

Esercizi Termodinamica

Esercitazioni di Fisica LA per ingegneri - A.A. 2004-2005

Esercizio 1

Determinare il volume occupato da $m = 10\text{ g}$ di ossigeno (peso molecolare $M = 32\text{ g/mole}$) alla pressione di 1 atm e alla temperatura di 480°K . (R: 12.3 l)

Esercizio 2

Calcolare la variazione di energia interna di un sistema termodinamico che compie un lavoro $L = 150\text{ J}$ e assorbe 50 cal . (R: 59.3 J)

Esercizio 3

Una massa $m = 8\text{ g}$ di gas perfetto occupa un volume $V = 20.5\text{ l}$ alla pressione $P = 0.7\text{ atm}$ e alla temperatura $T = 350^\circ\text{K}$. Trovare il peso molecolare del gas. (R: 16 g/mole)

Esercizio 4

Una certa quantità di gas monoatomica, inizialmente a pressione $p_1 = 24.3\text{ atm}$ e a temperatura $T_1 = 900^\circ\text{K}$ si espande adiabaticamente e quasi-staticamente finché la pressione raggiunge un valore $p_2 = 3.2\text{ atm}$. Calcolare la temperatura finale. (R: 400°K)

Esercizio 5

Una certa quantità di gas reale, inizialmente a volume $V_1 = 2\text{ l}$ e a pressione $p_1 = 1.5\text{ atm}$ compie una trasformazione quasi-statica espandendosi a pressione costante fino ad un volume $V_2 = 10\text{ l}$. Calcolare il lavoro compiuto dal gas. (R: $12\text{ l} \cdot \text{atm}$)

Esercizio 6

Una massa $m = 5\text{ g}$ di idrogeno (peso molecolare $M = 2\text{ g/mole}$) alla temperatura di $T = 300^\circ\text{K}$ occupa un volume $V = 50\text{ l}$. Determinare la pressione del gas. (R: 1.2 atm)

Esercizio 7

Calcolare, in Joule, il lavoro compiuto da una mole di gas perfetto che si espande isobaricamente e quasi-staticamente da uno stato iniziale a temperatura $t_1 = 10^\circ C$ ad uno stato finale a temperatura $t_2 = 110^\circ C$. (R: 831 J)

Esercizio 8

Calcolare il volume finale di una certa quantità di gas perfetto monoatomico che, inizialmente a volume $V = 25 l$, compie un'espansione adiabatica, quasi-statica, passando dalla temperatura $t_1 = 807^\circ C$ alla temperatura $t_2 = 477^\circ C$. (R: 43.2 l)

Esercizio 9

Calcolare il lavoro compiuto da 5 moli di idrogeno che eseguono una trasformazione quasi-statica isoterma, alla temperatura di $T = 300^\circ K$ fino a raddoppiare il volume finale. (R: 85.3 l · atm)

Esercizio 10

Una certa quantità di gas perfetto biatomico, inizialmente in uno stato A di volume $V_A = 3 l$ e pressione $P_A = 2 atm$, si espande a pressione costante fino ad uno stato B , quindi viene compressa prima isotericamente fino ad uno stato C e poi adiabaticamente fino ad uno stato D di volume uguale a quello iniziale e pressione $P_D = 3.8 atm$. Calcolare la variazione di energia interna del gas. (R: 13.5 l · atm)

Esercizio 11

Una massa $m = 10 g$ di idrogeno si espande quasi-staticamente secondo la trasformazione $P \cdot V = k$ con $k = 123 l \cdot atm$ da uno stato a pressione $P_1 = 4 atm$ ad uno stato a pressione $P_2 = 1 atm$. Calcolare il lavoro compiuto dal gas e la temperatura a cui avviene la trasformazione. (R: 170 l · atm, 300°K)

Esercizio 12

Una massa $m = 10 g$ di Argon (peso molecolare $M = 40 g/mole$) è inizialmente in uno stato A di pressione $P_A = 3 atm$ e temperatura $T_A = 300^\circ K$. Calcolare la variazione di energia interna, il lavoro compiuto e il calore assorbito se il gas viene

portato in uno stato B di pressione $P_B = 1 \text{ atm}$ e temperatura $T_B = 600^\circ \text{K}$ mediante le seguenti coppie di trasformazioni quasi-statiche:

- 1) da A a C a pressione costante e da C a B a volume costante;
- 2) da A a D a volume costante e da D a B a pressione costante;
- 3) da A ad E a temperatura costante e da E a B a pressione costante;
- 4) da A a F a volume costante e da F a B a temperatura costante.

trattando l'Argon come un gas perfetto monoatomico.

Esercizio 13

Una certa quantità di ossigeno compie il ciclo ABC costituito dalle trasformazioni AB (isocora), BC (isoterma), CA (isobara), tutte quasistatiche. Considerando l'ossigeno come gas perfetto biatomico e sapendo che $P_A = 1 \text{ atm}$, $P_B = 2 \text{ atm}$, $V_A = 2 \text{ l}$, $V_C = 4 \text{ l}$ calcolare il calore scambiato nelle singole trasformazioni e il lavoro compiuto dal gas in un ciclo. (R: 5, 2.8, $-7 \text{ l} \cdot \text{atm}$, $0.8 \text{ l} \cdot \text{atm}$)

Esercizio 14

In un recipiente dalle pareti adiabatiche vengono mescolati $m_1 = 50 \text{ g}$ di acqua alla temperatura di $T_1 = 20^\circ \text{C}$ e $m_2 = 80 \text{ g}$ di acqua alla temperatura di $T_2 = 85^\circ \text{C}$. Calcolare la temperatura finale in equilibrio. (R: 60°C)

Esercizio 15

Una mole di gas perfetto monoatomico è contenuta in un cilindro adiabatico, chiusa da un pistone mobile senza attrito di area A e di massa m . Il cilindro è inizialmente orizzontale e il gas occupa un volume V_0 ed è alla temperatura T_0 . Si pone lentamente il cilindro verticale, in modo che il gas compia una trasformazione quasi-statica. Calcolare il volume finale nella nuova configurazione di equilibrio nel caso in cui lo stantuffo sia in alto, e nel caso in cui sia in basso. (R: $V_0(1 \pm \frac{mgV_0}{ART_0})^{-1/\gamma}$)

Esercizio 16

Calcolare il calore specifico molare di un gas perfetto in una trasformazione quasistatica in cui la pressione è proporzionale al volume. (Si consideri c_V indipendente dalla temperatura). (R: $c_V + R/2$)

Esercizio 17

Una mole di gas perfetto monoatomico si espande quasistaticamente a pressione costante P_1 da un volume V_1 ad un volume doppio. Calcolare fino a quale volume dovrebbe espandersi quasistaticamente ed isotermicamente lo stesso gas partendo dallo stesso stato iniziale per produrre la stessa quantità di lavoro e fino a quale per assorbire la stessa quantità di calore. (R: eV_1 , $e^{5/2}V_1$)

Esercizio 18

Una mole di gas inizialmente a pressione $P_A = 1.5 \text{ atm}$ e volume $V_A = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ esegue un ciclo reversibile composto di una trasformazione isocora che lo porta alla pressione $P_B = 1 \text{ atm}$, una trasformazione isobara e una trasformazione isoterma che lo riporta allo stato iniziale. Sapendo che l'equazione di stato del gas è $PV = (1 + kP)RT$ con $K = -0.2 \text{ atm}^{-1}$ calcolare i valori dei parametri corrispondenti ai tre stati A , B , C e i lavori lungo le tre trasformazioni. Infine si calcoli la variazione di energia interna nella trasformazione isoterma da C ad A .

Esercizio 19

1.8 moli di gas perfetto biatomico, partendo dallo stato iniziale A ($T_A = 300^\circ \text{K}$, $V_A = 0.02 \text{ m}^3$) raggiungono uno stato B , variando l'energia interna di $\Delta U = -1000 \text{ J}$ e l'entropia $\Delta S = 2.75 \text{ J/K}$. Calcolare i parametri degli stati A e B . Nell'ipotesi che lo stato B sia raggiunto con un'espansione isoterma sino ad uno stato intermedio C seguita da un'adiabatica quasistatica, calcolare i parametri dello stato C , il lavoro e la quantità di calore scambiati dal gas con l'ambiente.

Esercizio 20

1.4 moli di gas perfetto monoatomico occupano, inizialmente, un volume $V_A = 0.05 \text{ m}^3$ ad una pressione $P_A = 2 \text{ atm}$. Il gas compie due trasformazioni reversibili: prima una trasformazione adiabatica che ne dimezza il volume e successivamente una isobara che lo riporta alla temperatura iniziale. Calcolare i parametri P , V , T dei tre stati, il lavoro compiuto ed il calore scambiato in ciascuna trasformazione. Supponendo che il gas ritorni successivamente nello stato iniziale tramite una espansione libera, calcolare la variazione totale di entropia dell'universo quando è stato completato il ciclo.

Esercizio 21

Due moli di gas perfetto biatomico, partendo dallo stato iniziale con $V_A = 0.02 m^3$ e $P_A = 1.2 atm$ si portano con due successive trasformazioni reversibili (la prima isoterma e la seconda adiabatica) nello stato finale $V_B = 3V_A$ e $P_B = P_A/4$. Calcolare: i parametri P, V, T dello stato intermedio comune alle due trasformazioni, i lavori e le quantità di calore scambiate rispettivamente nelle due trasformazioni, la variazione di entropia del gas fra stato finale ed iniziale.

Esercizio 22

Due moli di gas perfetto biatomico inizialmente nello stato A ($V_A = 0.05 m^3$ $P_A = 0.76 atm$) compiono il seguente ciclo reversibile. Da A a B con un'isocora fino a raggiungere la temperatura $T_B = 600^\circ K$, da B a C tramite una trasformazione che, sul piano (P, V) altro non è che un segmento rettilineo, da C ad A con un'isobara ($V_C > V_A$). Calcolare i parametri P, V, T dei tre stati, il lavoro fornito dal ciclo, la variazione di entropia corrispondente a ciascuna trasformazione.

Esercizio 23

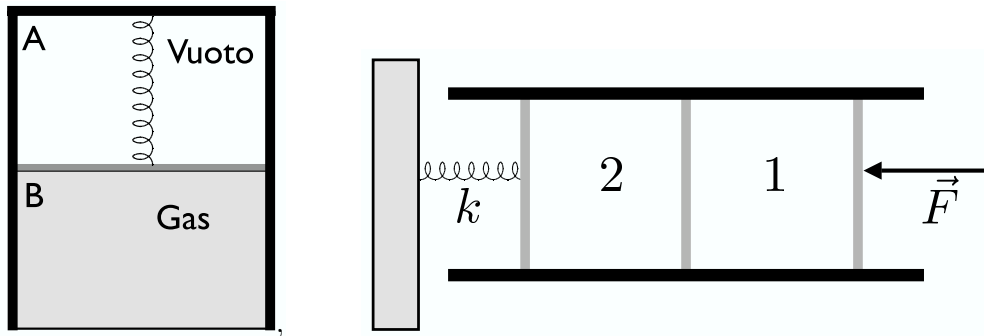
In un recipiente a pareti adiabatiche, chiuso da un pistone pure adiabatico, senza peso e mobile senza attriti, sono contenute n moli di gas perfetto di cui è noto il calore molare c_v e un corpo di massa m di calore specifico costante c . Inizialmente tutto il sistema si trova ad una temperatura T_0 e il gas occupa un volume V_0 . Si fa espandere quasi-staticamente il gas fino ad un volume V_f . Calcolare la temperatura finale T_f del sistema. (Si trascuri la dilatazione termica del corpo di massa m). (R: $T_0(V_0/V_f)^{nR/(mc+nc_v)}$)

Esercizio 24

Due recipienti A e B di ugual volume, a pareti rigide ed adiabatiche, contengono due quantità differenti dello stesso gas perfetto alle pressioni P_A e P_B . Si mettono in comunicazione i due recipienti tramite un tubo di volume trascurabile; determinare la pressione finale del gas. (R: $(P_A + P_B)/2$)

Esercizio 25

Un gas reale ha equazione $(P + a/V^2)(V - b) = RT$ dove $a = 3.5 l^2 \cdot atm$, $b = 0.1 l$. Il gas compie una trasformazione quasi-statica alla temperatura costante $T = 303^\circ K$



espandendosi da un volume iniziale $V_1 = 0.5 \text{ l}$ ad un volume di $V_2 = 0.7 \text{ l}$. Calcolare il lavoro compiuto dal gas. (R: $8.1 \text{ l} \cdot \text{atm}$)

Esercizio 26

Una mole di gas perfetto biatomico assorbe una quantità di calore $Q = 800 \text{ J}$ nel corso di un processo di espansione quasistatica da un volume iniziale $V_i = 2 \text{ l}$ ad un volume finale $V_f = 3 \text{ l}$. Sapendo che la pressione finale è uguale alla pressione iniziale $P_i = 1 \text{ atm}$ determinare la variazione di energia interna ed il lavoro compiuto nella trasformazione.

Esercizio 27

Dimostrare che per un ciclo di Carnot compiuto da un gas perfetto vale la relazione $V_A/V_B = V_D/V_C$ dove A e B sono gli estremi dell'isoterma superiore e C e D gli estremi di quella inferiore.

Esercizio 28

Una quantità pari a $n = 3$ moli di gas perfetto, inizialmente a temperatura $T_i = 273^\circ \text{ K}$ è fatta espandere isotermicamente e reversibilmente fino ad occupare un volume 5 volte più grande di quello iniziale. Successivamente il gas è portato, con una trasformazione isocora reversibile ad una pressione uguale a quella iniziale. Sapendo che la quantità di calore complessivamente assorbita dal gas è $Q = 840 \text{ J}$ calcolare il rapporto $\gamma = c_P/c_V$ del gas.

Esercizio 29

Una mole di gas perfetto esegue una trasformazione quasistatica fra due stati termodinamici A e B descritta dall'equazione $pV^\alpha = c$ con $\alpha \neq 1$ e c costante. Calcolare il lavoro compiuto dal gas in funzione delle temperature dei due stati termodinamici.

Esercizio 30

Un recipiente cilindrico di altezza $2h$ ha pareti rigide ed adiabatiche, tranne la base inferiore che è diatermica. Esso è diviso in due camere A e B da un pistone di spessore e peso trascurabili, mobile senza attrito, collegato ad una molla ideale di costante elastica k , il cui secondo estremo è fissato alla base superiore del cilindro. In A c'è il vuoto, mentre in B è contenuta una mole di gas perfetto monoatomico. Inizialmente il recipiente è poggiato su un supporto isolante e i volumi delle due camere sono uguali e la temperatura del gas è T_0 . Ad un certo istante viene fornito calore al gas in modo quasistatico attraverso la base diatermica fino a quando la compressione della molla è doppia. Determinare

- 1) la compressione iniziale della molla Δl_i ;
- 2) la temperatura finale T_f del gas;
- 3) il calore Q assorbito dal gas.

Esercizio 31

Un recipiente cilindrico adiabatico ha le due basi mobili di area A nota libere di scorrere senza attrito. All'interno del cilindro vi è un setto adiabatico, anch'esso libero di scorrere senza attrito, che separa il cilindro in due volumi noti, inizialmente uguali. La parte 1 contiene una mole di gas perfetto con calore specifico molare a volume costante $c_{v1} = 2R$ mentre la parte 2 contiene una mole di gas perfetto di calore specifico molare a volume costante $c_{v2} = 4R$. La base in contatto con il gas 2 è inoltre collegata ad una molla, inizialmente in posizione di riposo, di costante elastica nota k e con l'altra estremità fissa. Se si comprime in modo quasistatico la base in contatto con il gas 1 sino a dimezzare il volume che quest'ultimo occupa, si calcolino:

- 1) la compressione finale della molla;
- 2) il volume finale del gas 2;
- 3) il lavoro assorbito dal sistema costituito dai due gas.

Esercizi avanzati e d'esame

Esercizio 1

Una mole di gas perfetto monoatomico è inizialmente in equilibrio in uno stato 1 alla temperatura $T_1 = (400 + \xi)^\circ K$ in un volume $V_1 = 10^{-2} m^3$. Ad un certo istante il gas viene portato ad uno stato 2 da un'espansione adiabatica quasistatica. In tale trasformazione il gas compie un lavoro pari a $\Delta L = 800 J$. Calcolare il rapporto (V_1/V_2) essendo V_2 il volume del gas al termine di tale trasformazione $1 \rightarrow 2$. A questo punto, tramite la successione di una compressione $2 \rightarrow 3$ isoterma ed una trasformazione $3 \rightarrow 1$ isocora (entrambe quasistatiche) il sistema è riportato alle condizioni iniziali. Calcolare il rendimento del ciclo. (*Parziale 17/03/2004*)

Esercizio 2

Un contenitore adiabatico cilindrico ha una base mobile ed una base fissa di area $A = 0.1 m^2$ e ciascuna di massa $M = 2 Kg$. Il contenitore è appoggiato al suolo sulla base fissa. All'interno vi è una mole di gas perfetto monoatomico alla temperatura $T_0 = 400^\circ K$ all'equilibrio. Un cavo di lunghezza $l = 0.2 m$ inestensibile e di massa e capacità termica trascurabili tiene sospeso alla base mobile del contenitore un corpo di dimensioni trascurabili, massa $m = 0.5 kg$ e capacità termica $C = R/2$. Ad un certo istante viene bloccata la base mobile e spezzato il cavo. Il corpo cade al suolo ed urta in modo totalmente anelastico la base fissa dissipando calore nell'ambiente. Infine, la base mobile viene di nuovo sbloccata ed il gas fatto espandere quasistaticamente. Calcolare (trascurando la pressione atmosferica) il rapporto r fra il volume finale e il volume iniziale del contenitore. (*Parziale A.A. 2002/2003*)

Esercizio 3

Un contenitore adiabatico è diviso in due volumi uguali entrambi a $V_A = V_B = V_0$ da un setto inizialmente bloccato. Il setto è costituito da due pareti a contatto, una adiabatica ed una diatermica. In V_A sono contenute $n_A = 1$ moli di gas perfetto con calore specifico molare $c_V = R$ alla temperatura $T_0 = 300^\circ K$ mentre in V_B sono $n_B = 4$ moli dello stesso gas alla stessa temperatura. Ad un certo istante l'intero setto viene sbloccato e, conseguentemente, essendo in grado di scorrere senza attriti, raggiunge l'equilibrio (si immagini in modo sufficientemente lento da poter essere considerato quasistatico). In questa posizione il setto viene bloccato. Successivamente si rimuove la parete adiabatica ed il sistema tende ad un nuovo stato di equilibrio. Calcolare la variazione di entropia ΔS dell'intero processo. (*Parziale A.A. 2002/2003*)