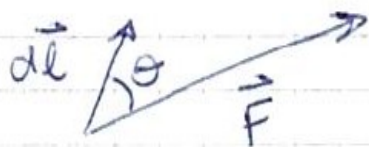


Trabajo de una fuerza en mecánica

En mecánica, el trabajo de una fuerza \vec{F} a lo largo de un desplazamiento $d\vec{l}$ es:

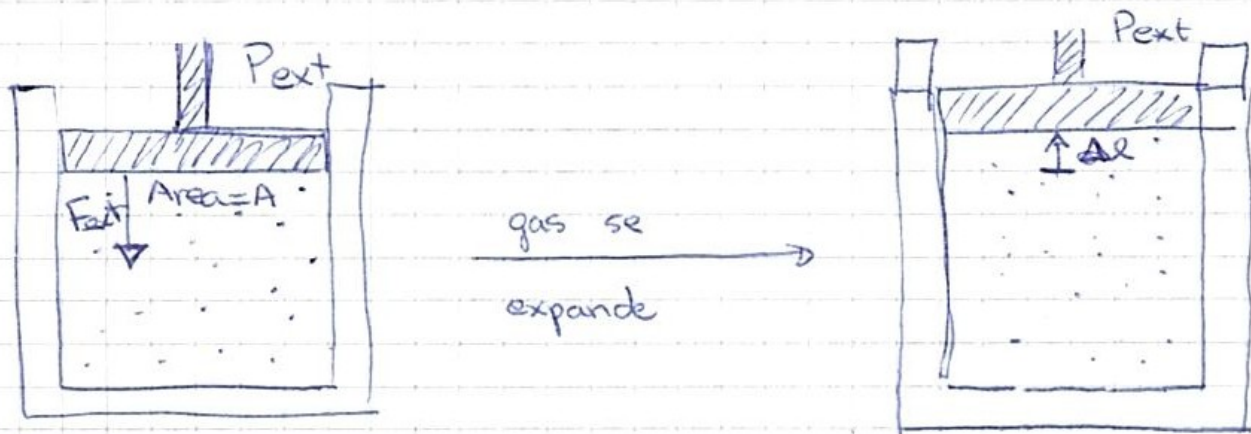
$$W = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F \cos \theta \, dl$$



$$\text{si } \theta < 90^\circ \Rightarrow W > 0$$

$$\theta > 90^\circ \Rightarrow W < 0$$

Trabajo en un cambio de volumen en termodinámica (3-2)



Se está aplicando una fuerza externa sobre sistema

$$F_{ext} = P_{ext} A$$

Se produjo un desplazamiento Δl , positivo, $\blacksquare \leftrightarrow V_f > V_i$

El trabajo de la fuerza externa sería

$$\Delta W = -F_{\text{ext}} \cdot \Delta l$$

↳ en mecánica pondríamos ese signo, ya que $\vec{F} \parallel -d\vec{l}$

En termodinámica cambiamos la convención de signos, y ponemos:

$$\Delta W = F_{\text{ext}} \cdot \Delta l$$

$$= P_{\text{ext}} \underbrace{A \Delta l}_{dV}$$

$$\Delta W = P_{\text{ext}} \Delta V$$

TRABAJO EXTERNO

Si la presión interna es $P_{int} \approx P_{ext}$, podemos reemplazar:

$$dW = P_{int} dV$$

Si se realiza un cambio de volumen finito $V: V_a \rightarrow V_b$, y

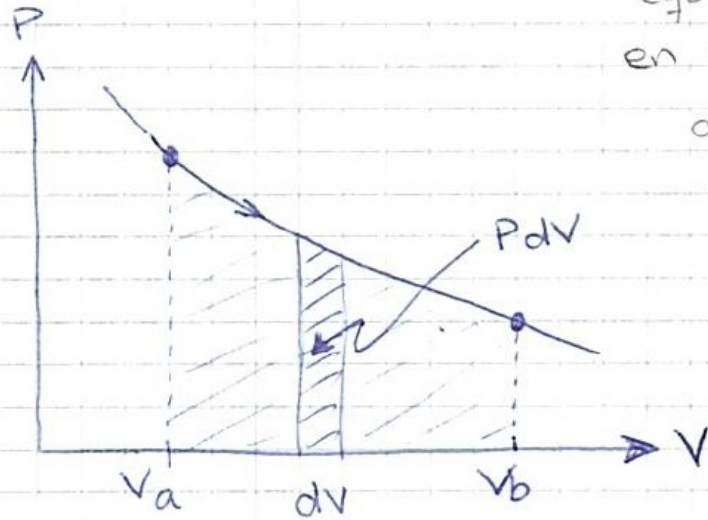
se ~~pasada~~ obtiene

$$W = \int_{V_a}^{V_b} P_{int}(V) dV$$

proceso reversible finito

↳ a partir de la ecuación de estado y la naturaleza del proceso

Interpretación gráfica



Reversible: sistema en equilibrio termodinámico en todo momento y además $P = P_{ext}$

$$\Rightarrow d'w = P dV$$

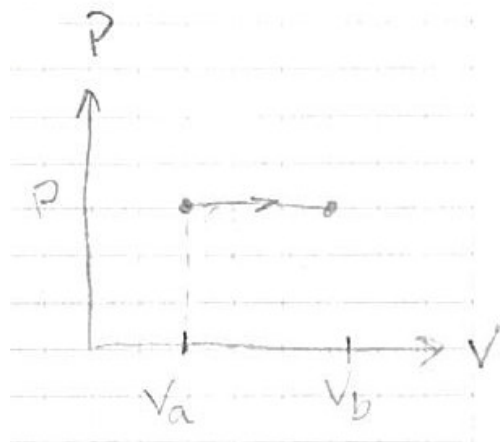
$W =$ área debajo de la curva.

con signo: $\text{sgn}(V_f - V_i)$

CALCULO DEL TRABAJO EN ALGUNAS TRANSFORMACIONES REVERSIBLES:

Trabajo $\int P dV$ en proceso isobárico

$$W = \int_{V_a}^{V_b} P dV = P \int_{V_a}^{V_b} dV = P (V_b - V_a)$$



Trabajo isotérmico sobre gas ideal

Gas ideal $PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$

Trabajo isotérmico sobre gas ideal

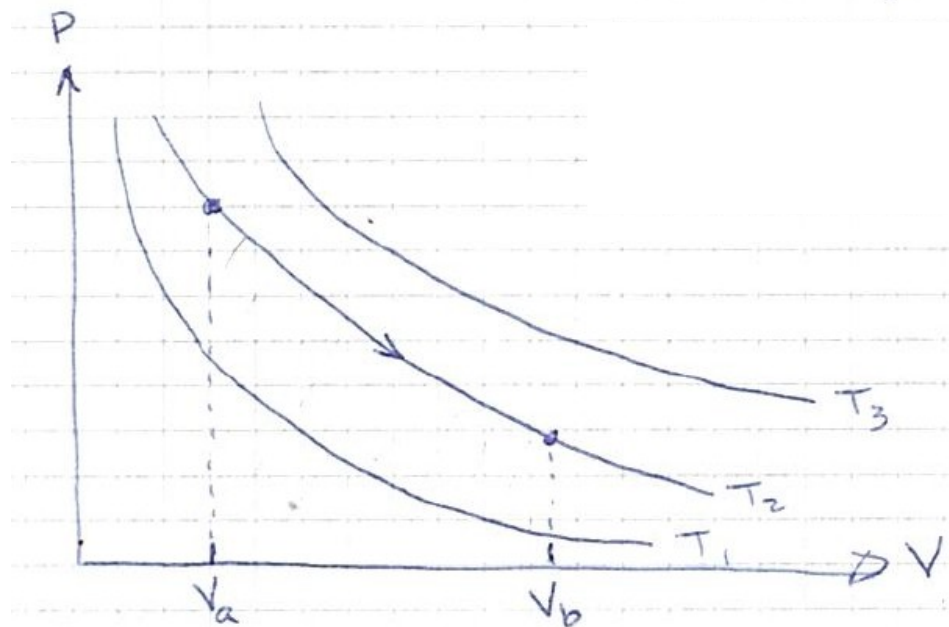
$$W = \int_{V_a}^{V_b} P \, dV = \int_{V_a}^{V_b} \frac{nRT}{V} \, dV =$$

$$= nRT \int_{V_a}^{V_b} \frac{dV}{V} = nRT \ln V \Big|_{V_a}^{V_b}$$

↑
isotérmico

$$= nRT (\ln V_b - \ln V_a) = nRT \ln \left(\frac{V_b}{V_a} \right)$$

Trabajo isotérmico sobre gas ideal



$$W = \int_{V_b}^{V_a} P \, dV = - \int_{V_a}^{V_b} P \, dV =$$

Primer principio de la termodinámica (LEER 3-6)

(SS, p. 85)

El trabajo total es el mismo en todos los procesos adiabáticos que tienen lugar entre dos estados de equilibrio. (suponer que las energías cinética y potencial son iguales en los estados inicial y final).

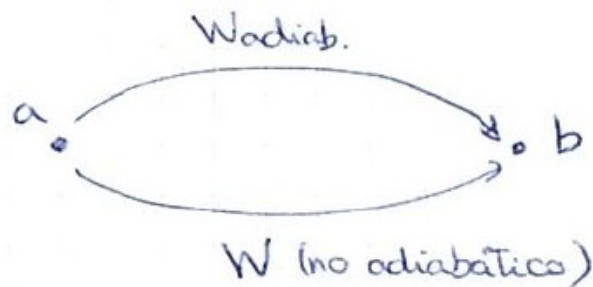
Nos permite definir una función de estado, U , energía interna, cuya variación a través de cualquier proceso adiabático entre estados "a" y "b", es igual al trabajo adiabático realizado por el sistema.

$$\Delta U = -W_{\text{adiab.}}$$

Flujo de calor

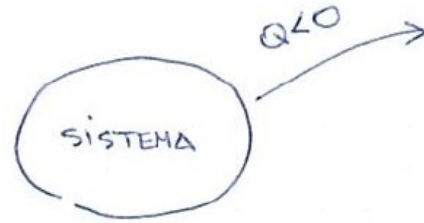
Primer ppio: $\Delta U = -W_{\text{adiab.}}$

Sea proceso no adiabático (sin aislación térmica).

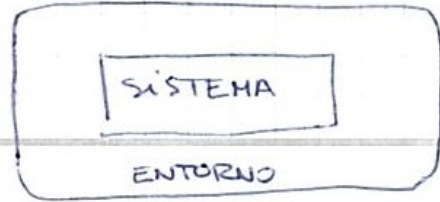


Def:

$$Q \equiv W - W_{\text{adiab.}}$$



Flujo de calor reversible



$T_S \approx T_E$: flujo de Q puede invertirse
con cambios infinitesimales en T_S o T_E

\Rightarrow ES REVERSIBLE

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = W - W_{\text{adiab.}} \\ \Delta U = - W_{\text{adiab.}} \end{array} \right\} \Rightarrow Q = W + \Delta U \rightarrow \boxed{\Delta U = Q - W}$$

En forma diferencial: $\boxed{dU = d'Q - d'W}$

Las diferenciales $d' \dots$ dependen del camino elegido.

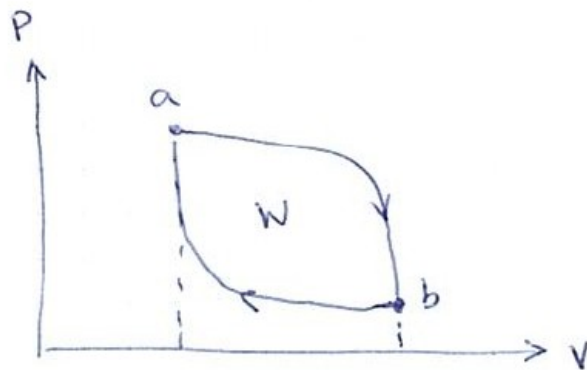
($d \dots$ no dependen del camino, sólo de estados inicial y final.)

El flujo de calor depende de la trayectoria

$$Q = \Delta U + W \quad \text{ó} \quad d'Q = dU + d'W$$

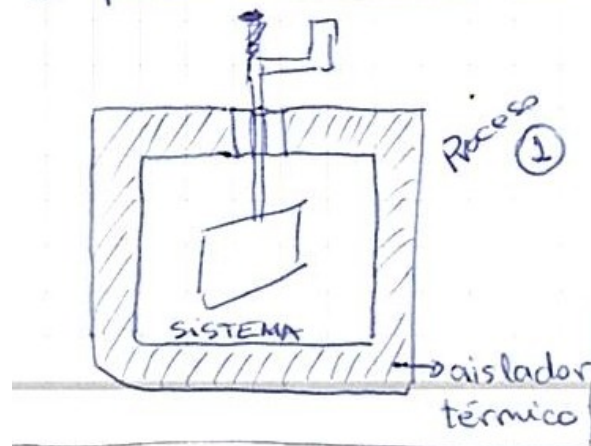
como W depende de la trayectoria y ΔU no $\Rightarrow Q$ depende.

Proceso cíclico:



$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W \neq 0$ El sistema realiza trabajo neto y recibe calor.

Equivalente mecánico del calor: experimento de Joule



Proceso ① $\left\{ \begin{array}{l} \text{Trabajo disipativo: } W_d < 0 \\ Q = 0, W_{\text{conf}} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow U_b - U_a = |W_d|$

Proceso ② $\left\{ \begin{array}{l} W_d = 0, W_{\text{conf}} = 0 \\ Q \neq 0 \end{array} \right\} \Rightarrow U_b - U_a = Q$

$$\Rightarrow |W_d| = Q$$

$$1 \text{ caloria a } 15^\circ\text{C} = 4,1858 \text{ J}$$

Capacidad calorífica

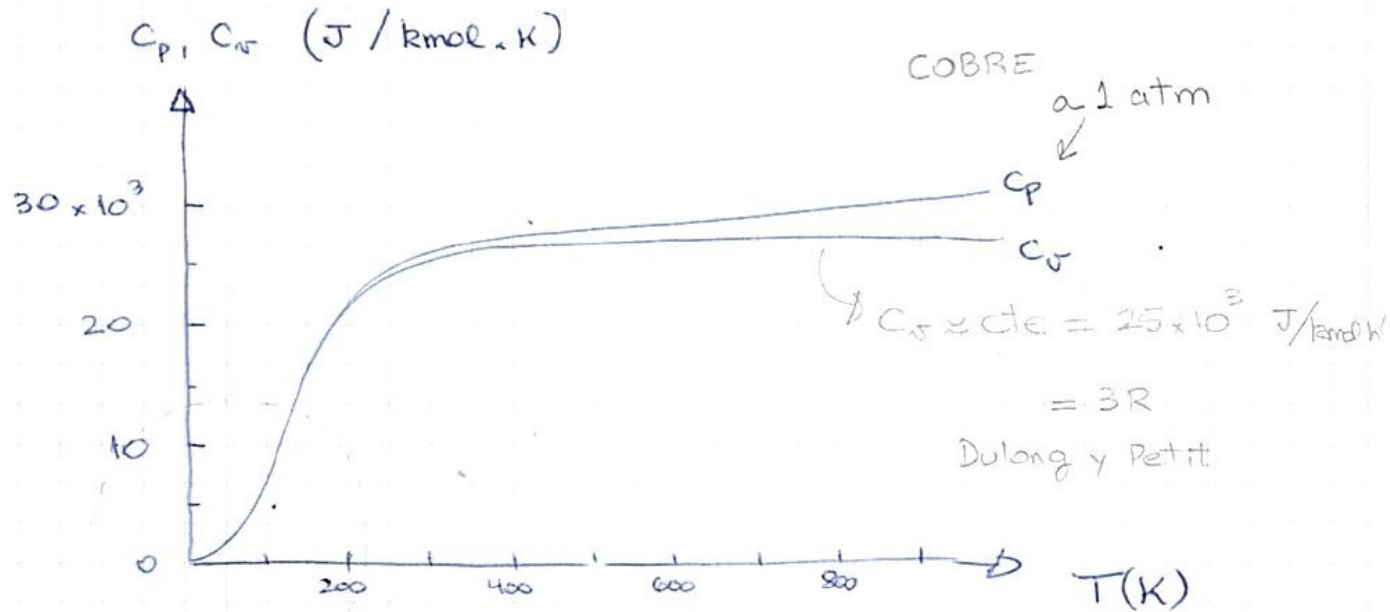
$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T} = \frac{d'Q}{dT}$$

$$[c] = \frac{[Q]}{[T]} = \frac{J}{K}$$

Especificar proceso $\begin{cases} \rightarrow P = \text{cte} : C_p \\ \rightarrow V = \text{cte} : C_v \end{cases}$

Propiedad intensiva : calor específico

$$c \equiv \frac{C}{m} \quad \text{o} \quad c \equiv \frac{C}{n} \text{ (molar)}$$



régimen cuántico