

Test

1 Individuare, tra le seguenti affermazioni, quella errata.

- A Il rendimento di un ciclo è sempre minore di 1.
- B Il rendimento di un ciclo potrebbe essere 1 solo se si potesse operare con un gas ideale.
- C Il rendimento di un ciclo di Carnot potrebbe essere uguale a 1 solo se T_1 coincidesse con lo zero assoluto.
- D Il rendimento di un ciclo ideale è sempre superiore a quello di un ciclo reale che operi fra le stesse temperature.

2 Il rendimento di un ciclo ideale che opera fra le temperature di 500 °C e 100 °C:

- A è il 20%
- B è circa il 50%
- C è l'80%
- D non si può determinare se non si conosce la natura del ciclo

3 Individuare l'affermazione corretta.

- A Un ciclo di Carnot è un ciclo ideale di rendimento 100%.
- B Fra tutti i cicli ideali che scambiano calore tra due sole sorgenti aventi rispettivamente temperatura T_1 e T_2 , quello che realizza il ciclo di Carnot ha il massimo rendimento.
- C Un ciclo di Carnot ha lo stesso rendimento di ogni altro ciclo ideale, purché sia identica la temperatura dei due termostati fra i quali scambia il calore.
- D Il ciclo di Carnot ha un rendimento minore di un ciclo reale che operi fra le stesse temperature.

4 Individuare l'affermazione vera.

- A Il secondo principio della termodinamica si fonda sul principio di conservazione dell'energia e pertanto non poteva essere enunciato prima del 1842.
- B Il secondo principio della termodinamica afferma che non è possibile realizzare alcuna trasformazione nella quale del calore estratto da un'unica sorgente sia completamente trasformato in lavoro.
- C Gli enunciati di Clausius e di Kelvin sono conseguenze deducibili dal secondo principio della termodinamica.
- D Fra il secondo principio della termodinamica e la tendenza dell'entropia ad aumentare non c'è alcuna connessione e perciò gli enunciati sulla grandezza entropia dovrebbero fare semmai capo a un terzo principio della termodinamica totalmente distinto dal secondo.
- E Tutte le proposizioni precedenti sono errate.

5 Individuare l'affermazione corretta.

Un sistema scambia in modo ideale del calore tra una sorgente fredda a temperatura T_0 e tre sorgenti calde a temperatura T_1, T_2, T_3 , con $T_1 < T_2 < T_3$. Il rendimento dell'intero ciclo è allora dato da:

- A $1 - \frac{T_1}{T_0}$
- B $1 - \frac{T_3}{T_0}$
- C $1 - \frac{T_0}{T_3}$
- D nessuna delle precedenti

6 Individuare l'affermazione vera.

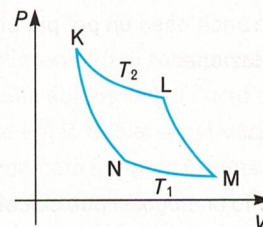
Un contenitore di cubetti di ghiaccio viene riempito d'acqua e posto in un freezer. Nel processo di solidificazione dell'acqua che avviene in questo ambiente:

- A l'entropia della massa d'acqua che solidifica aumenta
- B l'entropia della massa d'acqua che solidifica diminuisce
- C l'entropia dell'Universo resta invariata
- D l'entropia dell'Universo diminuisce

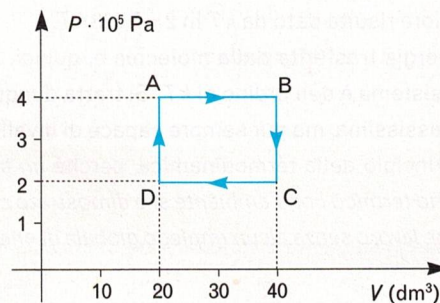
7 da Olimpiadi della fisica 1989, prova locale

Nel ciclo in figura, KL e NM sono due isoterme, mentre KN e LM sono due adiabatiche. Il ciclo è reversibile. Un sistema termodinamico compie un ciclo di Carnot KLMN assorbendo la quantità di calore Q_2 dalla sorgente calda alla temperatura T_2 e cedendo la quantità di calore Q_1 alla sorgente fredda di temperatura T_1 . Tutte le affermazioni seguenti sono vere tranne:

- A $Q_1/T_1 = Q_2/T_2$
- B l'entropia del serbatoio caldo diminuisce
- C l'entropia del sistema cresce
- D il lavoro W_{11} , compiuto durante il ciclo, è uguale al calore netto assorbito $Q_2 - Q_1$
- E il rendimento del ciclo non dipende dalla sostanza impiegata



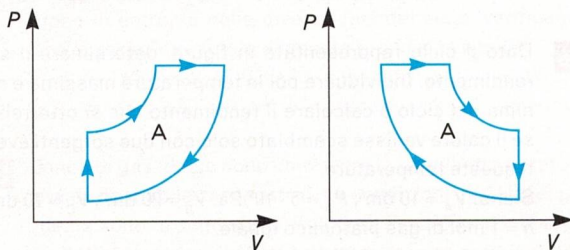
8 Si osservino attentamente i valori degli stati ABCD del ciclo rappresentato nella figura seguente e si individui l'affermazione corretta.



- A Il rendimento del ciclo vale 0,5.
- B Il calore viene fornito al sistema solo nella trasformazione AB e viene ceduto dal sistema solo nella trasformazione CD.
- C Gli stati A e C si trovano sulla medesima isoterma.
- D Il calore ceduto al sistema nella trasformazione DA è identico, in valore assoluto, al calore che il sistema cede nella trasformazione BC.
- E Il lavoro totale compiuto dal sistema in un ciclo vale 8000 J.

Quesiti

- 1 Costruire una frase scientificamente significativa e corretta a partire dai termini seguenti:
rendimento; ciclo di Carnot; ciclo reversibile.
- 2 Il riscaldamento di acqua eseguito su un fornello a gas si può considerare un processo reversibile?
- 3 Cosa accade, dal punto di vista termico, lasciando la porta di un frigorifero spalancata? Si raffredderà la stanza?
- 4 Un ciclo di Carnot lavora fra due termostati aventi temperature T_1 (termostato a temperatura inferiore) e T_2 . Si vuole ora aumentare il rendimento del ciclo aumentando T_2 (con T_1 costante) o diminuendo T_1 (con T_2 costante). Quale delle due soluzioni comporta un più rapido aumento del rendimento?
- 5 Vero o falso?
Nelle due figure sono disegnati due cicli termici reversibili aventi la medesima area e percorsi nello stesso senso. Poiché il lavoro ottenuto in un ciclo è proporzionale all'area da esso definita, si può concludere che non c'è nessuna differenza nell'utilizzare l'uno o l'altro dei due cicli.



- 6 Come si rappresenta un ciclo di Carnot in un piano S, T ?
- 7 Dimostrare che il trasferimento di energia dal Sole alla Terra comporta un aumento di entropia dell'Universo.
- 8 Un kg di carbone viene bruciato completamente con ossigeno in un recipiente chiuso dotato di pareti metalliche. Durante la combustione viene sviluppato calore, ceduto poi per conduzione all'esterno. Come varia, durante l'intero processo, l'entropia del sistema carbone + ossigeno?
- 9 Sul tavolo di una stanza è stato realizzato un castello di carte. Come si modifica l'entropia della stanza (supposta isolata termicamente e meccanicamente) quando il castello viene abbattuto?

Problemi

Unità 1

- 1 In un ciclo di Carnot le due isoterme vengono eseguite alla temperatura di 500 K e 300 K, rispettivamente. Durante la fase di espansione vengono forniti 4000 J di energia termica. Determinare il lavoro compiuto nel ciclo e il calore

ceduto alla sorgente a temperatura inferiore.

$$[L = 1600 \text{ J}; Q_1 = 2400 \text{ J}]$$

- 2 Una macchina termica esegue un ciclo di Carnot tra due sorgenti di calore che si trovano alla temperatura di 300 K e 500 K rispettivamente. In ciascun ciclo la macchina cede 100 kcal alla sorgente fredda. Determinare quanto calore assorbe dalla sorgente calda e quanto lavoro (misurato in kcal) compie in ciascun ciclo.
 $[Q_2 = 167 \text{ kcal}; L = 66,7 \text{ kcal}]$
- 3 Una macchina termica che opera reversibilmente tra due sole sorgenti riceve, in un ciclo, una quantità di calore di 50 kcal dalla sorgente calda e scarica alla sorgente fredda una quantità di calore di 20 kcal. Determinare la temperatura della sorgente calda sapendo che quella della sorgente fredda vale 273 K.
 $[T_2 = 683 \text{ K}]$
- 4 Un ciclo di Carnot opera fra le temperature $T_2 = 400 \text{ K}$ e $T_1 = 300 \text{ K}$ e compie a ogni ciclo un lavoro di 41 800 J. Calcolare il rendimento del ciclo e il calore in esso disperso, per ciascun ciclo, al termostato alla temperatura T_1 .
 $[\eta = 0,25; \text{calore disperso} = 125400 \text{ J}]$
- 5 Il rendimento di un ciclo di Carnot vale 0,4. Determinare la temperatura T_2 della sorgente calda sapendo che la sorgente fredda ha la temperatura di 20 °C.
 $[T_2 = 488 \text{ K}]$
- 6 In un ciclo di Carnot vengono fornite 4 kilocalorie alla temperatura $T_2 = 600 \text{ K}$. Sapendo che a ogni ciclo viene compiuto un lavoro di 8000 J, calcolare il rendimento e la temperatura di raffreddamento T_1 .
 $[\eta = 0,478; T_1 = 313 \text{ K}]$
- 7 Due cicli di Carnot sono connessi in modo che il calore ceduto dal primo venga utilizzato completamente per alimentare il secondo. Il primo ciclo opera tra le temperature $T_2 = 800 \text{ K}$ e $T_1 = 600 \text{ K}$, il secondo ciclo opera tra le temperature $T_2' = 600 \text{ K}$ e $T_1' = 300 \text{ K}$. Sapendo che al primo ciclo vengono fornite 10⁴ kcal, calcolare il lavoro totale prodotto dal sistema dei due cicli e il suo rendimento complessivo spiegando perché esso si possa determinare direttamente con i dati forniti.
 $[L_{\text{tot}} = 6250 \text{ kcal}; \eta = 0,625]$
- 8 In un ciclo frigorifero di Carnot il lavoro da compiere per sottrarre 4 kcal alla sorgente che si trova alla temperatura inferiore di $T_1 = -13 \text{ °C}$, vale 3000 J. Calcolare il valore della temperatura esterna al frigorifero e il calore ceduto all'esterno a ogni ciclo.
 $[\text{temperatura esterna} = 33,7 \text{ °C}; \text{calore ceduto} = 19720 \text{ J}]$
- 9 Si vuole utilizzare un ciclo di Carnot funzionante alla rovescia per estrarre, in un'ora, 1000 kcal da un ambiente a temperatura costante di -20 °C e trasferirlo a un altro ambiente a temperatura costante di $+20 \text{ °C}$. Determinare la potenza che si deve impegnare per far funzionare la macchina termica.
 $[184 \text{ W}]$

- 10** Quando in una macchina termica si usa come fluido il vapore d'acqua, le temperature T_1 e T_2 alle quali avviene lo scambio di calore si possono considerare, rispettivamente, la temperatura ambiente (circa 20°C) e la temperatura del vapore. Calcolare il rendimento teorico della macchina nel caso in cui il vapore possieda come temperatura massima quella corrispondente al suo stato di ebollizione a pressione ordinaria (100°C). In un motore a vapore reale si riesce, con particolari accorgimenti, a elevare la temperatura del fluido che scambia calore fino a 500°C . Calcolare il rendimento teorico in questo caso.

[nel primo caso $\eta = 0,21$; nel secondo caso $\eta = 0,62$]

- 11** Una macchina termica a vapore ha rendimento pari al 3%. Il vapore viene immesso nella macchina a 130°C e viene espulso a 110°C . Quale percentuale dell'energia viene perduta rispetto a quella che potrebbe essere teoricamente utilizzata se il ciclo eseguito dalla macchina fosse perfettamente reversibile?

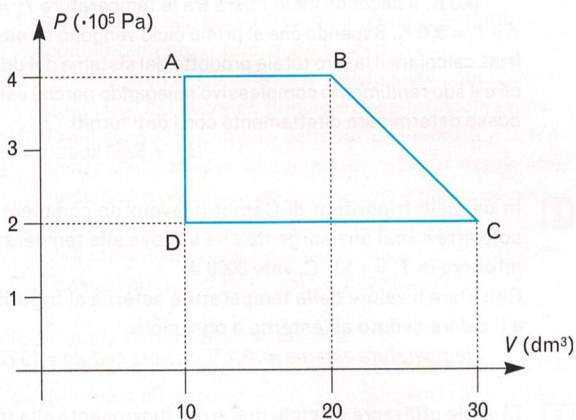
[1,96%]

- 12** Una mole di gas monoatomico compie un ciclo che in un piano P, V è rappresentato da un rettangolo con i lati paralleli agli assi. Il lavoro compiuto in un ciclo vale 4000 J . Sapendo che la pressione inferiore del ciclo vale $P_1 = 2 \cdot 10^5\text{ Pa}$, la pressione superiore $P_2 = 3 \cdot 10^5\text{ Pa}$ e il volume inferiore del ciclo vale $V_1 = 5\text{ l}$, calcolare il rendimento del ciclo e il suo volume massimo.

[$\eta = 0,13$; volume massimo = 45 l]

- 13** Il ciclo ABCD di forma trapezoidale, indicato in figura, è caratterizzato dalle seguenti coordinate: A ($4 \cdot 10^5\text{ Pa}$; 10 dm^3); B ($4 \cdot 10^5\text{ Pa}$; 20 dm^3); C ($2 \cdot 10^5\text{ Pa}$; 30 dm^3); D ($2 \cdot 10^5\text{ Pa}$; 10 dm^3). Il ciclo viene percorso in senso orario. Determinare il lavoro totale compiuto dal ciclo.

Calcolare inoltre il calore totale scambiato dal sistema e il rendimento del ciclo supponendo che il fluido che evolve nella macchina termica sia costituito da due moli di un gas il cui calore specifico a volume costante vale $20\text{ J}/(\text{mol K})$.



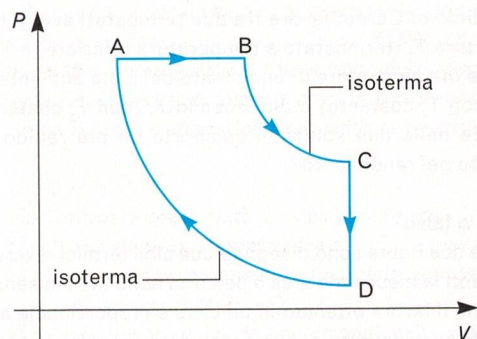
[$L = 3000\text{ J}$; $Q_{\text{tot}} = 3000\text{ J}$; $\eta = 0,16$]

- 14** In un ciclo, che in un piano P, V è rappresentato da un rettangolo con i lati paralleli agli assi, una mole di gas biatomico, inizialmente a $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$, viene riscaldata a volume costante da $T_1 = 200\text{ K}$ a $T_2 = 400\text{ K}$.

Successivamente il gas si espande a pressione costante assorbendo 2 kcal e, infine, al gas viene fatto completare il ciclo rettangolare. Calcolare il rendimento del ciclo.

[$\eta = 0,096$]

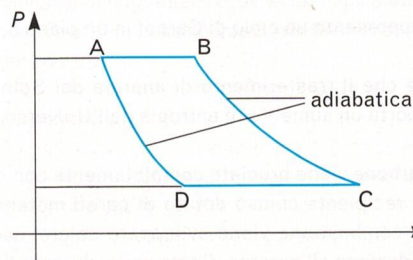
- 15** Si consideri il ciclo termico di un gas ideale avente $C_{mv} = 12,5\text{ J}/(\text{mol K})$, rappresentato in figura. I parametri che caratterizzano lo stato A del sistema sono: $V_A = 10\text{ dm}^3$, $P_A = 3 \cdot 10^5\text{ Pa}$, $T_A = 300\text{ K}$; l'isoterma BC viene eseguita a 500 K e $V_C = 30\text{ dm}^3$. Determinare i valori di P e V in corrispondenza degli stati B, C, D, il lavoro compiuto nel ciclo e il calore a esso fornito nelle fasi AB e BC.



[$P_B = P_A$; $V_B = 16,7\text{ dm}^3$; $P_C = 1,67 \cdot 10^5\text{ Pa}$; $V_C = 30\text{ dm}^3$; $P_D = 10^5\text{ Pa}$; $V_D = V_C$; $L = 1644\text{ J}$; $Q_{AB} = 4995\text{ J}$; $Q_{BC} = 2952\text{ J}$]

- 16** Dato il ciclo rappresentato in figura, determinare il suo rendimento. Individuare poi le temperature massima e minima del ciclo e calcolare il rendimento che si otterrebbe se il calore venisse scambiato solo con due sorgenti aventi queste temperature.

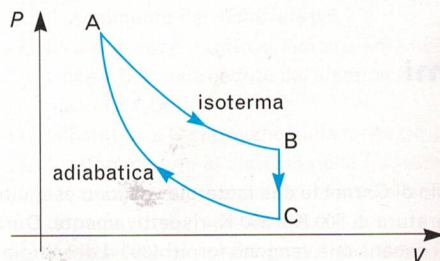
Siano: $V_A = 10\text{ dm}^3$; $P_A = 5 \cdot 10^5\text{ Pa}$; $V_B = 20\text{ dm}^3$; $V_C = 70\text{ dm}^3$; $n = 1\text{ mol}$ di gas biatomico ideale.



[$L_{\text{totale}} = 6930\text{ J}$; $Q_{\text{ceduto}} = 17509\text{ J}$; $\eta = 0,39$;

$T_{\text{massima}} = T_B = 1203\text{ K}$; $T_{\text{minima}} = T_D = 365\text{ K}$; $\eta = 0,7$]

- 17** Una mole di un gas ideale monoatomico esegue il ciclo ABC indicato in figura. Sapendo che $V_A = 20\text{ dm}^3$, $V_B = 60\text{ dm}^3$, $P_A = 2 \cdot 10^5\text{ Pa}$, determinare il rendimento del ciclo.



[$\eta = 0,296$]

Unità 2

18 La variazione di entropia associata alla fusione di 2 kg di una certa sostanza risulta di 1712 J/K. Il calore di fusione della sostanza vale 60 cal/g; determinare la sua temperatura di fusione.

$$[293 \text{ K}]$$

19 10 kg di acqua vengono riscaldati da 20 °C a 80 °C su una sorgente di calore che si trova alla temperatura costante di 300 °C. Determinare la variazione di entropia dell'acqua e della sorgente.

$$[\Delta S_{\text{acqua}} = 7780 \text{ J/K}; \Delta S_{\text{sorgente}} = -4380 \text{ J/K}]$$

20 Calcolare la variazione di entropia che si produce in una trasformazione isoterma di due moli di gas ideale che conduce a un raddoppio del volume.

$$[\Delta S = 11,5 \text{ J/K}]$$

21 5 kg di acqua che si trova a 100 °C vengono portati allo stato di vapore mediante il calore fornito da una sorgente termica che si trova a 400 °C. Determinare la variazione di entropia del sistema acqua-sorgente.

$$[\Delta S = 13500 \text{ J/K}]$$

22 Riferendosi ai dati del problema 15, determinare la variazione di entropia nelle diverse fasi del ciclo, verificando che la variazione totale di questa grandezza è nulla.

$$[\Delta S_{AB} = 12,8 \text{ J/K}; \Delta S_{BC} = 5,90 \text{ J/K}; \Delta S_{CD} = -7,66 \text{ J/K}; \Delta S_{DA} = -11,0; \Delta S_{\text{tot}} \approx 0, \text{ entro le approssimazioni numeriche}]$$

23 3 moli di gas ideale sono contenute in un cilindro dotato di stantuffo mobile senza attriti. Le condizioni iniziali del gas ideale sono le seguenti: $V = 30 \text{ dm}^3$, $T = 300 \text{ K}$. Il cilindro è perfettamente isolante ed è contenuto in un recipiente più grande in cui è stato praticato il vuoto.

Si eseguano ora le seguenti operazioni:

- un'espansione del gas fino al volume di 60 dm^3 ;
- una sua ricompressione isoterma e reversibile, previa eliminazione dell'isolamento del cilindro, fino al volume iniziale.

Determinare la variazione di entropia del gas e dell'Universo per l'insieme delle operazioni A e B.

$$[\text{per il gas } \Delta S = 0; \text{ per l'Universo } \Delta S = 17,3 \text{ J/K}]$$

24 30 g di ghiaccio alla temperatura di -20 °C vengono posti in un calorimetro perfettamente isolato contenente 10 l di acqua a 10 °C.

Supponendo che la temperatura dell'acqua resti praticamente immutata (giustificare tale ipotesi), calcolare la variazione di entropia del sistema.

(Il calore specifico del ghiaccio vale 0,5 cal/(g °C) e il suo calore latente a 0 °C vale 80 cal/g).

$$[\Delta S = 0,41 \text{ cal/K}]$$

25 In un calorimetro perfettamente adiabatico verso l'esterno vengono mescolati 1 kg d'acqua a 10 °C con 2 kg di acqua a 70 °C.

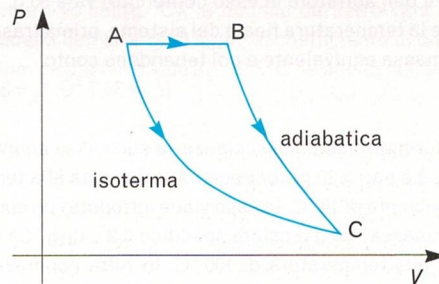
Determinare la variazione di entropia del sistema.

$$[\Delta S_{\text{tot}} = 50 \text{ J/K}]$$

26 Un gas ideale monoatomico esegue una volta la trasformazione AC, una volta la sequenza di trasformazioni AB e BC. Dimostrare che la variazione di entropia relativa ai due cammini è identica e calcolarne il valore.

Per il calcolo di ΔS_{AC} assumere i seguenti valori:

$$V_A = 20 \text{ dm}^3; T_A = 200 \text{ K}; V_C = 60 \text{ dm}^3; \text{ numero moli} = 3.$$



$$[\Delta S_{AC} = 27,4 \text{ J/K}]$$

27 Sul tavolo di una camera vengono impilati 10 cubetti di materiale plastico, ciascuno di lato 5 cm e massa 50 g. Poco dopo, la pila di cubetti cade accidentalmente, lasciando il primo cubetto nella sua posizione iniziale. Valutare approssimativamente la variazione di entropia della stanza, supponendo che essa si possa considerare adiabatica verso l'esterno. La temperatura media della stanza è 300 K.

$$[\Delta S = 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ J/K}]$$

28 Due masse di plastilina alla temperatura di 300 K, di massa $m_1 = 1 \text{ kg}$ e $m_2 = 3 \text{ kg}$ e dotate di velocità $v_1 = 5 \text{ m/s}$, $v_2 = 5 \text{ m/s}$, si muovono l'una contro l'altra.

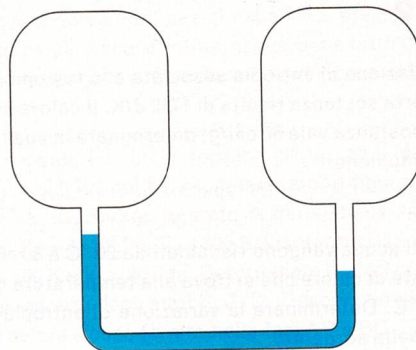
Nell'urto si appiccicano e proseguono poi il loro movimento unite fra loro.

Supponendo che tutta la variazione dell'energia cinetica resti immagazzinata sotto forma termica nel blocco, determinare la variazione di energia interna del sistema, la variazione della sua temperatura (supponendo il calore specifico della plastilina pari a 0,7 cal/(g °C)), la variazione approssimativa della sua entropia, calcolata supponendo trascurabile l'aumento di temperatura del sistema.

$$[\Delta U = 37,5 \text{ J}; \Delta t = 0,003 \text{ K}; \Delta S = 0,125 \text{ J/K}]$$

Modulo 1

- 1** Il rame ha un coefficiente di dilatazione lineare α_{Cu} di $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e l'alluminio un coefficiente di dilatazione lineare $\alpha_{Al} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Una bacchetta fatta di rame ha, a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, il diametro di 2 cm, e un anello di alluminio, sempre a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, ha il diametro interno di 1,998 cm. Determinare a quale temperatura l'anello potrà essere infilato sulla sbarra di rame.
[$t = 167,3 \text{ }^\circ\text{C}$]
- 2** In un recipiente sono contenuti 400 g di acqua a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. In esso vengono poi introdotti 200 g di acqua alla temperatura di $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Si sa che la massa equivalente in acqua del calorimetro (cioè quella ipotetica massa di acqua che subirebbe le stesse variazioni termiche delle pareti del calorimetro e dell'agitatore in esso contenuto) vale 50 g. Determinare la temperatura finale del sistema, prima trascurando la massa equivalente e poi tenendone conto.
[$t_{11} = 36,7 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{12} = 34,6 \text{ }^\circ\text{C}$]
- 3** Un calorimetro delle mescolanze, la cui massa equivalente in acqua è pari a 20 g, contiene 200 g di acqua alla temperatura ambiente di $18 \text{ }^\circ\text{C}$. In esso viene introdotto un corpo solido di massa 250 g e calore specifico $0,2 \text{ cal}/(\text{g }^\circ\text{C})$ inizialmente alla temperatura di $100 \text{ }^\circ\text{C}$. In tutta l'operazione si realizza una perdita del 10% del calore trasferibile in condizioni ideali. Calcolare la temperatura finale del sistema.
[$t_f = 31,9 \text{ }^\circ\text{C}$]
- 4** In un calorimetro delle mescolanze che pesa 400 g sono presenti 200 g di acqua a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e, successivamente, vengono introdotti 200 g di acqua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Si osserva che la temperatura di equilibrio è di $25,5 \text{ }^\circ\text{C}$. In base a questi dati determinare la massa equivalente in acqua del calorimetro. Si aggiungono ora dei cubetti di ghiaccio e si osserva che la temperatura finale del sistema diviene $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Dopo questo rilevamento si determina nuovamente la massa del calorimetro contenente tutto quanto vi è stato aggiunto e si constata che essa vale 866 g. Determinare il calore latente del ghiaccio valutando l'errore sperimentale della misura rispetto al valore di $79,9 \text{ cal/g}$.
[massa equivalente del calorimetro: $m_e = 44,4 \text{ g}$;
calore latente $c_i = 78,9 \text{ cal/g}$; errore percentuale = -1%]
- 5** Una stanza ermeticamente chiusa contiene 100 kg di aria alla temperatura di $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (calore specifico dell'aria = $0,171 \text{ cal}/(\text{g }^\circ\text{C})$). Sul suo pavimento è stato versato 1 l di acqua. Determinare, con un calcolo di prima approssimazione (supponendo cioè che il calore latente di evaporazione dell'acqua rimanga costante e valga 570 kcal/kg e trascurando il fatto che l'evaporazione aumenta la massa di aeriforme), la temperatura dell'ambiente dopo la totale evaporazione dell'acqua, supponendo che le pareti abbiano nel frattempo irradiato verso l'interno 500 kcal.
[$t = 15,9 \text{ }^\circ\text{C}$]
- 6** Il sistema di figura è costituito da due bulbi di uguale volume realizzati con un vetro il cui coefficiente di dilatazione è praticamente nullo.



I bulbi sono riempiti con un identico gas alla medesima pressione P . Il tubo a U che connette i due bulbi contiene del mercurio e il suo volume è trascurabile rispetto a quello dei bulbi.

Quando il bulbo di sinistra è immerso in un recipiente contenente acqua e ghiaccio e il bulbo di destra è immerso in un recipiente contenente acqua bollente, il dislivello del mercurio nei due rami del tubo a U vale 100 mm.

Ponendo ora il bulbo di destra in un terzo recipiente contenente acqua, si trova che il dislivello del mercurio diviene 40 mm. Determinare la temperatura dell'acqua.
[$t = 313,15 \text{ K}$]

- 7** Si supponga che un pianeta abbia massa 10^{25} kg e raggio 10^7 m e sia circondato da uno strato di atmosfera (di spessore trascurabile rispetto al suo raggio) costituita interamente da molecole di azoto. Tenendo conto degli urti reciproci tra le molecole e del rifornimento di molecole prodotte alla superficie del pianeta per diversi motivi, si può ammettere che l'atmosfera sia stabile quando la velocità termica delle molecole è pari a circa il 5% della velocità di fuga delle medesime. Sulla base di questo dato valutare la temperatura media dell'atmosfera.
[$T = 377 \text{ K}$]

- 8** In un recipiente di 1 l sono contenuti atomi di elio (massa molare = 4 g/mol) a 300 K e a pressione atmosferica. In un altro recipiente di identico volume, sempre a pressione atmosferica ma a 500 K , è contenuto del neon (massa molare = $20,18 \text{ g/mol}$). Determinare il numero di atomi di elio e di neon e le corrispondenti velocità medie. Si pongono ora i due gas in un recipiente di volume 2 l. Sapendo che il calore specifico dei due gas è per entrambi uguale a $2,98 \text{ cal}/(\text{mol K})$, determinare la temperatura finale del sistema e le velocità medie delle molecole di elio e di neon a questa nuova temperatura.

$$[N_{\text{He}} = 2,44 \cdot 10^{22} \text{ atomi}; N_{\text{Ne}} = 1,46 \cdot 10^{22} \text{ atomi}; \\ v_{\text{He}} = 1368 \text{ m/s}; v_{\text{Ne}} = 786 \text{ m/s}; \\ T_f = 376 \text{ K}; v_{\text{He}} = 1530 \text{ m/s}; v_{\text{Ne}} = 682 \text{ m/s}]$$

- 9** Un gas ideale si trova a 300 K e alla pressione di 10^4 Pa . La sua densità vale $0,1285 \text{ g/dm}^3$. Determinare la massa molare del gas e la velocità media delle sue molecole.

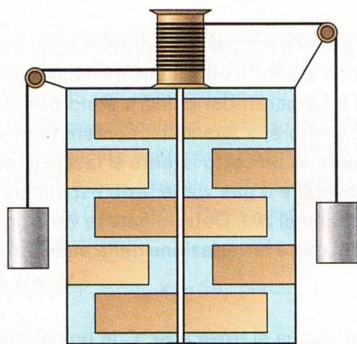
$$[\text{massa molare} = 32 \text{ g/mol}; v_{\text{media}} = 484 \text{ m/s}]$$

Modulo 2

- 10** Un proiettile di ferro di massa $m = 50$ g, sparato orizzontalmente alla velocità di 1000 m/s, si conficca in un blocco di piombo di massa $M = 9,95$ kg appoggiato a un piano orizzontale perfettamente liscio. Supponendo che i calori specifici di ferro e piombo valgano rispettivamente $0,1$ cal/(g °C) e $0,03$ cal/(g °C), e che non vi siano perdite di calore verso l'esterno, stabilire la variazione di temperatura del blocco dopo l'urto.

$$[\Delta t = 19,6 \text{ } ^\circ\text{C}]$$

- 11** In figura è rappresentato un calorimetro con mulinello, simile a quello utilizzato da Joule per stabilire l'equivalenza fra l'unità meccanica del lavoro e l'unità termica del calore (oggi diremmo fra joule e calorie). I due pesi, aventi ciascuno massa di 2 kg, vengono fatti cadere alla velocità, praticamente costante su tutto il tragitto, di 40 cm/s. La loro caduta provoca la rotazione del sistema di pale e, quindi, il rimescolamento dell'acqua contenuta nel calorimetro. La massa dell'acqua è di 1 kg. I pesi vengono fatti scendere per un tratto di 2 m e l'operazione viene ripetuta 50 volte. Supponendo nulle le perdite di calore e trascurabile la quantità di calore assorbita dalle pale e dalle pareti del calorimetro, determinare l'aumento di temperatura dell'acqua.



$$[\Delta t = 0,934 \text{ } ^\circ\text{C}]$$

- 12** In un cilindro disposto verticalmente e dotato di stantuffo è contenuta una mole di gas monoatomico trattabile come ideale. L'area dello stantuffo è 100 cm² e la sua massa è trascurabile. Su di esso è posta una massa di 10 kg e in tal modo lo stantuffo si trova in equilibrio con la pressione esterna, pari a 10^5 Pa. Al gas vengono fornite 20 cal in modo che la sua pressione resti costante; al contempo lo stantuffo si solleva. Determinare l'entità del sollevamento.

$$[\text{sollevamento} = 3,05 \text{ cm}]$$

- 13** Due moli di un gas ideale sono contenute in un cilindro dotato di stantuffo di peso trascurabile, mobile senza attrito. Il suo stato iniziale è determinato dai valori seguenti: $P_1 = 3 \cdot 10^5$ Pa, $V_1 = 20$ dm³. Si forniscono al gas, molto lentamente, 200 cal e, contemporaneamente, si lascia espandere il gas in modo che la sua temperatura non cambi. Determinare la temperatura del gas, il suo volume finale, la sua pressione finale.

$$[T = 361 \text{ K}; V = 23 \text{ dm}^3; P = 2,61 \cdot 10^5 \text{ Pa}]$$

- 14** Due moli di gas monoatomico, inizialmente alla temperatura di 300 K, subiscono una compressione che riduce il loro volume a $3/4$ del volume iniziale. Calcolare la temperatura finale del gas e il lavoro compiuto dall'esterno se:

- a) la trasformazione avviene a pressione costante
b) la trasformazione avviene con il gas termicamente isolato.

$$[\text{a) } T_2 = 225 \text{ K}; L_a = 1247 \text{ J}; \text{ b) } T_2' = 364 \text{ K}; L_b = 1596 \text{ J}]$$

- 15** Calcolare il lavoro di espansione che si compie nel riscaldare, a pressione atmosferica, 1 m³ di ferro da 0 °C a 1000 °C e si confronti il risultato con il lavoro di espansione che si compie riscaldando 1 m³ di aria, sempre a pressione atmosferica e sempre fra le temperature di 0 °C e 1000 °C.

Determinare infine la variazione dell'energia interna dei due sistemi, sapendo che il calore specifico del ferro vale $0,107$ cal/(g °C), il calore specifico dell'aria a pressione costante vale $0,24$ cal/(g °C), la densità del ferro vale 7860 kg/m³ e quella dell'aria $1,293$ kg/m³, il coefficiente di dilatazione volumica del ferro vale $37 \cdot 10^{-6}$ °C⁻¹ e quello dell'aria $1/273$ °C⁻¹.

$$[\text{lavoro di espansione per il ferro} = 3,737 \cdot 10^3 \text{ J};$$

$$\text{lavoro di espansione dell'aria} = 3,7 \cdot 10^5 \text{ J};$$

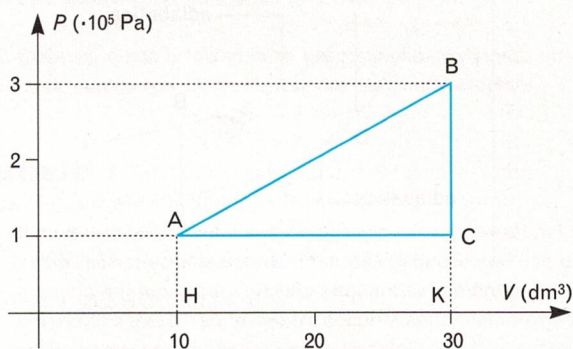
$$\text{calore fornito al ferro} = 3,515 \cdot 10^9 \text{ J};$$

$$\text{calore fornito all'aria} = 1,297 \cdot 10^6 \text{ J};$$

$$\text{variazione dell'energia interna del ferro} = 3,515 \cdot 10^9 \text{ J};$$

$$\text{variazione dell'energia interna dell'aria} = 9,27 \cdot 10^5 \text{ J}]$$

- 16** Nella figura seguente è rappresentato un ciclo termico che viene eseguito da 3 moli di un gas monoatomico ideale. Determinare il lavoro compiuto nel ciclo, la quantità di calore ceduta al sistema che lo compie e le quantità di calore scambiate nelle due trasformazioni BC e CA.



$$[L_{AB} = 2000 \text{ J}; Q_{AB} = 16000 \text{ J}; Q_{BC} = -9000 \text{ J}; Q_{CA} = -5000 \text{ J}]$$

Modulo 3

- 17** Una macchina di Carnot lavora fra le temperature di 600 K e 300 K. Il lavoro da essa ottenuto viene utilizzato per far funzionare alla rovescia (come frigorifero) una seconda macchina di Carnot che opera fra 310 K e 260 K. Il calore fornito alla prima delle due macchine è di 100 cal/ciclo. Determinare il calore che la seconda macchina estrae in un ciclo dalla sorgente fredda.

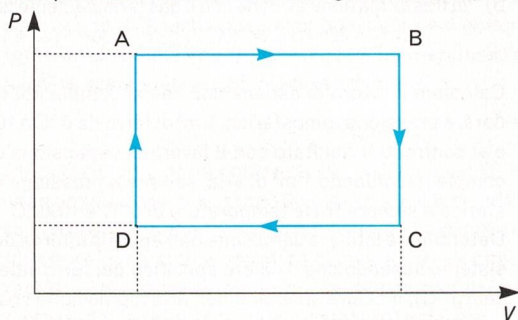
$$[260 \text{ cal}]$$

- 18** Determinare i parametri fisici dei punti ABCD del ciclo

raccontato in figura e il suo rendimento.

Lo stato corrispondente al punto A è caratterizzato dai seguenti valori: $T_A = 500$ K, $V_A = 20$ dm³, $P_A = 5,05 \cdot 10^5$ Pa.

Il punto B corrisponde a uno stato caratterizzato da un volume $V_B = 60$ dm³, il punto D da una temperatura $T_D = 166,3$ K e il calore specifico a volume costante del gas vale 12,5 J/(mol K).



$$[P_B = 5,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}; T_B = 1500 \text{ K}; V_C = 60 \text{ dm}^3;$$

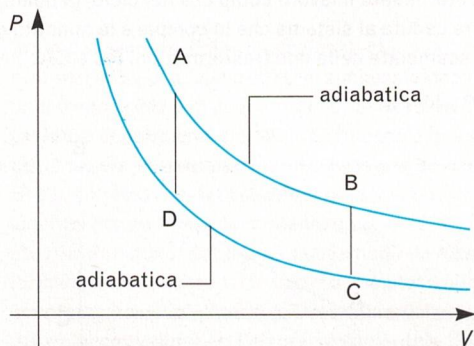
$$P_C = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Pa}; T_C = 499 \text{ K}; V_D = 20 \text{ dm}^3;$$

$$P_D = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Pa}; \eta = 0,22]$$

- 19** Il ciclo di un motore a scoppio è idealmente riconducibile alla sequenza di trasformazioni AB, BC, CD, DA rappresentate in figura.

Si ponga: $n = 1$ mol; $V_A = 10$ dm³; $P_A = 5 \cdot 10^5$ Pa; $V_B = 20$ dm³; $T_C = 200$ K; $\gamma = 1,66$; $C_{mV} = 12,5$ J/(mol K).

Determinare il lavoro compiuto nel ciclo, il calore fornito durante l'intero ciclo e il rendimento di questo.



$$[L = 1313 \text{ J}; Q = 3563 \text{ J}; \eta = 0,369]$$

- 20** da Olimpiadi della fisica 1990, prova regionale

Una massa di 2 g di elio è racchiusa in un cilindro; il volume è di 2 l e la temperatura di 0 °C. Il gas viene riscaldato in modo che $P/V = \text{costante}$, fino a quando il volume è raddoppiato. Poi il riscaldamento continua a pressione costante fino a raggiungere un volume di 5 l. Successivamente la pressione è ridotta al valore iniziale, a volume costante, e, infine, il gas viene riportato nelle condizioni iniziali a pressione costante.

Tutte le trasformazioni sono reversibili.

- 1) Disegnare il diagramma del ciclo, nel piano P, V .
- 2) Determinare il valore di P, V, T ai vertici del ciclo.
- 3) Determinare il calore e il lavoro scambiati in ogni trasformazione e il verso dello scambio.

Supponendo ora che un motore usi il ciclo precedente:

- 4) quante volte il ciclo deve essere ripetuto per sollevare di 80 m un peso di 650 kg?
- 5) quanto calore deve essere complessivamente fornito al gas?

[I valori delle grandezze da determinare richiedono la corretta definizione del ciclo e una univoca caratterizzazione dei suoi vertici. Le risposte numeriche sono perciò riportate nella Guida per l'insegnante]

- 21** 2 moli di gas alla temperatura di 300 K sono contenute in un cilindro con stantuffo. Il volume inizialmente occupato dal gas è 10 l. Le pareti del cilindro sono perfettamente isolanti. Il cilindro è, a sua volta, contenuto in un altro recipiente vuoto. A un certo istante si lascia lo stantuffo libero di muoversi e il gas viene fatto espandere fino a occupare il volume di 20 l. Determinare la variazione di energia interna del gas e la variazione della sua entropia.

$$[\Delta U = 0; \Delta S = 11,5 \text{ J/K}]$$

- 22** Un litro di acqua si trova a 20 °C in un calorimetro perfettamente isolato. In esso viene introdotto un pezzo di ferro di massa 800 g alla temperatura di 100 °C.

Determinare la variazione di entropia del sistema. (Assumere il calore specifico del ferro uguale a 0,1 cal/(g °C)).

$$[\Delta S = 9,2 \text{ J/K}]$$