Esercizio 1

Un oggetto viene posto nel fuoco di uno specchio parabolico puntato verso il sole. Si dimostri che indipendentemente dalle dimensioni dello specchio e dalla precisione con cui è lavorato ed indipendentemente dal tipo di materiale dell'oggetto, questo non può mai essere riscaldato ad una temperatura maggiore di quella del sole stesso.

Esercizio 2

Trovare l'efficienza di una macchina termica costruita su un ciclo (reversibile) consistente di due trasformazioni adiabatiche e due trasformazioni isocore. Il gas impiegato (supposto perfetto) sia azoto ed il suo volume vari di k = 10 volte durante il ciclo.

Esercizio 3

Trovare il rendimento di un ciclo termico che vede un gas ideale monoatomico percorrere due isobare e due adiabatiche mentre la pressione cambia di n volte durante il ciclo.

Esercizio 4

Un gas ideale con coefficiente adiabatico γ viene sottoposto ad un ciclo termico diretto (cioè percorso in senso orario) e reversibile, composto da una trasformazione adiabatica, una isobara ed una isocora. Trovare il rendimento di questo ciclo se durante il processo adiabatico il volume del gas aumenta di k volte.

Esercizio 5

L'ex esercizio 19.5 è stato spostato alla posizione 18.15

Esercizio 6

Un gas ideale il cui coefficiente adiabatico vale γ esegue un ciclo costituito da due isocore e due isobare. Trovare il rendimento di tale ciclo se la temperatura del gas aumenta k volte sia nel riscaldamento isocoro sia nella espansione isobara.

Esercizio 7

Una mole di gas perfetto monoatomico è contenuta in un recipiente di volume pari a 10 litri a temperatura 200°C. Il gas viene raffreddato in modo isocoro fino ad una temperatura di -40°C. A questo punto esso viene compresso rapidamente (ma reversibilmente) fino a tornare alla temperatura iniziale, dopodiché lo si lascia espandere in modo isotermo fino a tornare al volume iniziale.
Si chiede di trovare il volume minimo raggiunto dal gas ed il rendimento di una macchina termica che funzioni secondo questo stesso ciclo.

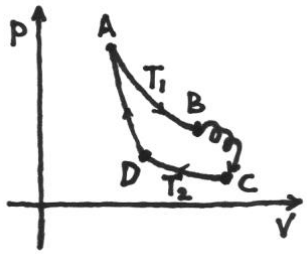
Esercizio 8

Un gas ideale con può compiere due diversi cicli, che consistono di trasformazioni:

a) Isocora, adiabatica ed isoterma
b) Isobara, adiabatica ed isoterma

In entrambi i casi l'isoterma avviene alla minima temperatura del ciclo. Trovare il rendimento di ognuno dei due cicli se la temperatura assoluta del gas varia di n volte durante il ciclo.

Esercizio 9



Una macchina termica a gas perfetto, operante tra due sorgenti a temperatura T_1 = 500 K e T_2 = 200 K, esegue il ciclo indicato in figura. La trasformazione AB è un'isoterma reversibile a temperatura T_1. La trasformazione BC è un'adiabatica irreversibile. La trasformazione CD è un'isoterma reversibile a temperatura T_2. La trasformazione DA è un'adiabatica reversibile. Sapendo che $V_B/V_A = 2$ e che $V_C/V_D = 2{,}3$ calcolare:

a) il rapporto tra i lavori eseguiti nei due rami adiabatici (BC e DA);
b) il rendimento di questo ciclo;
c) il rendimento di una macchina di Carnot che operi tra le stesse sorgenti.

Esercizio 10

Due frigoriferi vengono disposti in serie, in modo cioè che il calore emesso dal frigorifero 1 sia completamente assorbito dal frigorifero 2. Se i COP dei due frigoriferi valgono K_1 e K_2, quanto vale il COP della combinazione dei due frigoriferi?

Esercizio 11

Una centrale elettrica ha delle turbine che generano una potenza meccanica P. Le turbine funzionano utilizzando l'acqua di un fiume, che viene trasformata in vapore pressurizzato a temperatura T_C per azionarle. A fine ciclo l'acqua che ha una temperatura residua T_F viene reimmessa nel fiume. Le turbine hanno un'efficienza del 50% rispetto ad una macchina termica ideale. L'acqua del fiume a valle della centrale è di ΔT più calda che a monte. Qual è la portata volumica del fiume?

Esercizio 12

Un litro d'acqua è inizialmente alla stessa temperatura dell'aria circostante, e cioè 30 °C. Si vuole raffreddare quest'acqua a 5 °C trasferendo calore dall'acqua all'aria. Quanto vale la quantità minima di lavoro che si deve fornire per ottenere questo risultato?

Esercizio 13

Due corpi identici, ognuno di capacità termica C, si trovano alle temperature T_1 e T_2. Qual è il massimo lavoro meccanico che è possibile produrre facendo loro raggiungere il mutuo equilibrio termico?

Esercizio 14

Un pistone senza massa divide un cilindro termicamente isolato in due metà uguali. Una metà contiene una mole di un gas ideale con esponente adiabatico γ, l'altra metà è vuota. La temperatura iniziale vale T_0. Il pistone viene rilasciato ed il gas riempie l'intero cilindro. Successivamente il pistone viene lentamente riportato alla posizione iniziale. Trovare l'aumento dell'energia interna e dell'entropia del gas dopo questo processo.

Esercizio 15

Trovare la variazione dell'entropia di n=2 moli di un gas ideale il cui esponente adiabatico γ=1.3 se, come risultato di un processo ignoto, il volume del gas aumenta di α=2 volte mentre la pressione diminuisce di β=3 volte.

Esercizio 16

Un recipiente isolato termicamente è diviso in due parti, in maniera tale che il volume di una parte sia η=2 volte maggiore dell'altra. La parte minore contiene n_1=0.3 moli di azoto, e la maggiore n_2=0.7 moli di ossigeno. La temperatura dei due gas è la stessa. Viene praticato un foro nella divisione e i due gas si mescolano. Trovare la corrispondente variazione dell'entropia del sistema.

Esercizio 17

n moli di un gas perfetto monoatomico sono contenute in un cilindro chiuso da un pistone. Si comprime il gas con una trasformazione incognita in modo che il volume finale sia metà del volume iniziale e che la pressione finale sia uguale alla pressione iniziale. Il gas può scambiare calore esclusivamente con un termostato esterno che si trova a temperatura T. Qual è la minima quantità di calore che deve cedere il gas durante la compressione?

Esercizio 18

n moli di un gas perfetto biatomico si trovano a temperatura T_i occupando il volume V_i. Utilizzando esclusivamente trasformazioni reversibili, il gas viene portato a temperatura T_f. Durante queste trasformazioni il gas riceve il calore Q da un termostato che si trova a temperatura T_0 come unico scambio di calore con l'esterno. Qual è il volume finale del gas?

Esercizio 19

1,7 grammi di elio gassoso vengono fatti espandere adiabaticamente fino a triplicare il volume iniziale, al quale vengono successivamente ricondotti con una compressione isobara. Trovare la variazione di entropia del gas in questo processo.

Esercizio 20

A chi piace la birra freddissima spesso la sposta qualche minuto dal frigo al surgelatore prima di aprirla. Purtroppo talvolta capita di esagerare. La birra è ancora liquida nella bottiglia, ma appena la si apre o se si tenta di versarla in un bicchiere la birra si trasforma in una mousse di liquido e ghiaccioli molto fini.
Questo è dovuto ad un processo che si chiama sopraffusione, cioè il raffreddamento di un liquido al di sotto della sua temperatura di solidificazione senza che avvenga effettivamente la solidificazione stessa. Quando si perturba lo stato di quiete, per esempio agitando il liquido, si provoca la solidificazione di parte del materiale e l'aumento della temperatura fino al punto di solidificazione.
Si abbia un litro d'acqua portato fino a -8°C nel suo stato liquido. Si percuote la bottiglia ed istantaneamente parte dell'acqua si trasforma in ghiaccio e rapidamente si raggiunge uno stato d'equilibrio termico. Si calcoli la variazione di entropia del sistema in questa trasformazione.
Le costanti necessarie sono disponibili sul libro di testo, si richiede una risposta numerica.

Esercizio 21

In un thermos viene inserito un pezzo di ghiaccio di 50g che è alla temperatura di -20°C. Successivamente si versa nel thermos ½ litro di acqua calda a 60°C e lo si chiude subito dopo. Trascorso un tempo sufficiente al raggiungimento dell'equilibrio termico, si trovino:

a) la temperatura finale del contenuto del thermos;
b) la variazione di entropia dell'universo dovuta a questo processo.

Esercizio 22

Un bidone cilindrico, con raggio di base A=30cm ed altezza H=1m viene parzialmente riempito di acqua e poi sigillato. Il volume interno non occupato dall'acqua è ovviamente occupato dall'aria alla pressione di 1atm e tutto il sistema è termostatato a 20°C. Successivamente il bidone viene posto in un surgelatore, che porta esso ed il suo contenuto alla temperatura di -20°C. Fino a che altezza è stato riempito d'acqua inizialmente il bidone se la pressione dell'aria alla fine del congelamento vale ancora 1atm? Quanto è variata l'entropia del contenuto del bidone durante il passaggio dalla temperatura iniziale a quella finale? Si cerchino sul libro di testo i valori di tutte le costanti necessarie per la soluzione.

Esercizio 23

Un frigorifero reversibile viene utilizzato per raffreddare 2 litri d'acqua da 300K fino a che si abbia una miscela di 1 litro d'acqua ed 1 kg di ghiaccio in equilibrio termico. La sorgente calda del frigorifero è un termostato a 400K. Calcolare:

a) Il calore ceduto dall'acqua (liquida o solida che sia);
b) La variazione di entropia dell'acqua (liquida o solida che sia);
c) Il lavoro necessario per far funzionare il frigorifero.

Si suppongono noti il calore latente di fusione ed il calore specifico dell'acqua.

Esercizio 24

Una macchina termica reversibile scambia calore con tre sorgenti a temperatura assoluta $T_1 = 200K$, $T_2 = 300K$, $T_3 = 400K$. Durante un numero intero di cicli la macchina assorbe una quantità di calore $Q_3 = 1200J$ dalla sorgente a temperatura T_3 e produce un lavoro totale $W = 200J$. Si calcolino le quantità di calore Q_1 e Q_2 scambiate con le sorgenti a temperatura T_1 e T_2, precisando se il calore è assorbito o ceduto dalla macchina.

Esercizio 25

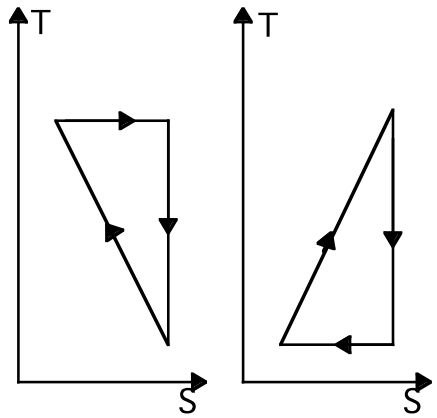
Un gas ideale con coefficiente adiabatico γ è sottoposto ad un processo in cui la pressione varia col volume secondo la legge $P = P_0 - \alpha V$, dove P_0 ed α sono costanti positive e V è il volume. Per quale volume sarà massima l'entropia del gas?

Esercizio 26

Due moli di azoto che si trovano inizialmente a temperatura T_1 e volume V_1 vengono riscaldate a pressione costante fino alla temperatura T_2. Successivamente esse vengono fatte espandere adiabaticamente, ed in modo reversibile, fino a tornare alla temperatura iniziale. Finalmente il gas viene compresso in maniera isoterma reversibile fino a tornare allo stato iniziale. Calcolare il rendimento del ciclo, il lavoro fatto dal gas e la variazione di entropia dell'universo in due casi:

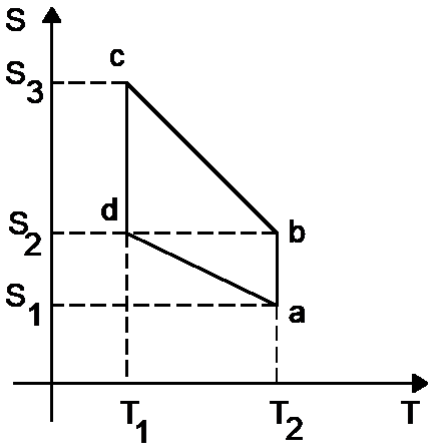
1. Il riscaldamento isobaro è compiuto in modo reversibile;
2. Il riscaldamento isobaro si ottiene ponendo il gas direttamente a contatto con un termostato a temperatura T_2.

Esercizio 27



Un generico fluido viene utilizzato in una macchina termica ciclica, all'interno della quale il fluido stesso varia la sua temperatura n volte tra un valore minimo ed un valore massimo. Calcolare il rendimento di tale macchina termica nei due casi diversi illustrati in figura. Si badi bene che in entrambi i casi il ciclo della macchina è rappresentato nel piano T-S.

Esercizio 28



Un sistema termodinamico ciclico funziona secondo il ciclo abcda illustrato in figura nel piano ST. i valori S_1, S_2, S_3, T_1 e T_2 sono noti. Si dica se si tratta di una macchina termica o di una macchina refrigerante. Se si tratta di una macchina termica se ne calcoli il rendimento, se si tratta di una macchina refrigerante se ne calcoli il COP.

Esercizio 29

Una mole di un gas ideale biatomico passa dalla temperatura T_1 alla Temperatura T_2 seguendo una trasformazione durante la quale l'entropia del gas può essere espressa come $S = \alpha/T$, dove α è una costante. Trovare: a) il calore specifico del gas per questa trasformazione in funzione della temperatura; b) il calore fornito al gas; c) il lavoro compiuto sul gas.

Esercizio 30

Una mole di un gas ideale subisce una trasformazione nella quale l'entropia del gas cambia con la temperatura secondo la legge $S=aT+c_V\ln(T)$, essendo a una costante positiva e c_V il calore specifico a volume costante. Trovare la temperatura del gas in funzione del suo volume T(V) in questa trasformazione se $T=T_0$ quando $V=V_0$.

Esercizio 31

Si abbiano 4 trasformazioni possibili sul piano T-S relative ad n moli di un gas perfetto.

1) $T = Ae^{\frac{S}{nc_V}}$ 2) $T = Be^{\frac{S}{nc_V}}$ 3) $T = Ce^{\frac{S}{nc_P}}$ 4) $T = De^{\frac{S}{nc_P}}$

dove S è l'entropia, T la temperatura, c_P e c_V i calori specifici del gas e A<B<C<D sono 4 costanti. Si tracci un grafico di queste quattro trasformazioni sul piano T-S, mostrando che esistono 4 punti di intersezione, e che le 4 trasformazioni che uniscono quei 4 punti costituiscono un ciclo termodinamico.
Si vuole sapere il lavoro svolto da una macchina termodinamica che esegua tale ciclo, se la pressione minima e massima del gas durante il ciclo valgono P_{MIN} e P_{MAX}, mentre il volume minimo e massimo del gas durante il ciclo valgono V_{MIN} e V_{MAX}.

Esercizio 32

In un processo non meglio specificato, la temperatura e l'entropia di un campione di sostanza incognita sono legate dalla relazione $T=aS^n$, dove a ed n sono delle costanti. Si calcoli la capacità termica del campione in oggetto in funzione di S.

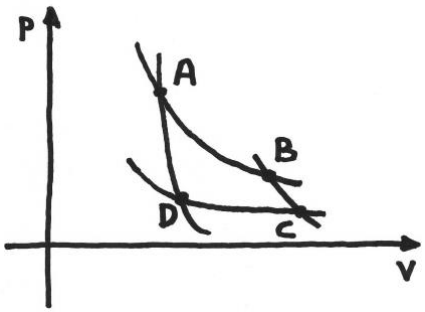
Esercizio 33

Una sfera di massa m=1g giace ferma su un piano sul quale può rotolare senza strisciare. Il tutto si trova in una stanza in cui la temperatura è di 27°C. A causa delle continue collisioni con le molecole d'aria della stanza la sfera viene continuamente spinta a destra e sinistra, normalmente con spostamenti e velocità microscopiche. Con una probabilità molto piccola, però, la velocità acquisita dalla sfera potrebbe essere apprezzabile. Si calcoli la probabilità che in un istante a caso la sfera abbia acquisito una velocità di 1mm/s.

Esercizio 34

In un cilindro rigido ed adiabatico, di capacità termica trascurabile, sono contenute n=1 moli di gas perfetto ed una massa m=20g di ghiaccio. Il sistema è in equilibrio alla pressione P_0=1atm ed alla temperatura T_0=0°C. Si comprime il gas effettuando una trasformazione completamente reversibile, finché il ghiaccio è completamente sciolto. Calcolare il volume finale occupato dal gas. Il calore latente di fusione dell'acqua è L_f=333kJ/kg.

Esercizio 35

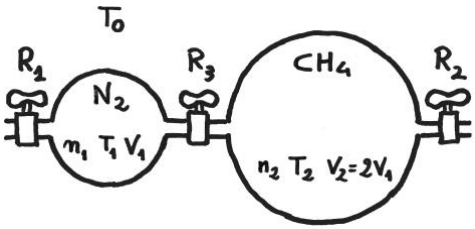


Una macchina termica reversibile funziona secondo il ciclo ABCD in figura utilizzando come fluido termodinamico n moli di un gas perfetto biatomico. Le trasformazioni AB e CD sono isoterme, la trasformazione BC è una adiabatica mentre la trasformazione DA ha equazione PV^3=costante. Si conoscono i volumi V_A, V_B, V_C e la pressione P_A. Si chiede di calcolare l'efficienza di tale macchina.

Esercizio 36

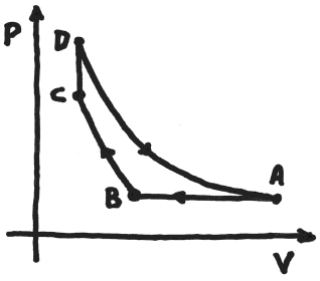
Si abbiano due macchine termiche collegate in serie. La macchina M_1 prende calore da un termostato che si trova a temperatura T_1=1343°C, cede il suo calore residuo (a temperatura costante T_0=850°C) ad una seconda macchina M_2, la quale cede il suo calore residuo ad un termostato che si trova a temperatura T_2=194°C. Le due macchine termiche NON sono ideali, ognuna di esse ha un rendimento pari al 50% di una macchina termica reversibile che lavorasse tra le stesse temperature. Qual è il rendimento complessivo della combinazione delle macchine?

Esercizio 37



Il doppio pallone in figura è costruito in un materiale che sopporta la pressione e permette, anche se lentamente, il passaggio di calore. I rubinetti R_1 ed R_2 servono a riempire o svuotare i palloni mentre R_3 serve ad isolarli o a metterli in comunicazione. In un dato istante il pallone a sinistra contiene n_1=6 moli di azoto a temperatura T_1=100K in un volume V_1. Il pallone a destra contiene n_2=5 moli di metano a temperatura T_2=300K in un volume $V_2=2V_1$. La temperatura esterna è T_0=300K. In quello stesso istante si apre R_3 e poi si aspetta finché si raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente esterno. Di quanto varia l'entropia del gas? Di quanto varia l'entropia dell'universo? È vero o è falso che sia impossibile riportare i gas nella situazione di partenza?

Esercizio 38



Si abbia una quantità ignota di gas perfetto il cui coefficiente adiabatico c_P/c_V vale γ. Il gas viene utilizzato come fluido termodinamico per il funzionamento di una macchina termica reversibile. La macchina funziona con un ciclo composto da una compressione isobara (AB), una compressione adiabatica (BC), un riscaldamento isocoro (CD) ed una espansione isoterma (DA). Sono note le costanti α e β definite dalle relazioni $\alpha=V_B/V_D$, $\beta=V_A/V_D$. Si chiede di trovare il rendimento termodinamico di questa macchina termica.

Esercizio 39

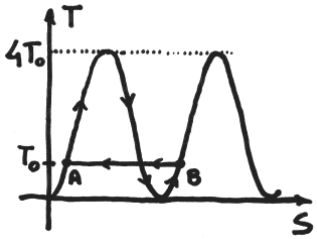
Si abbiano n moli di un gas biatomico. Per produrre lavoro si vuole usare il passaggio del gas da uno stato iniziale di volume V_i e temperatura T_i ad uno stato finale di volume V_f e temperatura T_f, con $V_f > V_i$ e $T_f > T_i$. Il lavoro meccanico prodotto DAL gas sul "mondo esterno" è positivo (visto che $\Delta V>0$) e si vuole fare in modo che sia il massimo possibile. La fonte di calore è un termostato esterno la cui temperatura potete regolare a piacere, purché sia costante e non superiore a $2T_f$.

a) Trovare una serie di trasformazioni, che partano dallo stato iniziale e finiscano in quello finale, la quale renda massimo il lavoro prodotto. (si dovrebbe dimostrare la soluzione, non cercare di "indovinare" le trasformazioni coinvolte)
b) Calcolare il lavoro massimo prodotto W_{MAX}

Esercizio 40

Un gas perfetto di costante adiabatica γ esegue un ciclo termodinamico come fluido di una macchina termica. Il ciclo è composto da una espansione isobara, una espansione adiabatica, una isocora ed infine un'altra adiabatica. Si sa che il volume nel punto più caldo del ciclo vale α volte il volume minimo, mentre il volume massimo nel ciclo vale β volte il volume minimo. Si ha $1 < \alpha < \beta$.
Si chiede di trovare il rendimento η di tale macchina termica.

Esercizio 41



Un fluido termodinamico esegue lo strano ciclo rappresentato in figura. Lo stato del fluido passa da A a B seguendo la funzione $T = 4T_0 sin^2(\alpha S)$, dove T_0 e α sono due opportune costanti positive. Lo stato del fluido torna da B ad A con un'isoterma reversibile a temperatura T_0. Dire se un meccanismo il cui fluido segue periodicamente questo ciclo è una macchina termica o un frigorifero. Se è una macchina termica se ne calcoli l'efficienza, se è un frigorifero se ne calcoli il COP. Viene fornito il seguente integrale indefinito:

$$\int sin^2(x)\, dx = \frac{1}{2}(x - sin(x)cos(x)) + C$$

Esercizio 42

Una macchina termica reversibile funziona utilizzando un ciclo fatto eseguire ad un gas perfetto biatomico. Da un certo stato iniziale il gas viene scaldato in modo isocoro fino a raggiungere una temperatura k volte maggiore di quella iniziale. Successivamente si ha una espansione isoterma fino ad un volume j volte maggiore di quello iniziale. Segue un raffreddamento isocoro fino alla temperatura iniziale. Il ciclo si conclude con una compressione isoterma.

a) Si calcoli il rendimento η di tale ciclo.
b) Tenendo j fisso, si studi η in funzione di k, commentando brevemente il risultato ottenuto.