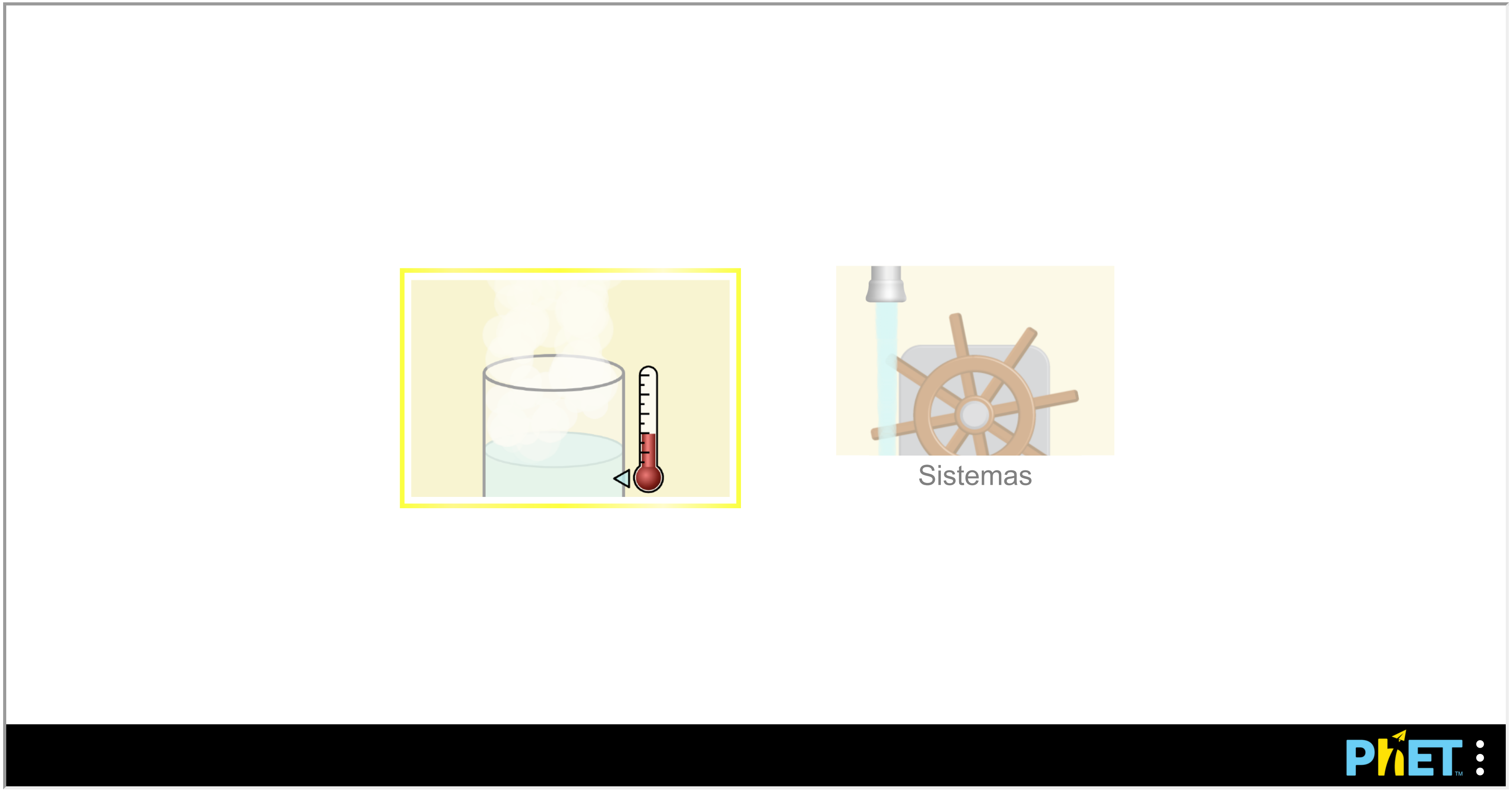
- Energías cinética, potencial y mecánica
- Conservación de la energía
- Intercambio de energía
- Trabajo y potencia
- Efectos del calor sobre los cuerpos
- Máquinas térmicas

Descarga estas diapositivas en formato PDF

La **energía** es la capacidad para realizar un trabajo.

Se mide en **julios** ($1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}}$).

Simulación



Energías cinética, potencial y mecánica

- Energía cinética
- Energía potencial
- Energía mecánica

(continúa hacia abajo)

👇

Energía cinética E_c

Es la energía que posee un cuerpo por el hecho de estar en **movimiento**. Depende de la masa m y de la velocidad v:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Energía potencial E_p

Es la energía que posee un cuerpo debido a su **posición** y/o **configuración**. La energía potencial **gravitatoria** que posee una masa m situada a una altura h sobre la superficie terrestre vale:

$$E_\mathrm{p} = mgh,$$

donde $h \ll R_\mathrm{T}$ (con R_T el radio de la Tierra) y g es el valor de la aceleración de la gravedad.

Energía mecánica E_m

Es la **suma** de la energía **cinética** E_c y la energía **potencial** E_p:

$$E_m = E_c + E_p$$

Conservación de la energía

- Principio de conservación de la energía mecánica
- Principio de conservación de la energía

(continúa hacia abajo)

👇

Principio de conservación de la energía mecánica

*Cuando sobre un cuerpo actúan únicamente **fuerzas conservativas**, su energía mecánica se conserva.*

Ejemplos de fuerzas conservativas

Fuerzas gravitatorias, elásticas o electrostáticas.

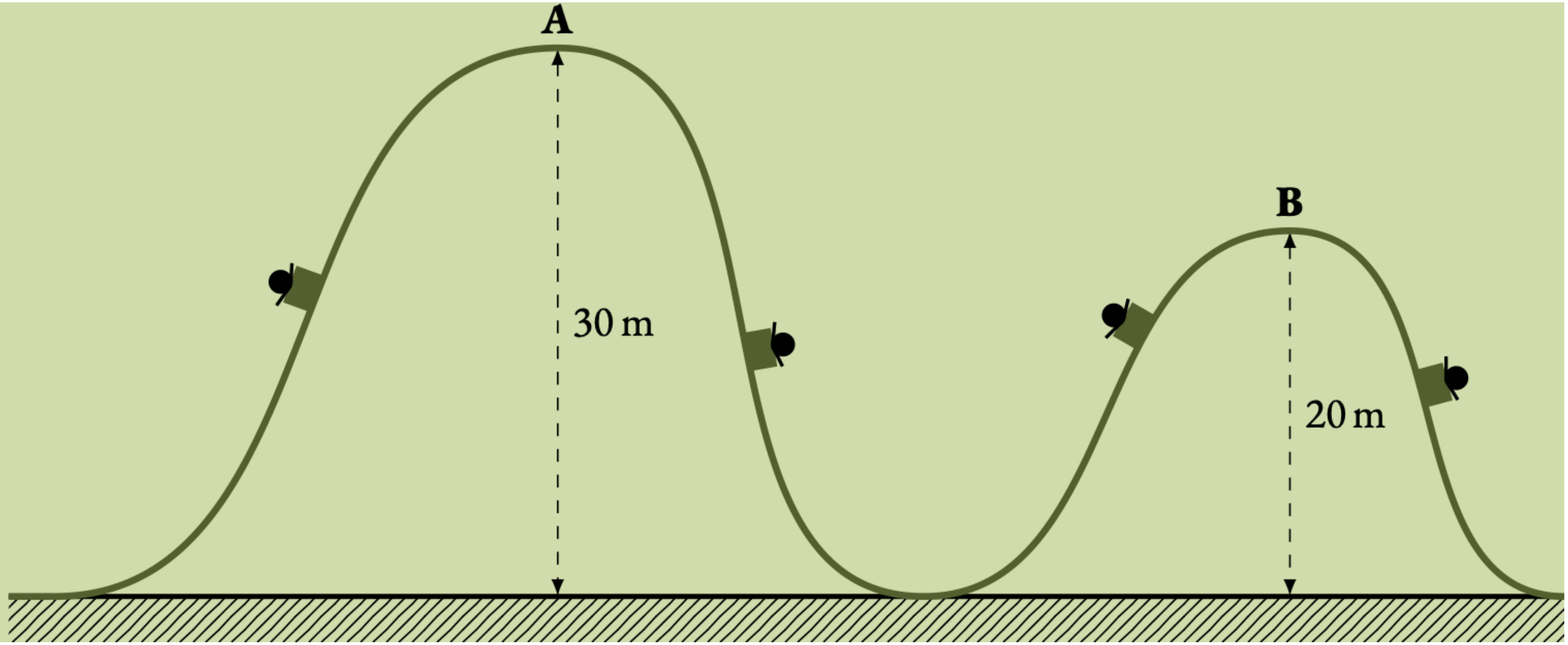
La fuerza de **rozamiento** es un ejemplo de fuerza **no conservativa** o **disipativa**.

Principio de conservación de la energía

*En cualquier proceso de la naturaleza, la energía **total** permanece constante.*

Ejemplo resuelto

“Un carro de 50 kg desliza por una montaña rusa como la de la figura.”



“Si en el punto A su velocidad es de 5 m/s y en el punto B es de 3.2 m/s, calcula:

a) La energía mecánica en A y en B.

b) La energía disipada en forma de calor debido a las fuerzas de rozamiento entre los puntos A y B.”

a) Para calcular la energía mecánica en los puntos A y B utilizamos la expresión:

$$E_{\mathrm{m}} = E_{\mathrm{c}} + E_{\mathrm{p}} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Tanto en A como en B el carro tiene energía cinética (se mueve a una cierta velocidad) y potencial gravitatoria (está a una cierta altura).

$$\text{Punto A}\begin{cases} v_{\mathrm{A}} = 5\,\mathrm{m/s} \\ h_{\mathrm{A}} = 30\,\mathrm{m} \end{cases}$$

$$\text{Punto B}\begin{cases} v_{\mathrm{B}} = 3.2\,\mathrm{m/s} \\ h_{\mathrm{B}} = 20\,\mathrm{m} \end{cases}$$

$$
\begin{aligned}
E_{\mathrm{m_A}} &= \frac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2 + mgh_{\mathrm{A}} \\
&= \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 5^2 + 50 \cdot 9.8 \cdot 30 \\
&= 625 + 14700 = 15325\,\mathrm{J}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
E_{\mathrm{m_B}} &= \frac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2 + mgh_{\mathrm{B}} \\
&= \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 3.2^2 + 50 \cdot 9.8 \cdot 20 \\
&= 256 + 9800 = 10056\,\mathrm{J}
\end{aligned}
$$

b) La energía perdida por rozamiento (en forma de calor) es igual a la diferencia entre la energía inicial (A) y la final (B):

$$\begin{aligned} E_{\mathrm{disipada}} &= E_{\mathrm{m_A}} - E_{\mathrm{m_B}} \\ &= 15325 - 10056 = 5269\,\mathrm{J} \end{aligned}$$

Simulación

Intercambio de energía

La energía se puede intercambiar/transferir mediante:

- Trabajo W
- Calor Q

(continúa hacia abajo)

👇

Trabajo W

El **trabajo** se transfiere cuando entre dos cuerpos se realizan **fuerzas** que provocan desplazamientos o cambios en sus dimensiones.

El trabajo W realizado por una fuerza $\vec{F}$ constante viene dado por:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos \alpha,$$

donde F es el módulo de la fuerza aplicada, d el espacio recorrido y $\cos \alpha$ es el coseno del ángulo formado por la fuerza y el desplazamiento.

Calor Q

El **calor** se transfiere entre dos cuerpos que tienen **diferente temperatura**, de forma que el calor cedido por el cuerpo a mayor temperatura es igual al calor ganado por el que está a menor temperatura:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} = 0$$

Por razones históricas el calor se mide a menudo en **calorías** (1 cal = 4.18 J).

Trabajo y potencia

La **potencia** P es el trabajo W realizado por unidad de tiempo t:

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

(continúa hacia abajo)

👇

En el **SI** la potencia se mide en **vatios** o ***watts*** (1 W = 1 J/s), siendo el **caballo de vapor** (1 CV ≈ 735 W) otra unidad de uso común.

El **kilovatio hora**, kW h, es una unidad de **energía** muy utilizada en la facturación para la energía entregada a los consumidores por las compañías eléctricas:

$$1\ \mathrm{kW\,h} \cdot \frac{1000\ \mathrm{W}}{1\ \mathrm{kW}} \cdot \frac{3600\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{h}} = 3.6 \times 10^6\ \mathrm{W} \cdot \mathrm{s} = 3.6 \times 10^6\ \mathrm{J}$$

Ejemplo resuelto

"Los vecinos de un bloque de pisos se han quejado de que su ascensor, con capacidad para 400 kg, es demasiado lento.
a) ¿Qué potencia deberá tener el nuevo motor que se instale para que pueda subir hasta arriba (supongamos 30 m) en 10 segundos?
b) ¿Cuál es la velocidad media del ascensor?"

a) Para calcular la potencia P utilizamos la expresión:

$$P = \frac{W}{t},$$

donde W es el trabajo que ha de realizar el motor y t es el tiempo.

La fuerza que debe vencer el ascensor es el peso del propio ascensor (supondremos unos 300 kg) más el peso de las personas que vayan dentro, suponiendo que sube lleno.

$$
\begin{aligned}
F &= P_{\text{ascensor}} + P_{\text{personas}} \\
&= m_{\text{ascensor}} \cdot g + m_{\text{personas}} \cdot g \\
&= (m_{\text{ascensor}} + m_{\text{personas}}) \cdot g \\
&= (300\,\text{kg} + 400\,\text{kg}) \cdot 9.8\,\text{N/kg} \\
&= 6860\,\text{N}
\end{aligned}
$$

El trabajo W que deberá realizar el motor será:

$$W = F \cdot h = 6860\,\mathrm{N} \cdot 30\,\mathrm{m} = 205800\,\mathrm{J}$$

La potencia P será por tanto:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{205800\,\mathrm{J}}{10\,\mathrm{s}} = 20580\,\mathrm{W}$$

b) Podemos calcular la velocidad media del ascensor utilizando la expresión:

$$v_{\mathrm{m}} = \frac{h}{t} = \frac{30\ \mathrm{m}}{10\ \mathrm{s}} = 3\ \mathrm{m/s}$$

Como curiosidad, el ascensor más rápido del mundo es capaz de viajar a 21 m/s.

Efectos del calor sobre los cuerpos

- Variación de temperatura
- Dilatación
- Cambios de estado
- Ejemplo resuelto

(continúa hacia abajo)

👇

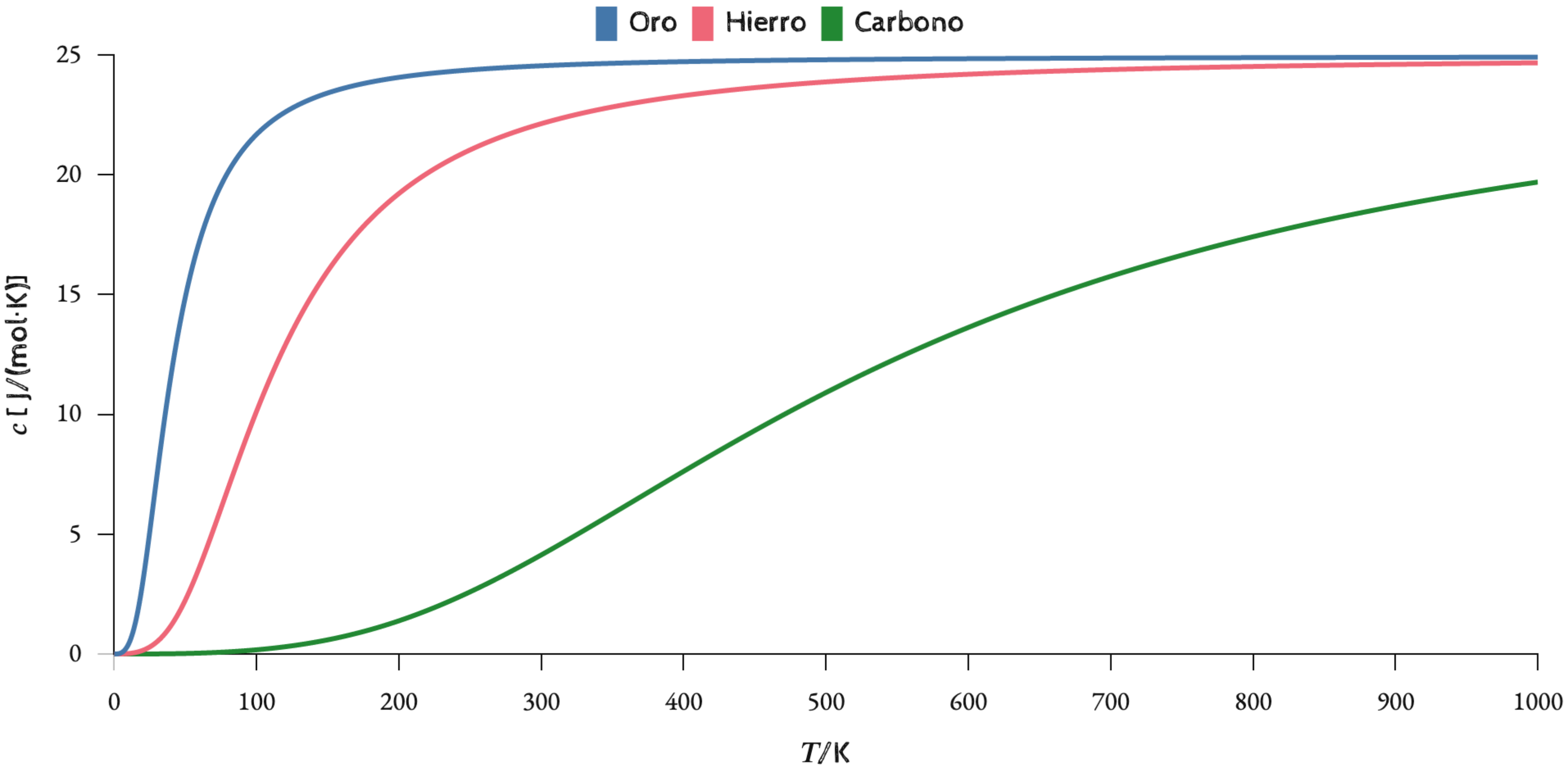
Variación de temperatura

La relación entre el calor Q que se proporciona a una masa m de una sustancia y el incremento de temperatura ΔT viene dada por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T,$$

donde c es el **calor específico** de la sustancia, que representa la cantidad de energía que es necesario suministrar a la unidad de masa de la sustancia para elevar su temperatura en una unidad. En el **SI** se mide en $\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$.

¿Sabes que el calor específico depende de la temperatura?



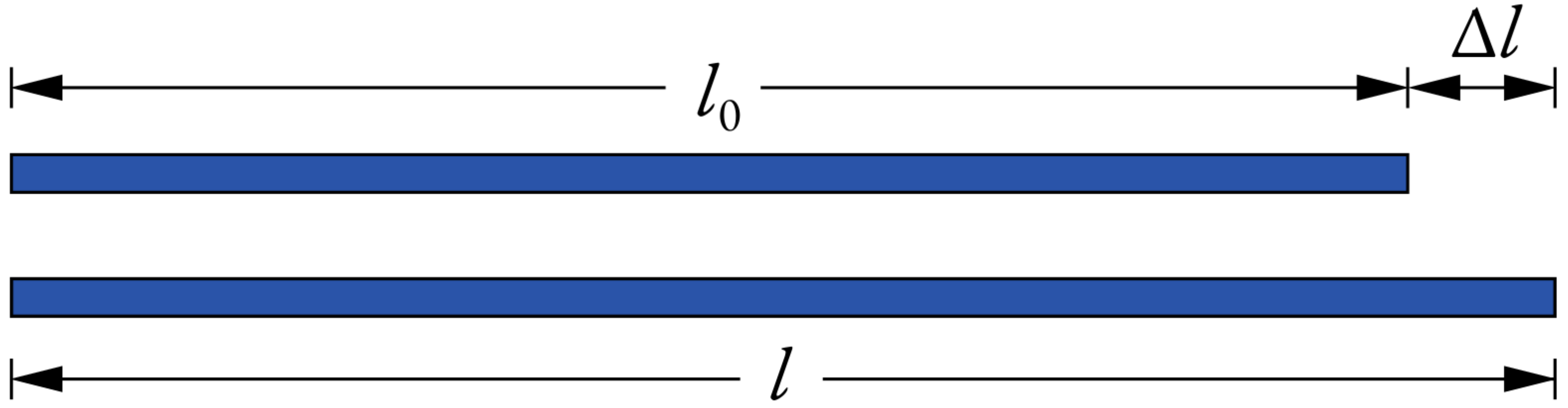
Dilatación

Como regla general, un cuerpo aumenta su volumen (*se dilata*) al aumentar su temperatura.

Una ***excepción*** *notable es la* ***dilatación anómala del agua****, ya que entre 0 °C y 4 °C el agua se contrae debido a que, sorprendentemente, el hielo es menos denso que el agua líquida, razón por la que flota sobre ella.*

Junta de dilatación

Si consideramos una varilla de longitud inicial l_0 a una temperatura inicial T_0 y elevamos su temperatura hasta T, la varilla aumentará su longitud hasta l.



El aumento de longitud experimentado, $\Delta l = l - l_0$, es proporcional a la longitud inicial l_0 y a la variación de temperatura $\Delta T = T - T_0$:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T,$$

donde α es el llamado **coeficiente de dilatación lineal**, cuyas unidades en el **SI** son K^{-1}.

Se puede demostrar que los coeficientes de dilatación superficial y cúbica son el doble y el triple, respectivamente, del lineal:

$$\Delta S = 2\alpha \cdot S_0 \cdot \Delta T; \qquad \Delta V = 3\alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

Cambios de estado

Al transferir calor a un cuerpo, su temperatura aumenta. Al variar la temperatura de un cuerpo, éste puede **cambiar** su **estado** de agregación.

Durante un **cambio** de estado, la **temperatura** del cuerpo permanece **constante**, ya que durante el cambio la energía transferida al cuerpo se emplea en reorganizar las partículas (romper enlaces).

La cantidad de calor Q que es necesario comunicar a una sustancia para que cambie de estado depende de la propia sustancia y de su masa m, a través de la expresión:

$$Q = m \cdot L,$$

donde L es el **calor latente**, que representa la cantidad de energía requerida por la sustancia para cambiar de estado. En el **SI** se mide en J/kg.

Ejemplo resuelto

"Para forjar acero es necesario calentarlo a temperaturas de entre 800 °C y 1000 °C. Si tenemos una espada de acero de 1.2 kg de masa y 1 m de longitud a temperatura ambiente (20 °C) y la calentamos hasta los 900 °C, ¿cuál será su nueva longitud?

Dato: $\alpha_{\text{acero}} = 1.2 \times 10^{-5}\ {}^{\circ}\text{C}^{-1}$."

La expresión:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

la podemos escribir como ($\Delta l = l - l_0$):

$$\begin{aligned} l - l_0 &= \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T \\ l &= l_0 + \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T \\ l &= l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \end{aligned}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\begin{aligned} l &= 1 \cdot [1 + 1.2 \times 10^{-5} \cdot (900 - 20)] \\ &= 1.01\,\mathrm{m}, \end{aligned}$$

es decir, se ha alargado 1 cm aproximadamente.

"Si tras calentar la espada la sumergimos en un tanque cilíndrico de 5 cm de radio y 1 m de altura, lleno de agua a temperatura ambiente (20 °C), ¿a qué temperatura se calentará el agua?

Datos: $d_{\text{agua}} = 1\,\text{kg/L}$; $c_{\text{acero}} = 0.12\,\text{kcal}\,\text{kg}^{-1}\,{}^{\circ}\text{C}^{-1}$; $c_{\text{agua}} = 1\,\text{kcal}\,\text{kg}^{-1}\,{}^{\circ}\text{C}^{-1}$."

La espada cederá calor al agua por estar a mayor temperatura, de tal forma que:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} = 0$$

El calor cedido por la espada es:

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{espada}} \cdot c_{\text{acero}} \cdot (T_{\text{e}} - T_{\text{espada}}),$$

con $m_{\text{espada}} = 1.2\,\text{kg}$, $c_{\text{acero}} = 0.12\,\text{kcal}\,\text{kg}^{-1}\,{}^{\circ}\text{C}^{-1}$, $T_{\text{espada}} = 900\,{}^{\circ}\text{C}$ y T_{e} la temperatura final de equilibrio de la mezcla (en °C).

Sustituyendo valores:

$$Q_{\text{cedido}} = 0.144 T_{\text{e}} - 129.6\,[\text{kcal}]$$

El calor ganado por el agua es:

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (T_{\text{e}} - T_{\text{agua}}),$$

con $c_{\text{agua}} = 1\,\text{kcal}\,\text{kg}^{-1}\,{}^{\circ}\text{C}^{-1}$, $T_{\text{agua}} = 20\,{}^{\circ}\text{C}$ y T_{e} la temperatura final de equilibrio de la mezcla (en °C).

Para calcular la masa de agua necesitamos primero calcular su volumen, para después obtener la masa a partir de la densidad:

$$V_{\text{agua}} = \pi r^2 h \text{ (cilindro)},$$

donde $r = 5\,\text{cm} = 0.05\,\text{m}$ y $h = 1\,\text{m}$:

$$\begin{aligned} V_{\text{agua}} = \pi r^2 h = \pi \cdot 0.05^2 \cdot 1 &= 0.0079\,\text{m}^3 \\ &= 7.9\,\text{L} \end{aligned}$$

Como la densidad del agua es $d_{\text{agua}} = 1\,\text{kg/L}$:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = V \cdot d = 7.9\,\text{kg}$$

Así que podemos escribir:

$$Q_{\text{ganado}} = 7.9T_{\text{e}} - 157.1\ [\text{kcal}]$$

Imponiendo la **conservación de la energía**:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} = 0$$
$$0.144T_{\text{e}} - 129.6 + 7.9T_{\text{e}} - 157.1 = 0$$

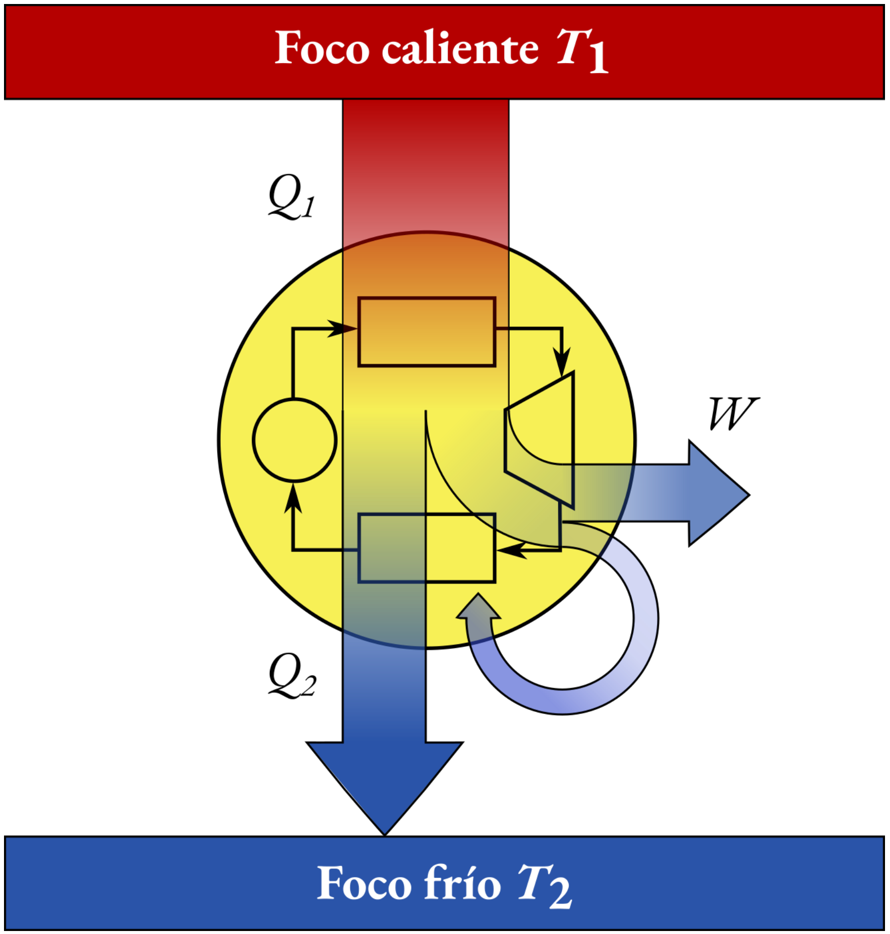
de donde despejamos $T_{\text{e}} = 35.8\,^{\circ}\text{C}$.

Máquinas térmicas

Consideramos una **máquina térmica** a un sistema que funciona **periódicamente** entre dos focos a distinta temperatura, y transforma parte del calor absorbido del foco caliente en trabajo, cediendo otra parte al foco frío.

(continúa hacia abajo)

👇



Esquema de una **máquina térmica**.

Rendimiento energético

Llamamos **rendimiento energético**, η, al cociente entre el *beneficio* y el *coste*:

$$\eta = \frac{\text{trabajo que obtengo}}{\text{calor que consumo}}$$

Para un **motor**:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} < 1$$

Si la máquina **invierte el ciclo**, hablaríamos de una **máquina frigorífica**, cuyo rendimiento viene dado por la relación:

$$\eta = \frac{|Q_2|}{W} = \frac{|Q_2|}{Q_1 - |Q_2|} > 1$$

Para una **calefacción**, tendríamos:

$$\eta = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - |Q_2|} > 1$$

Se puede demostrar que el rendimiento de una **máquina térmica ideal** (llamada **máquina de Carnot**) solo depende de las temperaturas de ambos focos:

$$\eta_{\text{ideal}} = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

que es el máximo rendimiento que puede obtenerse para un ciclo térmico que se realiza entre dos fuentes con estas temperaturas.