

Esercizi da Halliday Resnick Walcker cap XX

ISBN 88-408-1331-4

Problemi 481

•4. (a) Calcolate la variazione di entropia di un cubetto di ghiaccio di massa 12,0 g che si scioglie completamente in un bicchiere d'acqua al suo punto di congelamento. (b) Calcolate la variazione di entropia di un cucchiaino d'acqua di massa 5,00 g che evapora completamente su una piastra calda al punto di ebollizione dell'acqua.

•5. Trovare (a) l'energia termica assorbita e (b) la variazione di entropia di un blocco di rame avente massa di 2,00 kg al crescere della temperatura da 25 °C a 100 °C in una trasformazione reversibile. Il rame ha calore specifico di 386 J/(kg · K).

•6. Un gas ideale compie un'espansione isoterma reversibile alla temperatura di 77,0 °C, aumentando il suo volume da 1,30 L a 3,40 L. La variazione di entropia del gas è 22,0 J/K. Quante sono le moli di gas presenti?

•7. In un esperimento, 200 g di alluminio [il suo calore specifico è 900 J/(kg · K)] alla temperatura di 100 °C vengono mischiati con 50,0 g di acqua alla temperatura di 20,0 °C senza altri scambi di calore. (a) Calcolate la temperatura di equilibrio. Trovate la variazione di entropia (b) dell'alluminio, (c) dell'acqua e (d) del sistema alluminio-acqua.

•8. Un blocco di massa 364 g è posto a contatto con una sorgente termica più calda. Si assuma che il trasferimento di calore avvenga reversibilmente. La figura 20.22 illustra la variazione d'entropia ΔS fino all'equilibrio termico. Calcolare il calore specifico del blocco.

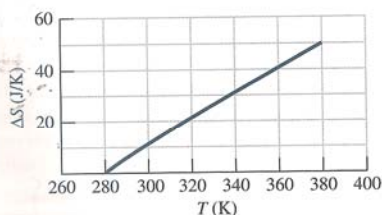


Figura 20.22 Problema 8.

•9. A un gas biatomico ideale, con molecole rotanti ma non oscillanti, viene fatto percorrere il ciclo mostrato sul diagramma p - V nella figura 20.23. In funzione di p_1 , V_1 , T_1 ed R determinate (a) p_2 , (b) p_3 e (c) T_3 ; determinate (d) L , (e) Q , (f) ΔE_{int} e (g) ΔS molare per il processo 1 → 2; determinate (h) L , (i) Q , (j) ΔE_{int} e (k) ΔS molare per il processo 2 → 3; determinate (l) L , (m) Q , (n) ΔE_{int} e (o) ΔS molare per il processo 3 → 1.

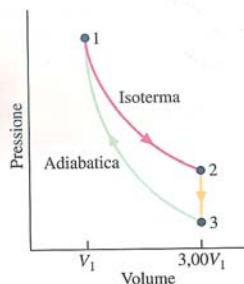


Figura 20.23 Problema 9.

•10. A bassissima temperatura il calore specifico molare C_V di molti solidi è approssimativamente pari ad AT^3 , dove A è una costante caratteristica della sostanza. Per l'alluminio $A = 3,15 \cdot 10^{-5}$ J/(mol · K⁴). Trovare il salto entropico relativo a 4,00 mol di alluminio quando la loro temperatura cresce da 5,00 K a 10,0 K.

•11. Un blocco di rame di massa 50,0 g a una temperatura di 400 K viene posto in un contenitore isolante con un blocco di piombo di massa 100 g a una temperatura di 200 K. (a) Qual è la temperatura di equilibrio

di questo sistema costituito dai due blocchi? (b) Qual è la variazione di energia interna del sistema dei due blocchi quando passa dalla condizione iniziale alla condizione di equilibrio? (c) Qual è la variazione di entropia del sistema dei due blocchi? (Si veda la tabella 18.3.)

•12. Un campione di 2,0 mol di un gas monoatomico ideale percorre il processo reversibile mostrato nel grafico di figura 20.24. (a) Quanto calore viene assorbito dal gas? (b) Qual è la variazione di energia interna del gas? (c) Quanto vale il lavoro compiuto dal gas?

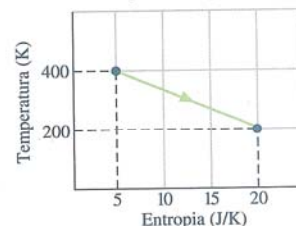


Figura 20.24 Problema 12.

•13. Un cubetto di ghiaccio di massa 10 g alla temperatura di -10 °C viene immerso in un lago la cui temperatura è di 15 °C. Calcolate la variazione di entropia del sistema quando il cubetto di ghiaccio raggiunge l'equilibrio termico con il lago. Il calore specifico del ghiaccio è 2220 J/(kg · K). (Suggerimento: Il cubetto di ghiaccio influenzerà la temperatura del lago?)

•14. Un cubetto di ghiaccio di massa 8,0 g alla temperatura di -10 °C viene immerso in un thermos contenente 100 cm³ di acqua a 20 °C. Qual è la variazione di entropia del sistema quando viene raggiunto uno stato finale di equilibrio? Il calore specifico del ghiaccio è 2220 J/(kg · K).

•15. Una miscela di 1773 g di acqua e 227 g di ghiaccio in equilibrio alla temperatura di 0,00 °C viene portata, durante un processo reversibile, a uno stato di equilibrio finale dove il rapporto delle masse acqua-ghiaccio è 1/1 alla temperatura di 0,00 °C. (a) Calcolate la variazione di entropia del sistema durante questo processo. (Il calore di fusione dell'acqua è 333 kJ/kg.) (b) Il sistema viene quindi riportato al primo stato di equilibrio, ma in modo irreversibile (utilizzando un becco Bunsen, per esempio). Calcolate la variazione di entropia del sistema durante questo processo. (c) La vostra risposta è in accordo con la seconda legge della termodinamica?

•16. 1,0 mol di un gas monoatomico ideale percorre il ciclo di figura 20.25. In funzione di $p_0 V_0$ calcolare (a) il lavoro L compiuto dal gas nel percorso abc e ΔE_{int} (b) nella trasformazione bc e (c) per l'intero ciclo. Quanto vale ΔS (d) nella trasformazione bc e (e) nell'intero ciclo?

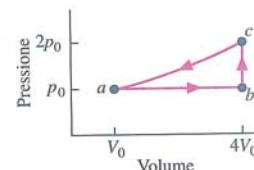


Figura 20.25 Problema 16.

•17. Una mole di un gas monoatomico ideale viene fatta passare da uno stato iniziale a pressione p e volume V a uno stato finale a pressione $2p$ e volume $2V$ mediante due processi diversi. (I) Il gas si espande isotermicamente fino a un volume doppio rispetto a quello iniziale, e quindi la pressione viene aumentata a volume costante fino allo stato finale. Calcolate, in funzione di p e V , il calore assorbito dal gas (a) nella prima parte del processo e (b) nella seconda parte del processo; il lavoro compiuto dal gas (c) nella prima parte del processo e (d) nella seconda parte del processo; (e) la variazione di energia interna del gas, $E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i}$; (f) la variazione di entropia del gas, $S_f - S_i$. (II) Viene compresso isotermicamente fino a una pressione doppia rispetto a quella iniziale, e quindi viene aumentato il volume a pres-

sione costante fino allo stato finale. Calcolate, in funzione di p e V , il calore assorbito dal gas (g) nella prima parte del processo e (h) nella seconda parte del processo; il lavoro compiuto dal gas (i) nella prima parte del processo e (j) nella seconda parte del processo; (k) la variazione di energia interna del gas, $E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i}$; (l) la variazione di entropia del gas, $S_f - S_i$.

••18. Si supponga che 1,00 mol di un gas monoatomico ideale, a una pressione iniziale di 5,00 kPa e a una temperatura iniziale di 600 K, si espanda da un volume iniziale $V_i = 1,00 \text{ m}^3$ raggiungendo un volume finale $V_f = 2,00 \text{ m}^3$. Durante l'espansione, la pressione p e il volume V del gas sono legati dalla relazione $p = 5,00e^{(V_i - V)/a}$, dove p è in kPa, V_i e V sono in m^3 , e $a = 1,00 \text{ m}^3$. Quali sono (a) la pressione finale e (b) la temperatura finale del gas? (c) Quanto vale il lavoro compiuto dal gas durante l'espansione? (d) Qual è la variazione di entropia del gas durante l'espansione? (Suggerimento: Per trovare la variazione di entropia utilizzate due processi reversibili semplici.)

PARAGRAFO 20.5 Entropia nel mondo reale: macchine termiche

•19. Un motore di Carnot opera tra le temperature 235°C e 115°C assorbendo dalla fonte calda $6,30 \cdot 10^4 \text{ J}$ ad ogni ciclo. (a) Che rendimento ha? (b) Quanto lavoro può erogare ad ogni ciclo?

•20. Una macchina termica di Carnot assorbe 52 kJ di calore e scarica 36 kJ ogni ciclo. Calcolate (a) il rendimento e (b) il lavoro compiuto in kilojoule per ogni ciclo.

•21. Una macchina termica di Carnot scarica calore in un serbatoio termico a 17°C e ha rendimento del 40 %. Di quanto si deve aumentare la temperatura della sorgente calda per elevare il rendimento al 50 %?

•22. In un ipotetico reattore a fusione nucleare il combustibile è un gas di deuterio a una temperatura di circa $7 \cdot 10^8 \text{ K}$. Se questo gas potesse essere usato per far funzionare una macchina termica di Carnot con $T_2 = 100^\circ\text{C}$, quale sarebbe il suo rendimento? Date il risultato con sette cifre significative.

•23. In un ciclo di Carnot si ha un rendimento del 22,0 %. Le sue due sorgenti a temperatura costante differiscono di $75,0^\circ\text{C}$. Trovare (a) la temperatura minore e (b) quella maggiore.

•24. Una macchina termica di Carnot ha una potenza di 500 W. Essa lavora tra sorgenti di calore a 100°C e a $60,0^\circ\text{C}$. Calcolate (a) la quantità di calore assorbito nell'unità di tempo e (b) la quantità di calore liberato in uscita per unità di tempo in kJ/s.

•25. A 1,00 mol di un gas ideale monoatomico viene fatto percorrere il ciclo mostrato nella figura 20.26. Il processo bc è un'espansione adiabatica; $p_b = 10,1 \text{ bar}$, $V_b = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Si calcoli per ogni ciclo (a) il calore fornito al gas, (b) il calore restituito dal gas, (c) il lavoro totale compiuto dal gas e (d) il rendimento.

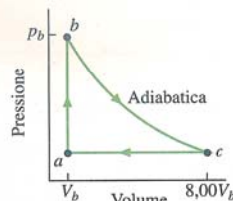


Figura 20.26 Problema 25.

•26. 1,00 mol di un gas ideale monoatomico viene utilizzata come fluido di lavoro di una macchina termica che funziona lungo il ciclo mostrato nella figura 20.27. Supponete che sia $p = 2p_0$, $V = 2V_0$, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ e $V_0 = 0,0225 \text{ m}^3$. Calcolate (a) il lavoro compiuto in ogni ciclo, (b) il calore fornito a ogni ciclo durante la trasformazione abc , e (c) il rendimento del ciclo. (d) Qual è il rendimento di una macchina termica di Carnot funzionante tra la temperatura più alta e quella più bassa che si manifestano nel ciclo? Com'è quest'ultimo

rispetto al rendimento calcolato in (c)?

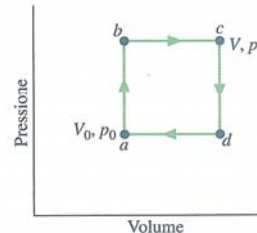


Figura 20.27 Problema 26.

•27. In una macchina termica di Carnot a due stadi durante il primo stadio viene assorbita una quantità di calore Q_1 a una temperatura T_1 , viene eseguito il lavoro L_1 , e viene espulsa una quantità di calore Q_2 a una temperatura più bassa T_2 . Nel secondo stadio viene assorbito il calore ceduto durante il primo, viene eseguito il lavoro L_2 , e viene espulsa una quantità di calore Q_3 a una temperatura ancora inferiore T_3 . Dimostrate che il rendimento della macchina termica combinata è $(T_1 - T_3)/T_1$.

•28. Una mole di un gas ideale viene utilizzata come sostanza che compie lavoro in una macchina termica che funziona lungo il ciclo mostrato nella figura 20.28. BC e DA sono processi adiabatici reversibili. (a) Il gas è monoatomico, biatomico o poliatomico? (b) Qual è il rendimento della macchina termica?

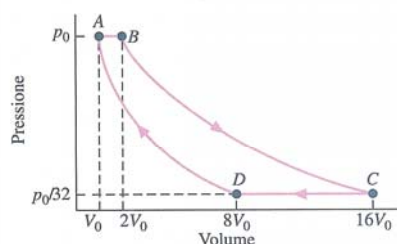


Figura 20.28 Problema 28.

•29. Una macchina termica a combustione interna di benzina può essere approssimata dal ciclo mostrato nella figura 20.29. Supponete che la miscela combustibile sia un gas ideale avente $\gamma = 1,30$. In rapporto a T_1 e a p_1 calcolare (a) T_2 , (b) T_3 , (c) T_4 , (d) p_3 e (e) p_4 . (f) Qual è il rendimento del ciclo?

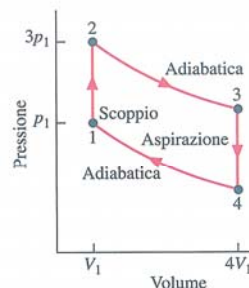


Figura 20.29 Problema 29.

PARAGRAFO 20.6 Entropia nel mondo reale: macchine frigorifere

•30. Per formare il ghiaccio un congelatore estrae 42 kJ di calore alla temperatura di -15°C durante ogni ciclo. Il ciclo frigorifero ha un'efficienza di 5,7. La temperatura ambiente è $30,3^\circ\text{C}$. (a) Quanto calore viene liberato nell'ambiente ad ogni ciclo? (b) Quant'è il lavoro richiesto ad ogni ciclo per far funzionare il congelatore?

•31. Un condizionatore d'aria ideale, che funziona come un frigorifero di Carnot, assorbe calore da un locale alla temperatura di 25°C e lo

trasferisce al suo esterno, che si trova alla temperatura di 32°C . Quanti joule di calore vengono sottratti alla stanza per ogni joule di energia elettrica richiesto dal motore della macchina?

•32. Una pompa di calore trasferisce calore dall'esterno, a temperatura di $-5,0^\circ\text{C}$, verso un locale a temperatura di 17°C ; l'energia viene fornita da un motore elettrico. Quanti joule di calore verranno ceduti al locale per ogni joule di energia elettrica consumato? Supponete che la pompa di calore sia un frigorifero di Carnot.

•33. Si usa una pompa di calore per riscaldare un edificio. La temperatura esterna è $-5,0^\circ\text{C}$, e la temperatura all'interno dell'edificio deve essere mantenuta a 22°C . L'efficienza del ciclo è 3,8, e la pompa di calore libera ogni ora $7,54\text{ MJ}$ di energia termica nell'edificio. Assumendo che si tratti di un ciclo frigorifero di Carnot, qual è la potenza meccanica di alimentazione per far funzionare la pompa di calore?

•34. Quanto lavoro bisogna compiere mediante un frigorifero di Carnot per estrarre $1,0\text{ J}$ di calore (a) da una sorgente alla temperatura di $7,0^\circ\text{C}$ e trasferirlo a un'altra alla temperatura di 27°C ? Ripetere per le coppie di temperature (b) -73°C e 27°C ; (c) -173°C e 27°C ; (d) -223°C e 27°C ?

•35. Un condizionatore d'aria opera tra le temperature di 22°C e 35°C e può prelevare dalla sorgente fredda una potenza termica di $4,0\text{ kW}$. La sua efficienza è il 27 % di quella di un frigorifero di Carnot che operi tra le stesse temperature. Che potenza meccanica è richiesta dal motore elettrico?

•36. (a) Una macchina termica ideale lavora tra una sorgente calda a 360 K e una sorgente fredda a 280 K . Se a ogni ciclo essa assorbe 750 J di calore dalla sorgente calda, quanto lavoro viene liberato per ogni ciclo? (b) Se la stessa macchina termica lavorasse in senso opposto, funzionando come un frigorifero tra le stesse due sorgenti, quanto lavoro si dovrebbe fornire a ogni ciclo per estrarre 1200 J di calore dal serbatoio freddo?

•37. Una macchina termica di Carnot opera tra le temperature $T_1 = 400\text{ K}$ e $T_2 = 150\text{ K}$. Essa fa funzionare un frigorifero di Carnot che lavora tra due temperature diverse $T_3 = 325\text{ K}$ e $T_4 = 225\text{ K}$ (fig. 20.30). Trovate il rapporto Q_3/Q_1 .

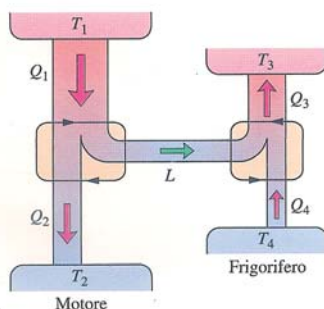


Figura 20.30 Problema 37.

•38. Il motore di un frigorifero ha una potenza di 200 W . Se il compartimento freddo è a temperatura di 270 K e l'aria esterna è a temperatura di 300 K , supponendo che l'efficienza sia ideale, qual è la quantità massima di calore che si può estrarre dal compartimento freddo in $10,0\text{ min}$?

PARAGRAFO 20.8 Entropia e statistica

•39. Costruire una tabella come la 20.1 per otto molecole.

•40. In una scatola sono confinate N molecole di un gas, equamente suddivise tra le due metà della scatola. Ponete $N = 50$. (a) Qual è la molteplicità della configurazione centrale? (b) Qual è il numero totale di microstati del sistema? (c) Che frazione di tempo passa il sistema nella sua configurazione centrale? (d)-(f) Ora ponete $N = 100$ e ripetete le risposte da (a) a (c). (g)-(i) Ripetete ancora per $N = 200$. (j) Vi accorgete che, al crescere di N , il sistema passa *meno* tempo (non di più) nella sua configurazione centrale. Spiegate il motivo.

Problemi supplementari

41. Supponete che una profondissima trivellazione presso il polo nord, ove la temperatura superficiale è -40°C , venga spinta fino a un punto in cui la temperatura è di 800°C . (a) Qual è il limite teorico di rendimento di un motore che operasse tra queste due temperature? (b) Se tutto il calore ceduto alla sorgente fredda venisse impiegato per sciogliere il ghiaccio inizialmente a temperatura -40°C , quant'acqua al secondo al suo punto di congelamento si produrrebbe se l'impianto producesse lavoro con una potenza di 100 MW ? Il calore specifico del ghiaccio è $2220\text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ e il calore latente di fusione dell'acqua è 333 kJ/kg . (Non sfugga che il motore opererebbe tra 800°C e 0°C . Se scaricasse calore a -40°C , non potrebbe elevarne la temperatura di nulla al di sopra di -40°C .)

42. (a) Una macchina termica ideale lavora tra una sorgente calda a 320 K e una sorgente fredda a 260 K . Se a ogni ciclo essa assorbe 500 J di calore dalla sorgente calda, quanto lavoro viene liberato per ogni ciclo? (b) Se la stessa macchina termica lavorasse in senso opposto, funzionando come un frigorifero tra le stesse due sorgenti, quanto lavoro si dovrebbe fornire a ogni ciclo per estrarre 1000 J di calore dal serbatoio freddo?

43. La temperatura di $1,00\text{ mol}$ di un gas ideale monoatomico viene elevata reversibilmente da 300 K a 400 K a volume costante. Di quanto varia l'entropia del gas?

44. Ripetete il problema 43 per il caso di pressione costante.

45. Supponete che la stessa quantità di calore, diciamo 260 J , venga trasferita per conduzione da una sorgente di calore a una temperatura di 400 K a un'altra sorgente, la cui temperatura è (a) 100 K , (b) 200 K , (c) 300 K , (d) 360 K . Calcolate le variazioni di entropia e (e) discutete l'andamento.

46. Un frigorifero domestico compie 150 J di lavoro per rimuovere 560 J di calore dal suo compartimento freddo. (a) Qual è l'efficienza del frigorifero? (b) Quanto calore viene liberato nella cucina ad ogni ciclo?