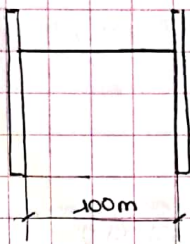


TERMOMETRIA i CALORIMETRIA

1. Un alambre conductor eléctrico de cobre puro se ha puesto entre dos postes lo suficientemente altos para evitar que las personas puedan sufrir un accidente. Si los postes están separados por 100m y el cable se puso absolutamente horizontal cuando la temperatura es de 20°C, calcule su longitud cuando la temperatura sea de 35°C.

$$\alpha_{\text{cobre}} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



$$T_0 = 20^\circ\text{C} \quad / \quad \Delta L = ?$$
$$L_0 = 100\text{m} \quad / \quad T = 35^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 35 - 20 = 15^\circ\text{C}$$

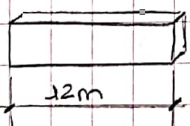
$$\Delta L - L_0 = 100 (17 \cdot 10^{-6}) \cdot 15$$

$$L - 100 = 0.0255 \rightarrow L = 0.0255 + 100$$

$$L = 100.0255\text{m}$$

2. Una biga de formigó té una longitud de 12m a una temperatura de -5°C, un dia d'hivern. Com canvia la seva longitud a la temperatura típica de l'estiu, a 35°C?

$$\alpha_{\text{formigó}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



$$T_{\text{hiv.}} = -5^\circ\text{C} \quad / \quad T_{\text{est.}} = 35^\circ\text{C}$$

$$L = ?$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

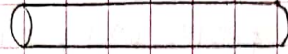
$$L - L_0 = L \cdot \alpha \cdot (35 - (-5))$$

$$L - 12 = 12 \cdot (12 \cdot 10^{-6}) \cdot 40 \rightarrow L = 12 + 0.00576$$

$$L = 12.00576\text{m}$$

3. Troben la força total que s'ha d'aplicar als extrems d'una vareta de ferro, de 4mm de diàmetre, i que es troba a 275°C, per a que no es correspongui quan es refreda fins a 25°C.

$$\alpha_{\text{ferro}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



$$\phi 4\text{mm} = 0.004\text{m}$$

$$E_{\text{ferro}} = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

$$T_0 = 275^\circ\text{C}$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$\boxed{\sigma = E \cdot \epsilon} = \alpha \cdot E \cdot \Delta T \quad / \quad \boxed{F = \sigma \cdot S}$$

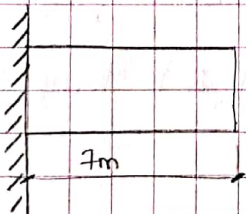
$$\epsilon = \alpha \cdot \Delta T = (12 \cdot 10^{-6}) \cdot (25 - 275) \rightarrow \underline{\epsilon = -0.003}$$

$$\sigma = (2.1 \cdot 10^{11}) \cdot (-0.003) = \underline{-630 \cdot 10^6}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi (0.002)^2 = 1.256 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\boxed{F} = 630 \cdot 10^6 (1.256 \cdot 10^{-5}) = |-7912.8 \text{ N}| = 7912.8 \text{ N} = \boxed{7.92 \text{ kN}}$$

4. Una biga encastada, de ferro, de 7m de longitud i 250cm² de secció, pateix un increment de temperatura de 15°C. Troben l'esforç i la càrrega que exerceixen els extrems de la biga sobre la paret on està encastada.



$$L_0 = 7\text{m}$$

$$\Delta T = 15^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{ferro}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$E_{\text{ferro}} = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

$$S = 250 \text{ cm}^2 = 0.025 \text{ m}^2$$

$$\boxed{\sigma = E \epsilon} = E \alpha \cdot \Delta T \quad / \quad \boxed{F = \sigma \cdot S}$$

$$\boxed{\sigma} = (2.1 \cdot 10^{11}) (12 \cdot 10^{-6}) \cdot 15 = 37800000 \text{ Pa} = \boxed{37.8 \text{ MPa}}$$

$$\boxed{F} = 37800000 \cdot 0.025 = 945000 \text{ N} = \boxed{945 \text{ kN}}$$

5. Un rail d'acer de 15m de longitud té una secció transversal de 75cm². La temperatura del rail, sota el sol del migdia, pot assolir el 52°C. Quin allargament patirà si es va instal·lar a 24°C? Si es deixa una distància de 3'2mm entre dos rails, quant valdrà l'esforç que s'exerceix entre ells? Si no es deixa espai entre rails, i suposant que es deformen en forma de triangle isòseles, quina seria l'altura del triangle?

$$\alpha_{\text{acer}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$L_0 = 15\text{m}$$

$$E_{\text{acer}} = 2'1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

$$S = 75\text{cm}^2 = 0'0075\text{m}^2$$

$$T = 52^\circ\text{C} / T_0 = 24^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot (T - T_0)$$

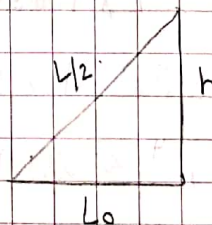
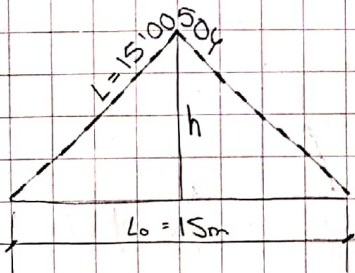
$$L - 15 = 15 (12 \cdot 10^{-6}) (52 - 24)$$

$$L - 15 = 0'00504 \rightarrow L = 15 + 0'00504 \rightarrow \boxed{L = 15'00504\text{m}}$$

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad / \quad F = \sigma \cdot S$$

$$\sigma = 2'1 \cdot 10^{11} \cdot (12 \cdot 10^{-6}) \cdot 28 = 70560000 \text{ Pa}$$

$$F = 70560000 \cdot 0'0075 = 529200 \text{ Pa}$$



$$h = \sqrt{\left(\frac{15'00504}{2}\right)^2 - \frac{15^2}{4}}$$

$$\boxed{h} = 0'1944\text{m} = 19'5\text{cm} = \boxed{20\text{cm}}$$

6. Una biga d'acer, de secció transversal 30cm^2 , està soldada horitzontalment a dues armadures verticals d'acer. Si la biga es va instal·lar quan la temperatura era de 30°C , quin esforç apareixerà en la biga quan la temperatura baixi a -15°C ? Es superarà el punt de ruptura de l'acer? Repetiu el problema pel cas d'una biga de formigó.

$$\alpha_{\text{acer}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$E_{\text{acer}} = 211 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

Límit de ruptura de l'acer \rightarrow compressió = $5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$
i tracció

$$S = 30\text{cm}^2 = 0.03\text{m}^2$$

$$T_0 = 30^\circ\text{C} / T = -15^\circ\text{C}$$

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\sigma = 211 \cdot 10^9 (12 \cdot 10^{-6}) (-15 + 30) = -113400000 \text{ Pa} = 113400000 \text{ Pa} = 0.1134 \text{ GPa}$$

Com que $\sigma = 113400000 < 5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, l'acer NO SUPERA el límit de ruptura

$$\alpha_{\text{formigó}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$E_{\text{formigó}} = 510 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

Límit de ruptura del formigó \rightarrow compressió = $20 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
Tracció = $2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

$$\sigma = 510 \cdot 10^8 (12 \cdot 10^{-6}) (-15 + 30) = -2700000 \text{ Pa} = 2700000 \text{ Pa}$$

$$\text{Com que: } \sigma = 27 \cdot 10^4 < 20 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 27 \cdot 10^4 < 2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

} el formigó NO SUPERA el límit de ruptura ni a compressió, ni a tracció

7. Una peça que pesa 1000kp està unida al sostre mitjançant una barra vertical d'1m de longitud i 5cm² de secció, a la temperatura inicial de l'habitació. La peça reposa sobre el terra. Imaginem que la temperatura disminueix a 5°C. Podrà, la barra, aixecar la peça? Si la resposta és no, quant hauria de disminuir la temperatura per tal que la barra aixequés la peça? Menyspreem la dilatació de la peça.

$$\alpha_{\text{barra}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$E_{\text{barra}} = 2'0 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

$$P = 1000 \text{ kp}$$

$$S = 5 \text{ cm}^2 = 0'0005 \text{ m}^2$$

$$L_0 = 1 \text{ m} \quad / \quad \Delta T = 5^\circ\text{C}$$

$$\tau = E \cdot \alpha \cdot \Delta T = 2'0 \cdot 10^8 (12 \cdot 10^{-6}) \cdot 5 = 12000000 \text{ Pa}$$

$$F = \tau \cdot S = 12000000 \cdot 0'0005 = \underline{6000 \text{ N}}$$

$$F = p = 1000 \cdot 9'8 = \underline{9800 \text{ N}}$$

Com que $9800 \text{ N} > 6000 \text{ N}$, la peça NO s'aixeca

$$\left. \begin{array}{l} \tau = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \\ \tau = F/S \end{array} \right\} \frac{F}{S} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \frac{9800}{0'0005} = 2'0 \cdot 10^8 (12 \cdot 10^{-6}) \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{19600000}{2400000}$$

$$\Delta T = 8'2^\circ\text{C}$$

OPCIÓ 2

$$9800 = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot S$$

$$9800 = 2'0 \cdot 10^8 (12 \cdot 10^{-6}) \cdot \Delta T \cdot 0'0005$$

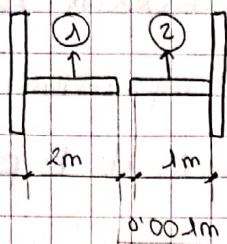
$$9800 = 1200 \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{9800}{1200}$$

$$\Delta T = 8'2^\circ\text{C}$$

OPCIÓ 1

8. ¿A qué temperatura se tocan dos barras, una de aluminio de 2m de longitud y otra de cobre de 1m de longitud si sus extremos están separados por $1'0 \cdot 10^{-3}$ m cuando su temperatura es de 22°C ?



$$\alpha_{\text{aluminum}} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_{\text{cobre}} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$E_{\text{aluminum}} = 7 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$$

$$E_{\text{cobre}} = 11 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$$

$$1) \Delta L = L_0 \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta T$$

$$2) \Delta L = L_0 \cdot \alpha_{\text{Cu}} \cdot \Delta T$$

$$L_0 \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta T + L_0 \cdot \alpha_{\text{Cu}} \cdot \Delta T = 0'001$$

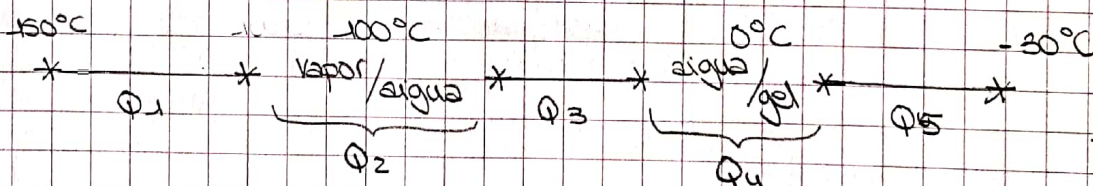
$$0'000048 \Delta T + 0'000017 \Delta T = 0'001$$

$$0'000065 \Delta T = 0'001 \rightarrow \Delta T = 15'38^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = T - T_0 \rightarrow T = 15'38 + 22$$

$$T = 37'4^{\circ}\text{C}$$

9. Calcular el calor que 100g de vapor de agua a 150°C necesitan ceder para transformarse en 100g de hielo a -30°C a presión de 1 atm.



$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T = 100 (0'48) (100 - 150) = -2400 \text{ cal}$$

$$Q_2 = -m \cdot L = -100 \cdot 539 = -53900 \text{ cal}$$

$$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta T = 100 \cdot 1'00 (0 - 100) = -10000 \text{ cal}$$

$$Q_4 = -m \cdot L = -100 \cdot 79'7 = -7970 \text{ cal}$$

$$Q_5 = m \cdot c \cdot \Delta T = 100 \cdot 0'50 (-30 - 0) = -1500 \text{ cal}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = -2400 + (-53900) + (-10000) + (-7970) + (-1500)$$

$$Q_T = -75770 \text{ cal} \rightarrow Q_T = 75770 \text{ cal}$$

TRANSFERENCIA DE CALOR

1. El Sol puede considerarse como un cuerpo negro a temperatura de 6000K. Determinar la longitud de onda correspondiente a la intensidad de emisión máxima de la radiación solar.

cos negro $\rightarrow T = 6000K$

Llei de Wien $\rightarrow \lambda = \frac{2'898 \text{ mm K}}{T}$

$$\lambda = \frac{2'898 \text{ mm K}}{6000 \text{ K}} = 0'000483 \text{ mm} = 483 \text{ nm}$$

2. La longitud de onda correspondiente a la intensidad de emisión máxima de la radiación solar es 4800Å. ¿Cuál es la temperatura de la superficie solar? ¿A qué longitud de onda corresponden la emisión de intensidad máxima si la temperatura de la superficie del Sol aumentase hasta 8000°C?

$$\lambda = 4800 \text{ Å} = 0'00048 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{2'898 \text{ mm K}}{T}$$

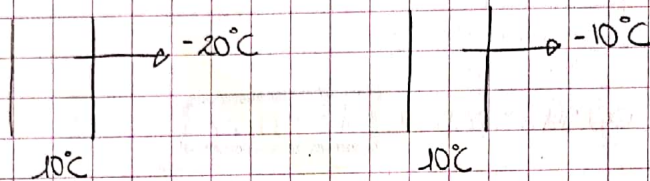
$$T = \frac{2'898 \text{ mm K}}{0'00048 \text{ mm}} = 6037'5 \text{ K}$$

$$\lambda = ?$$

$$T = 8000^\circ\text{C} = 273 + 8000 = 8273 \text{ K}$$

$$\lambda = \frac{2'898 \text{ mm K}}{8273 \text{ K}} = 0'00035 \text{ mm} = 350 \text{ nm}$$

3. Calculeu la raó entre les pèrdues degudes per convecció a través d'una finestra quan a l'exterior bufa un vent de 20 km/h i les pèrdues quan no hi ha vent a l'exterior. Suposeu que la temperatura a l'interior és de 10°C i que a l'exterior, lluny de la finestra, és de -10°C . A -10°C la temperatura efectiva quan bufa un vent de 20 km/h és de -20°C .



$$I_{\text{vent}} = q_i \cdot \Delta T$$

$$I_{\text{sense vent}} = q_i \cdot \Delta T$$

$$q_i \cdot \Delta T = q_i \cdot \Delta T$$

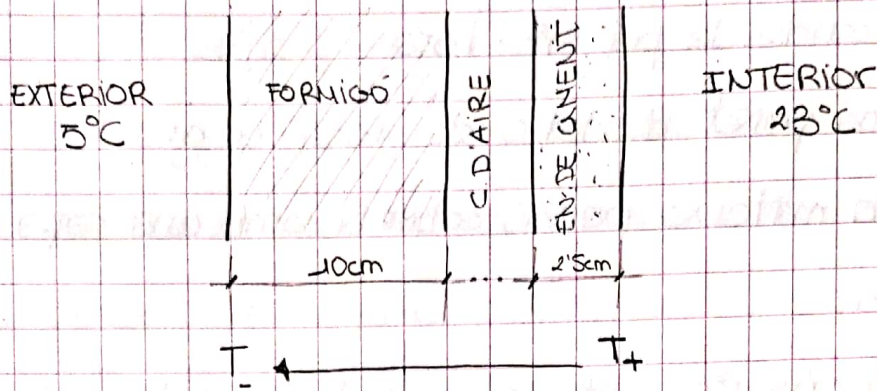
$$(10 - (-20)) = (10 - (-10))$$

$$30 = 20 \rightarrow I = \frac{30}{20} = 1.5$$

4. La pared de una vivienda està construïda tal com se indica en la secció de la figura. Les conductivitats de los materials emprats son los siguientes: hormigón macizo, $k = 1.5 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$; enfoscado de cemento, $k = 1.0 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$. La cámara de aire presenta una resistencia térmica de $0.20 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \text{ kcal}^{-1}$ al intercambio de calor. Además, la superficie exterior presenta una resistencia al intercambio de calor por convección y radiación de $0.06 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \text{ kcal}^{-1}$ y la interna de $0.15 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \text{ kcal}^{-1}$. Para lograr que la temperatura interior de la habitación permanezca constante se están suministrando $35.9 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2$ a la hora. Si la temperatura del exterior es de 5°C .

a. ¿Cuál es la temperatura del interior?

b. Si la temperatura del cuerpo humano es de 37°C , calcular el flujo de calor por metro cuadrado debido a la radiación entre un hombre en la habitación y la superficie de la pared interior. $q_r = 3.5 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$



MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX (m)	RESISTÈNCIA TÈRMICA ($R \cdot \frac{m^2}{K}$)
FORMIGÓ	1'5	0'1	0'067
EN. DE CIMENT	1'0	0'025	0'025
C.D'aire			0'20
SUP. EXTERIOR			0'06
SUP. INTERIOR			0'15

$$I = 35'9 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^2$$

$$R_{\text{TOTAL}} = 0'502 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{Kcal}^{-1}$$

a. T_i ?

$$I = \frac{(T_i - T_e)}{R_T} \rightarrow 35'9 = \frac{T_i - 5}{0'502} \rightarrow 35'9 \cdot 0'502 = T_i - 5$$

$$T_i = 23^\circ\text{C}$$

b. Cos humà = 37°C / $q_r = 3'5 \text{ Kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}^{-1}$

$$\Delta T = R \cdot I \rightarrow T_i - T_{si} = R_i \cdot I$$

$$23 - T_{si} = 0'15 \cdot 35'9 \rightarrow T_{si} = 17'61^\circ\text{C}$$

$$I_i = q_r (T_i - T_{si}) = 3'5 (37 - 17'61) \rightarrow I_i = 67'86 \text{ Kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$$

5. Calculeu la calor conduïda per m^2 i hora.

a. A través d'una paret de totxo de 12cm de gruix.

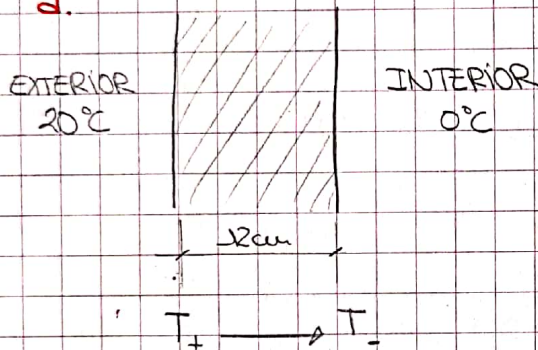
b. A través de la mateixa paret, coberta amb una capa de suro de 3cm.

En els dos casos, la diferència de temperatures entre interior i exterior és de $20^\circ C$. Menyspreu les resistències de convecció i radiació.

Totxo: $K = 0.0016 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

Suro: $K = 0.0001 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

a.

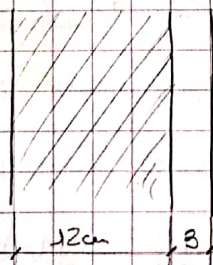


CONDUCTIVITAT	GRUIX	R. TÈRMICA
0.0016	12	7500

$$\Delta T = R_T \cdot I \rightarrow I = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{20}{7500} = 0.00267 \cdot \text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$I = 96000 \text{ cal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

b.



CONDUCTIVITAT	GRUIX	RES. TÈRMICA
0.0016	12	7500
0.0001	3	30000
		$R_T = 37500$

$$I = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{20}{37500} = 0.00053 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$I = 19200 \text{ cal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

6. L'àrea de la superfície exterior d'una casa (sostre i parets) és de 280 m^2 , dels quals 30 m^2 corresponen a les finestres ($k = 0.80 \text{ W/mK}$) és de 0.5 cm de gruix i el sostre i les parets estan recoberts d'un material aïllant ($k = 0.040 \text{ W/mK}$) de 8 cm de gruix. Quan la temperatura a l'exterior és de -10°C , l'interior de les finestres es troba a 3°C i l'interior de les parets i el sostre a 15°C .

a. Quin és el flux de calor a través de les parets i sostre?

b. Quin és el flux de calor a través de les finestres?

Area = 280 m^2

→ 30 m^2 (FINESTRES)

FINESTRES → $k = 0.80 \text{ W/mK}$

→ 0.5 cm de gruix

SOSTRE i FINESTRES → $k = 0.040 \text{ W/mK}$

→ 8 cm de gruix

$T_e = -10^\circ\text{C}$ → $T_i \text{ finestres} = 3^\circ\text{C}$

→ $T_i \text{ pis} = 15^\circ\text{C}$

a. $\Phi = I \cdot S$

CONDUCTIVITAT	GRUIX	RES TÈRMICA
0.040	0.08	2

$I = \frac{T_i - T_e}{R_t} = \frac{15 - (-10)}{2} = 12.5$

$\Phi = 12.5 \cdot (280 - 30) = 3125 \text{ W}$ → $\Phi = 3.13 \text{ kW}$

b.

CONDUCTIVITAT	GRUIX	RES TÈRMICA
0.80	0.005	0.00625

$I = \frac{3 + 10}{0.00625} = 2080$

$\Phi = 2080 \cdot 30 = 62400 \text{ W}$

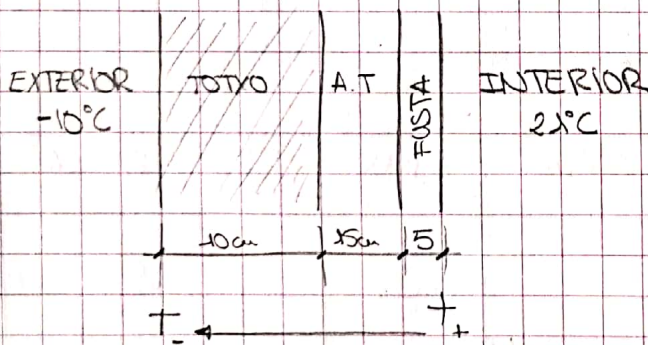
$\Phi = 62.4 \text{ kW}$

7. Una cabana de muntanya té aquestes característiques:

1. Les seves parets tenen una superfície de 135m^2 , i estan fetes (de fora cap a dins) de: totxo vist de 10cm ($k = 0.70\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$) aïllant tèrmic de 15cm ($k = 0.040\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$), i coberta de fusta de 5cm ($k = 0.15\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).
2. El sostre té una superfície de 110m^2 i un gruix de 40cm ($k_{\text{mitjana}} = 0.10\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).
3. Una porta de fusta de 2m^2 de superfície i 8cm de gruix ($k = 0.12\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).
4. Una vidriera de 5m^2 , amb un vidre de 8mm ($k = 0.82\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Menyspreem les pèrdues per convecció i radiació, i també les que podria haver-hi pel sol. Trobem la potència calòrica que cal subministrar, per tal de mantenir 21°C a dins, mentre que fora estan a -10°C .

PARETS' $\rightarrow S = 135\text{m}^2$



$$K_{\text{TOTXO}} = 0.70\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$K_{\text{A.T}} = 0.04\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$K_{\text{FUSTA}} = 0.15\text{Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$$

MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
TOTXO	0.70	0.1	0.143
A.T	0.04	0.15	3.75
FUSTA	0.15	0.05	0.333
			$R_{\text{PARETS}} = 4.226$

SOSTRE

$$S = 110 \text{ m}^2$$

40cm de gruix

$$K = 0.10 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$R_{\text{SOSTRE}} = \frac{0.40}{0.10} = 4$$

PORTA

$$S = 2 \text{ m}^2$$

8cm de gruix

$$K = 0.12 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$R_{\text{PORTA}} = \frac{0.08}{0.12} = 0.667$$

VIDRIERA

$$S = 5 \text{ m}^2$$

8mm de gruix

$$K = 0.82 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$R_{\text{VIDRIERA}} = \frac{0.008}{0.82} = 0.0097$$

$$I_{\text{PARETS}} = \frac{(T_i - T_e)}{R_p} = \frac{21 - (-10)}{4.226} = 7.335 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$I_{\text{SOSTRE}} = \frac{21 - (-10)}{4} = 7.75 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$I_{\text{PORTA}} = \frac{21 - (-10)}{0.667} = 46.476 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$I_{\text{VIDRIERA}} = \frac{21 - (-10)}{0.0097} = 3195.876 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\Phi_{\text{PARETS}} = 7.335 \cdot 135 = 990.225$$

$$\Phi_{\text{SOSTRE}} = 7.75 \cdot 110 = 852.5$$

$$\Phi_{\text{PORTA}} = 46.476 \cdot 2 = 92.953$$

$$\Phi_{\text{VIDRIERA}} = 3195.876 \cdot 5 = 15979.38$$

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = 17915.06 \text{ kcal/h}$$

8. Troben la inèrcia tèrmica de la paret de la figura, amb les dades que s'adjunten. Considereu que la temperatura exterior és de 5°C i la interior, de 22°C . Repetiu el problema situant l'aïllant entre el ciment i el formigó. Considereu que la calor específica mitjana per tots els materials és de $0.2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$

$$r_i = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C} \text{ kcal}^{-1}$$

$$r_e = 0.07 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C} \text{ kcal}^{-1}$$

$$\text{CIMENT: } \rho = 1800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; K = 1 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\text{FORMIGÓ: } \rho = 2400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; K = 1.2 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\text{AÏLLANT: } \rho = 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; K = 0.045 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\text{GUIX: } \rho = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; K = 0.4 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$c = 0.2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 22 - 5 = 17^{\circ}\text{C}$$

MATERIAL	DENSITAT	CONDUCTIVITAT	GUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
CIMENT	1800	1	0.02	0.02
FORMIGÓ	2400	1.2	0.1	0.083
A.T	350	0.045	0.045	1
GUIX	1500	0.4	0.015	0.0375
				$R_{\text{TOTAL}} = 1.1405$

$$I = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{17}{1.1405 + 0.13 + 0.07} = \frac{17}{1.3405} = 12.68 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$T_{pi} = T_i - (r_i \cdot I) = 22 - (0'13 \cdot 12'68) = 20'35^\circ\text{C}$$

$$T_1 = T_{pi} - (r_1 \cdot I) = 20'35 - (0'0375 \cdot 12'68) = 19'87^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - (r_2 \cdot I) = 19'87 - (1 \cdot 12'68) = 7'19^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - (r_3 \cdot I) = 7'19 - (0'083 \cdot 12'68) = 6'14^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - (r_4 \cdot I) = 6'14 - (0'02 \cdot 12'68) = 5'88^\circ\text{C}$$

$$I_{\text{tèrmica}} = \rho \cdot c \cdot d \cdot t_{mijja}$$

$$\text{CIMENT} = 1800 \cdot 0'2 \cdot 0'02 \cdot \frac{5'88 + 6'14}{2} = 43'27 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{FORMIGÓ} = 2400 \cdot 0'2 \cdot 0'1 \cdot \frac{6'14 + 7'19}{2} = 319'92 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{AÏLLANT} = 350 \cdot 0'2 \cdot 0'045 \cdot \frac{7'19 + 19'87}{2} = 42'62 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{GUIX} = 1500 \cdot 0'2 \cdot 0'015 \cdot \frac{19'87 + 20'35}{2} = 90'49 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I_{\text{èrnia tèrmica paret}} = 496'3 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

Canvi de l'aïllant, entre ciment i formigó!

$$T_{pi} = T_i - (r_i \cdot I) = 20'35^\circ\text{C}$$

$$T_1 = T_{pi} - (r_1 \cdot I) = 20'35 - (0'0375 \cdot 12'68) = 19'87^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - (r_2 \cdot I) = 19'87 - (0'083 \cdot 12'68) = 18'82^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - (r_3 \cdot I) = 18'82 - (1 \cdot 12'68) = 6'14^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - (r_4 \cdot I) = 6'14 - (0'02 \cdot 12'68) = 5'89^\circ\text{C}$$

$$\text{CIMENT} = 1800 \cdot 0'2 \cdot 0'02 \cdot \frac{5'89 + 6'14}{2} = 43'31 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{AÏLLANT} = 350 \cdot 0'2 \cdot 0'045 \cdot \frac{6'14 + 18'82}{2} = 39'31 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{FORMIGÓ} = 2400 \cdot 0'2 \cdot 0'1 \cdot \frac{18'82 + 19'87}{2} = 928'56 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{GUIX} = 1500 \cdot 0'2 \cdot 0'015 \cdot \frac{19'87 + 20'35}{2} = 90'49 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I_{\text{èrnia tèrmica paret}} = 1101'67 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2}$$

9. Per un determinat tancament de paret es proposen dues solucions, segons les figures.

a. Trobeu el perfil de temperatures per les dues solucions.

b. Raoneu quina de les solucions és més adequada per un habitatge.

Feu això en base a la inèrcia tèrmica de cada solució.

$$\text{Inèrcia} = T \cdot c \cdot t_{\text{mitja}}$$

A, CIMENT 2cm: $T = 36 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; $K = 1 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; $c = 0.2 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

B, FORMIGÓ 10 cm: $T = 200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; $K = 1.2 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; $c = 0.2 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

C, AÏLLANT 4.5cm: $T = 3.55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; $K = 0.04 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; $c = 0.2 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

D, PLACA GUIX 5cm: $T = 52 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; $K = 0.4 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; $c = 0.2 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

E GUIX 1.5cm: $T = 15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; $K = 0.4 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; $c = 0.2 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

MATERIAL	CONDUCTIVITAT	G GUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
CIMENT	1	0.02	0.02
FORMIGÓ	1.2	0.1	0.083
AÏLLAMENT	0.04	0.045	1.125
PLACA GUIX	0.4	0.05	0.125
GUIX	0.4	0.015	0.037
			$R_{\text{TOTAL}} = 1.39$

$$\boxed{I = \frac{\Delta T}{R_t}} = \frac{35 - 20}{1.39} = 10.79 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

2. Solució 1

$$T_1 = T_{ext} = 35^\circ\text{C} \quad / \quad t_i = t_{int} = 20^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - r_1 \cdot r_c \cdot I = 35 - 0.02 \cdot 10.79 = 34.75^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 34.75 - 0.083 \cdot 10.79 = 33.88^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 33.88 - 1.125 \cdot 10.79 = 21.75^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 21.75 - 0.125 \cdot 10.79 = 20.404^\circ\text{C}$$

Solució 2

$$t_i = 35^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 35 - 0.02 \cdot 10.79 = 34.75^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 34.78 - 1.125 \cdot 10.79 = 22.65^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 22.65 - 0.083 \cdot 10.79 = 21.75^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 21.75 - 0.125 \cdot 10.79 = 20.404^\circ\text{C}$$

b. 1) $I \cdot t = r_c \cdot t_m$

$$I \cdot t_2 = 36 \cdot 0.2 \cdot 34.892 = 251.2224 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_3 = 200 \cdot 0.2 \cdot 34.3345 = 1373.38 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_4 = 3.5 \cdot 0.2 \cdot 27.8185 = 19.47295 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_5 = 52 \cdot 0.2 \cdot 21.078 = 219.2112 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_6 = 15 \cdot 0.2 \cdot 20.202 = 60.606 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I_{TOTAL} = 1923.9 \text{ Kcal/m}^2$$

2)

$$I \cdot t_2 = 36 \cdot 0.2 \cdot 34.892 = 251.2224 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_3 = 3.5 \cdot 0.2 \cdot 28.7175 = 20.10225 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_4 = 200 \cdot 0.2 \cdot 22.2015 = 888.06 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I \cdot t_5 = 52 \cdot 0.2 \cdot 21.078 = 219.2112 \text{ Kcal/m}^2$$

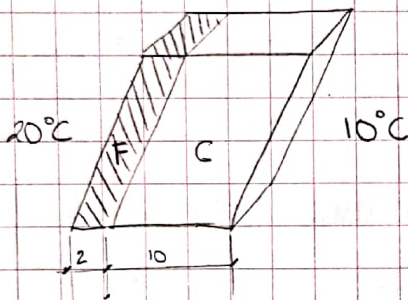
$$I \cdot t_6 = 15 \cdot 0.2 \cdot 20.202 = 60.606 \text{ Kcal/m}^2$$

$$I_{TOTAL} = 1439.2 \text{ Kcal/m}^2$$

10. Calcular el calor conducido a través de una pared compuesta de un paralelepípedo rectangular de madera (pino) y otro de cemento portland de igual forma geométrica. Las caras mayores tienen un área de 10m^2 y los espesores son de 2cm (la madera) y 10cm (el cemento). La cara exterior del concreto está a 10°C y la cara exterior de la madera está a 20°C . Ambas temperaturas se mantienen constantes. Los materiales son homogéneos.

Cemento portland, $k = 31 \cdot 10^{-5} \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

Madera pino, $k = 2'8 \cdot 10^{-5} \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

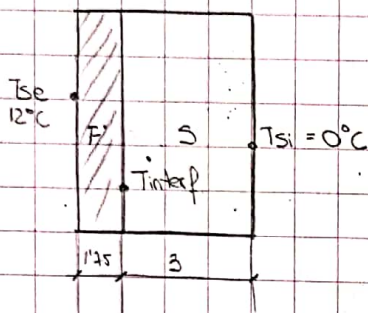


MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
CIMENT	$31 \cdot 10^{-5}$	0'1	322'580
FUSTA	$2'8 \cdot 10^{-5}$	0'02	714'285
			$R_{\text{TOTAL}} = 1036'865$

$$I = \frac{\Delta T}{R_t} = \frac{20 - 10}{1036'86} = 0'009644$$

$$\Phi = I \cdot A = 0'009644 \cdot 10 = 0'09644 \text{ Kcal/s} = 96'44 \text{ cal/s}$$

1.1. Una nevera està construïda de fusta ($k_{\text{fusta}} = 0.0007 \text{ cal} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) de 1.75 cm d'espessor, folrada interiorment de suro ($k_s = 0.0001 \text{ cal} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) de 3 cm d'espessor. Si la temperatura en la superfície interior del suro és de 0°C i la de la superfície exterior de la fusta 12°C , quina és la temperatura de la interfase? Considerar que la resistència tèrmica de la superfície a radiació - convecció molt petita.



MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
FUSTA	0.0007	1.75	2500
SURO	0.0001	3	30000
			$R_T = 32500$

$$T = \frac{k_1 \cdot p_2 \cdot T_1 + k_2 \cdot p_1 \cdot T_2}{k_1 \cdot p_2 + k_2 \cdot p_1} = \frac{0.0007 \cdot 3 \cdot 12 + 0.0001 \cdot 1.75 \cdot 0}{0.0007 \cdot 3 + 0.0001 \cdot 1.75} = \frac{0.0252}{0.002275}$$

$$T = 11.07^\circ\text{C}$$

12. En la figura es mostra l'alçat i el perfil de la paret exterior d'una sala. La paret consta d'una finestra de vidre tèrmic i una paret d'obra. El conjunt de vidre tèrmic té 40mm de gruix i la part d'obra està composta per tres capes: una exterior, de rajol perforat, una intermèdia de llana mineral i una interior de rajol buit. Les dades dels coeficients de conductivitat tèrmica són a la taula. Les superfícies exteriors presenten una resistència al bescanvi de calor per convecció i radiació de $0.06 \text{ Kcal}^{-1} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, i les interiors de $0.15 \text{ Kcal}^{-1} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Si la temperatura a l'exterior és de -2°C i a l'interior és de 21°C calculeu:

- La resistència de paret d'obra i la resistència del vidre.
- La densitat de flux calòric estacionari a través de la paret d'obra i la densitat de flux a través del vidre. Calculeu també el flux de calor total.
- El perfil de temperatures en la paret d'obra i en el conjunt de vidre tèrmic. Feu una representació gràfica d'ambdós perfils.



VIDRE

MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESIST. TÈRMICA
VIDRE	0.05	0.04	0.8
RESIS. EX			0.06
RESIS. IN			0.15

$$R_{\text{TOTAL VIDRE}} = 1.01 \text{ Kcal}^{-1} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2$$

PARET

MATERIAL	CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
RAJOL BUIT	0'11	0'06	0'54
LLANA MINER.	0'035	0'14	4
RAJOL PERFOR	0'45	0'10	0'22
RESIS. EXT.			0'06
RESIS. INT.			0'15

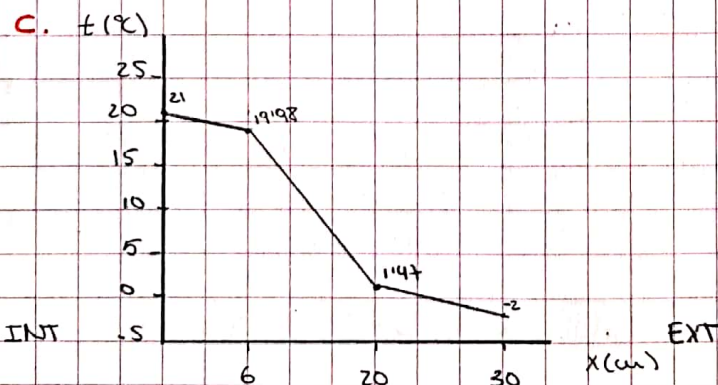
$$R_{TOTAL PARET} = 4'97 \text{ Kcal} \cdot \text{h}^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2$$

b.

$$I = \frac{\Delta T}{R_t}$$

$$\text{VIDRE} \rightarrow I = \frac{21 - (-2)}{1'01} = 22'77 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{PARET} \rightarrow I = \frac{21 - (-2)}{4'97} = 4'62 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$$



$$T_1 = T_i - \frac{r_1}{R_t} (T_i - T_e) = 21 - \frac{0'22}{4'97} \cdot (21 - (-2)) = 19'98^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 19'98 - \frac{4}{4'97} (21 - (-2)) = 1'47^\circ\text{C}$$

TERMODINÁMICA

1.

2. 15'8 moles de un gas ideal se mantienen a 293°C mientras su volumen aumenta desde 148 litros hasta 910 litros. ¿Cuánto trabajo es hecho por el gas?

$$n = 15'8$$

$$T = 293 + 273 = 566 \text{ K}$$

$$V_1 = 148 \text{ l} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 0'148 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 910 \text{ l} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 0'91 \text{ m}^3$$

TEMPERATURA CONSTANT = ISOTÉRMIC

$$Q = W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W = 15'8 \cdot 8'314 \cdot 566 \cdot \ln\left(\frac{0'91}{0'148}\right) = 135037'67 \text{ J}$$

b. 11'2 moles de gas ideal se mantienen a una temperatura de 142°C ocupado un volumen de 137 litros, luego de que se le suministra un trabajo de -11600 J. ¿Cuál será el volumen inicial?

$$n = 11'2$$

$$T = 142 + 273 = 415 \text{ K}$$

$$V = 137 = 0'137 \text{ m}^3$$

$$W = -11600 \text{ J}$$

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \rightarrow -11600 = 11'2 \cdot 8'314 \cdot 415 \cdot \ln\left(\frac{0'137}{V_1}\right)$$

$$-11600 = 38643'472 \cdot \ln\left(\frac{0'137}{V_1}\right) \rightarrow -0'300 = \ln\left(\frac{0'137}{V_1}\right)$$

$$e^{-0'300} = \frac{0'137}{V_1} \rightarrow V_1 = 0'1850 \text{ m}^3 = 185 \text{ l}$$

c. Calcular el trabajo realizado por un gas ideal si se mantiene constante su presión (16400 Pa) mientras se expande desde 80 litros hasta 272 litros.

PRESSIO CONSTANT = ISOBARICA

$$p = 16400 \text{ Pa}$$

$$V_0 = 80 \text{ l} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$V_f = 272 \text{ l} = 0.272 \text{ m}^3$$

$$W = p \cdot \Delta V = 16400 \cdot (0.272 - 0.08) \rightarrow W = 3148.8 \text{ J}$$

d. Suponga que 0.12 moles de un gas ideal (están en contacto con un recipiente térmico que mantiene fija la temperatura en $T_0 = 9.8^\circ\text{C}$, y que el gas tiene un volumen inicial de 1.3 litros y efectúa 14 J de trabajo. ¿Cuáles son la presión y el volumen finales?

$$n = 0.12$$

$$T_0 = 9.8 + 273 = 282.8 \text{ K}$$

$$V_0 = 1.3 \text{ l} = 0.0013 \text{ m}^3$$

$$Q = W = 14 \text{ J}$$

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \rightarrow 14 = 0.12 \cdot 8.314 \cdot 282.8 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{0.0013}\right)$$

$$14 = 282.144 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{0.0013}\right)$$

$$e^{0.049} = \frac{V_2}{0.0013} \rightarrow V_2 = 0.00137 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 1.37 \text{ l}$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V_2} = \frac{0.12 \cdot 8.314 \cdot 282.8}{0.00137} = 206000 \text{ Pa}$$

e. Un cosu absorbe 60 cal mientras su volumen aumenta de 300 cm^3 a 800 cm^3 a una pressió de $4'01\text{ bar}$. ¿Qual es la variación de su energía interna?

$$1\text{ cal} = 4'18\text{ J}$$

$$1\text{ bar} = 100000\text{ Pa}$$

$$60\text{ cal} = 250'8\text{ J} = Q$$

$$4'01\text{ bar} = 401000\text{ Pa} = p$$

PRESSIÓ CONSTANT = ISOBÀRICA

$$W = p \cdot \Delta V = 401000 \cdot (0'0008 - 0'0003) = 200'5$$

$$\Delta U = Q - W = 250'8 - 200'5 = 50'3\text{ J}$$

Durant un procés termodinàmic un sistema absorbeix 1500 J i realitza 900 J de treball cap a l'exterior.

a. Quin signe tenen cada una de les dades donades? $Q > 0$; $W < 0$

b. Quina és la variació d'energia interna?

$$Q = 1500\text{ J}$$

$$W = 900\text{ J}$$

$$\Delta U = 1500 - 900 = 600\text{ J}$$

S'aporta 1500 J al sistema, per tant la variació d'energia interna del sistema també ha augmentat 1500 J . Si ara el sistema realitza 900 J de treball cap a l'exterior, l'energia interna del sistema disminuirà 900 J .

2. Un mol i mig d'heli s'expansiona adiabàticament i quasiestàticament des d'una pressió inicial de 5 atm i una temperatura inicial de 500 K fins a una pressió final de 1 atm .

a. la temperatura final

b. el volum final

c. el treball fet pel gas

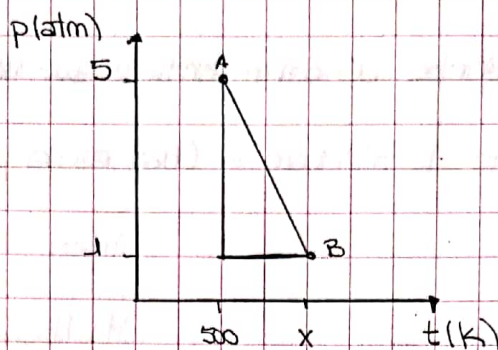
d. la variació de l'energia interna del gas.

b. $n = 1.5$

$P_0 = 5 \text{ atm}$

$T_0 = 500 \text{ K}$

$P_f = 1 \text{ atm}$



$PV = n \cdot R \cdot T$

	A	B
$P(\text{atm})$	5	1
V	12.3	
$T(\text{K})$	500	

$5V = 1.5 \cdot 0.082 \cdot 500$

$5V = 61.5$

$V_0 = \frac{61.5}{5} = 12.3$

$Q = 0$

$\left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{V_f}{V_0}\right)^{5/3} = 1$

$\left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{V_f}{12.3}\right)^{5/3} = 1$

$\left(\frac{V_f}{12.3}\right)^{5/3} = 5 \rightarrow \frac{V_f}{12.3} = \sqrt[5]{5^3} \rightarrow \frac{V_f}{12.3} = 2.627 \rightarrow V_f = 32.32 \text{ L}$

a. $P_f \cdot V_f = n \cdot R \cdot T \rightarrow 1(32.32) = 1.5 \cdot 0.082 \cdot T$

$32.32 = 0.123T \rightarrow T_f = 262.76 \approx 263 \text{ K}$

c. $W = -n \cdot C_v \cdot \Delta T = -1.5 \left(\frac{3}{2} \cdot 8.314\right) (263 - 500) = 4433.44 \text{ J} = 4.43 \text{ kJ}$

d. $\Delta U = Q - W = 0 - (-4433.44 \text{ J}) = 4433.44 \text{ J} = 4.43 \text{ kJ}$

3. Un gas s'expandeix des del punt I fins a F, tal com s'indica a la figura. La calor cedida al gas és de 100 cal quan va de I a F per la trajectòria diagonal.

a. Quina és la variació d'energia interna del gas?

b. Quanta calor s'ha de transferir al gas per seguir la trajectòria indirecta IAF?

$$I \rightarrow P = 4 \text{ at} \quad / \quad V = 2 \text{ l} \quad / \quad Q = 100 \text{ cal}$$

$$F \rightarrow P = 1 \text{ at} \quad / \quad V = 4 \text{ l}$$

$$W = \int p \cdot dv \rightarrow W = \int_2^4 \tan \alpha \cdot V \cdot dV = 1.5 \int_2^4 \frac{VR}{2} = -\frac{1.5}{2} [4^2 - 2^2]$$

$$W = -\frac{1.5}{2} (16 - 4) = -9 \text{ atm} \cdot \text{l}$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta P}{\Delta V} \rightarrow \Delta P = \tan \alpha \cdot \Delta V$$

$$Q = 100 \text{ cal}$$

$$0.082 \cdot \Delta t \cdot \text{atm} = 418 \text{ J}$$

$$W = -9 \text{ atm} \cdot \text{l}$$

$$9 \text{ at} = 458.78 \text{ J}$$

$$Q = \Delta U + \Delta W \rightarrow \Delta U = Q - \Delta W = 100 + 9$$

$$\Delta U = 100 \cdot 4.18 + 458.78 = 876.78 \text{ J}$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \rightarrow \Delta W = I \rightarrow \Delta p = cte$$

$$p \cdot \Delta V = 4 \cdot 2 = 8 \text{ atm} \cdot \text{l}$$

$$\Delta W \rightarrow I \rightarrow F \quad V = cte$$

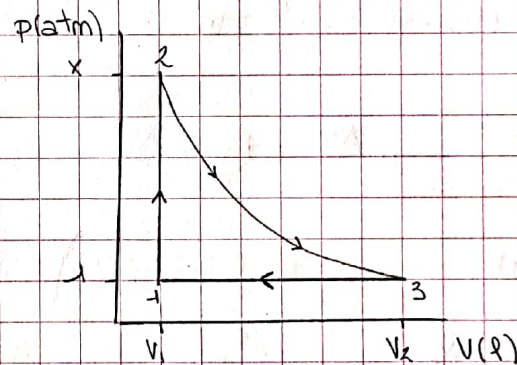
$$\Delta U = 0$$

4. En el ciclo de la figura, un mol de gas ideal ($\gamma = 1.4$) es troba a 1 atm i 0°C . El gas s'escalfa a volum constant fins una temperatura de $T_2 = 150^\circ\text{C}$ i tot seguit s'expansiona adiabàticament i reversiblement fins que la seva pressió torna a ser de 1 atm. Després es comprimeix a pressió constant fins l'estat inicial. Calculeu:

a. La temperatura T_3 a la que arriba després de l'expansió adiabàtica.

b. La calor absorbida o cedida a cada procés.

	1	2	3
$P(\text{atm})$	1		1
$V(\ell)$			
$T(\text{K})$	273	423	



a. $P_1 V_1 = n \cdot R \cdot T_1$

$$1 V_1 = 1 \cdot 0.082 \cdot 273$$

$$\boxed{V_1 = 22.38 \ell = V_2}$$

$$P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

$$22.38 P_2 = 1 \cdot 0.082 \cdot 423 \rightarrow 22.38 P_2 = 34.686 \rightarrow \boxed{P_2 = 1.55 \text{ atm}}$$

$$P_2 \cdot V_2^\gamma = P_3 \cdot V_3^\gamma \rightarrow 1.55 \cdot (22.38)^{1.4} = 1 \cdot (V_3)^{1.4}$$

$$120.26 = V_3^{1.4} \rightarrow V_3 = \sqrt[1.4]{120.26} \rightarrow \boxed{V_3 = 30.6 \ell}$$

$$P_3 \cdot V_3 = n \cdot R \cdot T_3$$

$$1 \cdot 30.6 = 1 \cdot 0.082 \cdot T_3 \rightarrow 30.6 = 0.082 T_3 \rightarrow \boxed{T_3 = 373.17 \text{ K}}$$

b.

1-2

$$Q_{12} = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \cdot (423 - 273) = 3117.7 \text{ J}$$

2-3

$$Q_{23} = 0 \text{ J}$$

3-1

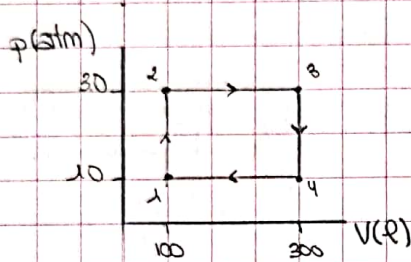
$$Q_{31} = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{7}{2} \cdot 8.314 \cdot (273 - 373.15) = -2913.6 \text{ J}$$

5. Un gas ideal ($\gamma = 1.4$) segueix el cicle de la figura. La temperatura inicial, T_1 , és de 200 K. Calculeu:

a. Les temperatures de la resta d'estats del cicle.

$$\gamma = 1.4$$

$$T_1 = 200 \text{ K}$$



	1	2	3	4
$p \text{ (atm)}$	1	3	3	1
$V \text{ (L)}$	100	100	300	300
$T \text{ (K)}$	200			

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

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \cdot 100}{0.082 \cdot 200} = 6.097 \text{ mols}$$

$$T_2 = \frac{P \cdot V}{n \cdot R} = \frac{3 \cdot 100}{0.082 \cdot 6.097} = 600 \text{ K}$$

$$T_3 = \frac{3 \cdot 300}{0.082 \cdot 6.097} = 1800 \text{ K}$$

$$T_4 = \frac{1 \cdot 300}{0.082 \cdot 6.097} = 600 \text{ K}$$

6. Una màquina té com a fluid de treball una certa quantitat d'un gas monoatòmic. Inicialment, a una pressió de 0'6 atm, la seva temp. és de -10°C i el gas ocupa un volum de 0'5 litres. Una transformació isoterma el porta a un volum de 0'3 litres. Després augmenta la seva pressió tot mantenint el volum constant, i finalment una transformació adiabàtica el torna a l'estat inicial.

- Determineu la pressió, el volum i la temperatura final de les transformacions i representeu el diagrama PV.
- El treball, la variació d'energia interna i la calor absorbida/calida a cada etapa.

a. $P_0 = 0'6 \text{ atm}$

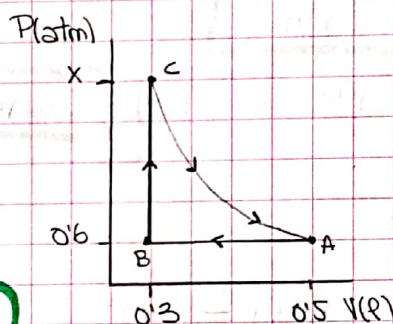
$T_0 = -10^{\circ}\text{C} = 263\text{K}$

$V_0 = 0'5 \text{ l}$

$V_3 = 0'3 \text{ l}$

$V_2 = 0'3 \text{ l}$

$T_2 = 263\text{K}$



	A	B	C
P(atm)	0'6		
V(l)	0'5	0'3	0'3
T(K)	263	263	

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

$0'6 \cdot 0'5 = n \cdot 0'082 \cdot 263$

$0'3 = n \cdot 21'566$

$n = 0'014 \text{ mols}$

$P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \rightarrow 0'3 \cdot P_2 = 0'014 \cdot 0'082 \cdot 263$

$0'3 P_2 = 0'302 \rightarrow P_2 = 1 \text{ atm}$

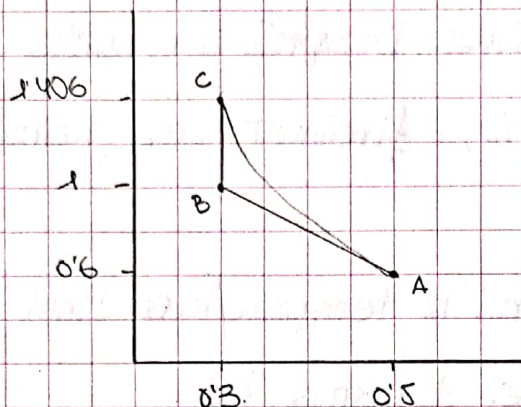
$P_1 \cdot V_1^{\gamma} = P_3 \cdot V_3^{\gamma} \rightarrow \gamma = 5/3$

$0'6 (0'5)^{5/3} = P_3 (0'3)^{5/3}$

$0'1889 = 0'1344 P_3 \rightarrow P_3 = 1'406 \text{ atm}$

$$P_3 \cdot V_3 = n \cdot R \cdot T_3 \rightarrow 1.406 \cdot 0.3 = 0.014 \cdot 0.082 \cdot T_3$$

$$0.4218 = 0.001148 T_3 \rightarrow T_3 = 367.42 \text{ K}$$



1-2 \rightarrow ISOTÉRMICA

2-3 \rightarrow ISOCÓRICA

3-1 \rightarrow ADIABÁTICA

$$b. \boxed{W_{1-2}} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 0.014 \cdot 0.082 \cdot 263 \cdot \ln \left(\frac{0.3}{0.5} \right) = \boxed{-0.15 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{Q_{1-2}} = W_{1-2} = \boxed{-0.15 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{\Delta U_{1-2}} = Q - W = -0.15 - (-0.15) = \boxed{0 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{W_{2-3}} = 0 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\boxed{Q_{2-3}} = n \cdot C_v \cdot \Delta T = 0.014 \left(\frac{3}{2} \cdot 0.082 \right) (367.42 - 263) = \boxed{0.18 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{\Delta U_{2-3}} = Q - W = 0.18 - 0 = \boxed{0.18 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{Q_{3-1}} = 0 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

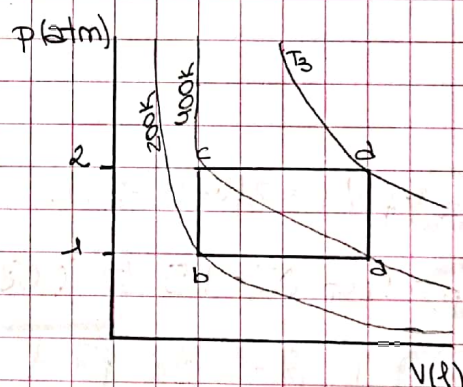
$$\boxed{W_{3-1}} = -n \cdot C_v \cdot \Delta T = -0.014 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0.082 (263 - 367.42) = \boxed{0.18 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

$$\boxed{\Delta U_{3-1}} = Q - W = 0 - 0.18 = \boxed{0.18 \text{ atm} \cdot \text{L}}$$

7. 1'5 mols d'un gas ideal descriuen el cicle a-b-c-d de la figura. Les corbes dibuixades són les isoterms de cada una de les temperatures que s'indiquen. Calculeu:

- Valor de la temperatura T_3
- Treball termodinàmic, calor bescanviant amb el medi i canvi d'energia interna per cada una de les etapes del cicle.
- Rendiment del cicle
- Rendiment màxim d'un cicle que treballi entre les dues temperatures extremes.

	A	B	C	D
P(atm)	1	1	2	2
V(l)				
T(K)	400	200	400	



$$a. P_c \cdot V_c = n \cdot R \cdot T_c$$

$$2V_c = 1'5 \cdot 0'082 \cdot 400 \rightarrow 2V_c = 49'2 \rightarrow V_c = V_B = 24'6\ell$$

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$$

$$1V_A = 1'5 \cdot 0'082 \cdot 400 \rightarrow V_A = V_D = 49'2\ell$$

$$P_D \cdot V_D = n \cdot R \cdot T_D$$

$$2 \cdot 49'2 = 1'5 \cdot 0'082 \cdot T_D \rightarrow 98'4 = 0'123 T_D$$

$$T_D = 800K$$

b. A-B

$$1 \text{ atm} \cdot L = 101.3 \text{ J}$$

$p = \text{cte}$

$$W_{AB} = p \Delta V = 1(24.6 - 49.2) = -24.6 \text{ atm} \cdot L = -2491.98 \text{ J} = -2.49 \text{ kJ}$$

$$Q_{AB} = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1.5 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.082(200 - 400) = 61.5 \text{ atm} \cdot L = -6.23 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{AB} = Q - W = -6.23 - (-2.49) = -3.74 \text{ kJ}$$

B-C

$V = \text{cte}$

$$W_{BC} = 0 \text{ kJ}$$

$$Q_{BC} = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1.5 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0.082(400 - 200) = 36.9 \text{ atm} \cdot L = 3.74 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{BC} = 3.74 \text{ kJ}$$

C-D

$p = \text{cte}$

$$W_{CD} = p \Delta V = 2(49.2 - 24.6) = 49.2 \text{ atm} \cdot L = 4.98 \text{ kJ}$$

$$Q_{CD} = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1.5 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.082(800 - 400) = 123 \text{ atm} \cdot L = 12.47 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{CD} = 12.47 - 4.98 = 7.48 \text{ kJ}$$

D-A

$V = \text{cte}$

$$W_{DA} = 0 \text{ kJ}$$

$$Q_{DA} = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1.5 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0.082(400 - 800) = -73.8 \text{ atm} \cdot L = -7.48 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{DA} = -7.48 \text{ kJ}$$

c.

$$\eta = \frac{W}{Q_{\text{abs}}} = \frac{-2.49 + 4.98}{3.74 + 12.47} = 0.15 \cdot 100 = 15\%$$

d.

$$\boxed{\eta = \frac{T_c - T_f}{T_c}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{200}{800} = 0.75 \quad 100 = \boxed{75\%}$$

d.

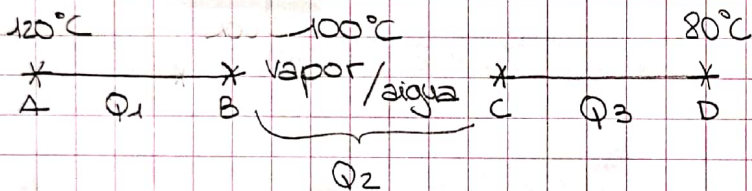
$$\boxed{\eta = \frac{T_c - T_f}{T_c}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{200}{800} = 0.75 \quad 100 = \boxed{75\%}$$

HUMANITAT : CLIMATITZACIÓ

1. Una massa $m = 1.5 \text{ kg}$ de agua experimenta la transformación ABCD representada en la figura. El calor latente de vaporización del agua es $L_v = 540 \text{ cal/g}$, el calor específico del agua es $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ y el del vapor de agua es $c_v = 0.482 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

2. ¿En qué estado se encuentra el agua en cada uno de los puntos de la transformación?

b. Calcular el calor intercambiado por el agua en cada una de las etapas de la transformación así como en la transformación completa.



$$m = 1,5 \text{ kg} = 1500 \text{ g}$$

$$L_v = 540 \text{ cal/g}$$

$$c_c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad / \quad c_c(\text{vapor aigua}) = 0.482 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

2. $A \rightarrow \text{vapor}$

B \rightarrow vapor

C \rightarrow liquid

D → Liquid

b. $Q_{\text{J}} = m \cdot c \cdot \Delta T = 1500(0.482)(100 - 120) = -14460 \text{ cal} = -60250 \text{ J}$

$$Q_2 = -m L = -1500 \cdot 540 = -810000 \text{ cal} = -3375000 \text{ J}$$

$$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta T = 1500 \text{ (kg)} \cdot (80 - 100) = -300000 \text{ cal} = \underline{\underline{-125000 \text{ J}}}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (-60250) + (-337500) + (-12500)$$

$$|Q_+| = |-3560250| = -3560250$$

2. En una habitación de 36 m^3 de volumen, llena de aire seco a 25°C , se introduce un recipiente abierto que contiene 5 litros de agua. Calcular la cantidad de agua que queda en el recipiente una vez que se ha llegado el equilibrio aire - vapor de agua. Tomar para la presión de vapor saturante a 25°C el valor de 23.8 mmHg .

$$P_{\text{sat}} \cdot V = \frac{m \cdot g_{\text{at}}}{H_v} R \cdot T$$

$$23.8 \cdot 36 = \frac{m \cdot g_{\text{at}}}{18} \cdot 0.0624 \cdot 298 \rightarrow m_{\text{got}} = 829.38 \text{ g}$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow 1 \text{ g/cm}^3 = \frac{830 \text{ g}}{V} \rightarrow V = 830 \text{ cm}^3 = 0.830 \text{ l}$$

$$V_{\text{final}} = 5 \text{ l} - 0.83 \text{ l} = 4.17 \text{ l}$$

3. Una habitación tiene las siguientes condiciones ambientales:

temperatura: 15°C ; humedad relativa: 60%. ¿Hasta qué temperatura habrá que calentar la habitación para que la humedad se reduzca al 20%? Tomar para los valores de las presiones saturantes en mmHg el mismo número que indica la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ (es decir, si $t = 21^{\circ}\text{C}$, $p_s = 21\text{mmHg}$)

$$T_i = 15^{\circ}\text{C}$$

$$P_{sat_i} = 15\text{mmHg}$$

$$H_{r_i} = 60\% \rightarrow H_{r_f} = 20\%$$

$$P_{sat} \cdot V = P_{sat} \cdot R \cdot T$$

$$\frac{1}{0.6} \cdot V = \frac{1}{0.2} \cdot 0.0624 \cdot (15 + 273) \rightarrow V = 1.9968\text{m}^3$$

$$P_{sat_f} \cdot 1.9968 = \frac{1}{0.2} \cdot 0.0624 \cdot T$$

$$\frac{T}{P_{sat}} = 6.4 \rightarrow \frac{x + 273}{x} = 6.4$$

$$x = 50.5$$

$$T = 50.5^{\circ}\text{C}$$

4. Una habitación está separada del exterior mediante una pared con un coeficiente de transmisión calorífica global $k_g = 0.9 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. La temperatura en el exterior es de 2°C . En el interior hay aire húmedo de humedad relativa 55% y temperatura 13°C . Se calienta la habitación hasta que la humedad relativa disminuye hasta un 20%. ¿Cuál debe ser la densidad de flujo calorífico que debe aportar la calefacción para que la humedad relativa se mantenga constante e igual al 20%. Tomar para las presiones de vapor saturantes, expresadas en mmHg el mismo número que indican las temperaturas en $^\circ\text{C}$.

2°C	13°C $h_r = 55\%$
Ex	In

$$H_r = \frac{P_v}{P_s} = 0.55 (55\%) \rightarrow P_s = 13 \text{ mmHg} (t_s = 13^\circ\text{C})$$

$$p_v = 0.55 \cdot 13 = 7.15 \text{ mmHg}$$

$$p_v \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m_v}{M_v} \cdot R \cdot T \rightarrow m_v = \frac{M_v \cdot p_v \cdot V}{R \cdot T}$$

$$\rightarrow m_v = \frac{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1000 \cdot 7.15 \text{ mmHg}}{0.082 \cdot 760 \cdot (273 + 13)} = 7.22 \text{ g}$$

$$p_v = \frac{7.22 \cdot T}{290} = 0.025 \cdot T$$

$$H_r = \frac{P_v}{P_s} = \frac{0.025 \cdot (273 + t)}{t} = 0.20 (20\%) \rightarrow t = 39^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = k_g \cdot (t_{in} - t_{ex}) = 0.9 \cdot (39 - 2) = 33.3 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

5. Una pared separa un local del medio exterior. La superficie exterior está a una temperatura de 5°C y el aire en el interior de la habitación está a una temperatura de 20°C . La humedad relativa del local tiene un valor del 80%. Calcular el coeficiente de transmisión calorífica global de la pared (teniendo en cuenta sólo fenómenos de conducción) para que no haya condensación en la superficie interna de la pared, sabiendo que la calefacción suministra $17.7 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2}$ en una hora para mantener las condensaciones establecidas.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Humedad } 80\% \\ T = 20^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} t = 16.3^{\circ}\text{C} \quad / \quad K_G \text{ mínim} \rightarrow \varphi = K_G \cdot \Delta T$$

$$17.7 = K_G \cdot (16.3 - 5) \rightarrow K_G = 1.57 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$$

6. Una pared limita el medio exterior con el interior de un edificio.

El coeficiente de transmisión global de la pared es $K_G = 2 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,

la temperatura exterior 7°C y el coeficiente de resistencia superficial

interior $q_i = 8 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Debido a la producción de vapor de agua en

el interior de la vivienda, se alcanza una humedad absoluta $H_a = 10 \text{ g/m}^3$

utilizando la carta psicrométrica del aire ¿Cuál debe ser la temperatura

interior de la vivienda para que no se produzca condensación en el muro?

¿En estas condensaciones, qué grado higrométrico tiene el aire? ¿Qué

ocurre cuando el coeficiente de transmisión global desciende hasta

$1 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$?

Densidad del aire seco: 1.27 kg/m^3

$$K_G = 2 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$H_a = 10 \text{ g/m}^3 \rightarrow \frac{10 \text{ g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0.787 \text{ m}^3}{1 \text{ kg}} = 7.87 \text{ g/kg aire sec}$$

$$T_{\text{rosado}} = 10.5^\circ\text{C}$$

$$T_{si} = T_i - K_G \cdot \frac{T_i - T_e}{h_i} \rightarrow 10.5 = T_i - 2 \cdot \frac{T_i - 7}{8} \rightarrow \boxed{T_i = 11.69^\circ\text{C}}$$

$$H_a = 0.787$$

$$T = 11.67^\circ\text{C}$$

$$\boxed{H_R = 85\%}$$

$$K_G = 1 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$T_{si} = T_i - K_G \cdot \frac{T_i - T_e}{h_i} \rightarrow 10.5 = T_i - 1 \cdot \frac{T_i - 7}{8} \rightarrow \boxed{T_i = 11^\circ\text{C}}$$

$$H_a = 0.787$$

$$T = 11^\circ\text{C}$$

$$\boxed{H_R = 89\%}$$

7. Sea la pared compuesta de la figura, cuyos materiales tienen las siguientes permeabilidades d_v y coeficientes de conductividad térmica:

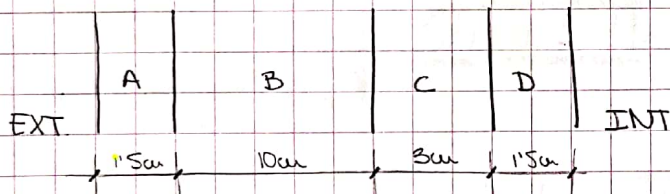
A - Enfoscado de cemento - $d_v = 11'49 \text{ gcm m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$; $K = 1'20 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

B - Hormigón macizo - $d_v = 20 \text{ gcm m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$; $K = 0'63 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

C - Material aislante - $d_v = 142'9 \text{ gcm m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$; $K = 0'038 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

D - Enlucido de yeso - $d_v = 19'23 \text{ gcm m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$; $K = 0'26 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

Se supone que la pared separa un medio exterior, con aire a la temperatura de 0°C y humedad relativa 70%, de un medio interno con aire a 20°C y humedad relativa del 50%. Hallar el perfil de presiones de vapor a través del cerramiento, y comentar si se puede producir condensaciones. Para hallar las presiones de vapor utilizar la carta psicrométrica. Suponer que son nulas las resistencias térmicas superficiales.



Exterior \rightarrow temperatura: 0°C ; $h_r = 70\%$

Interior \rightarrow temperatura: 20°C ; $h_r = 50\%$

MATERIAL	PERMEABILITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
A	11'49	1'5	0'13
B	20	10	0'5
C	142'9	3	0'021
D	19'23	1'5	0'08
RESISTÈNCIA TOTAL =			0'731

Pressió saturada

$$P_{s \text{ ext}} = 6'11 \cdot 0'75 = 4'58 \text{ mmHg}$$

$$P_{s \text{ int}} = 23'38 \cdot 0'75 = 17'53 \text{ mmHg}$$

Pressió de vapor

$$H_r = \frac{P_v}{P_s} \rightarrow R_{\text{ext}} = 4'58 \cdot 0'7 = 3'21 \text{ mmHg}$$

$$R_{\text{int}} = 17'53 \cdot 0'5 = 8'76 \text{ mmHg}$$

Pressions de superfície

$$P_1 = 8'76 - 0'08 \cdot \frac{8'76 - 3'21}{0'731} = 8'16 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 8'16 - 0'021 \cdot \frac{8'76 - 3'21}{0'731} = 8'00 \text{ mmHg}$$

$$P_3 = 8'00 - 0'5 \cdot \frac{8'76 - 3'21}{0'731} = 4'20 \text{ mmHg}$$

$$RT = \frac{0'015}{1'2} + \frac{0'1}{0'63} + \frac{0'03}{0'038} + \frac{0'015}{0'26} = 1'018$$

$$\left[\varphi = \frac{\Delta T}{RT} \right] = \frac{(T_i - T_e)}{Rt} = \frac{20 - 0}{1'018} = 19'64 \text{ kcal m}^2 \text{ h}^{-1}$$

Temperatures

$$t_1 = t_i - r_1 \cdot \varphi = 20 - 0'08 \cdot 19'64 = 18'43^\circ\text{C}$$

$$t_2 = t_1 - r_2 \cdot \varphi = 18'43 - 0'021 \cdot 19'64 = 18'02^\circ\text{C}$$

$$t_3 = t_2 - r_3 \cdot \varphi = 18'02 - 0'5 \cdot 19'64 = 8'2^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 18'43^\circ\text{C} \rightarrow 21'16 \text{ mbar} \cdot 0'75 = 15'87 \text{ mmHg} > 8'16 \quad \text{NO COND}$$

$$t_2 = 18'02^\circ\text{C} \rightarrow 20'64 \text{ mbar} \cdot 0'75 = 15'48 \text{ mmHg} > 8'00 \quad \text{NO COND}$$

$$t_3 = 8'2^\circ\text{C} \rightarrow 10'87 \text{ mbar} \cdot 0'75 = 8'15 \text{ mmHg} > 4'20 \quad \text{NO COND}$$

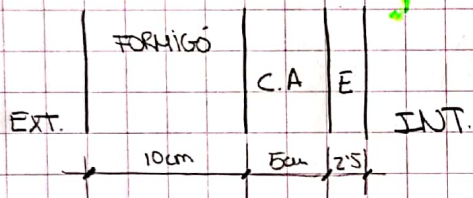
8. El cerramiento de la figura se encuentra entre dos medios cuyas variables ambientales son: exterior, temperatura 5°C ; humedad relativa 20%; interior, temperatura 23°C ; humedad relativa 70%. Las conductividades térmicas k y las permeabilidades d_v de los materiales del cerramiento tienen los valores siguientes:

Hormigón macizo - $k = 1.40 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 20 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$

Cámara de aire - $k = 0.25 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 250 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$

Enfoscado de cemento - $k = 1 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 11.49 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$

Calcular las presiones de vapor en cada superficie del cerramiento, indicando en su caso si se pueden producir condensaciones de vapor de agua.



Exterior \rightarrow temp: 5°C ; hr = 20%

Interior \rightarrow temp: 23°C , hr = 70%

MATERIAL	G-RUJX	PERMEABILITAT	RESISTÈNCIA TÈRMICA
HORMIGÓ	10	20	0.5
C.AIRE	5	250	0.02
CIMENT	2.5	11.49	0.22
RESISTÈNCIA TOTAL = 0.74			

Pressió saturada

$$P_{s \text{ ext}} = 8.72 \cdot 0.75 = 6.54 \text{ mmHg}$$

$$P_{s \text{ int}} = 28.09 \cdot 0.75 = 21.07 \text{ mmHg}$$

Pressões de vapor

$$H_r = \frac{P_v}{P_s}$$

$$P_{v \text{ ext}} = 0.2 \cdot 6.54 = 1.308 \text{ mmHg}$$

$$P_{v \text{ int}} = 0.7 \cdot 21.067 = 14.7 \text{ mmHg}$$

Pressões de superfície

$$P_1 = 14.7 - 0.22 \cdot \frac{14.7 - 0.308}{0.74} = 10.72 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 10.5 - 0.02 \cdot \frac{14.7 - 0.308}{0.74} = 10.2 \text{ mmHg}$$

$$R_T = \frac{0.1}{1.4} + \frac{0.05}{0.25} + \frac{0.025}{1} = 0.29$$

$$\varphi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{(T_i - T_e)}{R_T} = \frac{23 - 5}{0.29} = 6.2 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

Temperatures

$$t_1 = t_i - r_1 \cdot \varphi = 23 - 0.22 \cdot 6.2 = 21.64^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 21.64 - 0.02 \cdot 6.2 = 21.51^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 21.64^\circ\text{C} \longrightarrow 25.8 \text{ mbar} \cdot 0.75 = 19.35 \text{ mmHg} > 10.72 \quad \text{NO COND}$$

$$t_2 = 21.51^\circ\text{C} \longrightarrow 25.64 \cdot 0.75 = 19.23 \text{ mmHg} > 10.2 \quad \text{NO COND}$$

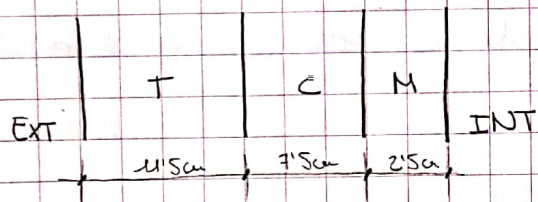
9. El armamiento de la figura correspondiente a la pared de una habitación fría, como la de un frigorífico industrial, y que está situada entre dos medios cuyas variables ambientales son: exterior, temperatura 25°C ; humedad relativa 50%; interior, temperatura -2°C , humedad relativa 30%. Las conductividades térmica k , y las permeabilidades d_v de los materiales son:

Tabique - $k = 0.75 \text{ Kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 20.8 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Corcho - $k = 0.035 \text{ Kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 12.5 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Madera - $k = 0.15 \text{ Kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 22.2 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Calcular el valor de la presiones de vapor en cada superficie indicando en su caso si se pueden producir condensaciones de vapor de agua.



Exterior \rightarrow temperatura: 25°C ; $h_r = 50\%$

Interior \rightarrow temperatura: -2°C ; $h_r = 30\%$

MATERIAL	G-GRUIX	PERMEABILITAT	RESISTÈNCIA TÈRMICA
Envà	11.5	20.8	0.553
Suro	7.5	12.5	0.6
Fusta	2.5	22.2	0.113
RESISTÈNCIA TOTAL =			1.266

Pressió saturada

$$P_{s \text{ ext}} = 3.68 \cdot 0.75 = 23.76 \text{ mm Hg}$$

$$P_{s \text{ int}} = 5.17 \cdot 0.75 = 3.87 \text{ mm Hg}$$

Pressió de vapor

$$H_r = \frac{P_v}{P_s} \rightarrow P_{v, \text{ext}} = 0.5 \cdot 23.76 = 11.88 \text{ mmHg}$$

$$P_{v, \text{int}} = 0.3 \cdot 3.87 = 1.16 \text{ mmHg}$$

Pressions de superfície

$$P_1 = 11.88 - 0.553 \cdot \frac{11.88 - 1.16}{1.266} = 7.2 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 7.2 - 0.6 \cdot \frac{11.88 - 1.16}{1.266} = 2.119 \text{ mmHg}$$

$$R_T = \frac{0.115}{0.75} + \frac{0.075}{0.035} + \frac{0.025}{0.15} = 2.46$$

$$\varphi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{(T_e - T_i)}{R_T} = \frac{25 - (-2)}{2.46} = 10.97 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

Temperatures

$$t_1 = t_e - r_1 \cdot \varphi = 25 - 0.553 \cdot 10.97 = 18.93^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 18.93 - 0.6 \cdot 10.97 = 12.35^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 18.93^\circ\text{C} \rightarrow 21.82 \text{ mbar} \cdot 0.75 = 16.36 \text{ mmHg} > 7.2 \text{ - NO COND}$$

$$t_2 = 12.35^\circ\text{C} \rightarrow 14.40 \cdot 0.75 = 10.8 \text{ mmHg} > 2.119 \text{ - NO COND}$$

10. El cerramiento de la figura está situado entre dos medios cuyas variables ambientales son: exterior; temperatura 24°C , humedad relativa 90%; interior, temperatura 19°C , humedad relativa 40%. Las conductividades térmicas k y las permeabilidades d_v de los materiales del cerramientos tienen los siguientes valores:

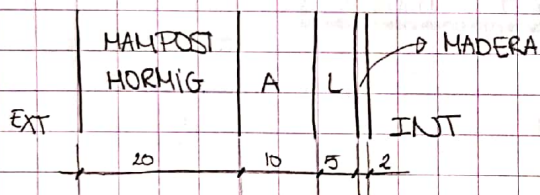
Mampostería de hormigón - $k = 0.63 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 20 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Aislante - $k = 0.038 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 142.9 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Ladrillo - $k = 0.75 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 20.8 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Madera - $k = 0.15 \text{ kcal m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $d_v = 22.2 \text{ g cm m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1}$

Calcular los valores de las presiones de vapor en cada superficie indicando en su caso si se pueden producir condensaciones de vapor de agua.



Exterior \rightarrow temperatura: 24°C , $h_r = 90\%$

Interior \rightarrow temperatura: 19°C , $h_r = 40\%$

MATERIAL	PERMEABILITAT	RESISTÈNCIA TÈRMICA	GRUIX
Mamposteria	20	1	20
Aïllant	142.9	0.07	10
Mao'	20.8	0.24	5
Fusta	22.2	0.09	2
RESISTÈNCIA TOTAL = 1.4			

Pressão saturada

$$P_{s \text{ ext}} = 29.84 \cdot 0.75 = 22.38 \text{ mmHg}$$

$$P_{s \text{ int}} = 21.97 \cdot 0.75 = 16.47 \text{ mmHg}$$

Pressão de vapor

$$H_r = \frac{F_v}{P_s} \rightarrow P_{v \text{ ext}} = 0.9 \cdot 22.38 = 20.142 \text{ mmHg}$$

$$P_{v \text{ int}} = 0.4 \cdot 16.47 = 6.59 \text{ mmHg}$$

Pressões de superfície

$$P_1 = 20.142 - 1 \cdot \frac{20.142 - 6.59}{1.4} = 10.462 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 10.462 - 0.07 \cdot \frac{20.142 - 6.59}{1.4} = 9.78 \text{ mmHg}$$

$$P_3 = 9.78 - 0.24 \cdot \frac{20.142 - 6.59}{1.4} = 7.5 \text{ mmHg}$$

$$R_T = \frac{0.2}{0.63} + \frac{0.1}{0.038} + \frac{0.05}{0.75} + \frac{0.02}{0.15} = 3.15$$

$$\varphi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{24 - 19}{3.15} = 1.58 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

Temperatures

$$t_1 = 24 - 1 \cdot 1.58 = 22.42^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 22.42 - 0.07 \cdot 1.58 = 22.31^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 22.31 - 0.24 \cdot 1.58 = 21.93^\circ\text{C}$$

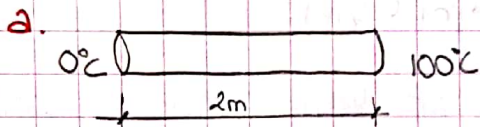
$$t_1 = 22.42^\circ\text{C} \rightarrow 27.09 \cdot 0.75 = 20.31 \text{ mmHg} > 10.462 \text{ — NO COND}$$

$$t_2 = 22.31^\circ\text{C} \rightarrow 26.92 \cdot 0.75 = 20.19 \text{ mmHg} > 9.78 \text{ — NO COND}$$

$$t_3 = 21.93^\circ\text{C} \rightarrow 26.28 \cdot 0.75 = 19.71 \text{ mmHg} > 7.5 \text{ — NO COND}$$

CONDUCCIÓ

1. Una barra de coure de 2m de llarg té una secció transversal circular de 1cm de radi. Un extrem es manté a 100°C i l'altre a 0°C. La superfície lateral de la barra s'aïlla de forma que les pèrdues de calor a través seu siguin negligibles. Avaluem quan s'assoleix el règim estacionari (a) la resistència tèrmica de la barra, (b) el flux de calor, (c) el gradient de temperatura i (d) la temperatura de la barra a 25cm de l'extrem calent.



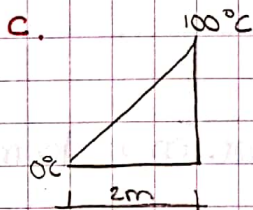
$$\phi = 2\text{cm}$$
$$r = 1\text{cm}$$

$$k = 401 \text{ W/mK}$$

$$R = \frac{L}{k \cdot A} = \frac{2\text{m}}{401 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot \underbrace{0.01^2 \cdot \pi \text{ m}^2}_{A = \pi R^2}} = 15.88 \text{ K/W}$$

b. $\Delta T = R \cdot I$

$$\rightarrow I = \frac{\Delta T}{R} = \frac{100 - 0}{15.88} = 6.30 \text{ W}$$

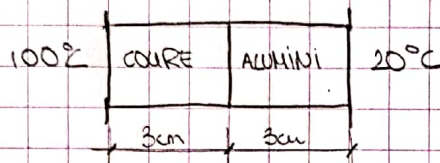


$$\frac{\Delta T}{\Delta L} = \frac{100 - 0}{2 - 0} = \frac{100}{2} = 50 \text{ K/m}$$

d. $T(^{\circ}\text{C}) = 100 - 50 \frac{\text{K}}{\text{m}} \cdot 0.25\text{m} = 87.5^{\circ}\text{C}$

2. Tenim dos cubs metàl·lics enganxats de 3cm de costat, un de coure i l'altre d'alumini, tal com mostra la figura. Sabent que la conductivitat tèrmica del coure és de 401 W/mK i la de l'alumini de 237 W/mK , calculeu:

- La resistència tèrmica de cada cub.
- La resistència total.
- El flux d'energia.
- La temperatura en la interfície dels dos cubs.



$$k_{\text{coure}} = 401 \text{ W/mK}$$

$$k_{\text{alumini}} = 237 \text{ W/mK}$$

$$a. R_{\text{cu}} = \frac{L}{k \cdot A} = \frac{0.03 \text{ m}}{401 \text{ W/mK} \cdot (0.03 \cdot 0.03)} = 0.0831 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{AL}} = \frac{0.03}{237 \cdot (0.03 \cdot 0.03)} = 0.141 \text{ K/W}$$

$$b. R_T = 0.0831 + 0.141 = 0.224 \text{ K/W}$$

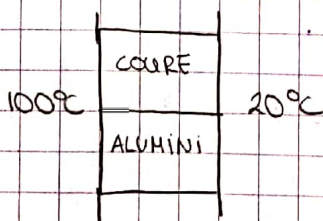
$$c. \phi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{100 - 20}{0.224} = 358 \text{ W}$$

$$d. \Delta T = R \cdot I = 0.081 \cdot 358 = 29.74^\circ\text{C}$$

$$T_i = T_1 - \Delta T = 100 - 29.74 = 70.25^\circ\text{C}$$

3. Els mateixos cubs del problema anterior es disposen en la forma indicada a la figura. Trobeu:

- El corrent tèrmic transportat al llarg de cada cub.
- El corrent tèrmic total.
- La resistència tèrmica equivalent.



$$a. I_{cu} = \frac{\Delta T}{R_{cu}} = \frac{100 - 20}{0.0831} = 962 \text{ W}$$

$$I_{Al} = \frac{100 - 20}{0.141} = 568.8 = 569 \text{ W}$$

$$b. I_{TOTAL} = 962 + 569 = 1531 \text{ W}$$

$$c. \Delta T = R \cdot I \rightarrow 100 - 20 = R \cdot 1531 \rightarrow R = \frac{100 - 20}{1531} = 0.0522 \text{ K/W}$$

4. L'àrea de la superfície exterior d'una casa (sostre i parets) és de 280 m^2 , dels quals 30 m^2 corresponen a les finestres. El vidre de les finestres ($k = 0.80 \text{ W/mK}$) és de 0.5 cm de gruix i el sostre i les parets estan recoberts d'un material aïllant ($k = 0.040 \text{ W/mK}$) de 8 cm de gruix. Quan la temperatura a l'exterior és de -10°C , l'interior de les finestres es troba a 3°C ; l'interior de les parets i el sostre a 15°C .

a. Quin és el flux de calor a través de les parets i sostre?

b. Quin és el flux de calor a través de les finestres?

$$a. |\phi| = I \cdot S$$

CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
0.04	0.08	2

$$I = \frac{T_i - T_e}{R_T} = \frac{15 - (-10)}{2} = 12.5$$

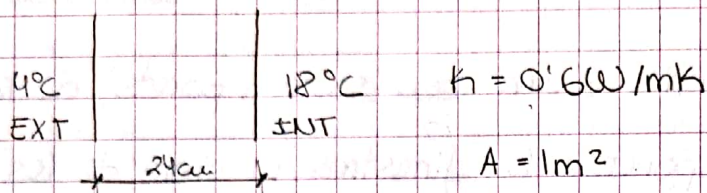
$$\phi = 12.5 \cdot (280 - 30) = 3125 \text{ W} = 3.13 \text{ kW}$$

b.

CONDUCTIVITAT	GRUIX	RESISTÈNCIA TÈRMICA
0.80	0.005	0.00625

$$I = \frac{3 + 10}{0.00625} = 2080 \rightarrow \phi = 2080 \cdot 30 = 62400 \text{ W} = 62.4 \text{ kW}$$

5. La paret d'una casa té 24cm de gruix i la seva conductivitat tèrmica és de 0'6 W/mK. La temperatura a l'interior és de 18°C i a l'exterior de 4°C. Quina quantitat de calor es perd per conducció cada hora a través d'un metre quadrat de paret? Per quina raó la pèrdua és tan gran? És correcte aquesta estimació de pèrdues?



$$R = \frac{L}{k \cdot A} = \frac{0'24 \text{ m}}{0'6 \text{ W/mK} \cdot 1 \text{ m}^2} = 0'4 \text{ K/W}$$

$$\Delta T = R \cdot I \rightarrow I = \frac{\Delta T}{R} = \frac{18 - 4}{0'4} = 35 \text{ W} = 35 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$I = 126 \text{ KJ/m}^2 \text{ per hora}$$

6. a. Quina és la resistència tèrmica d'una làmina de vidre de 1m² i 0'5 cm de gruix?

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Gruix} = 0'5 \text{ cm} = 0'005 \text{ m}$$

$$R = \frac{L}{k_{\text{vidre}} \cdot A} = \frac{0'005}{0'8 \cdot 1} = 0'00625 = 6'25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

entre 0'7 - 0'9

b. Quin flux de calor travessa aquesta làmina si la diferència de temperatura entre les dues cares del vidre és de 10°C? La conductivitat del vidre és 0'8 W/mK.

$$\Delta T = 10^\circ \text{C}$$

$$\phi = \frac{\Delta T}{R_t} = \frac{10}{0'00625} = 1600 \text{ W} = 1'6 \text{ KW}$$

TRANSPORT DE CALOR PER CONVECCIÓ

7. Quina energia perd una persona nua per segon degut a la convecció si la superfície de la persona és de 1.4 m^2 i la temperatura de l'aire és de 0°C ? Suposem que el factor de transmissió de calor és de $7.1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ i la temperatura de la pell és de 30°C .

$$A = 1.4 \text{ m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{exterior}} = 0^\circ\text{C} \\ T_{\text{persona}} = 30^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^\circ\text{C} = 30\text{K}$$

$$I = 7.1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 30\text{K} \cdot 1.4 \text{ m}^2 = 298.2 \text{ W} = 298.2 \text{ J/s} \approx 300 \text{ J/s}$$

8. El vidre d'una finestra es troba a 10°C i la seva àrea és de 1.3 m^2 . Si la temperatura de l'aire exterior és 0°C , quin és el flux de calor degut a la convecció? Suposem que el factor de transmissió de calor és de $4 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

$$\begin{array}{c|c} 0^\circ\text{C} & 10^\circ\text{C} \\ \text{EXT} & \text{INT} \end{array} \quad \begin{array}{l} q = 4 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1} \\ A = 1.3 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$\phi = q \cdot A \cdot \Delta T = 4 \cdot 1.3 \cdot (10 - 0) = 52 \text{ W}$$

9. Calculeu la raó entre les pèrdues degudes per convecció a través d'una finestra quan a l'exterior bufa un vent de 20 km/h i les pèrdues quan no hi ha vent a l'exterior. Suposem que la temperatura a l'interior és de 10°C i que a l'exterior lluny de la finestra és de -10°C . A -10°C la temperatura efectiva quan bufa un vent de 20 km/h és de -20°C .

$$I_{\text{vent}} = q_i \cdot \Delta T$$

$$I_{\text{sense vent}} = q_i \cdot \Delta T$$

$$\left. \begin{array}{l} q_i \cdot \Delta T = q_i \cdot \Delta T \\ (10 - (-20)) = 10 - (-10) \end{array} \right\}$$

$$(10 - (-20)) = 10 - (-10)$$

$$30 = 20 \rightarrow I = \frac{30}{20} = 1.5$$

RADIACIÓ

10. Un radiador amb una superfície exterior de 15 m^2 està pintat amb pintura d'alumini (emissivitat = 0.55).

- Quin és el flux de calor emès degut a la radiació quan la temperatura del radiador és de 50°C ?
- Quin és el flux de calor absorbit si les parets de l'habitació es troben a 22°C ?
- Quin és el flux net de calor procedent del radiador?

$$S = 15 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = 0.55$$

$$a. T = 50^\circ\text{C} + 273 = 323 \text{ K}$$

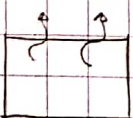
$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 = 0.55 \cdot (5.6703 \cdot 10^{-8}) \cdot 15 \cdot (323)^4 = 509.2 \text{ W}$$

$$b. T = 22^\circ\text{C} + 273 = 295 \text{ K}$$

$$\Phi = 0.55 \cdot (5.6703 \cdot 10^{-8}) \cdot 15 \cdot (295)^4 = 354.2 \text{ W}$$

$$c. \Phi = 509.2 - 354.2 = 155 \text{ W}$$

11. Un radiador elèctric de 1 kW té unes resistències que s'escalfen fins a 900°C . Suposant que el 100% de l'energia que es transmet a l'exterior és deu a la radiació, i que les resistències es comporten com un cos negre radiant (emissivitat = 1), determineu l'àrea efectiva de la superfície radiant (suposem que la temperatura de l'habitació és de 20°C).



$$Q = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$T_{\text{resistències}} = 900^\circ\text{C}$$

$$I = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 = 1 \cdot (5.67 \cdot 10^{-8}) \cdot A \cdot ((900 + 273)^4 - (20 + 273)^4) = 1000 \text{ W}$$

$$\hookrightarrow A = \frac{1000 \text{ W}}{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 1173^4} = 0.009342 \text{ m}^2 = 93.42 \text{ cm}^2$$

12. El filament d'una làmpada d'incandescència funciona a 2500K. El seu diàmetre és de 0.1mm i està formada per un metall d'emissivitat igual a 0.35. Quina longitud cal que tingui el filament per a que la làmpada arribi a emetre un flux de calor de 40W?

$$\begin{array}{l|l} T_{fil} = 2500K & \epsilon = 0.35 \\ \hline \phi = 0.1mm & I = 40W \end{array}$$

$$\phi = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 = 0.35 \cdot (5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}) \cdot 2500^4 = 775195.31 \frac{W}{m^2}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L$$

$$I = A \cdot \phi \rightarrow A = \frac{40W}{775195.31 \frac{W}{m^2}} = 0.000056 m^2$$

$$\rightarrow A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L = 0.000056 \rightarrow L = \frac{0.000056}{2 \cdot \pi \cdot 0.00005} = \boxed{0.164m}$$

13. A partir de les mesures de la radiació solar rebuda a la terra, pot calcular-se que a la superfície del sol radia energia a un ritme de 6250 W/cm². Suposant que el sol radia com un cos negre, determineu la temperatura a la superfície del sol.

$$\epsilon = 1$$

$$\phi = 6250 \frac{W}{cm^2} \cdot \frac{10000 m^2}{1 cm^2} = 62500000 \frac{W}{m^2}$$

$$\phi = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 = 1 \cdot (5.67 \cdot 10^{-8}) \cdot T^4$$

$$\rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{62500000}{5.67 \cdot 10^{-8}}} = \boxed{5762K}$$

PRINCIPI DE LA TERMODINÀMICA

1. A les cascades del Niàgara, l'aigua cau a 50 m.

a. Si la pèrdua de l'energia potencial incrementa l'energia interna de l'aigua, calculeu l'increment de la temperatura.

b. Feu el mateix per a les cascades de Yosemite, on l'aigua cau a 740 m.

a. $h = 50 \text{ m}$

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$W = E_{p2} - E_{p1} = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = mg(h_2 - h_1)$$

$$\left. \begin{array}{l} m/c_p \cdot \Delta T = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \\ \Delta T = \frac{g(h_2 - h_1)}{c_p} \end{array} \right\}$$

$$\Delta T = \frac{9.81(50 - 0)}{4.18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}} = 0.117 \text{ K}$$

$$\Delta T = \frac{g(h_2 - h_1)}{c_p}$$

b. $h = 740 \text{ m}$

$$\Delta T = \frac{9.81(740 - 0)}{4.18} = 1.74 \text{ K}$$

2. Durant una transformació, un sistema absorbeix 1500 J de calor i realitza 900 J de treball. Quina és la variació d'energia interna del sistema?

$$Q = 1500 \text{ J}$$

$$W = 900 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W = 1500 - 900 = 600 \text{ J}$$

TREBALL FET PEL GAS IDEAL

3. L'estat inicial d'un mol de gas ideal és de $p_1 = 3 \text{ atm}$, $V_1 = 1 \text{ l}$; $U_1 = 456 \text{ J}$. El seu estat final és de $p_2 = 2 \text{ atm}$, $V_2 = 3 \text{ l}$; $U_2 = 912 \text{ J}$.

Per cadascun dels quatre processos quasiestàtics que es descriuen a continuació, i que porten de l'estat final, representar el diagrama PV i calculen el treball realitzat pel gas i la calor absorbida.

- Es deixa expandir el gas fins un volum de 3 l a pressió constant. Seguidament es refreda a volum constant fins una pressió de 2 atm .
- El gas es refreda a volum constant fins una pressió de 2 atm . Després es deixa expandir a pressió constant fins un volum de 3 l .
- El gas s'expansiona isotèrmicament fins un volum de 3 l i una pressió de 1 atm . S'escalfa llavors a volum constant fins una pressió de 2 atm .
- El gas s'expansiona i rep calor de manera que segueix una recta al diagrama PV des de l'estat inicial fins al final.

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$p_1 = 3 \text{ atm}$$

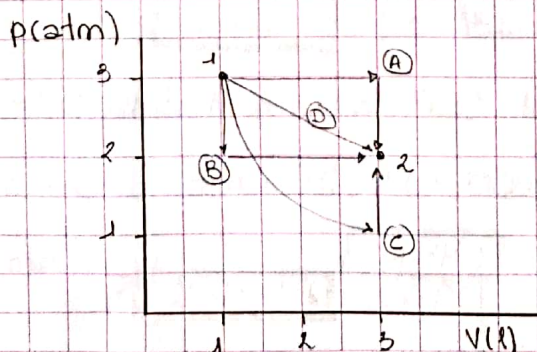
$$p_2 = 2 \text{ atm}$$

$$V_1 = 1 \text{ l}$$

$$V_2 = 3 \text{ l}$$

$$U_1 = 456 \text{ J}$$

$$U_2 = 912 \text{ J}$$



$$\Delta U = U_2 - U_1 = 456 \text{ J}$$

$$a. W = p \cdot \Delta V = 3(3-1) = 6 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W = 4.5 + 6 = 10.5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$b. W = p \cdot \Delta V = 2(3-1) = 4 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W = 4.5 + 4 = 8.5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$c. W = n \cdot R \cdot T \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$\leftarrow PV = n \cdot R \cdot T \rightarrow T = \frac{PV}{nR} = \frac{3 \cdot 1}{1 \cdot 0.082} = 36.585 \text{ K}$$

$$\leftarrow W = 1 \cdot 0.082 \cdot 36.585 \cdot \ln \left(\frac{3}{1} \right) = 3.3 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W = 4.5 + 3.3 = 7.8 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$d. W = 2 \cdot 2 + \frac{2 \cdot 1}{2} = 4 + 1 = 5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W = 4.5 + 5 = 9.5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

4. Un mol de gas ideal diatòmic s'escalfa quasistàticament a volum constant des de 300K fins a 600K. (a) Determina l'increment d'energia interna, la calor absorbida i el treball realitzat. (b) Fes el mateix si el gas s'escalfa a pressió constant entre 300K i 600K.

$$a. W = 0 \text{ J}$$

$$Q = 1 \cdot 5/2 \cdot 8.314 \cdot (600 - 300) = 6235.5 \text{ J} = 6.24 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = Q - W = 6235.5 - 0 = 6235.5 \text{ J} = 6.24 \text{ kJ}$$

$$b. W = p \Delta V \rightarrow p \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 = 1 \cdot 8.314 \cdot 300 = 2494.2 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$

$$p_2 \cdot V_2 = 1 \cdot 8.314 \cdot 600 = 4988.4 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$

$$W = 4988.4 - 2494.2 = 2494.2 \text{ J} = 2.49 \text{ kJ}$$

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot 7/2 \cdot 8.314 \cdot 300 = 8729.7 \text{ J} = 8.73 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = Q - W = 8.73 - 2.49 = 6.24 \text{ kJ}$$

TRANSFORMACIONS QUASIESTÀTICS D'UN GAS IDEAL

5. Un mol de gas ideal monoatòmic ($\gamma = 5/3$) s'expansiona adiabàticament i quasiestàticament des d'una pressió de 10 atm i temperatura de 0°C fins un estat de pressió de 2 atm. Determineu:

- Els volums inicials i finals.
- La temperatura final.
- El treball realitzat pel gas.

a. $Q = 0$

$$p_0 = 10 \text{ atm}$$

$$p_2 = 2 \text{ atm}$$

$$T_0 = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = ?$$

$$V_0 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$p_0 V_0 = n \cdot R \cdot T_0 \rightarrow V_0 = \frac{n \cdot R \cdot T_0}{p_0} = \frac{1 \cdot 0.082 \cdot 273}{10} = 2.24 \text{ L}$$

$$\left(\frac{p_2}{p_0}\right) \left(\frac{V_2}{V_0}\right)^{5/3} = 1 \rightarrow \left(\frac{2}{10}\right) \left(\frac{V_2}{2.24}\right)^{5/3} = 1 \rightarrow \left(\frac{V_2}{2.24}\right)^{5/3} = 5$$

$$\frac{V_2}{2.24} = \sqrt[5]{5^3} \rightarrow V_2 = 5.88 \text{ L}$$

$$b. p_2 V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \rightarrow T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{n \cdot R} = \frac{2 \cdot 5.88}{1 \cdot 0.082} = 143.41 \text{ K}$$

$$c. \Delta U = Q - W \rightarrow \Delta U = -W$$

$$\Delta U = + \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 0.082 (143.41 - 273) = -15.94 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$W = -(-15.94) = 15.94 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \frac{101300 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 1614.72 \text{ J} = 1.614 \text{ kJ}$$

6. Un gas ideal a la temperatura de 20°C es comprimeix adiabàticament i quasiestàticament fins la meitat del seu volum original. Calculeu la seva temperatura final si: (a) $c_v = \frac{3}{2} n \cdot R$ (monoatòmic); (b) $c_v = \frac{5}{2} n \cdot R$ (diatòmic).

a. $Q = 0$

$T_0 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$

$$\left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{V_f}{V_0}\right)^{5/3} = 1 \rightarrow \left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{V_0/2}{V_0}\right)^{5/3} = 1 \rightarrow \left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{5/3} = 1$$

$$P_f = \frac{1}{(1/2)^{5/3}} \cdot P_0 \rightarrow \boxed{P_f = 3.1748 \cdot P_0}$$

$P_0 \cdot V_0 = n \cdot R \cdot T_0 = 1 \cdot 0.082 \cdot 293 = 24.026 \text{ atm} \cdot \text{L}$

$P_f \cdot V_f = 3.1748 \cdot P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = 1.5874 P_0 \cdot V_0 = 1.5874 \cdot 24.026 = 38.1388 \text{ atm} \cdot \text{L}$

$\rightarrow 38.1388 = n \cdot R \cdot T_f \rightarrow T_f = \frac{38.1388}{1.082} = \boxed{1465\text{K}}$

b. $\left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{V_f}{V_0}\right)^{7/5} = 1 \rightarrow P_f = \frac{1}{(1/2)^{7/5}} \cdot P_0 \rightarrow \boxed{P_f = 2.639 P_0}$

$P_f \cdot V_f = 2.639 \cdot P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = 1.3195 P_0 \cdot V_0 = 1.3195 \cdot 24.026 = 31.702307 \text{ atm} \cdot \text{L}$

$\rightarrow 31.702307 = n \cdot R \cdot T_f \rightarrow T_f = \frac{31.702307}{1.082} = \boxed{1387\text{K}}$

7. Un mol i mig d'heli s'expansiona adiabàticament i quasiestàticament des d'una pressió inicial de 5 atm i una temperatura inicial de 500K fins a una pressió final de 1 atm. Calculeu:

- La temperatura final.
- El volum final.
- El treball fet pel gas.
- La variació de l'energia interna del gas.

b. $n = 1.5$ / $T_0 = 500K$
 $P_0 = 5 \text{ atm}$ / $P_f = 1 \text{ atm}$

$$PV = nRT$$

$$5V = 1.5 \cdot 0.082 \cdot 500 \rightarrow 5V = 61.5 \rightarrow \boxed{V_0 = 12.3 \text{ l}}$$

$$Q = 0$$

$$\left(\frac{P_f}{P_0}\right) \left(\frac{V_f}{V_0}\right)^{5/3} = 1 \rightarrow \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{V_f}{12.3}\right)^{5/3} = 1$$

$$\left(\frac{V_f}{12.3}\right)^{5/3} = 5 \rightarrow \frac{V_f}{12.3} = \sqrt[5]{5^3} \rightarrow \frac{V_f}{12.3} = 2.627 \rightarrow \boxed{V_f = 32.32 \text{ l}}$$

$$a. P_f \cdot V_f = n \cdot R \cdot T \rightarrow 1(32.32) = 1.5 \cdot 0.082 T$$

$$32.32 = 0.123 T \rightarrow T_f = 262.76 \approx \boxed{263K}$$

$$c. W = -n \cdot C_v \cdot \Delta T = -1.5 \left(\frac{3}{2} \cdot 8.314\right) (263 - 500) = 4433.44 \text{ J} = \boxed{4.43 \text{ kJ}}$$

$$d. \Delta U = Q - W = 0 - (-4433.44) = 4433.44 \text{ J}$$

$$\boxed{4.43 \text{ kJ}}$$

8. Cinc mols d'un gas ideal diatòmic, inicialment a 1 atm i a 25°C, es comprimeixen reversiblement i isotèrmicament fins a un volum igual a la dècima part del seu volum inicial i després es deixen expandir adiabàticament i reversiblement fins que el gas arriba a la pressió inicial de 1 atm. Calculeu la calor bescanviat, el treball realitzat i la variació de l'energia interna del gas.

$$\underline{P_1} = 1 \text{ atm} \quad / \quad V_1 = 122.18 \text{ l} \quad / \quad T_1 = 25^\circ = 298 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{P_1} = \frac{5 \cdot 0.082 \cdot 298}{1} = 122.18 \text{ l}$$

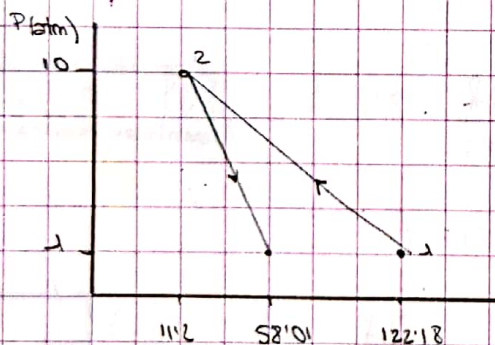
$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} = 1 \cdot 10 = 10 \text{ atm}$$

$$\underline{P_2} = 10 \text{ atm} \quad / \quad V_2 = 11.2 \text{ l} \quad / \quad T_2 = 298 \text{ K}$$

$$P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma \rightarrow (V_3/V_2)^\gamma = P_2/P_3 \rightarrow V_3/V_2 = (P_2/P_3)^{1/\gamma}$$

$$V_3 = V_2 (P_2/P_3)^{1/\gamma} = 11.2 \cdot 10^{5/7} = 58.01 \text{ l} \quad / \quad PV = n \cdot R \cdot T \rightarrow T_3 = 141.5 \text{ K}$$

$$\underline{P_3} = 1 \text{ atm} \quad / \quad V_3 = 58.01 \text{ l} \quad / \quad T_3 = 141.5 \text{ K}$$



$$\underline{Q} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(P_1/P_2) = 5 \cdot 0.082 \cdot 298 \cdot \ln(1/10) = -281.33 \text{ atm} \cdot \text{l} = \underline{-28.5 \text{ kJ}}$$

$$\underline{W} = Q \quad / \quad \underline{\Delta U = 0}$$

$$\underline{\Delta U_{23}} = n \cdot R \cdot \Delta T = 5 \cdot 5/2 \cdot R (141.5 - 298) = -160.41 \text{ atm} \cdot \text{l} = \underline{-16.25 \text{ kJ}}$$

$$\underline{Q = 0 \text{ kJ}} \quad / \quad \underline{\Delta U = Q - W = 16.25 \text{ kJ}}$$

9. Un gas ideal amb un volum inicial V_1 i una pressió P_1 s'expansiona adiabàticament i quasiestàticament fins un volum V_2 i una pressió P_2 . Calculeu el treball realitzat pel gas i comproveu que el resultat és el següent: $W_{\text{adiab}} = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}$. Demostreu que el pendent de la corba adiabàtica que passa per un punt en un diagrama PV és γ vegades el pendent de la corba isoterma que passa pel mateix punt.

$$Q = P \cdot \Delta V$$

$$\left. \begin{aligned} dq &= du + p \cdot dv \\ du &= c_v \cdot dt \end{aligned} \right\}$$

[Adiabàtic] $\rightarrow \Delta q = 0$

$$du = -p \cdot dv$$

$$W_{\text{adiab}} = \int p \cdot dv = - \int c_v dt = -c_v \Delta T = -c_v (T_2 - T_1) = c_v (T_1 - T_2)$$

$$\text{si fem } PV = nRT \rightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

$$W_{\text{adiab}} = c_v \left(\frac{P_1 V_1}{nR} - \frac{P_2 V_2}{nR} \right) = \frac{c_v}{nR} (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$W_{\text{adiab}} = \frac{c_v}{c_p - c_v} (P_1 V_1 - P_2 V_2); \text{ Dividim } c_v \text{ i fem } \frac{c_p}{c_v} = \gamma$$

$$W_{\text{adiab}} = \frac{\frac{c_v}{c_v}}{\frac{c_p}{c_v} - \frac{c_v}{c_v}} (P_1 V_1 - P_2 V_2) = \frac{1}{\gamma - 1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}$$

[Isoterma] $PV = (K) = P_1 V_1$

equació $P = K/V$

Pendent dP/dV

$$\frac{dP}{dV} = \frac{-K}{V^2}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{-P_1 V_1}{V_1^2} \rightarrow \text{pendent isoterma}$$

$$PV^\gamma \cdot (K) = P_1 V_1$$

equació $P = K/V^\gamma$

$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \cdot K \cdot V^{-\gamma-1}$$

$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \cdot V^\gamma \cdot V^{-\gamma-1} \cdot K$$

$$\cancel{-\gamma \cdot V_1^\gamma} \cdot V_1^{-\gamma-1} \cdot P_1 V_1^\gamma$$

$$-\gamma \cdot \frac{P_1}{V_1} \rightarrow \text{pendent adiabàtica}$$

MAQUINES TÈRMiques i FRIGORÍFIQUES

10. Dos mols d'un gas ideal monoatòmic tenen una pressió inicial $p_1 = 2 \text{ atm}$ i un volum inicial $v_1 = 2 \text{ l}$. Sotmetem el gas al següent cicle quasiestàtic: s'expandeix isotèrmicament fins que té un volum $v_2 = 4 \text{ l}$. Després s'escalfa a volum constant fins que té una pressió $p_3 = 2 \text{ atm}$. A continuació es refreda a pressió constant fins que torna a l'estat inicial.

a. Representeu aquest cicle en un diagrama PV.

b. Calculeu les temperatures T_1 , T_2 i T_3

c. Calculeu la calor subministrada al gas i el treball realitzat pel gas en cada part del cicle.

a. $n = 2$

$$P_1 = 2 \text{ atm}$$

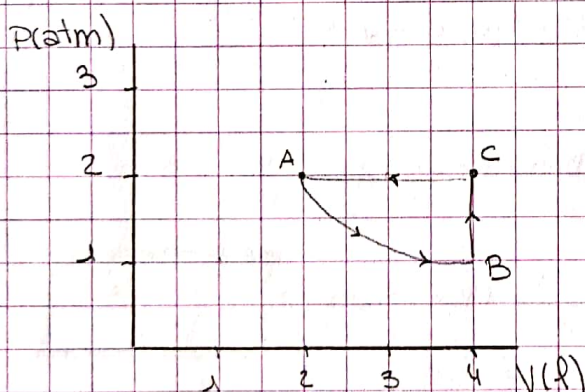
$$P_2 = ?$$

$$P_3 = 2 \text{ atm}$$

$$V_1 = 2 \text{ l}$$

$$V_2 = 4 \text{ l}$$

$$V_3 = 4 \text{ l}$$



$$b. PV = n \cdot R \cdot T_A \rightarrow 2 \cdot 2 = 2 \cdot 0.082 \cdot T$$

$$4 = 0.164 T_A \rightarrow T_A = 24.4 \text{ K} = T_B$$

$$PV = n \cdot R \cdot T_C \rightarrow 2 \cdot 4 = 2 \cdot 0.082 T \rightarrow T_C = 48.8 \text{ K}$$

c. A-B

$$W = n \cdot R \cdot T \ln(V_2/V_1) = 2 \cdot 0.081 \cdot 24.4 \cdot \ln(4/2) = 2.77 \text{ atm} \cdot \text{L} = 281 \text{ J}$$

$$Q = W \quad \Delta U = 0$$

1Bc

$$W = 0 \text{ J}$$

$$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 2 \cdot 3/2 \cdot 0.082 (48.8 - 24.4) = 6.2 \text{ atm} \cdot L = 608 \text{ J}$$

$$\Delta U = 608 \text{ J}$$

1CA

$$W = p \cdot \Delta V = 2(2-4) = -4 \text{ atm} \cdot L = -405.2 \text{ J}$$

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 2 \cdot 5/2 \cdot 0.082 (24.4 - 48.8) = -10.004 = -1013.4 \text{ J}$$

$$\Delta U = -1013.4 - (-405.2) = -608.2 \text{ J}$$

11. Una màquina frigorífica consumeix 150 J de treball per extreure 500 J de calor del compartiment fred.

a. Quina és la seva eficàcia?

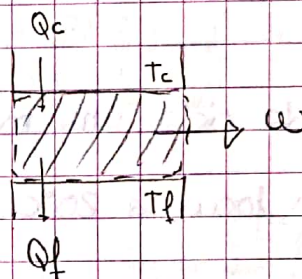
b. Quin calor transmet a l'exterior?

$$a. \eta = \frac{Q_{\text{ced}}}{|W|} = \frac{500}{150} = 3.33$$

$$b. W = 150 \text{ J}$$

$$Q = 500 \text{ J}$$

$$Q_c = W + |Q_f| = 150 + 500 = 650 \text{ J}$$



12. Una màquina de Carnot treballa entre dos focus tèrmics a que es troben a 300K i 200K.

a. Quin és el seu rendiment?

b. Si absorbeix 100 J del focus calent a cada cicle, quin treball realitza?

c. Quina quantitat de calor cedeix a cada cicle?

d. Quin és el coeficient d'eficàcia de la màquina quan treballa com a refrigerador entre els mateixos focus?

$$a. \eta = 1 - \frac{200}{300} = \frac{1}{3}$$

b. $Q_{abs} = 100 \text{ J}$

$$\eta = \frac{W}{Q_{abs}} \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{W}{100} \rightarrow W = 100 \cdot \frac{1}{3} = \boxed{33'3 \text{ J}}$$

c. $W_{TOTAL} = Q_{abs} - |Q_{ced}| \rightarrow 33'3 = 100 - |Q_{ced}|$

$$|Q_{ced}| = 100 - 33'3 = 66'7 \text{ J}$$

d. $\eta = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{200}{300 - 200} = \boxed{2}$

13. Quin es el coeficient d'eficàcia d'una màquina frigorífica de Carnot que treballa amb dos focus tèrmics que es troben a -15 i 20°C ?

$$-15^\circ\text{C} = 258 \text{ K}$$

$$20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{258}{293 - 258} = \boxed{7'4}$$

14. A cada cicle una màquina extreu 150 J de un focus a 100°C i dona 125 J a un focus a 20°C .

a. Quin és el rendiment d'aquesta màquina?

b. Quina és la relació entre el seu rendiment i el rendiment màxim que podria tenir?

$$Q = 150 \text{ J}$$

$$T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$$

$$125 \text{ J} \quad T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

a. $\eta = \frac{W}{Q_{abs}}$

$$Q_c = W + |Q_f| \rightarrow W = 150 - 125 = 25$$

$$\eta = \frac{25}{150} = \boxed{0'167}$$

b. $\eta_c = 1 - \frac{293}{373} = 0'2145$

$$\eta = \frac{\eta}{\eta_c} = \frac{0'167}{0'2145} \cdot 100 = 77'9\% = \boxed{78\%}$$

15. La relació entre el rendiment d'un motor i el seu rendiment màxim és del 85%. A cada cicle extreu 200 kJ de calor d'un focus calent a 500 K i dona calor a un focus fred a 200 K.

- Quin és el rendiment d'aquest motor?
- Quant treball realitza a cada cicle?
- Quina quantitat de calor s'elimina a cada cicle?

Extreu $Q = 200 \text{ kJ} \rightarrow T = 500 \text{ K}$

Dona $\rightarrow T = 200 \text{ K}$

$$a. \eta = \frac{\eta}{\eta_c} = 0.85 \rightarrow \eta_c = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{200}{500} = 0.6$$

$$\rightarrow 0.85 = \frac{\eta}{0.6} \rightarrow \eta = 0.85 \cdot 0.6 = 0.51$$

b. $\eta = 0.51$

$$\eta = \frac{Q_{\text{ed}}}{|W|} \rightarrow |W| = \eta \cdot Q_{\text{ed}} = 0.51 \cdot 200 = 102 \text{ kJ}$$

c. $Q_c = W + Q_f \rightarrow Q_f = Q_c - W = 200 - 102 = 98 \text{ kJ}$

16. La caldera d'un reactor nuclear escalfa aigua a 285°C i l'aigua de refrigeració es troba a 40°C . El rendiment real de la central és del 34%.

- Quin és el límit teòric pel rendiment de la central?
- Quina és la raó entre la potència perduda i la que es perdria si el rendiment fos màxim?

$$T = 285^\circ\text{C} = 558 \text{ K} \quad / \quad \eta = 34\% = 0.34$$

$$T = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

a. $\eta = 1 - \frac{313}{558} \cdot 100 = 44\%$

$$b. \left. \begin{array}{l} W_p = n_p \cdot Q \\ W_t = n_t \cdot P_H \end{array} \right\} \rightarrow \frac{W_{\text{perduda}} = Q_H (1 - n_p)}{Q_{\text{perduda}} = Q_H (1 - n_t)}$$

$$\frac{1 - n_p}{1 - n_t} = \frac{1 - 0.34}{1 - 0.44} = 1.48$$

17. Una màquina té una substància formada per 1 mol d'un gas ideal monoatòmic. El cicle comença amb una pressió i volum inicials de $p_1 = 1 \text{ atm}$ i $V_1 = 24'6 \text{ l}$. El gas s'escalfa a volum constant fins $p_2 = 2 \text{ atm}$ i després s'expandeix a pressió constant fins arribar a tenir $V_3 = 49'2 \text{ l}$. En aquestes dues etapes la calor absorbida. Seguidament el gas es refreda a volum constant fins que la seva pressió torna a ser 1 atm . Finalment es comprimeix a pressió constant fins arribar de nou a l'estat inicial. En aquestes dues últimes etapes la calor es cedeix. Totes les etapes són reversibles i quasiestàtiques.

- Dibuixeu un diagrama PV del cicle.
- Calculeu el treball, la calor i la variació de l'energia interna per cada etapa del cicle.
- Trobeu el rendiment del cicle.

$$n = 1$$

$$p_1 = 1 \text{ atm}$$

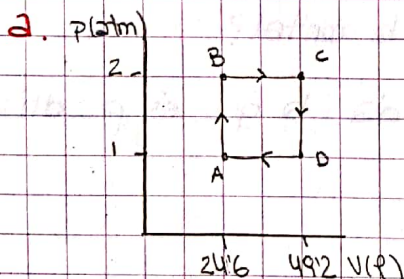
$$p_2 = 2 \text{ atm}$$

$$p_3 = 2 \text{ atm}$$

$$V_1 = 24'6 \text{ l}$$

$$V_2 = 24'6 \text{ l}$$

$$V_3 = 49'2 \text{ l}$$



$$PV = n \cdot R \cdot T_A \rightarrow T_A = \frac{1 \cdot 24'6}{1 \cdot 0'082} = 300 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{2 \cdot 24'6}{1 \cdot 0'082} = 600 \text{ K}$$

$$T_C = \frac{2 \cdot 49'2}{1 \cdot 0'082} = 1200 \text{ K}$$

$$T_D = \frac{1 \cdot 49'2}{1 \cdot 0'082} = 600 \text{ K}$$

b. **AB**

$$W = 0 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0'082 (600 - 300) = 36'9 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = Q - W = 36'9 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

1BC

$$W = p \cdot \Delta V = 2(49'2 - 24'6) = 49'2 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot 5/2 \cdot 0'082 (1200 - 600) = 123 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = 123 - 49'2 = 73'8 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

1CD

$$W = 0 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot 0'082 \cdot 3/2 (600 - 1200) = -73'8 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = -73'8 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

1DA

$$W = p \cdot \Delta V = 1(24'6 - 49'2) = -24'6 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot 0'082 \cdot 5/2 (300 - 600) = -61'5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\Delta U = -61'5 - (-24'6) = -36'9 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$C.R. = \frac{W}{Q_H} = \frac{49'2 - 24'6}{123 + 36'9} = \frac{24'6}{159'9} = 0'153 = 15'4\%$$

18. Una màquina que utilitza 1 mol d'un gas ideal de $c_v = 21 \text{ J/K}$ inicialment a $V_1 = 24'6 \text{ l}$ i $T_1 = 400 \text{ K}$, treballa en un cicle constant en 4 etapes: (1) expansió isotèrmica a 400 K fins un volum final el doble de l'inicial; (2) refredament fins a 300 K a volum constant; (3) compressió isotèrmica fins al volum inicial; i (4) escalfament a volum constant fins la temperatura inicial de 400 K .

a. Dibuixeu el cicle en un diagrama PV

b. Troben el treball fet pel gas, el calor absorbida i la variació d'energia interna a cada etapa del cicle i

c. Determineu el seu rendiment.

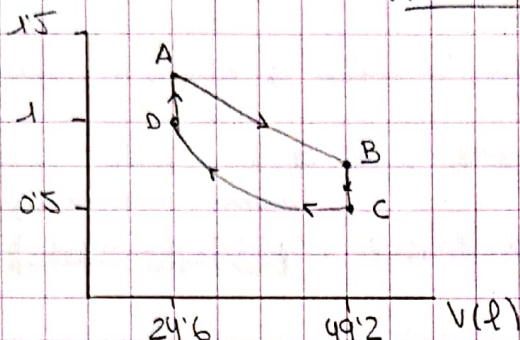
$n = 1$	$V_1 = 24'6 \text{ l}$	$V_2 = 2 \cdot 24'6 = 49'2 \text{ l}$	$V_3 = 49'2 \text{ l}$
$c_v = 21 \text{ J/K}$	$T_1 = 400 \text{ K}$	$T_2 = 400 \text{ K}$	$T_3 = 300 \text{ K}$
	$V_4 = 24'6 \text{ l}$		
	$T_4 = 300 \text{ K}$		

$$PV = n \cdot R \cdot T \rightarrow 24.6P = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 400 \rightarrow \boxed{P_1 = 1.33 \text{ atm}}$$

$$49.2P = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 400 \rightarrow \boxed{P_2 = 0.67 \text{ atm}}$$

$$49.2P = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 300 \rightarrow \boxed{P_3 = 0.5 \text{ atm}}$$

$$24.6P = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 300 \rightarrow \boxed{P_4 = 1 \text{ atm}}$$



b. AB

$$\boxed{W} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1) = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 400 \cdot \ln(49.2/24.6) = 22.73 \text{ atm} \cdot L = \boxed{2305 \text{ J}}$$

$$\boxed{Q} = 2305 \text{ J} \quad \boxed{\Delta U} = 0 \text{ J}$$

BC

$$\boxed{W} = 0 \text{ J} \quad \boxed{Q} = n \cdot C_V \cdot \Delta T = 1.21 (300 - 400) = \boxed{-2100 \text{ J}}$$

$$\boxed{\Delta U} = -2100 \text{ J}$$

CD

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1) = 1.0 \cdot 0.082 \cdot 300 \cdot \ln(24.6/49.2) = -17.05 \text{ atm} \cdot L = -1727.31 \text{ J}$$

$$Q =$$

$$\boxed{\Delta U} = 0 \text{ J}$$

DA

$$\boxed{W} = 0 \text{ J} \quad \boxed{Q} = n \cdot C_V \cdot \Delta T = 1.21 (400 - 300) = \boxed{2100 \text{ J}}$$

$$\boxed{\Delta U} = 2100 \text{ J}$$

$$c. \quad R = \frac{W}{q_H} = \frac{2305 + 0 - 1727.31 + 0}{2305 + 2100} = \frac{577.69}{4405} = 0.131 = \boxed{13.1\%}$$

19. En el ciclo de la figura, un mol de gas ideal ($\gamma = 1.4$) es troba inicialment a 1 atm i 0°C . El gas s'escalfa a volum constant fins una temperatura de $T_2 = 150^\circ\text{C}$ i tot seguit s'expansiona adiabàticament i reversiblement fins que la seva pressió torna a ser de 1 atm. Després es comprimeix a pressió constant fins l'estat inicial.

- La temperatura T_3 a la que arriba després de l'expansió adiabàtica.
- La calor absorbida o cedida a cada procés
- El rendiment del ciclo
- El rendiment d'un ciclo Carnot que operés entre les mateixes temperatures extremes del ciclo.

a. $P_1 V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \rightarrow [V_1] = 1.0082 \cdot 273 = [22.38 \text{ l} = V_2]$

$P_2 V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \rightarrow 22.38 P_2 = 1.0082 \cdot 423 \rightarrow [P_2 = 1.55 \text{ atm}]$

$P_2 \cdot V_2^\gamma = P_3 \cdot V_3^\gamma \rightarrow 1.55 (22.38)^{1.4} = 1 (V_3)^{1.4}$

$120.26 = V_3^{1.4} \rightarrow [V_3] = \sqrt[1.4]{120.26} = [30.6 \text{ l}]$

$P_3 \cdot V_3 = n \cdot R \cdot T_3 \rightarrow 1 \cdot 30.6 = 1.0082 T_3 \rightarrow [T_3 = 373.17 \text{ K}]$

b. [12]

$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1.5/2 \cdot 8.314 \cdot (423 - 273) = [3117.7 \text{ J}]$

[23]

$[Q = 0 \text{ J}]$

[34]

$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1.7/2 \cdot 8.314 (273 - 373.17) = [-2913.6 \text{ J}]$

c. $R = \frac{q_H - q_C}{q_H} = 1 - \frac{q_C}{q_H} = 1 - \frac{2913.6}{3117.7} \cdot 100 = [6.5\%]$

d. $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{273}{423} = 0.35 \rightarrow [35.5\%]$

20. Un mol d'un gas ideal monoatòmic amb un volum inicial de $V_1 = 25\text{ l}$ segueix el cicle indicat a la figura. Tots els processos són quasiestàtics.

a. A la temperatura a cada estat del cicle.

b. La calor absorbida o cedida a cada etapa.

c. El rendiment del cicle.

a. $PV = n R \cdot T \rightarrow T = \frac{PV}{n R}$

$$T_1 = \frac{100 \cdot 25}{8.314} = 300.7 = 301\text{ K}$$

$$T_2 = \frac{200 \cdot 25}{8.314} = 601.4\text{ K} = 601\text{ K}$$

$$T_3 = \frac{100 \cdot 50}{8.314} = 601.4\text{ K} = 601\text{ K}$$

b. 12

$$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 (601 - 301) = 3741.3\text{ J} = 3.74\text{ kJ}$$

23

$$Q = W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1) = 1 \cdot 8.314 \cdot 601 \cdot \ln(50/25) = 3463.45\text{ J} = 3.46\text{ kJ}$$

31

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \cdot (301 - 601) = -6235.5\text{ J} = -6.24\text{ kJ}$$

c. $R = 1 - \frac{Q_c}{Q_H} = 1 - \frac{6.24}{3.74 + 3.46} = 1 - \frac{6.24}{7.2} = 0.134$

21. Un mol de gas ideal, increment a 100°C , descriu el següent cicle reversible: expansió isomètrica fins a un volum doble de l'inicial, expansió adiabàtica fins a un volum triple de l'inicial, compressió isotèrma i, compressió adiabàtica fins a l'estat inicial. La calor molar del gas a volum constant és igual a $\frac{5}{2} R$. Calcular la calor i el treball intercanviat. Calcular també la variació de l'energia interna.

123

$$T_2 V_2^{1.4-1} = T_3 V_3^{1.4-1} \rightarrow T_2 (2V_1)^{0.4} = T_3 (3V_1)^{0.4} \rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{3V_1}{2V_1}\right)^{0.4}$$

$$\frac{373}{T_3} = \left(\frac{3}{2}\right)^{0.4} = 1.18 \rightarrow T_3 = \frac{373}{1.18} \rightarrow \boxed{T_3 = 316.1 \text{ K}}$$

14

$$\frac{T_1}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{0.4} \rightarrow \frac{373}{316.1} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{0.4} \rightarrow \frac{V_4}{V_1} = \left(\frac{373}{316.1}\right)^{1/0.4} = 1.52$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{V_4 = V_1 \cdot 1.52}$$

$$R = 8.31 \text{ J/Kmol} = 0.082 \text{ atm} \cdot \ell / \text{Kmol}$$

$$\Delta q = \Delta u + \Delta w \rightarrow \Delta u = n \cdot c_v \cdot \Delta T$$

$$\Delta w_{12} = n \cdot R \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 1 \cdot 0.082 \cdot 373 \cdot \ln(2) = 21.2$$

$$\rightarrow 21.5 \text{ KJ} \rightarrow \Delta q = \Delta w$$

$$\Delta u_{23} = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot R (316.1 - 373) = -11.6 \text{ KJ} = \Delta u \rightarrow \Delta w = -\Delta u$$

$$\Delta w_{34} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) = 1 \cdot 8.31 \cdot 316.1 \cdot \ln\left(\frac{1.52}{3}\right) = -17.5 \text{ KJ}$$

$$\Delta u = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot R (373 - 316.1) = 11.6 \text{ KJ}$$

	1	2	3	4
Δq	21.5	0	-17.5	0
Δu	0	-11.6	0	11.6
Δw	21.5	11.6	-17.5	-11.6

22. En un cilindre de motor tèrmic tenim un litre d'un gas diatòmic a una pressió, p_1 , de 5 atm i temperatura, T_1 , de 300 K. S'expandeix adiabàticament fins a una pressió, p_2 , de 1 atm. Després, es comprimeix a pressió constant fins que el seu volum és el mateix que a l'inicial.

- Determineu la pressió, el volum i la temperatura al final de les tres transformacions i representeu el diagrama P-V.
- Calculeu el treball i el calor bescanviat en cada transformació.
- Calculeu el rendiment del cicle i d'un cicle de Carnot que treballi en el mateix interval de temperatures.

a. $p_1 = 5 \text{ atm}$ $p_2 = 1 \text{ atm}$
 $T_1 = 300 \text{ K}$ $p_3 = 1 \text{ atm}$
 $V_1 = 1 \text{ l}$ $V_3 = 1 \text{ l}$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma \rightarrow 5 = \left(\frac{V_2}{1} \right)^{7/5} \rightarrow 5^{5/7} = V_2$$

$$V_2 = 3.15 \text{ l}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow 300 \cdot 1 = T_2 \cdot 3.15^{2/5} \rightarrow T_2 = 189.5 \text{ K}$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} \rightarrow \frac{1 \cdot 3.15}{189.5} = \frac{1}{T_3} \rightarrow T_3 = 60.15 \text{ K}$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{5 \cdot 1}{8.31 \cdot 300} = 0.002$$

b. 122

$$Q = 0 \text{ atm} \cdot \text{L} \quad W = -n \cdot c_v \cdot \Delta T = -0.002 \cdot 5/2 \cdot 8.13 \cdot (189.5 - 300) = 4.5 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

123

$$W = p \Delta V = 1(1 - 3.15) = -2.15 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

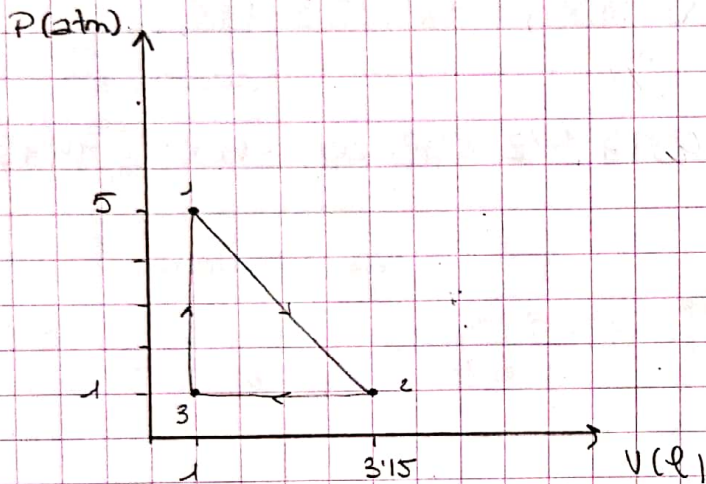
$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 0.002 \cdot 7/2 \cdot 8.13 (60.15 - 189.5) = -7.36 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

131

$$W = 0 \text{ atm} \cdot \text{L} \quad Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 0.002 \cdot 5/2 \cdot 8.13 (300 - 60.15) = 9.75 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$c. \eta = 1 - \frac{60'15}{300} = 0'799 = 79'9\% \approx \boxed{80\%}$$

$$R = \frac{W}{Q_H} = \frac{4'5 - 2'15}{9'75} = 0'241 = \boxed{24'1\%}$$



23. Un gas ideal ($\gamma = 1'4$) segueix el cicle de la figura. La temperatura inicial, T_1 , és de 200K. Calculeu:

a. Les temperatures de la resta d'estats del cicle

b. El rendiment del cicle.

$$\gamma = 1'4 \quad ; \quad T_1 = 200K$$

$$PV = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \cdot 100}{0'082 \cdot 200} = \boxed{6'097 \text{ mols}}$$

$$a. \quad T_2 = \frac{PV}{n \cdot R} = \frac{3 \cdot 100}{0'082 \cdot 6'097} = \boxed{600K}$$

$$T_3 = \frac{3 \cdot 300}{0'082 \cdot 6'097} = \boxed{1800K}$$

$$T_4 = \frac{1 \cdot 300}{0'082 \cdot 6'097} = \boxed{600K}$$

c. 12) vcte

$$W = 0 / Q = 6'097 \cdot 3/2 \cdot 8'13 (600 - 200) = 29741'166$$

123)

$$W = 3(1800 - 600) = 3600 / Q = 6'097 \cdot 5/2 \cdot 8'13 (1800 - 600) = 148705'83$$

134)

$$W = 0 / Q = 6'097 \cdot 3/2 \cdot 8'13 (600 - 1800) = -89223'498$$

141)

$$W = 1(200 - 600) = -400 / Q = 6'097 \cdot 5/2 \cdot 8'13 (200 - 600) = -49568'61$$

$$R = \frac{3600 - 400}{20779'22078} = 10'154$$

24. Una màquina fa que un mol d'un gas ideal monoatòmic segueixi el cicle de la figura, amb $p_1 = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, $p_3 = 1 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ i $T_1 = 550 \text{ K}$. Troben:

- Es volums als estats 1, 2 i 3, i la temperatura a l'estat 3.
- El treball, la variació d'energia interna i la calor absorbida / cedida a cada etapa.
- Quin és el rendiment del cicle.

$$n = 1 \quad p_1 = 5 \cdot 10^6 \quad p_3 = 1 \cdot 10^6$$

$$T_1 = 550 \text{ K}$$

a.

$$p_1 V_1 = n R T_1 \rightarrow V_1 = \frac{n R T_1}{p_1} = 0'914 \text{ L}$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{\gamma} \rightarrow \frac{5 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^6} = \left(\frac{V_3}{0'914} \right)^{5/3} \rightarrow V_3 = 5^{3/5} \cdot 0'914 = 2'14 \text{ L} = V_2$$

$$b. p_3 V_3 = n R T_3 \rightarrow T_3 = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 2'14 \cdot 10^{-3}}{8'314} = 288'7 \text{ K}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0'914}{2'14} = 1'9 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

142)

$$Q = W = n R T \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 1 \cdot 8'314 \cdot 550 \left(\frac{2'14}{0'914} \right) = 4'414 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = 0 \text{ KJ}$$

23

$$W = 0 \text{ KJ}$$

$$Q = n \cdot c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 (288.15 - 550) = -3.26 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = -3.26 \text{ KJ}$$

24

$$Q = 0 \text{ KJ}$$

$$W = -n c_v \cdot \Delta T = -1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 (550 - 288.15) = 3.26 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = 3.26 \text{ KJ}$$

$$c. \eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{4.414 - 3.26}{4.414} = 26.14\%$$

25. Un mol d'un gas ideal monoatòmic segueix el cicle de la figura, el procés 3-1 és isomètric.

a. Troben el volum al punt 3.

b. Calculeu el treball, la variació interna i la calor absorbida a cada etapa.

c. Determineu el rendiment del cicle.

$$\frac{P_1}{P_3} = \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^\gamma \rightarrow \frac{4}{1} = \left(\frac{V_3}{1} \right)^{5/3} \rightarrow V_3 = 4 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 48.78 \text{ K} \\ T_2 &= 195.122 \text{ K} \\ T_3 &= 48.78 \text{ K} \end{aligned}$$

b. 12 p = cte.

$$Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.082 \cdot (195.122 - 48.78) = 30 \text{ KJ}$$

$$W = p \Delta V = 4(4 - 1) = 12 \text{ KJ} \quad \Delta U = 18 \text{ KJ}$$

23 v = cte.

$$W = 0 \text{ KJ} \quad Q = n c_v \cdot \Delta T = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 0.082 (48.78 - 195.122) = -18 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = -18 \text{ KJ}$$

31

$$Q = W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_1}{V_3}\right) = 1.0082 \cdot 48.78 \cdot \ln\left(\frac{1}{4}\right) = -5.54 \text{ kJ}$$

$$c. R = \frac{W}{Q} = \frac{12 - 5.54}{30} = 0.215 = 21.5\%$$

26. Dos mols d'un gas ideal diatòmic s'utilitzen en una màquina tèrmica que segueix el següent cicle: partint d'un estat inicial a pressió 5 i volum 10 l pateix una evolució isobàrica fins a duplicar el volum inicial; a continuació, una isoterma el porta a un volum de 30 l; aleshores, seguint una isocònica es disminueix la pressió fins una quart estat; aquest estat és tal que una adiabàtica pot tornar el gas al seu estat inicial.

a. Determineu la pressió, el volum i la temperatura al final de les transformacions i representeu el diagrama PV.

b. Calculeu el rendiment del cicle i d'un cicle de Carnot que treballi en el mateix interval de temperatures.

$n = 2$	$p_0 = 5 \text{ atm}$	$p_1 = 5 \text{ atm}$	$p_3 = ?$	$p_4 = 1/4$
	$V_0 = 10 \text{ l}$	$V_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ l}$	$V_3 = 30 \text{ l}$	$V_4 = 30 \text{ l}$
			$T_3 = cte$	

$$2. PV = nRT \rightarrow 5 \cdot 10 = 2 \cdot 0.082 T \rightarrow T_0 = 304.87 \text{ K}$$

$$5 \cdot 20 = 2 \cdot 0.082 T_2 \rightarrow T_2 = 609.75 \text{ K} = T_3$$

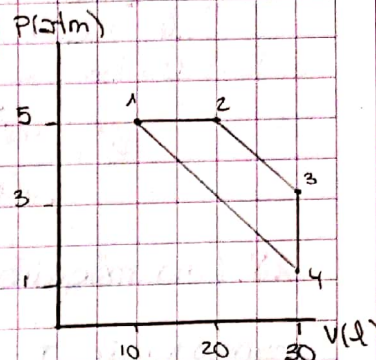
$$P_3 \cdot 30 = 2 \cdot 0.082 \cdot 609.75 \rightarrow P_3 = 3.33 \text{ atm}$$

$$\left(\frac{P_1}{P_4}\right) = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma/5} \rightarrow \frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{30}{10}\right)^{7/5}$$

$$T_3 = 609.75 \text{ K}$$

$$\rightarrow 5/P_4 = 4.655586722 \rightarrow P_4 = 1.0742 \text{ atm}$$

$$P_4 V_4 = nRT_4 \rightarrow 1.074 \cdot 30 = 2 \cdot 0.082 T_4 \rightarrow T_4 = 196 \text{ K}$$



$$12) Q = n c_v \Delta T = 2 \cdot 5/2 \cdot 0.082 (609.75 - 304.87) = 126.52 \text{ atm} \cdot \text{L} / W = 5(20 - 10) = 50 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$13) Q = W = nRT \ln(V_3/V_2) = 2 \cdot 0.082 \cdot 609.75 \cdot \ln(30/20) = 40.55 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$14) W = 0 \text{ atm} \cdot \text{L} / Q = n c_v \Delta T = 2 \cdot 5/2 \cdot 0.082 (196 - 609.75) = -164.64 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$14) Q = 0 \text{ atm} \cdot \text{L} / W = -n c_v \Delta T = -2 \cdot 5/2 \cdot 0.082 (304.87 - 196) = -44.64 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$c. R = \frac{50 + 40.55 - 44.64}{126.52 + 40.55} = 0.214 = 21.4\% / \eta = 1 - \frac{196}{609.75} = 0.678 = 67.8\%$$

27. Cent mols d'un gas ideal diatòmic segueixen el següent cicle: partint d'un estat inicial a pressió, p_1 , 3 atm i temperatura, T_1 , 500 K s'expandeix isotèrmicament fins assolir una pressió, p_2 , 1 atm; després es comprimeix a pressió constant fins un tercer estat, des del qual es pot fer una compressió adiabàtica que torna el gas al seu estat inicial.

a. Determineu la pressió, el volum i la temperatura al final de les transformacions i representeu el diagrama PV.

b. Calculeu el rendiment del cicle i d'un cicle Carnot que treballi en el mateix interval de temperatures

$$n = 100 \quad p_0 = 3 \text{ atm} \quad p_2 = 1 \text{ atm} \quad p_3 = 1 \text{ atm}$$

$$T_0 = 500 \text{ K} \quad T_2 = 500 \text{ K} \quad T_3 = ?$$

$$a. 3 \cdot V = 100 \cdot 0.082 \cdot 500 \rightarrow V_0 = 1367 \text{ L}$$

$$1 \cdot V = 100 \cdot 0.082 \cdot 500 \rightarrow V_2 = 4100 \text{ L}$$

$$\frac{3}{1} = \left(\frac{V_3}{1367}\right)^{\gamma/2.5} \rightarrow 3 = \left(\frac{V_3}{1367}\right)^{7/5} \rightarrow V_3 = 2998 \text{ L}$$

$$PV = nRT \rightarrow 1 \cdot 2998 = 100 \cdot 0.082 T \rightarrow T_3 = 365.6 \text{ K}$$

$$b. \eta = 1 - \frac{365}{500} = 0.27 = \boxed{27\%}$$

$$12) Q = W = 100 \cdot 0.082 \cdot 500 \ln(4100/1367) = 4503.31$$

$$23) W = 112998 - 4100 = -1102$$

$$Q = 100 \cdot 7/2 \cdot 0.082(365.6 - 500) = -3857.28$$

$$31) W = 0 / Q = 100 \cdot 5/2 \cdot 0.082(500 - 365.6) = 2755.2$$

$$\eta = \frac{4503.31 - 1102}{23457.31} = 0.142 = \boxed{14.2\%}$$

28. Una màquina té com a fluid de treball una certa quantitat d'un gas monoatòmic. Inicialment, a pressió de 0.6 atm, la seva temperatura és de -10°C i el gas ocupa un volum de 0.5 l. Una transformació isoterma el porta a un volum de 0.3 l. Després augmenta la seva pressió tot mantenint el volum constant, i finalment una transformació adiabàtica el torna a l'estat inicial.

a. Determineu la pressió, el volum i la temperatura al final de les transformacions i representeu el diagrama PV.

b. El treball, la variació d'energia interna i la calor cedida a cada etapa

c. Calculeu el rendiment del cicle i d'un cicle Carnot que treballi en el mateix interval de temperatures.

$$p_0 = 0.6 \text{ atm}$$

$$p_2 = ?$$

$$p_3 = ?$$

$$T_0 = -10^\circ\text{C} = 263\text{K}$$

$$T_2 = 263\text{K}$$

$$T_3 = ?$$

$$V_0 = 0.5 \text{ l}$$

$$V_2 = 0.3 \text{ l}$$

$$V_3 = 0.3 \text{ l}$$

$$PV = n \cdot RT \rightarrow 0.6 \cdot 0.5 = n \cdot 0.083 \cdot 263 \rightarrow \boxed{n = 0.014}$$

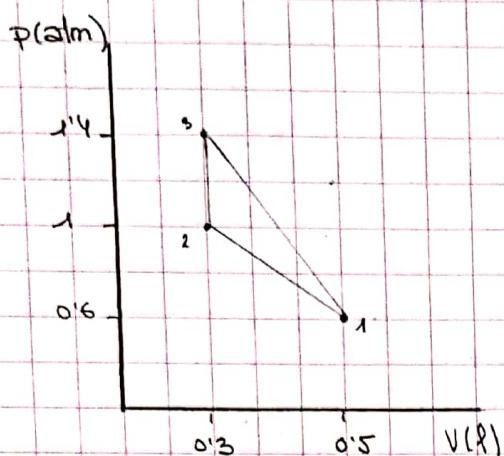
$$a. 0.3 P = 0.014 \cdot 0.083 \cdot 263 \rightarrow \boxed{P_2 = 1 \text{ atm}}$$

$$\left(\frac{P_1}{P_3}\right) = \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{5/3} \rightarrow \frac{0.6}{P_3} = \left(\frac{0.3}{0.5}\right)^{5/3} \rightarrow \frac{0.6}{P_3} = 0.4268271965$$

$$\rightarrow \boxed{P_3 = 1.406 \text{ atm}}$$

$$P_3 V_3 = n \cdot R \cdot T \rightarrow 1.406 \cdot 0.3 = 0.014 \cdot 0.083 \cdot T_3 \rightarrow \boxed{T_3 = 368\text{K}}$$

b.



12

$$Q = W = n R T \ln(V_2/V_1) = 0.014 \cdot 0.083 \cdot 263 \cdot \ln(0.3/0.5) = -0.156 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

$$\Delta U = 0 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

23

$$W = 0 \text{ atm}\cdot\text{L} \quad Q = n c_v \Delta T = 0.014 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.083 \cdot (368 - 263) = 0.183 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

$$\Delta U = 0.183 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

31

$$Q = 0 \text{ atm}\cdot\text{L} \quad W = -n c_v \Delta T = -0.014 \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.083 \cdot (263 - 368) = 0.183 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

$$\Delta U = -0.183 \text{ atm}\cdot\text{L}$$

$$c. R = \frac{0.183 - 0.156}{0.183} = 0.147 = 15\%$$

$$\eta = 1 - \frac{263}{368} = 0.285 = 28.5\%$$