

Domande Contenute nel File:

termo/termo1.tex

- 1) Un termistore è un dispositivo a stato solido la cui resistenza elettrica **01** cambia molto rapidamente con la temperatura. Questa dipendenza dalla temperatura è approssimativamente descritta dalla relazione

$$R(T) = R_0 e^{B/T} ,$$

dove R è espressa in Ω (Ohm), T in Kelvin, e R_0 e B sono due costanti i cui valori sono fissati dalla calibrazione del dispositivo.

a) Conoscendo il valore di R al punto di congelamento dell'acqua, $R = R_c$, e al punto di vaporizzazione, $R = R_v$, trovare i valori delle costanti R_0 e B .

b) Qual è il valore di R alla temperatura T_s ?

c) Qual è il tasso di cambiamento dR/dT nei punti di congelamento e vaporizzazione?

d) Il dispositivo è più sensibile ai cambi di temperatura nel punto di congelamento o di vaporizzazione dell'acqua?

(Dati: $R_c = 7360 \Omega$, $R_v = 153 \Omega$, $T_s = 37^\circ \text{ C}$.)

(Sol: a) $B = 3948 \text{ K}$, $R_0 = 0.00389 \Omega$, b) $R = 1312 \Omega$, c) $(dR/dT)_c = -389 \Omega/\text{K}$, $(dR/dT)_v = -4.34 \Omega/\text{K}$)

- 2) **02**



Una sbarra di sezione S e lunghezza l collega termicamente due serbatoi. Nel primo c'è una miscela di acqua e vapore alla temperatura T_v e nel secondo una miscela di acqua e ghiaccio alla temperatura T_g . Il ghiaccio si scioglie ad un

tasso r_m . Noti i valori del calore specifico c_v e il calore latente di fusione \mathcal{L}_f dell'acqua calcolare

a) il flusso di calore $\Delta Q/\Delta t$ attraverso la sbarra,

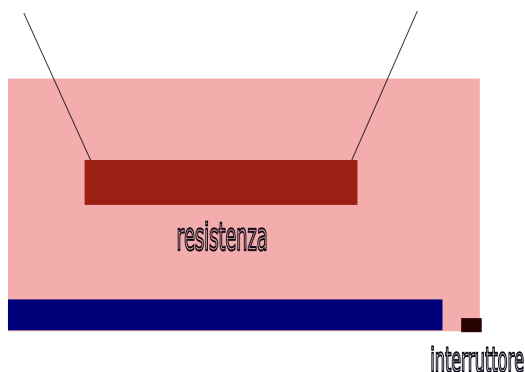
b) la conducibilità termica λ della sbarra.

(Dati: $S = 0.2 \text{ m}^2$, $l = 3.5 \text{ m}$, $T_v = 373 \text{ K}$, $T_g = 273 \text{ K}$, $r_m = 7 \text{ g/s}$, $\mathcal{L}_f = 333.5 \text{ J/g}$,)

(Sol: a) $\Phi = 2334.5 \text{ W}$, b) $\lambda = 408 \text{ W / m s}$)

- 3) Una sfera di piombo, che si comporta come un corpo nero, ha un raggio r_1 e una temperatura T . Un disco di rame annerito, di raggio r_2 , ruota attorno alla sfera di piombo alla distanza d dal suo centro. Il disco di rame espone sempre tutta la sua superficie alla sfera. Calcolare il tasso di energia $\Delta E/\Delta t$ che colpisce il disco. La temperatura fuori dalla sfera è T_0 . Considera noto il valore della costante di Stefan-Boltzmann σ .
 (Dati: $r_1 = 1$ m, $T = 450$ K, $r_2 = 0.009 r_1$, $d = 5 r_1$, $T_0 = 0$ K, $\sigma = 5.6703 \cdot 10^{-8}$ W/m²K⁴.)
 (Sol: 0.0237 W)

- 4) 04



Un serbatoio termicamente isolato, di dimensioni l_1, l_2, l_3 , è completamente riempito di acqua alla temperatura T_0 e ha sul fondo una sottile sbarra di alluminio attaccata ad una delle pareti. Inizialmente la lunghezza della sbarra è L_i . Al tempo $t = 0$ si attiva una resistenza di potenza P che scalda l'acqua. La variazione della temperatura

dell'acqua con il passare del tempo è ben rappresentata dalla relazione

$$T(t) = at + b .$$

a) Noto il calore specifico dell'acqua c_v e la sua densità ρ calcolare i valori dei coefficienti a e b trascurando la presenza della sbarra.

L'alluminio ha un coefficiente di dilatazione lineare α . Ipotizza che la sbarra si riscaldi con l'acqua con la quale si trova in equilibrio termico. Quando la lunghezza della sbarra raggiunge il valore l_1 si attiva un interruttore che spegne la resistenza ed interrompe il riscaldamento dell'acqua. Calcola

b) la temperatura che raggiunge,

c) il tempo che l'apparato impiega a spegnersi.

(Dati: $T_0 = 274$ K, $l_1 = 1$ m, $l_2 = l_3 = 11$ cm, $L_i = 99.8$ cm, $P = 1.3$ kW, $c_v = 4186$ J / (kg K), $\rho = 1$ g / cm³, $\alpha = 24.0 \cdot 10^{-6}$ / K.)

(Sol: a) $a = 0.0257$ K / s, $b = 274$ K, b) 357 K, c) 3250 s)

- 5) Uno stagno di area \mathcal{A} ha sulla sua superficie un sottile strato di ghiaccio. 05

L'acqua dello stagno è in equilibrio termodinamico con il terreno a temperatura T_H , mentre la temperatura dell'aria sopra lo stagno è T_a . Conoscendo la densità del ghiaccio ρ , la conducibilità termica λ e il valore del calore latente di fusione dell'acqua \mathcal{L} , calcolare le seguenti quantità.

- Il flusso di calore che lo stagno emette nell'atmosfera quando il ghiaccio ha uno spessore x_i (dQ/dt).
- La massa totale del ghiaccio quando lo spessore è x_i .
- Il tasso di crescita dx/dt del ghiaccio in m/s.
- Il tempo necessario perché lo spessore dello strato di ghiaccio passi da x_1 a x_2 .

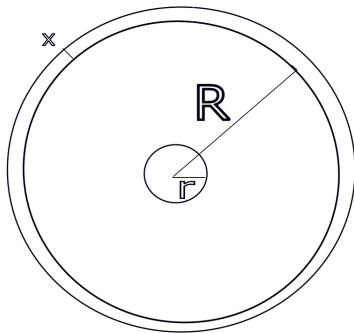
(Dati: $\mathcal{A} = 98 \text{ m}^2$, $T_H = 0^\circ \text{ C}$, $T_a = -15^\circ \text{ C}$, $\rho = 0.92 \text{ g / cm}^3$,

$\mathcal{L} = 334 \text{ J / g}$, $\lambda = 0.59 \text{ W / (m K)}$, $x_i = 1 \text{ cm}$, $x_f = 2 \text{ cm}$.)

(Sol: a) $86.73 \times 10^3 \text{ W}$, b) 901.6 kg , c) $2.88 \times 10^{-6} \text{ m / s}$, d) $5.66 \times 10^3 \text{ s}$)

6)

06



Una sfera di raggio r è mantenuta ad una temperatura T . Ipotizziamo che la sua emissività sia uguale ad 1. Questa sfera che irradia si trova al centro di un guscio sferico di raggio R e spessore x . La superficie interna di questo guscio sferico è annerita in modo che tutta la radiazione che la colpisce sia assorbita. Il gu-

scio sferico ha conducibilità λ . Conoscendo il valore della costante di Stefan-Boltzmann σ calcolare le seguenti quantità.

- Il flusso di calore irradiato dalla sfera centrale.
- Ipotizzando che la temperatura all'esterno del guscio sferico sia mantenuta costante, calcolare la differenza di temperatura tra l'interno del guscio sferico e l'esterno in una situazione stazionaria.
- Supponiamo che il calore fuori dal guscio sferico sia rimosso da un flusso d'acqua, di cui conosciamo la densità ρ e il calore specifico c . Se la differenza tra la temperatura dell'acqua prima di entrare in contatto con il guscio sferico, e dopo averlo fatto è ΔT , qual è il volume d'acqua per secondo che fluisce?

(Dati: $r = 10 \text{ cm}$, $R = 1 \text{ m}$, $x = 1 \text{ cm}$, $T = 1000 \text{ K}$, $\lambda = 46 \text{ W / (m K)}$,

$\sigma = 5.6703 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4180 \text{ J / (kg K)}$, $\Delta T = 0.85 \text{ K}$.)

(Sol: a) 7125 W, b) 0.123 K, c) 0.002 K)

- 7) Una sottile placca di metallo le cui superfici principali sono quadrate e hanno lato l e di spessore s si trova nello spazio profondo e ha una temperatura T_c . La temperatura dello spazio profondo è T_s . L'emissione termica della placca è simile a quella di un corpo nero. Sono note la densità ρ del metallo, il suo calore specifico c , il coefficiente di emissione della radiazione e , e il coefficiente di dilatazione lineare α . 07

a) Calcolare il tasso di emissione di calore per irraggiamento nota la costante di Stefan-Boltzmann σ .

b) Il tasso di cambiamento della temperatura dT/dt della placca.

c) Il tasso di cambiamento del valore della superficie della placca, dS/dt con l'abbassarsi della sua temperatura.

d) Quanto tempo è necessario perché il volume della placca diminuisca di un fattore 10^{-3} .

(Dati: $l = 37 \text{ cm}$, $s = 0.01 \text{ cm}$, $\rho = 5000 \text{ kg / m}^3$, $T_c = 1700 \text{ K}$, $T_s = 3 \text{ K}$, $c = 600 \text{ J / (kg K)}$, $e = 0.9$, $\alpha = 16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.)

(Sol: a) $117 \times 10^3 \text{ K}$, b) $- 2843 \text{ K / s}$, c) $- 0.025 \text{ m}^2 / \text{s}$, d) 0.00731 s)

- 8) Il comportamento dell'aria all'interno di un pneumatico di automobile può essere ben descritto come quello di un gas ideale. Alla temperatura T_i la pressione è \mathcal{P}_i . Dopo che l'auto è stata guidata ad alta velocità la temperatura è T_f . La costante dei gas è R . 08

a) Nell'ipotesi che il volume del pneumatico non sia cambiato calcolare il nuovo valore della pressione, P_f .

b) Nel caso in cui il volume si sia dilatato di un fattore f , trovare il nuovo valore della pressione.

c) Considerando quest'ultimo caso, per un volume V e temperatura T_f , calcolare il numero di moli del gas.

(Dati: $T_i = 20^\circ \text{ C}$, $\mathcal{P}_i = 314 \times 10^3 \text{ Pa}$, $T_f = 55^\circ \text{ C}$, $f = 0.03$, $V = 15 \text{ litri}$, $R = 8.314 \text{ J / (mol K)}$.)

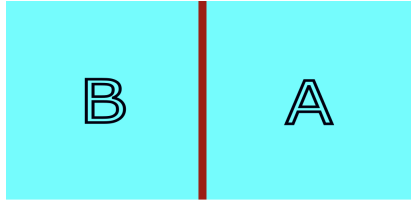
(Sol: a) $351.5 \times 10^3 \text{ Pa}$, $341.2 \times 10^3 \text{ Pa}$, 1.876 moli .)

- 9) Un termometro a gas a volume costante è calibrato al livello l_0 alla temperatura T_0 (questo significa che il mercurio nella parte aperta del tubo misura l_0 in più che nella parte chiusa). 09

a) Qual è la pressione del gas nel tubo?

- b) Qual è la temperatura quando il termometro segna l_1 ?
- c) Qual è il valore dell'energia cinetica per molecola a questa temperatura?
- d) Se il peso molecolare è M , qual è la velocità quadratica media delle molecole?
- e) Se il volume del termometro è V quanti moli di gas contiene?
- (Dati: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ molecole/mol}$, $R = 8.314 \text{ J / (mol K)} = 0.0820 \text{ L atm / (mol K)}$, $l_0 = 50 \text{ mm Hg}$, $T_0 = 0^\circ \text{ C}$, $l_1 = 85 \text{ mm Hg}$, $M = 40 \text{ g / mol}$, $V = 8 \text{ L}$.)
- (Sol: a) 1.066 atm , b) 285 K , c) $590 \times 10^{-23} \text{ J}$, d) 421 m / s , 0.380 moli .)
- 10)** Un contenitore cilindrico di raggio r e altezza h è aperto alla sua sommità e contiene aria alla pressione atmosferica. Un pistone con la stessa sezione del cilindro con una massa M viene inserito e gradualmente abbassato fino a quando la pressione dell'aria del contenitore compensa il peso del pistone. **10**
- a) Qual è la forza esercitata sul pistone dalla pressione atmosferica?
- b) Qual è la forza che deve esercitare il gas del contenitore per tenere in equilibrio il pistone?
- c) Qual è il valore della pressione nel contenitore?
- d) Ipotizzando che la temperatura del gas del contenitore non cambi, qual è l'altezza del pistone nella posizione di equilibrio?
- (Dati: $r = 2.5 \text{ cm}$, $h = 18 \text{ cm}$, $M = 2.5 \text{ kg}$, $g = 9.81 \text{ m / s}^2$, $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$.)
- (Sol: a) 198.9 N , b) 223.4 N , c) $1.13 \times 10^5 \text{ Pa}$, d) 16 cm .)
- 11)** Un gas è contenuto in un cilindro d'acciaio dal volume costante alla temperatura T_i e alla pressione \mathcal{P}_i . Il cilindro è immerso in un bagno di acqua bollente e raggiunge l'equilibrio termico. **11**
- a) Qual è il valore della pressione P_2 ?
- b) Viene aperta una valvola e il gas viene rilasciato fino a quando nel cilindro viene ristabilita la pressione \mathcal{P}_i . Che frazione del gas è stata rilasciata?
- c) La valvola viene chiusa, ed il cilindro è estratto dal bagno di acqua bollente e riportato alla temperatura T_i . Qual è la pressione P_f in questo caso?
- d) Supponiamo che il cilindro abbia un'altezza l e il raggio della base sia r . Qual è la forza totale esercitata dal gas su una delle basi del cilindro nella situazione c)?
- (Dati: $T_i = 20^\circ \text{ C}$, $\mathcal{P}_i = 6 \text{ atm}$, $l = 19 \text{ cm}$, $r = 3 \text{ cm}$, $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$.)
- (Sol: a) 7.64 atm , b) 0.214 , c) 4.71 atm , d) 1350 N .)

12)



12

Un cilindro di materiale isolante di diametro D e lunghezza L possiede al suo interno una parete isolante che si può muovere e di spessore s . Inizialmente nelle due parti del contenitore, A e B rispettiva-

mente c'è la stessa quantità di gas alla temperatura T_i e alla pressione \mathcal{P}_i . Il gas si comporta come un gas ideale.

- La massa molecolare del gas è M_m . Conoscendo il valore della costante R dei gas calcolare la densità di materia nella parte A .
 - Nella parte B sono pompate Δn moli addizionali di gas, dall'esterno del cilindro, mentre la temperatura è mantenuta costante. La parete si sposta e la temperatura della parte A cresce fino al valore T_f . Qual è il nuovo volume di equilibrio della parte B ?
 - Qual è l'energia cinetica totale di tutte le molecole della parte A ?
 - Qual è la velocità quadratica media delle molecole nella parte A ?
 - Qual è la forza esercitata sulla parete mobile dal gas della parte A ?
- (Dati: $D = 3$ cm, $L = 18$ cm, $s = 2$ cm, $T_i = 29^\circ$ C, $\mathcal{P}_i = 1$ atm, $M_m = 71$ g, $\Delta n = 0.006$, $T_f = 44^\circ$, $R = 8.314$ J / (mol K) = 0.0820 L atm / (mol K))
(Sol: a) 2.86 kg / m³, b) 87.73 cm³, c) 9.02 J, d) 333 m / s, e) 167 N.)

- 13) Un contenitore in metallo contiene acqua e anche un pezzo di ghiaccio di massa M_I . Il recipiente viene posto su una fiamma che, bruciando gasolio, 13
eroga una potenza W . Il ghiaccio si scioglie dopo un tempo t .

- Noto il tasso di combustione η del gasolio (energia prodotta per unità di massa) calcolare la quantità (massa) di gasolio bruciato.
 - Noto il valore del calore latente di fusione del ghiaccio \mathcal{L} qual è la frazione di calore disperso nell'atmosfera?
- (Dati: $M_I = 5$ kg, $W = 1.385 \cdot 10^4$ W, $t = 5$ min, $\eta = 10^4$ cal / g, $\mathcal{L} = 79.7$ cal / g, 1 cal = 4.1558 J.)
(Sol: a) 100 g, b) 0.6.)

- 14) Un sistema è composto da 4 particelle che possono assumere solo due valori 14
dell'energia $\pm\epsilon$.

- Calcola i valori dell'entropia microscopica quando il sistema ha energia $U = 0$, $U = 2\epsilon$ e $U = 4\epsilon$.

b) Il sistema con energia $U = 0$ è messo in contatto termico con un sistema identico, anche questo con energia $U = 0$. Calcola il valore dell'entropia microscopica del sistema totale composto dai due sistemi.

- 15) Un sistema composto da N particelle con energia U è caratterizzato da una molteplicità $w(N, U) = CU^{3N/2}$, dove C è una costante, Calcola il valore della temperatura microscopica τ . (Dati: $N = 20$, $U = 60 \epsilon$.) 15

- 16) Calcola la velocità quadratica media $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ di una molecola di un gas monoatomico il cui peso molecolare è m , quando la temperatura è T . La costante dei gas è R uguale al prodotto della costante di Boltzmann per il numero di Avogadro. (Dati: $m = 28$ g $T=300$ K, $R = 8.314$ J / (mol K).) 16

- 17) n moli di gas sono contenute in un apparato che permette di misurare il volume occupato, la pressione e la temperatura. Per un valore fissato della temperatura e della pressione ci si accorge che il volume occupato dal gas \mathcal{V} è inferiore di una frazione f rispetto a quello che occuperebbe un gas ideale $\mathcal{V} = f\mathcal{V}^{\text{ideale}}$. Usando l'equazione di stato di van der Waals, 17

$$\left(\mathcal{P} + \frac{an^2}{\mathcal{V}^2} \right) (\mathcal{V} - nb) = nRT \quad , \quad (1)$$

calcolare lo spazio occupato da una mole, e non più disponibile per il movimento delle molecole (il parametro b dell'equazione di stato). In questo calcolo considera irrilevante l'interazione tra le molecole ($a=0$).

Qual è il volume di ogni molecola, e, ipotizzando che la molecola abbia una forma sferica, qual è il suo raggio?

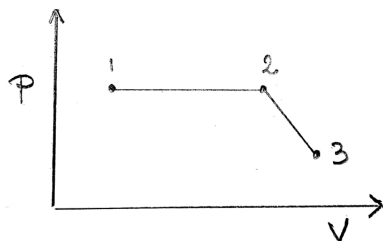
(Dati: $f = 0.95$, $\mathcal{V}^{\text{ideale}}=1$ L, n 2 moli, Numero di Avogadro 6.02214×10^{23} mole $^{-1}$.)

Domande Contenute nel File:

termo/termo2.tex

1)

01



Un sistema composto da un gas ideale biatomico senza eccitazioni vibrazionali, la cui capacità termica a volume costante è C_v , è sottoposto alle trasformazioni indicate nella figura. Sono noti i seguenti dati T_1 , P_1 , T_2 , V_2 , T_3 , P_3 (T temperatura, P pressione, V

volume).

a) Calcolare il numero di moli n del gas.

b) Calcolare C_v .

Calcolare il calore Q aggiunto al sistema, il lavoro W fatto dal sistema, il cambiamento di energia interna ΔU

c) per la trasformazione $1 \rightarrow 2$,

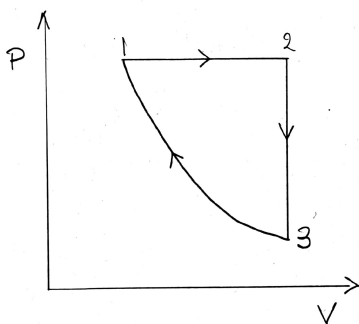
d) per la trasformazione $2 \rightarrow 3$.

(Dati: $T_1 = 300$ K, $P_1 = 4$ atm, $T_2 = 900$ K, $V_2 = 49.2$ L, $T_3 = 618$ K, $P_3 = 1$ atm. $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K.)

(Sol: a) 2.665 moli, 55.38 J / K, c) $Q_{12} = 46.5$ kJ, $W_{12} = 13.3$ kJ, $\Delta U_{12} = 33.2$ kJ, d) $Q_{23} = 6.1$ kJ, $W_{12} = 21.7$ kJ, $\Delta U_{23} = -15.6$ kJ,

2)

02



Un gas ideale biatomico, senza eccitazioni vibrazionali, composto da n moli, compie la trasformazione ciclica mostrata nella figura. Il tratto $1 \rightarrow 2$ è a pressione costante, il tratto $2 \rightarrow 3$ a volume costante, e il tratto $3 \rightarrow 1$ consiste in una trasformazione adiabatica. La massa molecolare del gas è M_m .

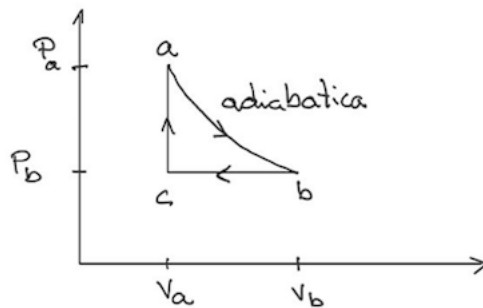
- a) Calcolare la capacità termica molare del gas a pressione costante.
 b) Calcolare il calore specifico del gas a volume costante.
 c) Per ogni tratto del ciclo calcolare il calore Q che entra nel sistema, il lavoro W svolto dal sistema, la variazione ΔU dell'energia interna.

(Dati: $n = 5.9$ moli, $P_1 = 2.3$ atm, $V_1 = 1.5$ L, $T_3 = 56.29$ K, $M_m = 19$ g/mol, $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K.)

(Sol: a) 0.287 atm L / mole K, b) 0.0108 atm L / g K, c) $Q_{12} = 9.70$ atm L, $W_{12} = 2.77$ atm L, $\Delta U_{12} = 6.93$ atm L, $Q_{23} = -8.74$ atm L, $W_{23} = 0$ atm L, $\Delta U_{23} = -8.74$ atm L, $Q_{31} = 0$ atm L, $W_{31} = -1.81$ atm L, $\Delta U_{31} = 1.81$ atm L.)

3)

03



- a) Per i tratti $b \rightarrow c$ e $c \rightarrow a$ mostrati nella figura, indicare il segno del calore trasferito, del lavoro svolto e del cambiamento di energia interna (0 in caso non ci sia nessun cambiamento).

- b) Noti il numero di moli n , la costante dei gas R , le temperature T_a e T_c , i volumi V_a

e V_b , calcolare il lavoro fatto dal gas nel tratto $a \rightarrow b$ e il flusso di calore assorbito.

- c) Calcolare il lavoro totale fatto dal gas in tutto il ciclo.

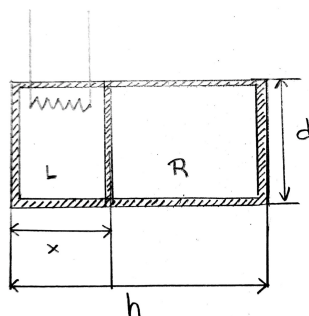
- d) Calcolare la capacità termica a pressione costante.

(Dati: $n = 5$ moli, $T_a = 518$ K, $T_c = 129.5$ K, $V_a = 10$ L, $V_b = 22.97$ L, $\gamma = 5/3$, $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K, 1 atm = 101.325 J.)

(Sol: b) 135.7 atm / L, c) 13.6 atm / L, d) 1.025 atm L / K.)

4)

04



Un cilindro fatto di materiale isolante ha al suo interno una parete semovente anche questa isolante. Il diametro della base è d e la lunghezza del cilindro h . Il cilindro è riempito nella parte sinistra (L) e

destra (R) da un gas ideale monoatomico. Inizialmente le pressioni nelle due parti sono uguali $\mathcal{P}_R = \mathcal{P}_L$ e anche le temperature sono uguali $T_R = T_L$. La lunghezza della parte sinistra è x . La parte sinistra è riscaldata fino a quando la lunghezza della parte sinistra diventa x' .

- Calcolare $\gamma = C_p/C_v$.
- Qual è la pressione nella parte destra?
- Qual è la temperatura nella parte destra?
- Qual è la temperatura nella parte sinistra?
- Qual è il lavoro fatto dal gas della parte sinistra?
- Qual è il calore acquisito dalla parte sinistra?

(Dati: $\mathcal{P}_R = \mathcal{P}_L = 1$ atm, $T_R = T_L = 316$ K, $d = 20$ cm, $h = 40$ cm, $x = 10$ cm, $x' = 22$ cm.)

(Sol: b) 2.34 atm, c) 444 K, d) 1628 K, e) 581 J, f) 2564 J.)

- 5) Un gas ideale composto da n moli compie un'espansione reversibile e isoter- 05
mica alla temperatura T . Il volume iniziale è \mathcal{V}_1 e quello finale \mathcal{V}_2 .

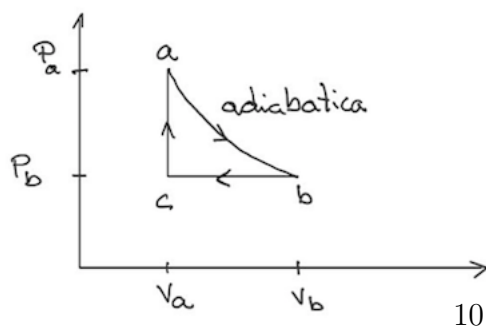
- Calcola la variazione dell'entropia del sistema, e quella dell'entropia dell'universo (sistema più serbatoio termico).
- Se la transizione precedente non fosse reversibile, quale sarebbe la variazione di entropia del sistema? La variazione dell'entropia dell'universo sarebbe uguale, minore o maggiore di quello ottenuto nel punto precedente?
- Una transizione libera adiabatica dallo stato iniziale con volume \mathcal{V}_1 e temperatura T allo stato finale con volume \mathcal{V}_2 non è quasi-statica. Qual è la variazione dell'entropia del sistema e dell'universo?

(Dati: $n = 2$ moli, $T = 400$ K, $\mathcal{V}_1 = 40$ L, $\mathcal{V}_2 = 80$ L. $R = 0.08206$ L atm/mol K.)

(Sol: a) 0.114 atm L / K.)

6)

06



Un gas ideale con calore specifico a volume costante $c_v = 3R/2$ è sottoposto al ciclo indicato nella figura. Nel punto a pressione, volume e temperatura valgono, rispettivamente, \mathcal{P}_a , \mathcal{V}_a , T_a . Nel punto b

la pressione vale \mathcal{P}_b . La transizione tra a e b è adiabatica, tra i punti b e c è a pressione

costante e tra c e a a volume costante.

a) Quanto vale $\gamma = c_p/c_v$ per questo gas?

b) Quanto vale \mathcal{V}_b ?

c) Quante moli n di gas ci sono nel sistema?

d) Quali sono i valori delle temperature nei punti b e c ?

e) Qual è la variazione di energia interna tra a e b ?

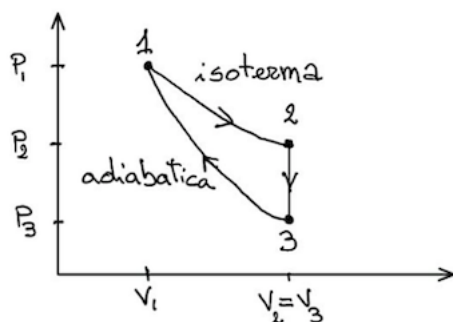
f) Qual è il lavoro fatto dal sistema nella transizione tra a e b ?

(Dati: $\mathcal{P}_a = 2 \cdot 10^5$ Pa, $\mathcal{V}_a = 1 \text{ m}^3$, $T_a = 400$ K, $\mathcal{P}_b = 10^5$ Pa, $R = 8.3143$ J/mol K.)

(Sol: b) 1.15 m^3 , c) 60.1 mol, d) 303.1 K, 200 K, e) -0.726×10^5 J.)

7)

07



Una data quantità di gas ideale composto da molecole monoatomiche $\gamma = c_p/c_v = 5/3$ si trova in uno stato iniziale caratterizzato da pressione \mathcal{P}_1 , volume \mathcal{V}_1 , e temperatura T_1 . Il gas compie un ciclo come indicato nella figura che rappresenta il diagramma pressione - volume. La transi-

zione tra 1 e 2 è isoterica, quella tra 2 e 3 a volume costante e tra 3 e 1 adiabatica. I valori dei volumi in 2 e 3 sono $\mathcal{V}_2 = \mathcal{V}_3$.

Calcolare le seguenti quantità.

a) Pressione in 2.

b) Pressione in 3.

c) Lavoro svolto dal gas, e calore assorbito nella transizione tra 1 e 2.

d) Lavoro svolto dal gas, e calore assorbito nella transizione tra 2 e 3.

e) Lavoro svolto dal gas nella transizione tra 3 e 1.

f) Variazione di energia interna nella transizione tra 3 e 1.

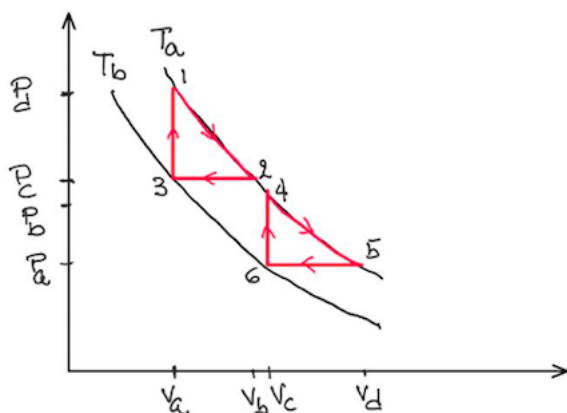
(Dati: $R = 8.3143$ J / mol K = 0.08206 L atm/ mole K

$1 \text{ atm} = 101.325 \cdot 10^3$ Pa, $\mathcal{P}_1 = 10$ atm, $\mathcal{V}_1 = 2$ L, $T_1 = 370$ K, $\mathcal{V}_2 = \mathcal{V}_3 = 17$ L.)

(Sol: a) 1.176 atm, b) 0.282 atm, c) 42.8 atm L, d) -22.8 atm L.)

8)

08



I due cicli, 1-2-3 e 4-5-6, mostrati nella figura, sono composti di segmenti con $\Delta T = 0$, $\Delta P = 0$ e $\Delta V = 0$. Ognuno dei due cicli viene compiuto da 1 mole di gas ideale.

a) Considerando che nello stato 1 si ha un volume $V_1 = V_a$, e che $T_a = 2T_b$ e considerando nota la pressione $P_2 = P_3 = P_c$, trovare il valore della temperatura T_b .

b) Quanto lavoro viene eseguito dal sistema lungo la transi-

zione $1 \rightarrow 2$?

c) E lungo tutto il ciclo 1-2-3-1?

d) Quanto calore viene assorbito dal sistema nel ciclo 1-2-3-1?

e) Qual'è la variazione dell'energia interna del sistema lungo il percorso 4-5.

f) Qual è quella in tutto il ciclo 4-5-6-4?

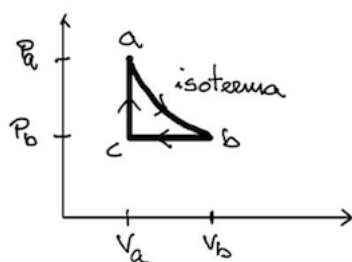
(Dati: $R = 8.3142 \text{ J / mol K} = 0.08206 \text{ L atm / mole K}$,

$1 \text{ atm} = 101.325 \times 10^3 \text{ Pa}$, $V_a = 0.6 \text{ L}$, $P_c = 5 \text{ atm}$.)

(Sol: a) 36.56 atm L , b) 4.158 atm L , c) 1.159 atm L .)

9)

09



Un sistema termodinamico costituito da n moli di gas ideale e caratterizzato da un coefficiente adiabatico $\gamma = c_p/c_v = 5/3$, compie il ciclo reversibile mostrato in figura, in cui la trasformazione $a \rightarrow b$ è isoterma.

a) Individuare il tipo di mole-

cole che compongono il gas (monoatomiche, biatomiche, poliatomiche).

b) Conoscendo i valori di V_a , V_b , T_a e T_c , calcolare il lavoro compiuto dal gas nella trasformazione $a \rightarrow b$ e nell'intero ciclo, nonché il calore scambiato dal gas con l'ambiente nella trasformazione $a \rightarrow b$ e nell'intero ciclo.

c) Si valuti, infine, il rendimento del ciclo confrontandolo con quello massimo fornito dal teorema di Carnot.

(Dati: $n = 5$ mol, $\mathcal{V}_a = 10$ L, $\mathcal{V}_b = 40$ L, $T_a = 415$ K, $T_c = 103.8$ K, $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K, 1 atm = 101.325 · 10³ Pa)

(Sol: a) $\mathcal{W}_{ab} = 236.0$ atm L, $\mathcal{W}_{bc} = -127.7$ atm L, $\mathcal{W}_{cd} = 0$ atm L, $\mathcal{W}_{ciclo} = 108.3$ atm L, b) 0.25, 0.75.)

- 10) Una macchina termica, composta da n moli di gas ideale, inizialmente con volume e temperatura \mathcal{V}_1 e T_1 , compie un ciclo formato dalle seguenti trasformazioni. 10

- 1) Un'espansione isoterma alla temperatura T_1 fino a raggiungere il volume \mathcal{V}_2 .
- 2) Un raffreddamento a volume costante fino a raggiungere la temperatura T_3 .

3) Compressione isoterma fino a raggiungere il volume iniziale.

4) Riscaldamento a volume costante per raggiungere la temperatura iniziale.

La capacità termica a volume costante è C_v .

Rappresentare il ciclo su un diagramma $\mathcal{P}\mathcal{V}$.

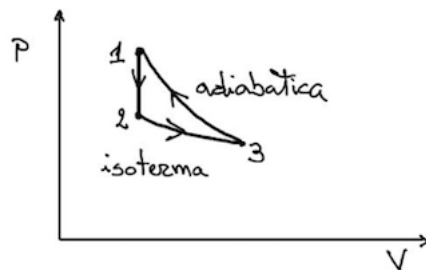
Calcolare l'efficienza della macchina termica.

(Dati: $n = 1$ mole, $\mathcal{V}_1 = 24.6$ L, $T_1 = 400$ K, $\mathcal{V}_2 = 2\mathcal{V}_1$, $T_3 = 300$ K, $C_v = 21$ J / K, $R = 8.31$ J / K mol.)

(Sol: 0.13.)

11)

11



Un gas ideale, composto da molecole biatomiche descrivibili come rotatori rigidi, compie il ciclo reversibile mostrato in figura. Il gas è costituito da n moli e conosciamo i valori di \mathcal{P}_1 , $\mathcal{V}_1 = \mathcal{V}_2$ e \mathcal{V}_3 .

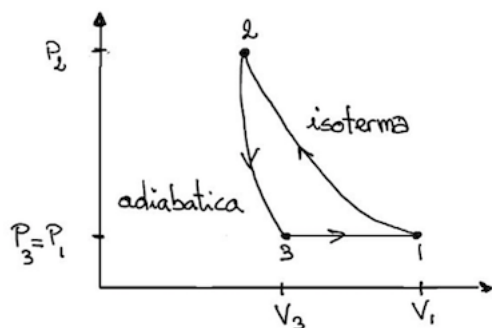
a) Calcolare la capacità termica del gas a volume costante.

b) Calcolare le quantità di calore e lavoro scambiate dal sistema con l'ambiente nelle tre trasformazioni. c) Determinare inoltre se il gas si comporta come un motore termico (lavoro netto positivo compiuto dal sistema nel ciclo) o come un frigorifero (lavoro netto positivo compiuto dall'ambiente nel

ciclo) e calcolare il rendimento (nel primo caso) o l'efficienza (nel secondo caso) del ciclo.

(Dati: $n = 0.52$ mol, $P_1 = 3.4$ atm, $V_1 = V_2 = 5.5$ L e $V_3 = 16.5$ L, $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K, 1 atm = $101.325 \cdot 10^3$ Pa)
(Sol: 340 J, 3.9)

12)



12

Un gas composto da n moli di molecole monoatomiche è sottoposto al ciclo mostrato nella figura. La massa molare di questo gas è M_m . Noto il valore delle pressioni $P_1 = P_3$ e dei due volumi V_1 e V_3 calcolare le seguenti quantità.

- La capacità termica C_V del sistema a volume costante.
- Il calore specifico c_p a pressione costante.

c) Il calore, Q , acquisito dal sistema, la variazione ΔU dell'energia interna del sistema, ed il lavoro W svolto dal sistema, in ognuna delle trasformazioni 1-2, 2-3, 3-1.

(Dati: $n = 0.57$ mol, $M_m = 15$ g/mol, $P_1 = P_3 = 1.9$ atm, $V_1 = 3.2$ L, $V_3 = 2.4$ L, $R = 8.3142$ J / mol K = 0.08206 L atm / mol K)

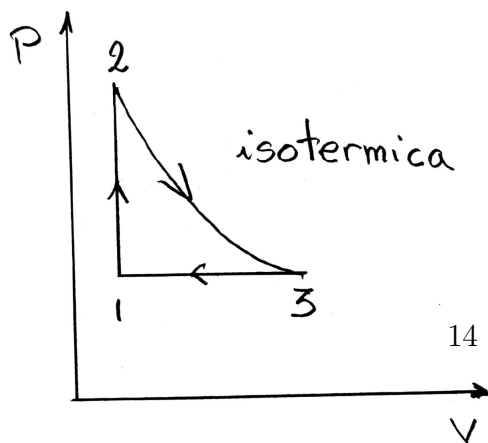
(Sol: a) 0.07016 J / K, b) 0.0137 ,

c) 1-2 $Q_{12} = -4.37$ atm L, $\Delta U_{12} = 0$, $W_{12} = -4.37$ atm L,

2-3 $Q_{23} = 0$, $\Delta U_{23} = -2.28$, atm L, $W_{23} = 2.28$ atm L,

3-1 $Q_{31} = 3.8$ atm L, $\Delta U_{12} = 2.28$ atm L, $W_{12} = 1.52$ atm L.)

13)



13

Una macchina termica composta da n moli di gas ideale monoatomico, contenuto inizialmente in un volume V_1 , compie il ciclo rappresentato in figura. Tutti i processi sono quasi-statici, quindi reversibili. Sono noti i valori di pres-

sione e volume in ogni punto del diagramma.

a) Calcolare la temperatura per ogni tratto del ciclo.

b) Identificare le parti del ciclo in cui il calore è assorbito.

c) Calcolare l'efficienza del ciclo.

clo.

(Dati: $n = 1$ mol, $\mathcal{V}_1 = 25$ L, $\mathcal{V}_3 = 2\mathcal{V}_1$, $\mathcal{P}_1 = 100$ k Pa, $\mathcal{P}_2 = 200$ k Pa, $R = 8.3142$ J / mol K, $C_v = nR 3/2$.)

(Sol: a) $T_1 = 300$ K, $T_2 = T_3 = 601$ K, c) 0.088.)

- 14)** Un gas di elio ($\gamma = 1.67$) si trova inizialmente alla pressione \mathcal{P}_1 , in un volume \mathcal{V}_1 e alla temperatura T_1 . Il gas compie un'espansione isoterma fino a quando il volume assume il valore \mathcal{V}_2 . A questo punto è compresso a pressione costante fino a quando il suo volume e la sua temperatura siano tali che con una compressione adiabatica possa ritornare nel suo stato iniziale.

a) Rappresentare il ciclo su un diagramma $\mathcal{P}\mathcal{V}$.

b) Trovare i valori del volume e della temperatura dopo la compressione isobarica.

c) Trovare il lavoro fatto durante il ciclo.

d) Calcolare l'efficienza del ciclo.

(Dati: $\mathcal{P}_1 = 16$ atm, $\mathcal{V}_1 = 1$ L, $T_1 = 600$ K. $\mathcal{V}_2 = 4$ L.)

(Sol: b) 4.0 atm, 344 K, c) 5.16 atm L, d) 0.23.)

- 15)** Una massa m di acqua, inizialmente alla temperatura T_1 è raffreddata a pressione atmosferica fino a diventare ghiaccio alla temperatura $T_2 = 0^\circ$ C. Successivamente il ghiaccio viene raffreddato fino alla temperatura T_3 . Conoscendo il calore specifico dell'acqua nella sua fase liquida c_w e quello nella sua fase di ghiaccio c_i e il calore latente di fusione λ , calcolare la variazione di entropia dell'acqua. Nell'intervallo di temperature considerato, i valori dei calori specifici sono costanti.

(Dati $m = 100$ g, $T_1 = 30^\circ$ C, $T_3 = -10^\circ$ C, $c_w = 1$ cal / g C, $c_i = 0.5$ cal / g C, $\lambda = 80$ cal / g.)

(Sol: -41.57 cal / K.)

- 16)** Una macchina termica compie un ciclo reversibile scambiando calore con tre sorgenti a temperature differenti T_a , T_b , T_c . La macchina assorbe una quantità di calore Q_a dalla sorgente a temperatura T_a e calore Q_b da quella

a temperatura T_b . Calcolare l'efficienza del ciclo,

(Dati: $T_a = 500$ K, $T_b = 373$ K, $T_c = 273$ K, $Q_a = 200$ cal, $Q_b = 300$ cal.)

(Sol: 0.342.)

- 17)** Una macchina termica acquisisce calore da una sorgente a temperatura **17**

T_a e lo rilascia ad un serbatoio a temperatura $T_b = 0^\circ$ contenente una massa m di ghiaccio. La macchina opera fino a quando tutto il ghiaccio si è sciolto. Conoscendo il calore latente di fusione dell'acqua, λ e ipotizzando che l'efficienza della macchina sia la massima possibile, calcolare:

- a) la quantità di calore rilasciata dalla sorgente a temperatura T_b ,
- b) la quantità di calore acquisita dalla sorgente a temperatura T_a ,
- c) la quantità di lavoro svolto dalla macchina.

(Dati: $T_a = 100^\circ$ C, $T_b = 0^\circ$, $\lambda = 80$ cal /g, $m=100$ g.)

(Sol: a) 80.0 k cal, b) 10.928 k cal, 2.928 k cal.)

- 18)** Una macchina termica lavora tra due serbatoi alle temperature T_1 e T_2 **18**

rispettivamente. Durante il ciclo estrae dal serbatoio a temperatura T_1 una quantità di calore Q_1 , e compie una quantità di lavoro W .

- a) Qual è l'efficienza di questa macchina?
- b) Quale sarebbe l'efficienza di una macchina reversibile, ad esempio una macchina di Carnot?
- c) Qual è la variazione di entropia dell'universo per ogni ciclo?

(Dati: $T_1 = 373$ K, $T_2 = 273$ K, $Q_1 = 100$ J, $W = 15$ J.)

(Sol: a) 0.15, b) 0.27 c) 0.043 J / K.)