

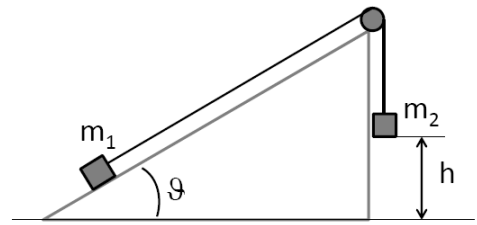
Per la prova in itinere svolgere i problemi 1, 2, 3 (tempo 2h)
 per la prova completa svolgere i problemi 1, 3, 4, 5 (tempo 3 h).

Problema n.1

Un giocatore di pallacanestro lancia il pallone da un'altezza di $h=2.10\text{ m}$ con un angolo di $\vartheta=38.0^\circ$ rispetto al suolo. Il canestro si trova ad una altezza di $h_1=3.05\text{ m}$. Il tiro è effettuato da una distanza in orizzontale dal canestro di $d=11.00\text{ m}$ e deve essere accurato entro un intervallo di $\pm 0.22\text{ m}$ per poter centrare il canestro. Determinare l'intervallo permesso per la velocità iniziale affinché venga segnato il canestro.

Problema n.2

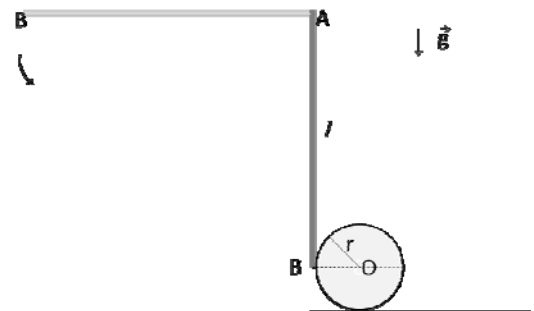
Un piano con coefficiente di attrito dinamico $\mu=0.1$, inclinato di $\vartheta=30^\circ$ rispetto all'orizzontale, termina verso l'alto con un piolo liscio, su cui può scorrere, senza attrito, un filo inestensibile e di massa trascurabile, che collega la massa $m_1=1\text{ kg}$ con la massa $m_2=2\text{ kg}$. Inizialmente il sistema è in quiete e da questa situazione inizia a muoversi sotto l'azione della gravità. Ad un certo istante la massa m_2 urta il suolo, dopo essere scesa di un tratto verticale $h=1\text{ m}$, mentre la massa m_1 continua a muoversi. Calcolare:



- a. La velocità del corpo di massa m_2 subito prima di toccare terra;
- b. La tensione del filo T subito prima che il corpo di massa m_2 tocchi terra;
- c. Quanto spazio percorre ancora il corpo di massa m_1 sul piano prima di fermarsi.

Problema n.3

Un'asta AB, sottile ed omogenea di lunghezza $l=70\text{ cm}$ e massa $M=1.2\text{ kg}$, imperniata nell'estremo A e libera di ruotare intorno ad un asse orizzontale e ortogonale al piano del foglio, viene abbandonata con velocità nulla dalla posizione orizzontale (vedi figura). Nell'istante in cui essa raggiunge la posizione verticale l'estremo B urta una sfera, all'altezza del centro O della sfera. La sfera ha massa $m=500\text{ gr}$ e raggio $r=5\text{ cm}$ ed è ferma su un piano orizzontale.



- a. Supposto l'urto perfettamente elastico si determini la velocità angolare dell'asta e la velocità della sfera immediatamente dopo l'urto.
- b. Determinare la velocità angolare del sistema immediatamente dopo l'urto nel caso in cui l'urto risulti completamente anelastico.

(Suggerimento: nello svolgimento non trascurare le dimensioni della sfera; la sfera non rotola subito dopo l'urto)

- c. (facoltativo) Spiegare perché la sfera non rotola subito dopo l'urto, anche se il piano orizzontale fosse scabro.

Problema n.4

Una mole di un gas ideale monoatomico è sottoposta al seguente ciclo, in cui tutte le trasformazioni sono reversibili: partendo da uno stato iniziale A con pressione $p_A=1.00 \text{ bar}$ e temperatura $T_A=300 \text{ K}$, il gas viene compresso adiabaticamente ad un volume $V_B=V_A/10$ (stato B); il gas assorbe quindi una quantità di calore $Q_{BC}=2 \times 10^4 \text{ J}$ a volume costante portandosi nello stato C; quindi assorbe una quantità di calore $Q_{CD}=1 \times 10^4 \text{ J}$ a pressione costante portandosi nello stato D; quindi si espande adiabaticamente fino a raggiungere il volume originale V_A (stato E); infine si porta nello stato A attraverso una trasformazione isocora.

- Rappresentare il ciclo in un diagramma PV
- Determinare la pressione massima raggiunta nel ciclo;
- Determinare la temperatura massima raggiunta nel ciclo;
- La variazione di entropia del gas nella trasformazione DE.

Si consiglia di riportare i dati delle variabili termodinamiche p,V e T dei vari stati in una tabella del tipo:

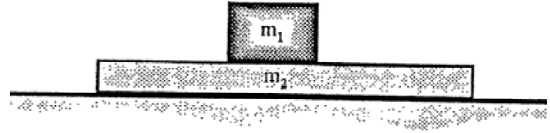
	A	B	C	D	E
p [Pa]					
V [m ³]					
T [K]					

Problema n.5

Un termometro di capacità termica $C=46.1 \text{ J/K}$ segna 15.0°C . Successivamente lo strumento viene immerso in 0.300 kg d'acqua e raggiunge l'equilibrio termico con la temperatura finale uguale a quella dell'acqua. Si determini la temperatura iniziale dell'acqua sapendo che nello stato finale il termometro indica 44.4°C . Si trascurino le perdite di calore del sistema, il calore specifico dell'acqua vale $c_a=4190 \text{ J/(kg K)}$.

Problema n.1

Su un ripiano orizzontale è appoggiata una piastra di massa $m_2=2\text{ Kg}$ ferma. Sia μ_2 il coefficiente d'attrito tra il ripiano e la piastra. Sulla piastra viene posto un corpo di massa $m_1=1\text{ Kg}$ che si muove con velocità v orizzontale e modulo $v=3\text{ m/s}$.

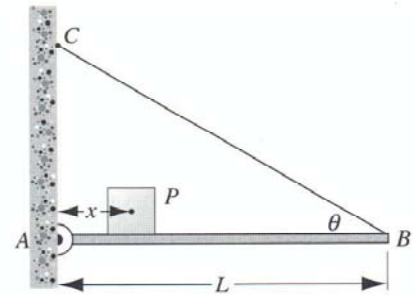


Sia $\mu_1=0.6$ il coefficiente d'attrito tra m_1 ed m_2 . La velocità relativa di m_1 rispetto ad m_2 si annulla quando m_1 si è spostato di una distanza $d=0.7\text{ m}$ su m_2 . Calcolare:

- il coefficiente d'attrito μ_2
- la distanza l percorsa da m_2 sul ripiano prima di fermarsi
- l'energia meccanica dissipata nel processo.

Problema n.2

L'estremo A di una sbarra orizzontale sottile, di massa trascurabile e di lunghezza L , fissata a una parete per mezzo di un perno. L'altra estremità B è legata al punto C della parete tramite un filo sottile che forma un angolo ϑ con la direzione orizzontale. Un oggetto di peso P è appoggiato alla sbarra a distanza x dalla parete.



- Determinare la tensione del filo T in funzione di x .
- Determinare le componenti, verticale e orizzontale, della reazione vincolare in A.
- Supponendo che il filo possa resistere alla massima tensione di 520 N , determinare il massimo valore di x ammesso per evitare la rottura del filo se $P=315\text{ N}$, $L=2\text{ m}$ e $\vartheta=30^\circ$.

Problema n.3

Una miscela di 1.8 kg di acqua e 260 g di ghiaccio in equilibrio alla temperatura di 0°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°C . Il calore latente di solidificazione dell'acqua è $333 \times 10^3\text{ J/kg}$.

- Calcolare la variazione di entropia del sistema durante questo processo.
- Il sistema viene quindi riportato al primo stato di equilibrio, ma in modo irreversibile (utilizzando per esempio una fiamma). Calcolare la variazione di entropia del sistema durante questo processo.
- La risposta b) è in accordo con la seconda legge della termodinamica?

Problema n.4

Una mole di gas biatomico compie un ciclo reversibile formato da una espansione isoterma dallo stato A ($T_A=500\text{ K}$, $V_A=2 \times 10^{-3}\text{ m}^3$) allo stato B, una compressione isobara BC, una compressione adiabatica dallo stato C ($V_C=4 \times 10^{-3}\text{ m}^3$) allo stato A.

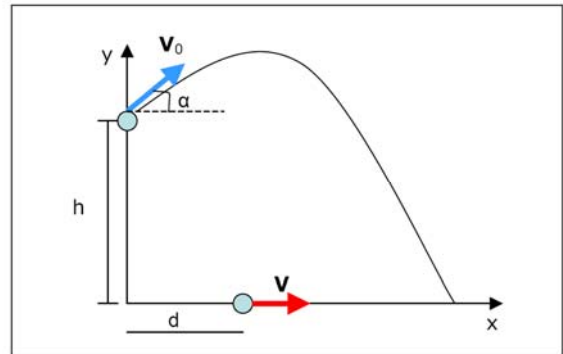
- Rappresentare il ciclo in un diagramma pV ;
- Calcolare il lavoro svolto dal gas durante ciascuna trasformazione del ciclo;
- Calcolare il rendimento del ciclo.

Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4 (escluso il punto e)

Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 4, 5, 6

Problema n.1

Un pallone viene lanciato con un angolo $\alpha=30^\circ$ dalla sommità di un palazzo alto 20 m come in figura. La velocità iniziale sia $v_0=10\text{m/s}$. Nello stesso istante, da un punto che si trova a 40 m dalla base del palazzo, un uomo corre per cercare di prendere il pallone quando questo tocca il suolo. Quale deve essere la velocità dell'uomo per poter prendere il pallone? Trascurare la resistenza dell'aria.

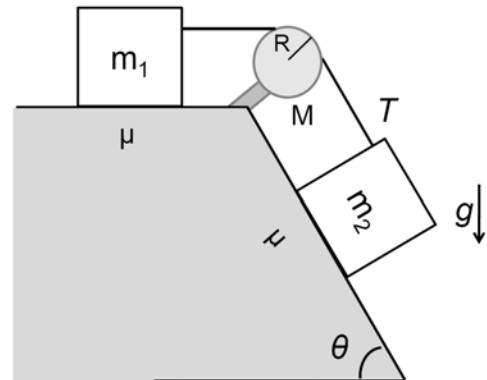


Problema n.2

Un blocco di massa $m_1=9.6\text{ kg}$ e uno di massa $m_2=10.0\text{ kg}$ sono connessi attraverso una fune inestensibile e di massa trascurabile che passa attraverso una puleggia priva di attriti di raggio $R=20.0\text{ cm}$ e massa $M=5.0\text{ kg}$ che possiamo considerare un disco pieno uniforme. La fune scorre sulla puleggia facendola ruotare senza che vi sia strisciamento. Il primo blocco si muove orizzontalmente, mentre il secondo su una superficie piana inclinata di un angolo $\vartheta=39^\circ$ come illustrato in figura.

Calcolare:

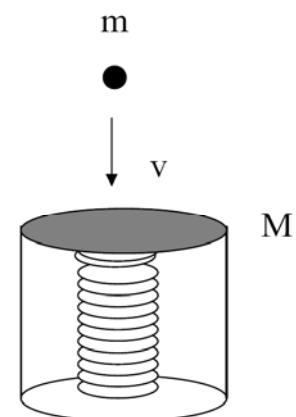
- a) Il momento di inerzia della puleggia;
- b) Il modulo dell'accelerazione dei blocchi nell'ipotesi che non vi sia attrito con le superfici su cui scorrono;
- c) Il modulo dell'accelerazione dei blocchi nell'ipotesi in cui vi sia un coefficiente di attrito dinamico $\mu=0.24$ fra ciascuno di essi e la superficie su cui scorre;
- d) La tensione della fune tra la puleggia e il blocco di massa m_2 in presenza di attrito.



Problema n.3

Una molla ideale di costante elastica $k=343\text{ N/m}$ è posta all'interno di un recipiente verticale. Sulla molla è appoggiato un disco di massa $M=0.7\text{ kg}$ (vedi figura). Inizialmente il sistema è in equilibrio statico; su di esso urta in modo completamente anelastico un punto materiale che ha massa $m=0.1\text{ kg}$. Immediatamente prima dell'urto la velocità del punto materiale è verticale, diretta verso il basso e ha modulo $v=20\text{ m/s}$. Si determinino:

- a) La compressione iniziale della molla (prima dell'urto);
- b) L'energia dissipata nell'urto;
- c) La compressione massima della molla (dopo l'urto).



Problema n.4

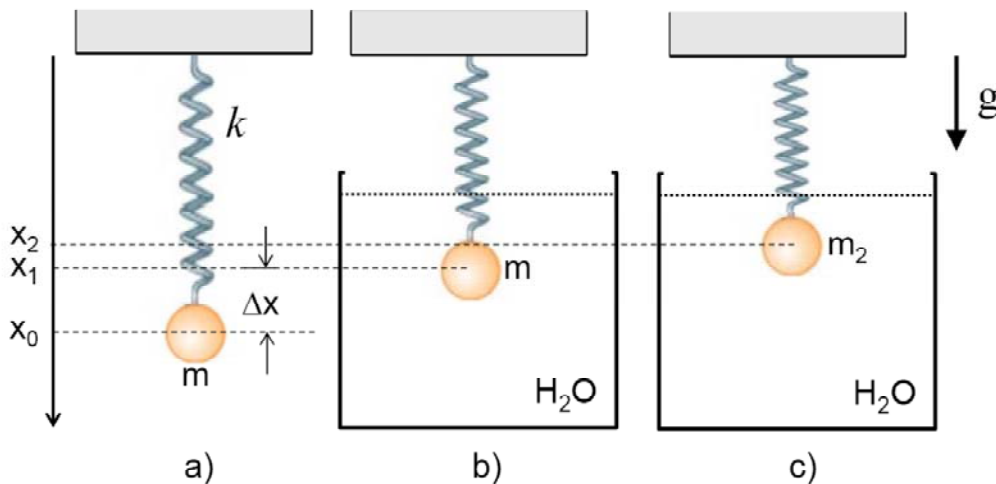
Un gas ideale biatomico è contenuto nel volume $V_A=39.87 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ alla pressione $p_A=10^5 \text{ Pa}$ ed alla temperatura $T_A=300 \text{ K}$. Con una compressione isoterma reversibile il gas viene portato al volume $V_B=V_A/3$. Quindi mantenendo il volume costante il gas viene messo a contatto termico con una sorgente a temperatura $T_C=600 \text{ K}$ fino al raggiungimento dell'equilibrio (stato C). Successivamente il gas si espande in modo adiabatico reversibile fino al punto D e $V_D=V_A$. Il gas è poi messo a contatto termico con una sorgente a temperatura T_A e subisce una trasformazione isocora che lo riporta nello stato iniziale A.

- Rappresentare il ciclo in un diagramma pV ;
- Calcolare la temperatura T_D ;
- Calcolare il lavoro netto complessivo effettuato dal gas in un ciclo;
- Calcolare il rendimento del ciclo.
- Calcolare la variazione di entropia dell'universo in un ciclo.

Problema n.5

Una sfera di massa $m=5.45 \text{ kg}$ e raggio $R=5.9 \text{ cm}$ è appesa ad una molla di massa trascurabile ed è in posizione di equilibrio. Immergendo completamente la sfera in acqua (densità $\rho_a=1000 \text{ kg/m}^3$), l'allungamento della molla all'equilibrio diminuisce di una quantità $\Delta x = x_0 - x_1 = 1.82 \text{ cm}$ (vedi figure a) e b)).

- Calcolare la costante elastica della molla k ;
- Noto k , la sfera viene sostituita con una massa m_2 di pari volume, la molla si accorcia ulteriormente e l'allungamento rispetto al soffitto vale $x_2 = 20 \text{ cm}$, calcolare la densità ρ_2 del materiale di cui è fatta questa seconda sfera.



Problema n.6

Una massa d'acqua di 100 g alla temperatura di 10° C viene messa in contatto termico con un termostato alla temperatura di -50° C ; il sistema complessivo acqua+termostato è isolato. Determinare la variazione di entropia del sistema acqua+termostato quando il sistema ha raggiunto l'equilibrio; indicare se la trasformazione avviene spontaneamente. (calore specifico dell'acqua $c_a=4.186 \text{ kJ/kg K}$; calore specifico del ghiaccio $c_{gh}=2.093 \text{ kJ/kg K}$; calore latente di solidificazione dell'acqua $\lambda=335 \text{ kJ/kg}$)

Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4

Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 3, 4, 5

Problema n.1

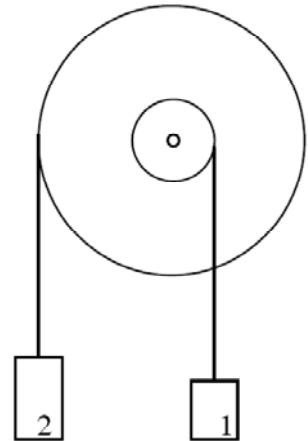
Sulla pista circolare di un velodromo, di raggio $R = 65$ m, due ciclisti sono impegnati in una gara su 5 giri completi; al primo corridore è stato dato un vantaggio di un quarto di giro, quindi quando parte il secondo esso ha già percorso un quarto del primo giro. I due ciclisti giungono appaiati sul traguardo del quinto giro dopo un tempo $t^* = 3$ min. Supponendo che il primo ciclista si muova con velocità costante ed il secondo con accelerazione costante determinare:

- La velocità angolare e lineare del primo ciclista;
- L'accelerazione angolare e tangenziale del secondo ciclista;
- La velocità angolare e lineare del secondo ciclista al traguardo;
- Il modulo delle accelerazioni dei due ciclisti al traguardo.

Problema n.2

Un argano è costituito da due tamburi cilindrici omogenei, di massa $m = 2.5$ Kg e $M = 30$ Kg e raggi $r = 10$ cm e $R = 60$ cm rispettivamente, impernati liberamente in modo solidale ad uno stesso asse orizzontale passante per i loro centri (vedi figura). Sul tamburo di raggio minore è avvolta una fune ideale dal cui estremo pende liberamente lungo la verticale una massa $M_1 = 100$ Kg, mentre sull'altro tamburo è avvolta una fune ideale al cui estremo libero è appesa una massa M_2 .

- Determinare il valore della massa M_2 in condizioni di equilibrio.
- Scrivere le equazioni di moto del sistema in condizioni di non-equilibrio e determinare i valori delle accelerazioni del sistema per $M_2=20$ kg; indicare in quale verso ruota l'argano in questo caso.
- Un motore viene collegato all'asse dell'argano ed il sistema si muove con velocità costante. Per $M_2=20$ kg calcolare il momento della coppia di forze fornita dal motore.



Problema n.3

Un gas biatomico ideale si trova nello stato A alla pressione $p_A=5 \times 10^5$ Pa e volume $V_A=10^{-3}$ m³, il numero di moli è $n=0.125$. Il gas subisce un'espansione isobara fino allo stato B e poi una espansione adiabatica fino allo stato C caratterizzato dalla pressione $p_C=10^5$ Pa e dal volume $V_C=4.5 \times 10^{-3}$ m³. Il gas è poi compresso isobaricamente fino allo stato D che ha temperatura $T_D=300$ K e successivamente compresso adiabaticamente fino allo stato A iniziale. Tutte le trasformazioni del ciclo sono reversibili.

- Rappresentare il ciclo in un diagramma pV.
- Determinare la temperatura T_B nello stato B.
- Determinare lavoro e calore scambiato nei singoli rami del ciclo e i valori totali.
- Determinare il rendimento del ciclo.

Problema n.4

Calcolare la variazione di entropia quando $m_1=50$ g d'acqua a temperatura $T_1= 80^\circ\text{C}$ vengono mescolati con $m_2=100$ g d'acqua alla temperatura di $T_2=10^\circ\text{C}$ in un recipiente isolato termicamente, sapendo che il calore specifico dell'acqua è $c_a= 4.186$ kJ/kg K.

Problema n.5

Una boa sottomarina di forma sferica e massa trascurabile è ancorata al fondo mediante una catena di massa $m = 40$ Kg e volume trascurabile (densità dell'acqua $\rho_a=1000$ kg/m³).

- a) Determinare il valore minimo V^* del volume della boa necessario a mantenere tesa la catena;
- b) Determinare la forza esercitata dalla catena sulla boa nel caso che essa abbia un volume $V = 3V^*$;
- c) Nelle condizioni del punto b) la catena si disancora dal fondo, rimanendo attaccata alla boa.
Determinare l'accelerazione del sistema ed il tempo che la sommità della boa impiega a raggiungere la superficie dell'acqua se inizialmente si trova ad una profondità $h = 10$ m.
- d) Una volta che essa ha raggiunto la superficie, determinare la frazione del volume della boa che emerge dall'acqua all'equilibrio.

Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4

Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 4, 5, 6

Problema n.1

Due cannoni, uno a sinistra con angolo di alzo $\vartheta=45^\circ$ e uno a destra con angolo di alzo $\phi=60^\circ$, sparano contemporaneamente l'uno contro l'altro (vedi figura). La distanza fra i due cannoni è $d=13\text{ km}$. Il cannone di sinistra emette i proiettili ad una velocità fissa di $u=100\text{ m/s}$. Si vuole fare in modo che i proiettili collidano. A tal fine (trascurando tutti gli attriti):

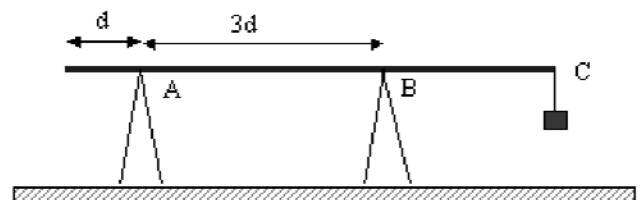
- a) Determinare la velocità v che deve avere il proiettile che esce dal cannone di destra;
- b) Determinare il tempo che intercorre tra lo sparo e la collisione;
- c) Supponendo che i due proiettili abbiano la medesima massa e che restino incollati dopo l'urto, trovare la percentuale di energia cinetica che viene dissipata nell'urto.



Problema n.2

Un'asta omogenea di massa 3 kg e lunghezza $6d$ (vedi figura) poggia su due supporti lisci in A e B. All'estremità C dell'asta è appeso un filo con un corpo di massa 1 kg .

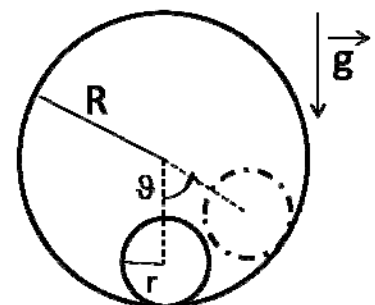
- a) Si determinino le reazioni vincolari in A e B.
- b) Si calcoli in quale punto dell'asta bisogna appoggiare un corpo di massa 2 kg affinché le reazioni vincolari in A e B siano uguali in modulo.



Problema n.3

Un rullo cilindrico pieno e omogeneo di raggio $r=10\text{ cm}$ e massa $m=5.0\text{ kg}$ si trova in quiete e in posizione di equilibrio a contatto della superficie interna di un contenitore fisso cilindrico di raggio $R=60\text{ cm}$ (vedi figura). Ad un certo istante il rullo viene messo in moto in modo che rotoli senza strisciare sulla superficie del contenitore, con una velocità dell'asse iniziale v_0 .

- a) Determinare la differenza di energia potenziale gravitazionale tra la posizione di minima quota e quella di massima quota;
- b) Determinare il valore minimo di v_0 necessario affinché il rullo arrivi nella posizione di massima quota senza staccarsi dalla superficie del contenitore;
- c) Nella condizione in cui il rullo rotola senza strisciare e senza staccarsi dalla superficie del contenitore, determinare l'ammontare della forza di attrito (f_a) agente sul rullo in corrispondenza



della posizione con $\vartheta=90^\circ$ [suggerimento: notare che l'accelerazione del centro di massa del rullo in questo punto è tale che $ma_{CM}=f_a-mg$]

Problema n.4

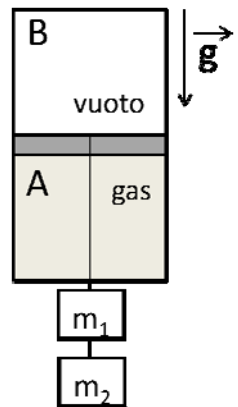
Una mole di gas ideale monoatomico si porta dallo stato A ($p_A=1.5 \text{ bar}$) allo stato B ($V_B=0.020 \text{ m}^3$) tramite una trasformazione reversibile di equazione $p = aV+b$, con $a=-100 \text{ bar/m}^3$ e $b=2.5 \text{ bar}$. La successiva trasformazione è isobara, con il gas tenuto a contatto termico con una sorgente alla temperatura T_C nel corso della trasformazione. Infine il gas torna allo stato A con trasformazione reversibile di equazione $pV^2=c$, con c costante. Determinare:

- Il grafico del ciclo in un diagramma pV ;
- La temperatura T_C ;
- Il calore scambiato dal gas in un ciclo;
- Il rendimento del ciclo;
- La variazione di entropia dell'universo in un ciclo.

[Attenzione: la trasformazione BC è irreversibile ma si può applicare la definizione di lavoro $L=p\Delta V$ per calcolare L_{BC} essendo la pressione costante durante la trasformazione]

Problema n.5

$n = 0.160 \text{ moli}$ di un gas ideale monoatomico a temperatura $T_0 = 300K$ sono contenute nella parte inferiore A di un cilindro (vedi figura). Un pistone di massa e spessore trascurabile divide la parte inferiore A da quella superiore B in cui c'è il vuoto. Due masse $m_1 = 31 \text{ kg}$ e m_2 sono appese al pistone mediante un filo che esce dal cilindro. Il sistema è inizialmente in equilibrio termodinamico con il pistone a distanza $h = 0.50m$ dal fondo del cilindro.



- calcolare il valore di m_2 ;
- si taglia il filo che collega m_2 a m_1 , e questo causa una espansione del gas. Si osserva che il gas si porta a un volume che è pari al doppio di quello iniziale. Calcolare il lavoro compiuto dal gas in questa trasformazione (chiaramente irreversibile, e in cui potrebbero essere avvenuti scambi di calore con l'ambiente);
- si ricollega m_2 e si attende che il gas si assesti nuovamente in uno stato di equilibrio, avendo ora cura che non ci siano scambi di calore con l'ambiente. Calcolare la distanza del pistone dal fondo del cilindro. [suggerimento: attenzione alla variazione dei parametri termodinamici tra gli stati in b) e c)]

Problema n.6

Il funzionamento di un particolare motore termico R è simile a quello di un gas perfetto monoatomico che opera lungo il ciclo rettangolare mostrato nel diagramma pV della figura seguente.

- Determinare il rendimento di questa macchina.
- Determinare il rapporto tra il rendimento di questa macchina e quello di una macchina di Carnot che opera tra le temperature T_{min} e T_{max} , che rappresentano, rispettivamente, la temperatura più bassa e la temperatura più alta raggiunte nel ciclo dal motore termico R.

