Calorimetría

Variación de Temp

$$\sum_i Q_i = 0 \quad \text{con} \quad \begin{cases} Q_i = m_i \cdot c_i \cdot \Delta T_i \\ Q_i = m_i \cdot L^{(i)} \end{cases}$$

Cambio de fase

Variación de Temp

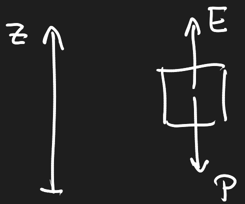
$$\Delta S_i = \int \frac{dQ_i}{T} = \int_{273\,K}^{333\,K} \frac{m_i \cdot c_i \cdot dT}{T}$$

$$\Delta S_{univ} = \sum_i \Delta S_i \quad \text{con}$$

$$\Delta S_i = \frac{m_i \cdot L^{(i)}}{T}$$

Cambio de fase

Fluidos



$$E - P = m_c \cdot \ddot{z}$$

datos del Cubo

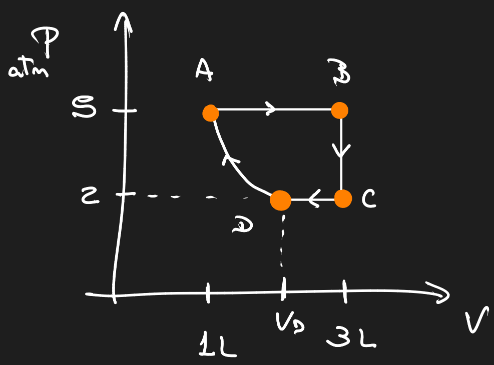
$$E - P = \underbrace{\rho_L \cdot V_L}_{\text{m del líquido desplazado}} \cdot g - \underbrace{\rho_c \cdot V_c}_{m_c} \cdot g$$

Bernoulli : $E = p_{Atm} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h$

Caudal $Q = Area \cdot v$

Ciclos (ejercicios)

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$



	P_{atm}	V_L	T
A	5	1	
B	5	3	
C	2	3	
D	2	V_D	

$$T_A = \frac{P_A \cdot V_A}{n \cdot R}$$

isoterma

$$T_D = \frac{P_D \cdot V_D}{n \cdot R}$$

$$\Rightarrow \frac{P_A \cdot V_A}{n \cdot R} = \frac{P_D \cdot V_D}{n \cdot R}$$

$$P_A \cdot V_A = P_D \cdot V_D$$

$$V_D = \frac{P_A \cdot V_A}{P_D} = \frac{5\,atm \cdot 1L}{2\,atm} = 2{,}5\,L$$

1° Principio:

$$\Delta U = Q - W$$

	ΔU	Q	W
A → B			10
B → C			
C → D			
D → A			

A → B: P cte $\Rightarrow W = \int p \cdot dV = p_A \cdot (V_B - V_A)$

$$= 5\,atm \cdot 2L = 10\,atm \cdot L$$

gas ideal

$$\Delta U \overset{\downarrow}{=} n \cdot C_v \cdot \Delta T \qquad T_A = \frac{P_A \cdot V_A}{n \cdot R} \qquad T_B = \frac{P_B \cdot V_B}{n \cdot R}$$

$$= n \cdot C_v \cdot \left(\frac{P_B \cdot V_B}{n \cdot R} - \frac{P_A \cdot V_A}{n \cdot R}\right)$$

$$\Delta U = \cancel{n} \cdot \frac{3}{2} \cdot \cancel{R} \cdot \left(\frac{5,3 - 5,1}{\cancel{n}\,\cancel{R}} \right) \text{ atm.L}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 10 = 15 \text{ atm.L}$$

$$\Rightarrow 15 \text{ atm L} = Q - 10 \text{ atm.L}$$

$$Q = 25 \text{ atm L}$$

	ΔU	Q	W
$A \to B$	15	25	10
$B \to C$			
$C \to D$			
$D \to A$			

$\underline{B \to C}$: V cte $\Rightarrow$ $W = \int p \cdot dV = 0$

$$\Rightarrow \Delta U = Q$$

gas ideal

$$\Delta U \overset{\downarrow}{=} n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$= n \cdot \frac{3}{2} R \cdot \left(\frac{P_C \cdot V_C}{n \cdot R} - \frac{P_B \cdot V_B}{n R} \right)$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \left(2 \cdot 3 - 5 \cdot 3 \right) \text{ atm L}$$

$$= -\frac{27}{2} \text{ atm. L}$$

	ΔU	Q	W
$A \to B$	15	25	10
$B \to C$	$-\frac{27}{2}$	$-\frac{27}{2}$	0
$C \to D$			
$D \to A$			

$\underline{C \to D}$: p cte $\Rightarrow$ $W = p_C \cdot (V_D - V_C)$

$= 2\,atm\,(2{,}5\,L - 3\,L)$

$= -1\ atm.L$

$\Delta U = n \cdot C_v \cdot (T_D - T_C)$

$= \cancel{n} \cdot \frac{3}{2}\cancel{R} \cdot \left(\frac{P_D\, V_D}{n\cancel{R}} - \frac{P_C\, V_C}{n\cancel{R}} \right)$

$= \frac{3}{2} \cdot \big(\underbrace{2 \cdot 2{,}5 - 2 \cdot 3}_{-1} \big)\ atm.L$

$= -\frac{3}{2}\ atm.L$

	ΔU	Q	W
$A \to B$	15	25	10
$B \to C$	$-\frac{27}{2}$	$-\frac{27}{2}$	0
$C \to D$	$-\frac{3}{2}$	$-\frac{5}{2}$	-1
$D \to A$			

$-\frac{3}{2}\ atm.L = Q + 1\ atm.L$

$\Rightarrow Q = -\frac{5}{2}\ atm\ L$

$\underline{D \to A}$: Isoterma : $\Delta U = 0$

$W = \int p \cdot dV = n.R.T_A \cdot \int_{2{,}5}^{1} \frac{1}{V}\, dV$

$= \underbrace{n \cdot R \cdot T_A}_{} \cdot \ln\left(\frac{1}{2{,}5}\right)$ $P.V = n.R.T$

$= P_A \cdot V_A \cdot \ln(0{,}4)$

$= 5\,atm \cdot 1\,L \cdot \ln(0{,}4)$

$W = 5 \ln(0{,}4)\ atm\,L = -4{,}58\ atm\,L$

$\Rightarrow Q = -4{,}58\ atm\,L$

	ΔU	Q	W
$A \to B$	15	25	10
$B \to C$	$-\frac{27}{2}$	$-\frac{27}{2}$	0
$C \to D$	$-\frac{3}{2}$	$-\frac{5}{2}$	-1
$D \to A$	0	$-4{,}58$	$-4{,}58$

b) Eficiencia:

Recordar: como $W_{tot} > 0$ es una Expansión!

$$\varepsilon = \frac{W_{Tot}}{Q_{Abs}} = \frac{4{,}42}{25}$$

$\Rightarrow$ es máquina Térmica.

Recordar!

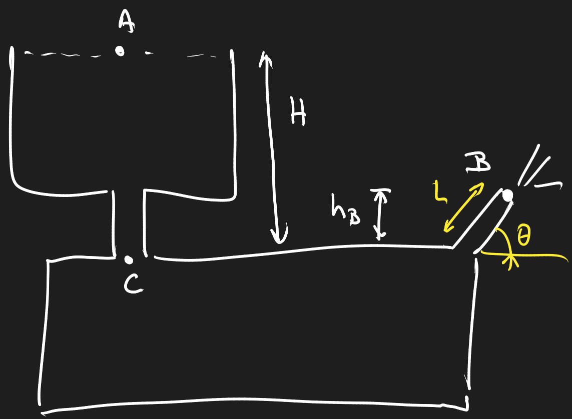
Absorve $Q > 0$

Pierde $Q < 0$

$\varepsilon = 0{,}18$

c) ΔU es función de Estado $\therefore$ siempre vale cero para un ciclo cerrado, no importa si es rev. ó irrev.

Recordar



$$E_A = E_C$$

$$\cancel{1atm} + \rho \cdot g \cdot H = \cancel{1atm} + \frac{1}{2}\rho \cdot v_c^2 + 0$$

$$\cancel{\rho} \cdot g \cdot H = \frac{1}{2}\cancel{\rho} \cdot v_c^2$$

$$v_c^2 = 2gH$$

$$v_c = \sqrt{2gH}$$

$$E_A = E_B$$

$$\cancel{1atm} + \rho \cdot g \cdot H = \cancel{1atm} + \frac{1}{2}\rho \cdot v_B^2 + \rho \cdot g \cdot h_B$$

$$g \cdot H = \frac{1}{2} \cdot v_B^2 + g h_B$$

$$g \cdot (H - h_B) = \frac{1}{2} \cdot v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2g(H - h_B)}$$

SOH CAH

$$\sin\theta = \frac{h_B}{L}$$

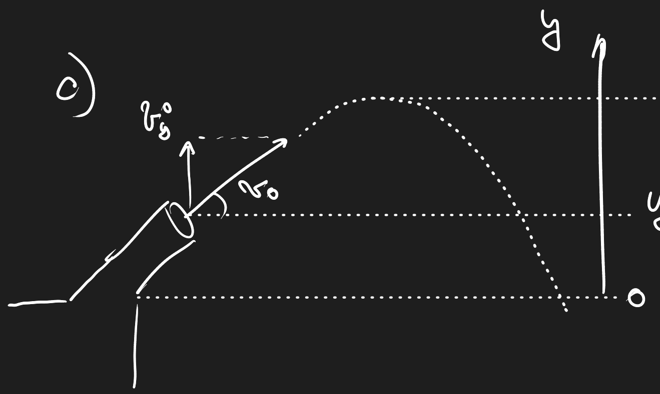
$$v_B = \sqrt{2g(H - L \cdot \sin\theta)}$$

$$\begin{cases} H = 10\,m \\ L = 2\,m \\ \theta = 30^\circ \end{cases}$$

$$v_B = \sqrt{180 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$v_B = 13{,}42 \frac{m}{s}$$

c)



y_{max}

$y_0 = 1\,m$

$v_0 := v_B$

$$\begin{cases} v(t) = v_y^0 - g \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_y^0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{cases}$$

SOH

$$\sin 30^\circ = \frac{v_y^0}{v_0}$$

$$v(t) = v_y^0 - g \cdot t$$

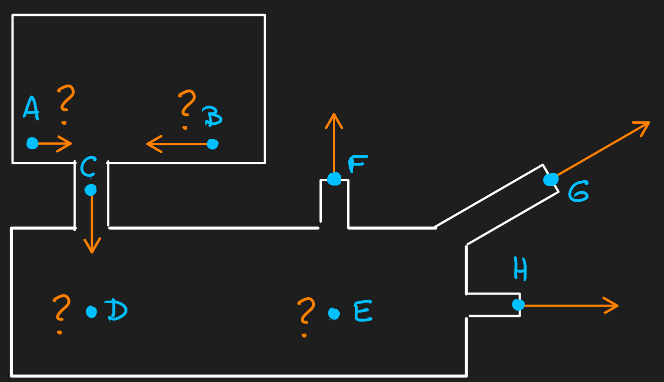
$$0 \frac{m}{s} = \frac{1}{2} \cdot 13.42 \frac{m}{s} - 10 \frac{m}{s^2} \cdot t$$

$$t_{max} = 0{,}671\ s$$

$$\Rightarrow y_{max} = y(t_{max})$$

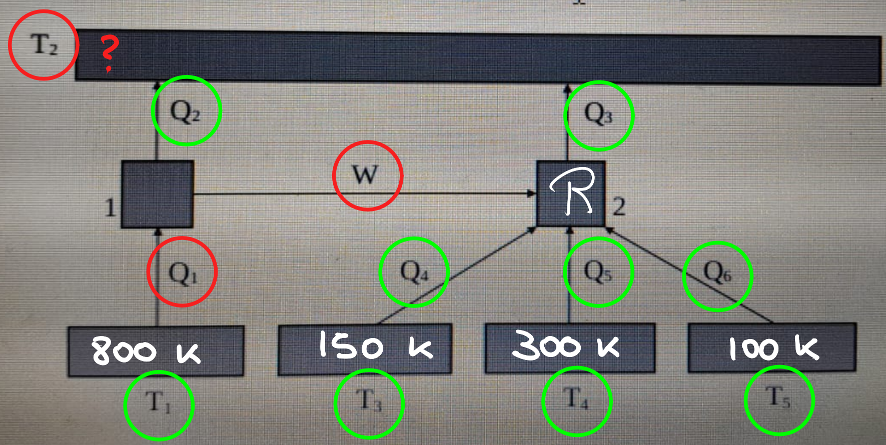
$$= 1\,m + \frac{1}{2} \cdot 13.42 \frac{m}{s} \cdot 0{,}671\,s - \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot (0{,}671\,s)^2$$

$$\boxed{y_{max} = 3{,}25\ m}$$



20. Sean las máquinas de la figura. Se sabe que la máquina 2 es reversible.
a) Halle la eficiencia de la máquina 1.
b) Calcule la temperatura de la fuente 2.
c) ¿Es reversible la máquina 1? Justifique.
d) Calcule la variación de entropía del universo.

Datos: $T_1 = 800°K$; $T_3 = 150°K$; $T_4 = 300°K$; $T_5 = 100°K$.
$Q_2 = 400$ cal ; $Q_3 = 400$ cal ; $Q_4 = 100$ cal ; $Q_5 = 70$ cal ; $Q_6 = 10$ cal



a) M1 es térmica pues el trabajo es positivo (la máquina produce trabajo).

Quiero:

$$\varepsilon_1 = \frac{W}{Q_{Abs}} = \frac{W}{Q_1}$$ Incógnitas

Empiezo por lo que se, intentando despejar alguna incógnita a partir de los datos del lado derecho:

Para cada ciclo, como es función de estado:

$$\Delta U = 0$$

$$\Rightarrow \quad Q_{tot}^{M2} = W_{M2}$$

$$\sum_{i=3}^{6} Q_i = W_{M2}$$

$$W_{M2} = (100 + 70 + 10 - 400)\ cal$$

$$\boxed{W_{M2} = -220\ cal}$$

Según Claussius:
la suma de las entropías de los reservorios es cero <=> el ciclo es reversible (que ya lo se)

$$\Rightarrow \quad \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{M2 reversible}}}{=} 0$$

$$\frac{Q_3}{T_2} + \frac{Q_4}{T_3} + \frac{Q_5}{T_4} + \frac{Q_6}{T_5} = 0$$

el signo es desde el punto de vista de la máquina (flecha que entra es >0)

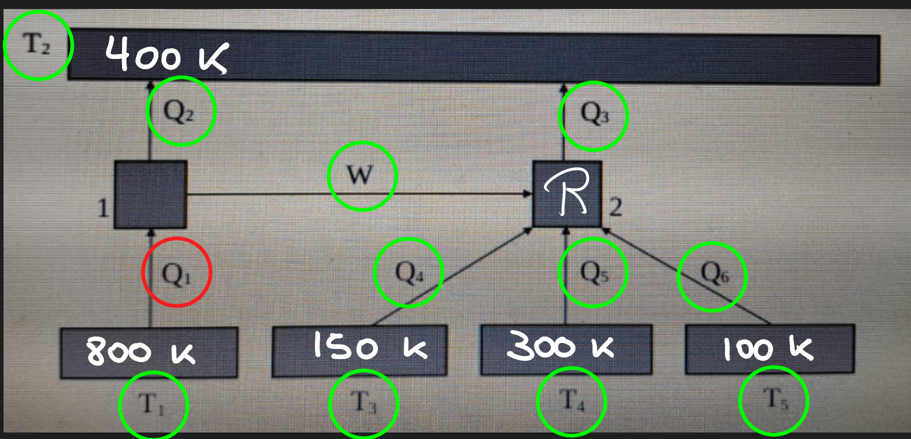
$$-\frac{400\ cal}{T_2} + \underbrace{\left(\frac{100}{150} + \frac{70}{300} + \frac{10}{100}\right)}_{=1} \frac{cal}{K} = 0$$

$$\frac{400\ cal}{T_2} = 1\ \frac{cal}{K}$$

$$\frac{T_2}{400\ cal} = 1\ \frac{K}{cal}$$

$$\boxed{T_2 = 400\ K}$$

Coincide con el diagrama:
* Es menor a T1
* Es mayor a T3, T4 y T5



Falta Q_1

Como $\Delta U = Q - W$ y $\Delta U = 0$ en un ciclo

$$\Rightarrow \quad Q_1 + Q_2 = W_{M_1}$$

$$Q_1 - 400 \text{ cal} = 220 \text{ cal}$$

$$\boxed{Q_1 = 620 \text{ cal}}$$

$$\Rightarrow \quad \varepsilon_{M_1} = \frac{W_{M_1}}{Q_{Abs}} = \frac{W_{M_1}}{Q_1}$$

$$= \frac{220 \text{ cal}}{620 \text{ cal}}$$

$$\boxed{\varepsilon_{M_1} = 0{,}355}$$

b) Hecho arriba : $T_2 = 400 \text{ K}$

c) Clausius de nuevo :

el signo es desde el punto de vista de los reservorios

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = + \underbrace{\frac{620 \text{ cal}}{800 \text{ K}}}_{<1} - \underbrace{\frac{400 \text{ cal}}{400 \text{ K}}}_{=1}$$

$= -0{,}225 \frac{\text{cal}}{\text{K}} < 0$ ∴ no es Reversible.

d) $\Delta S_U = \Delta S_{Reservorios} + \underbrace{\Delta S_{M_1}}_{=0} + \underbrace{\Delta S_{M_2}}_{=0}$

si toma 1 ciclo completo pues es f. de estado.

$$\Rightarrow \Delta S_U = \sum_{i=1}^{5} \Delta S_{R_i}$$

Ahora son desde el punto de vista de los reservorios!

$$= \underbrace{\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2}} + \underbrace{\sum_{i=2}^{5} \frac{Q_{i+1}}{T_i}}_{=0 \text{ pues } M_2 \text{ reversible}}$$

$$\boxed{\Delta S_U = 0{,}225 \ \frac{cal}{K}}$$

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

3. Un mol de gas ideal (C_V=(3/2)R) realiza el siguiente ciclo reversible:

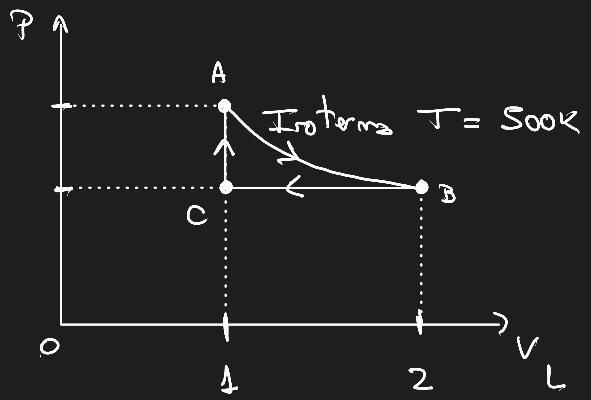
AB) Se expande en contacto térmico con una fuente de calor a 500 K hasta duplicar el volumen inicial de 1 L.
BC) Se comprime a presión constante hasta llegar al volumen inicial.
CA) Se traba el pistón y se aumenta la presión hasta regresar al estado inicial.

a) Calcule el trabajo, el calor y la variación de la energía interna del gas en cada etapa. Exprese dichas cantidades en calorías. Dibuje el diagrama P-V del ciclo.

b) Calcule la eficiencia de la máquina y compare con la correspondiente a una máquina de Carnot. ¿Es una máquina térmica o es un refrigerador? Justifique.

c) Calcule la variación neta de la entropía del gas durante el ciclo.

a)



Recordar flechar del diagrama !!!

	P	V	T
A	P_A	1	500
B	P_B	2	500
C	P_B	1	T_C

	ΔU	Q	W
AB			
BC			
CA			

$$P_A = \frac{n.R.T_A}{V_A} \qquad P_B = \frac{n.R.T_B}{V_B} \qquad \frac{P_C.V_C}{n.R} = T_C$$

$n = 1 mol$ y $R = 0,082 \frac{L.atm}{K.mol}$

$P_A = 41\ atm \qquad P_B = 20,5\ atm \qquad T_C = 250\ K$

	P	V	T
A	41	1	500
B	20,5	2	500
C	20,5	1	250

$\underline{A \to B}$: Isoterma: $T_A = T_B$

Gas ideal

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T = 0$$

$$\Rightarrow Q = W = \int p \cdot dV = n \cdot R \cdot T_{AB} \cdot \int_1^2 \frac{1}{V} \cdot dV$$

$$W = n \cdot R \cdot 500\,K \cdot \ln\left(\frac{2}{1}\right)$$

$$W = 28{,}41 \text{ atm} \cdot L$$

	ΔU	Q	W
AB	0	28,41	28,41
BC			
CA			

$\underline{B \to C}$: p cte $\Rightarrow W = \int p_B \, dV$

$$W = 20{,}5 \text{ atm} \left(1L - 2L\right)$$

$$W = -20{,}5 \text{ atm}$$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$= 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2}R \cdot \left(250\,K - 500\,K\right)$$

$$= -30{,}75 \text{ atm } L$$

$$\Rightarrow \Delta U = Q - W$$

$$-30{,}75 \text{ atm } L = Q + 20{,}5 \text{ atm} \cdot 1\,L$$

$$Q = -51{,}25 \text{ atm} \cdot L$$

	ΔU	Q	W
AB	0	28,41	28,41
BC	-30,75	-51,25	-20,5
CA			

$C \to A$: V cte

$$\Rightarrow W = \int p \cdot dV = 0$$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$= 1\,\text{mol} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (500\,\text{K} - 250\,\text{K})$$

$$\Delta U = 30{,}75 \text{ atm L} = Q$$

	ΔU	Q	W
AB	0	28,41	28,41
BC	-30,75	-51,25	-20,5
CA	30,75	30,75	0

b) $\varepsilon = \dfrac{W_{Tot}}{Q_{Abs}}$ ← suma de W_i ← son los positivos

$$= \frac{7{,}91}{59{,}16} = 0{,}134$$

$$\boxed{\varepsilon = 13{,}4\,\%}$$

$$\varepsilon_{Carnot} = 1 - \frac{T_{Hot}}{T_{cold}} = 1 - \frac{500}{250} = \frac{1}{2} = 50\,\% > 13{,}4\,\%$$

Como la eficiencia de la máquina es menor a la de Carnot, entonces la máquina NO es de Carnot.
Es una máquina térmica pues genera trabajo cuando se expande.

c) $\Delta S^{ciclo}_{gas} = 0$ pues es un ciclo completo y la máquina es reversible

Recordar !