



# ENERGIA, TREBALL I CALOR

4t ESO

Rodrigo Alcaraz de la Osa. Traducció: Eduard Cremades (🐦 @eduardcremades)



L'**energia** és la capacitat per a realitzar un treball, i es mesura en **joules** ( $1\text{ J} = 1\text{ kg m}^2\text{ s}^{-2}$ ).

## Energies cinètica, potencial i mecànica

### Energia cinètica $E_c$

És l'energia que posseeix un cos pel fet d'estar en **moviment**. Depèn de la massa  $m$  i de la velocitat  $v$ :

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

### Energia potencial $E_p$

És l'energia que posseeix un cos a causa de la seva **posició** o **configuració**. L'energia potencial **gravitatòria** que posseeix una massa  $m$  situada a una altura  $h$  sobre la superfície terrestre val:

$$E_p = mgh,$$

quan  $h \ll R_T$  (on  $R_T$  és el radi de la Terra) i  $g$  és el valor de l'acceleració de la gravetat.

### Energia mecànica $E_m$

És la **suma** de l'energia **cinètica**  $E_c$  i l'energia **potencial**  $E_p$ :

$$E_m = E_c + E_p$$

## Conservació de l'energia

### Principi de conservació de l'energia mecànica

*Quan sobre un cos actuen únicament **forces conservatives**, la seva energia mecànica es conserva.*

Exemples de **forces conservatives**: forces gravitatòries, elàstiques o electroestàtiques.

La força de **fregament** és un exemple de força **no conservativa** o **dissipativa**.

### Principi de conservació de l'energia

*En qualsevol procés de la naturalesa, l'energia **total** es manté constant.*

## Intercanvi d'energia

L'energia es pot intercanviar/transferir mitjançant **treball** o **calor**.

### Treball $W$

El **treball** es transfereix quan entre dos cossos es realitzen **forces** que provoquen desplaçaments o canvis en les seves dimensions.

El treball  $W$  realitzat per una força  $\vec{F}$  constant és expressat per:

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

on  $F$  és el mòdul de la força aplicada,  $d$  l'espai recorregut i  $\cos \alpha$  és el cosinus de l'angle format per la força i el desplaçament.

### Calor $Q$

La **calor** es transfereix entre dos cossos que tenen **diferent temperatura**, de forma que la calor cedida pel cos a major temperatura és igual a la calor guanyada pel que està a menor temperatura:  $Q_{\text{cedida}} + Q_{\text{guanyada}} = 0$ .

Per raons històriques la calor es mesura normalment en **calories** ( $1\text{ cal} = 4.18\text{ J}$ ).

## Treball i potència

La **potència**  $P$  és el treball  $W$  realitzat per unitat de temps  $t$ :

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

En el **SI** la potència es mesura en **watts** ( $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$ ), sent el **cavall de vapor** ( $1\text{ CV} \approx 735\text{ W}$ ) una altra unitat d'ús comú.

El **kilowatt hora**,  $\text{kWh}$ , és una unitat d'**energia** molt utilitzada en la facturació per a l'energia entregada als consumidors per les companyies elèctriques:

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

## Efectes de la calor sobre els cossos

### Variació de temperatura

La relació entre la calor  $Q$  que es proporciona a una massa  $m$  d'una substància i l'increment de temperatura  $\Delta T$  és expressada per:

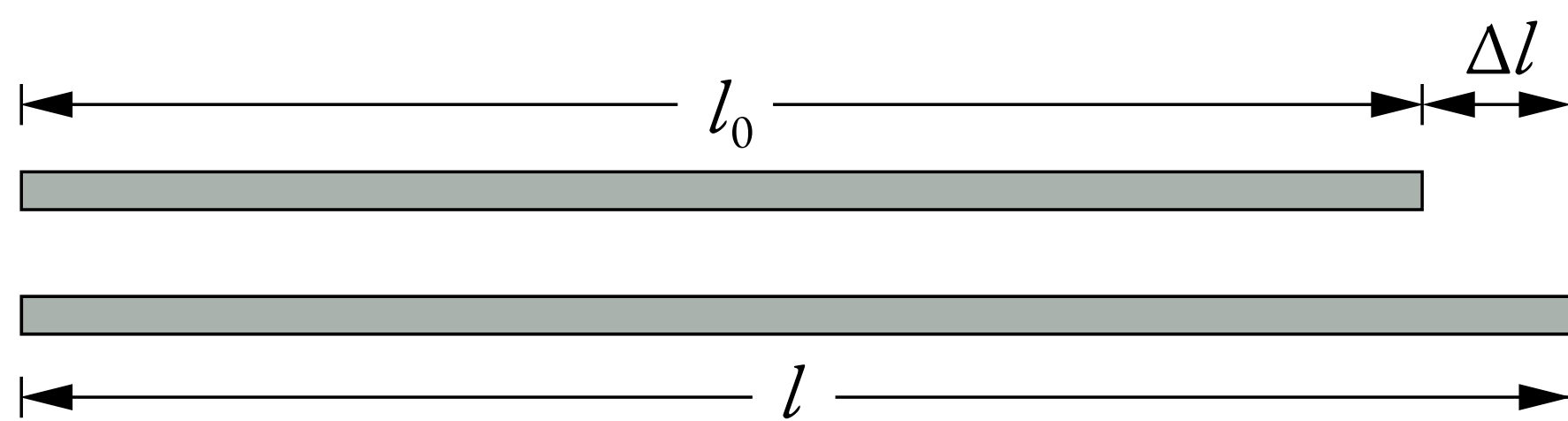
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T,$$

on  $c$  és la **calor específica** de la substància, que representa la quantitat d'energia que és necessari subministrar a la unitat de massa de la substància per elevar la seva temperatura en una unitat. En el **SI** es mesura en  $\text{J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .

### Dilatació

Com a regla general, un cos augmenta el seu volum (*es dilata*) en augmentar la seva temperatura.

Si considerem una vareta de longitud inicial  $l_0$  a una temperatura inicial  $T_0$  i elevem la seva temperatura fins  $T$ , la vareta augmentarà la seva longitud fins  $l$ . L'augment de longitud experimentat,  $\Delta l = l - l_0$ , és proporcional a la longitud inicial  $l_0$  i a la variació de temperatura  $\Delta T = T - T_0$ :

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


on  $\alpha$  és l'anomenat **coeficient de dilatació lineal**, les unitats del qual en el **SI** són  $\text{K}^{-1}$ . Es pot demostrar que els coeficients de dilatació superficial i cúbica són el doble i el triple, respectivament, del lineal:

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

### Canvis d'estat

En transferir calor a un cos, la seva temperatura augmenta. En variar la temperatura d'un cos, aquest pot **canviar** el seu **estat** d'agregació.

**Durant** un **canvi** d'estat, la **temperatura** del cos es manté **constant**, ja que l'energia transferida al cos s'utilitza en reorganitzar les partícules (trencar enllaços).

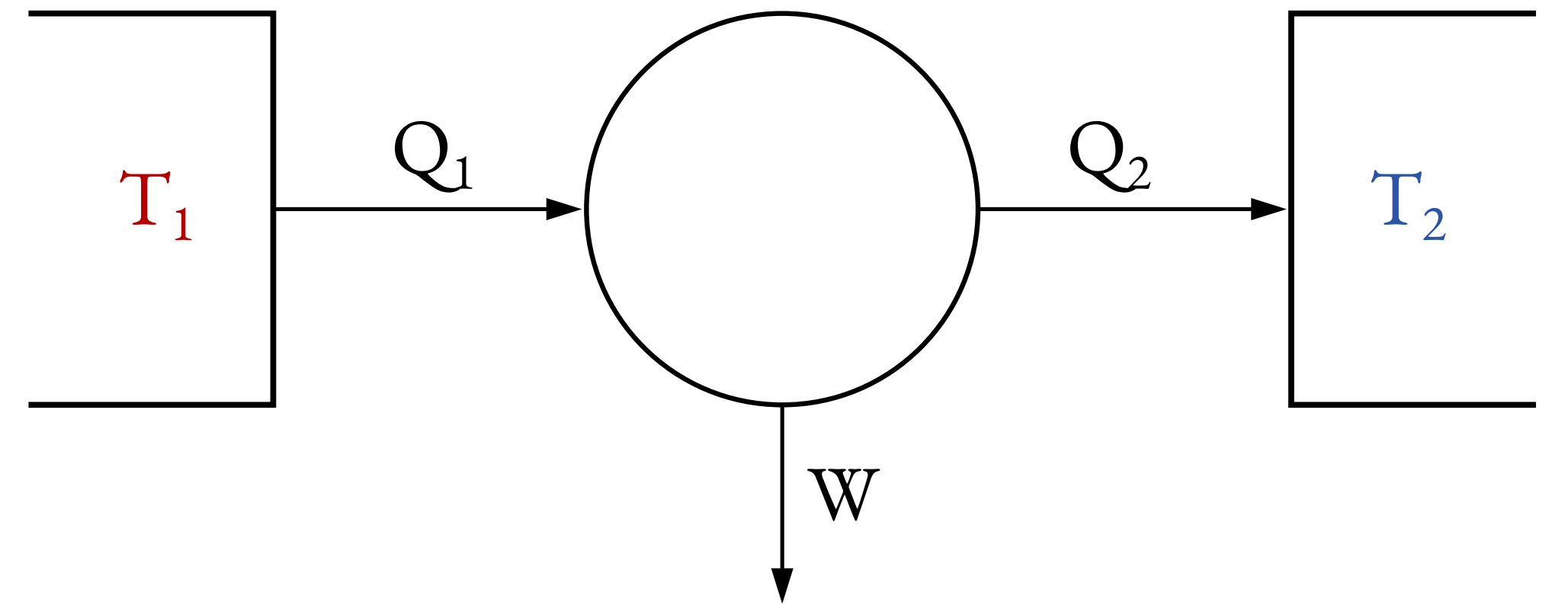
La quantitat de calor  $Q$  que és necessari comunicar a una substància perquè canviï d'estat depèn de la pròpia substància i de la seva massa  $m$ , a través de l'expressió:

$$Q = m \cdot L,$$

on  $L$  és la **calor latent**, que representa la quantitat d'energia requerida per la substància per canviar d'estat. En el **SI** es mesura en  $\text{J/kg}$ .

## Màquines tèrmiques

Considerem una **màquina tèrmica** a un sistema que funciona **periòdicament** entre dos focus a diferent temperatura, i transforma part de la calor absorbida del focus calent en treball, cedint una altra part al focus fred:



**Figura 1.** Esquema d'una **màquina tèrmica**. La màquina absorbeix calor des de la font calenta  $T_1$  i cedeix calor a la freda  $T_2$ , produint treball:  $Q_1 = W + |Q_2|$ . Adaptada de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carnot\\_heat\\_engine\\_2.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carnot_heat_engine_2.svg).

### Rendiment energètic

Anomenem **rendiment energètic**,  $\eta$ , al quocient entre el *benefici* i el *cost*:

$$\eta = \frac{\text{treball que obtinc}}{\text{calor que consumeixo}}$$

Per a un **motor**:

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

Es pot demostrar que el rendiment d'una **màquina tèrmica ideal** (anomenada **màquina de Carnot**) només depèn de les temperatures d'ambdós focus:

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

que és el màxim rendiment que pot obtenir-se per a un cicle tèrmic que es realitza entre dues fonts amb aquestes temperatures.

### Motor d'explosió

Es tracta d'una **màquina tèrmica** de **combustió interna** produïda per una guspira elèctrica. Es pot considerar a **volum constant**. El més utilitzat és el de **quatre temps** (gasolina), sent el **cicle d'Otto** l'aproximació més utilitzada:

