

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 3h).

Problema n.1

Un uomo lancia una palla contro una parete verticale che si trova ad una distanza $d=4.0$ m. Al momento del lancio la palla è ad una quota $h_0=2.0$ m e la sua velocità iniziale, di modulo v_0 , forma un angolo $\theta_0=30^\circ$ rispetto all'orizzontale.

Supponendo che l'urto della palla con la parete sia perfettamente elastico e quindi il modulo della velocità non cambi in seguito all'urto, determinare v_0 e la quota d'impatto con la parete nei due casi seguenti:

- la palla torna esattamente nel punto di lancio;
- la palla torna sui piedi del lanciatore.

(Nota bene: la traiettoria della palla dopo l'urto con la parete è speculare rispetto a quella in assenza della parete.)

Problema n.2

Una scatola contenente sabbia (di massa totale $M=3.0$ kg) è appoggiata su un piano orizzontale che presenta dei coefficienti di attrito statico e dinamico pari a $\mu_s=0.8$ e $\mu_k=0.1$, rispettivamente. Un proiettile di massa $m=5.0$ g incide nella sabbia con una velocità $v_0=400$ m/s lungo la traiettoria orizzontale (vedi figura (a)).



Sapendo che il proiettile, conficcandosi nella sabbia, si ferma in un tempo $t'=3.0$ ms, determinare:

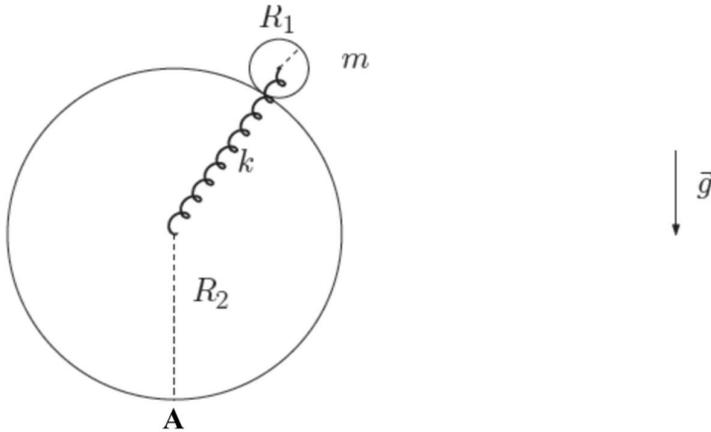
- il valor medio della forza esercitata dal proiettile sulla scatola;
- lo spostamento della scatola.

Se il proiettile incide con una velocità che forma un angolo $\alpha=45^\circ$ con la normale alla superficie (vedi figura (b)) e si ferma dopo 3.0 ms, calcolare:

- la reazione vincolare durante il frenamento;
- lo spostamento della scatola.

Problema n.3

Un cilindro omogeneo di raggio $R_1=10$ cm e massa $m=2$ kg è in contatto con un altro cilindro, di raggio $R_2=50$ cm, che rimane fisso. Il contatto è assicurato mediante una molla di lunghezza a riposo nulla e costante elastica k collegata ai due cilindri come in figura. Inizialmente il cilindro mobile si trova fermo alla sommità di quello fisso, e viene spostato leggermente in modo da farlo cadere.



- Se il cilindro piccolo è libero di strisciare su quello grande in assenza di attrito calcolare la velocità quando il cilindro piccolo raggiunge il punto A e determinare il valore minimo della costante elastica k necessario a mantenere il contatto tra i due cilindri.
- Se il cilindro piccolo rotola senza strisciare su quello grande determinare la velocità del centro di massa quando raggiunge il punto A.

Problema n.4

Una macchina termica reversibile utilizza $n=2.5$ moli di un gas perfetto biatomico che esegue il ciclo costituito dalle 3 seguenti trasformazioni: 1) dallo stato iniziale ($p_1=15.0$ atm e $T_1=100$ °C) il gas viene fatto espandere isotericamente fino a che il suo volume si porta a $V_2=4V_1$; 2) seguendo una trasformazione isobara il gas viene portato sull'adiabatica passante per lo stato iniziale; 3) lungo tale adiabatica il gas viene infine riportato allo stato iniziale.

- Si disegni il ciclo in un piano P-V;
- Si calcoli il lavoro L e il calore Q scambiati dal gas in un ciclo;
- Si calcoli il rendimento η del ciclo;
- Si calcoli la variazione di entropia $\Delta S_{2,3}$ lungo la trasformazione isobara.

Problema n.5

Sul fondo di una piscina piena d'acqua (densità $\rho_a=1$ g/cm³) è ancorata una fune ideale alla quale sono fissate, immerse nell'acqua e a distanze diverse, due boe A e B, entrambe di massa $m=3$ kg e densità pari ad un terzo di quella dell'acqua. Determinare i moduli delle tensioni T_1 e T_2 nei tratti di fune compresi tra il fondo e la prima boa A e tra la prima e la seconda boa B.

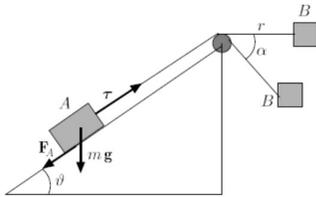


Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 3, 4, 5
 Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4

Problema n.1

Un corpo A di massa m_A , su un piano inclinato scabro che forma un angolo $\vartheta=40^\circ$ con l'orizzontale, è collegato mediante un filo ideale e di massa trascurabile ad un corpo B di massa uguale $m_B=m_A$, tenuto sospeso in posizione orizzontale rispetto al vertice più alto del piano ad una distanza r da esso (vedi figura). Si osserva che, rilasciato il corpo B, il corpo A inizia a muoversi verso la sommità del piano quando il filo di collegamento forma un angolo $\alpha=20^\circ$ con l'orizzontale (vedi figura). Ricavare il coefficiente di attrito statico tra il corpo A e la superficie del piano inclinato trascurando ogni altro tipo di attrito.

[Suggerimento: notare che il corpo B, nel suo moto, è soggetto, oltre alla accelerazione di gravità anche ad una accelerazione centripeta]

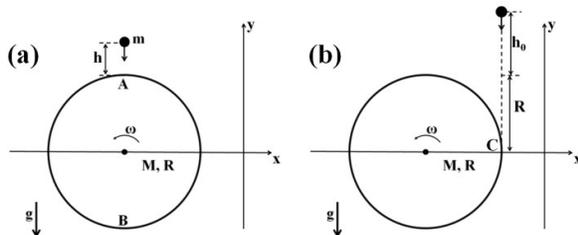


Problema n.2

Un cilindro di massa $M=10$ kg e raggio $R=70$ cm può ruotare liberamente attorno al suo asse, fissato orizzontalmente. Inizialmente esso ruota in senso antiorario e la sua velocità angolare è $\omega_0=5$ rad/s. Ad un certo istante un punto materiale di massa $m=1$ kg, inizialmente fermo, viene lasciato cadere (con velocità iniziale nulla) sulla direzione verticale passante per il centro del cilindro, da una altezza $h=20$ cm e rimane attaccato in un punto A posto sul bordo del cilindro, nel punto più elevato (vedi figura (a)). Il sistema si trova nel campo gravitazionale costante terrestre diretto verso il basso.

- 1) Calcolare la velocità angolare del sistema formato dal cilindro e dal punto materiale subito dopo che il punto materiale è rimasto attaccato al cilindro.
- 2) Determinare la velocità angolare del sistema formato dal cilindro e dal punto materiale dopo che il punto materiale è rimasto attaccato al cilindro e giunto nel punto più basso B (vedi figura (a)).
- 3) Supponendo, ora, che il punto materiale di massa m venga lasciato cadere come rappresentato in figura (b) tale che esso rimanga attaccato al bordo del cilindro (il quale prima del contatto sta sempre ruotando in senso antiorario con $\omega_0=5$ rad/s) nel punto C, da quale altezza h_0 il punto materiale dovrebbe essere lasciato cadere (a velocità nulla) affinché, in seguito al contatto, il sistema formato dal cilindro e dal punto materiale si fermi?

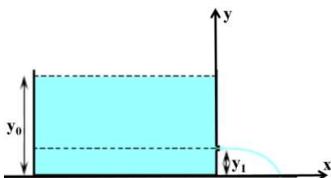
[Suggerimento: dato che $m=M/10$ supporre che, in seguito al contatto, non ci sia variazione della posizione del centro di massa del cilindro]



Problema n.3

Un recipiente (di massa trascurabile) a base quadrata contiene 320 l di acqua ed il liquido raggiunge un'altezza $y_0=50.0$ cm (vedi figura). Sulla parete verticale di destra, ad una quota $y_1=10.0$ cm dal fondo (vedi figura), è presente un foro di sezione $A=2.00$ cm² inizialmente tappato. Ad un certo istante il tappo viene tolto e l'acqua inizia a uscire liberamente. Sapendo che durante la fuoriuscita dell'acqua il recipiente rimane fermo, determinare:

- la legge con cui varia la velocità di uscita dell'acqua dal foro in funzione della sua quota y_0 nel recipiente;
 - la massima distanza dal recipiente a cui l'acqua arriva al suolo.
 - il tempo nel quale il livello dell'acqua nel recipiente si porta da y_0 a y_1 ;
- [Suggerimenti: 1) Notare che la sezione del foro è trascurabile rispetto alla sezione del recipiente; 2) Ricordare che la portata deve essere costante]



Problema n.4

Ad una quantità $n=3.0$ mol di un gas ideale poliatomico viene fatto seguire il ciclo di trasformazioni reversibili seguenti: a) espansione isoterma a temperatura T_1 da un volume V_1 ad un volume V_2 ; b) compressione isobara a pressione p_2 dal volume V_2 al volume V_3 ; c) compressione adiabatica dal volume V_3 al volume V_1 . Sapendo che nello stato 1 il gas ha pressione $p_1=20.0$ atm e volume $V_1=3.0$ dm³ e che nello stato 2 il volume è $V_2=3V_1$, dopo aver disegnato un diagramma qualitativo del ciclo in un piano p-V, determinare:

- la temperatura T_1 del gas nello stato 1 e la pressione p_2 lungo l'isobara;
- il volume V_3 e la temperatura T_3 del gas nello stato 3;
- il rendimento del ciclo.
- se al gas poliatomico si sostituisse un gas monoatomico il rendimento del ciclo varierebbe? Di quanto?

Problema n.5

Una sostanza, per bassi valori della temperatura, ha un calore specifico a volume costante uguale a CT^3 , con $C=3 \times 10^{-4}$ cal/(kg · K⁴).

Due corpi fatti di questa sostanza e di masse $m_1=10$ g e $m_2=25$ g, si trovano, rispettivamente, alle temperature $T_1=10$ K e $T_2=80$ K. Essi vengono posti in contatto liberi di scambiarsi calore e di raggiungere l'equilibrio termodinamico. In seguito a tale processo:

- Calcolare la temperatura d'equilibrio dei corpi.
- Calcolare la variazione di entropia del sistema tra lo stato iniziale e finale di equilibrio termodinamico.

Catania, 6 Luglio 2016

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

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

Problema n.1

Si abbiano i tre corpi indicati in figura aventi masse $m_1=m/2$, $m_2=m/2$ e $m_3=m$, con $m = 2.0$ kg.

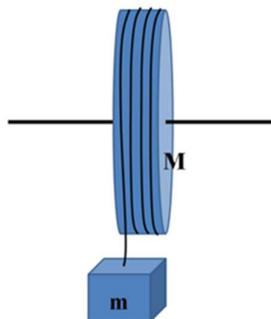


I corpi sono appoggiati su un piano orizzontale e possono scivolare su di esso con attrito trascurabile. I corpi 2 e 3 sono agganciati agli estremi di una molla (di massa trascurabile) avente una costante elastica $k=150$ N/cm, e sono inizialmente in quiete; invece, il corpo 1 è lanciato verso il corpo 2 con una velocità $v_0=5.0$ m/s (vedi figura). Supponendo che l'urto tra i corpi 1 e 2 sia perfettamente anelastico, determinare:

- l'energia persa nell'urto;
- la velocità del centro di massa del sistema dopo l'urto;
- la massima compressione che la molla subisce negli istanti successivi all'urto.

Problema n.2

Un disco omogeneo di massa $M=4$ kg e raggio R è libero di ruotare senza attrito attorno al suo asse, disposto orizzontalmente. Lungo il suo bordo è avvolto, in modo che non possa slittare, un filo ideale alla cui estremità è fissata una massa $m=2$ kg (vedi figura). All'istante iniziale il disco è fermo; quindi viene lasciato libero e la massa m comincia a scendere mettendo in moto il disco. Determinare l'energia cinetica del disco all'istante $t=2$ s.



Problema n.3

Un tubo di massa $M=18$ kg, sezione $A=300$ cm² e lunghezza $l=200$ cm è sigillato con un tappo in corrispondenza della sua estremità superiore, mentre l'estremità inferiore è aperta. Il tubo contiene inizialmente aria alla pressione atmosferica $p_0=1$ bar, occupante l'intero volume Al (vedi figura a). Il tubo viene quindi appoggiato su una superficie di alcol con densità $\rho=0.8$ g/cm³ e quindi, mantenendolo verticale, immerso fino al raggiungimento della posizione di equilibrio. In questo processo l'aria presente all'interno viene compressa (vedi figura b).

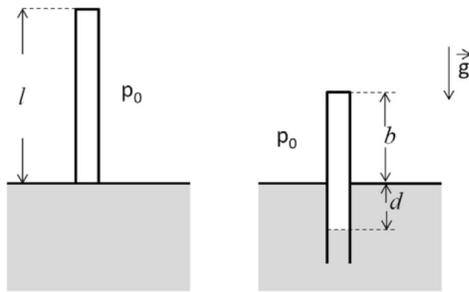


Fig. 4 a)

b)

Calcolare, in condizioni di equilibrio:

- la pressione p dell'aria nel tubo;
- la differenza di livello d tra la superficie dell'olio all'esterno del tubo e all'interno;
- la lunghezza b della parte di tubo che rimane emersa fuori dall'olio.

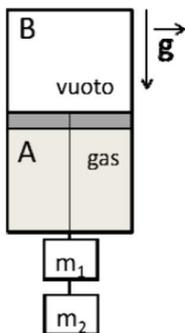
Problema n.4

Una quantità $n=0.5$ mol di un gas ideale monoatomico si trova in un recipiente con pareti adiabatiche di volume V_1 ad una pressione $p_1=1.0$ atm e temperatura $T_1=20$ °C. Successivamente, il volume del recipiente viene aumentato rapidamente fino a $V_2=3V_1$ e il sistema è lasciato in quiete in modo che raggiunga il nuovo stato di equilibrio. Poi la temperatura del gas viene riportata a T_1 tramite una lenta compressione isocora in cui il gas assorbe una quantità di calore $Q=890$ J. Infine tramite una compressione isoterma reversibile il gas è riportato al suo stato iniziale. Determinare:

- la variazione di entropia subita dal gas nella prima trasformazione;
- il lavoro complessivo fatto dal gas nell'intero ciclo;
- la variazione di entropia subita dall'ambiente nell'intero ciclo.

Problema n.5

$n=0.64$ moli di un gas ideale monoatomico a temperatura $T_0=150$ K 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 $m_1=51.3$ 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 $h = 0.70$ m 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);

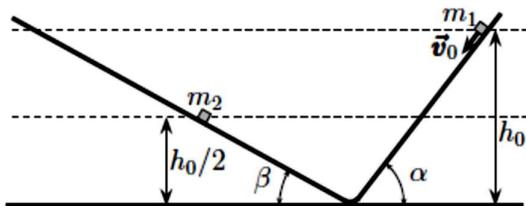
c) si ricollega m_2 e si attende che il gas si assesti nuovamente in uno stato di equilibrio, avendo ora cura che non ci siano scambi di calore con l'ambiente. Calcolare la distanza del pistone dal fondo del cilindro. [suggerimento: attenzione alla variazione dei parametri termodinamici tra gli stati in b) e c)]

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

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

Problema n.1

Si considerino i due piani inclinati mostrati in figura che nel punto più basso sono raccordati con un piccolo arco di circonferenza e che formano con l'orizzontale gli angoli $\alpha=60^\circ$ e $\beta=30^\circ$, rispettivamente.



Da una quota $h_0=1.0$ m un corpo puntiforme di massa $m_1=m=1.0$ kg, viene lanciato (verso il basso) lungo il piano inclinato di destra con una velocità iniziale \vec{v}_0 ; tale corpo, dopo aver raggiunto il punto più basso, risale lungo il secondo piano inclinato e urta in modo perfettamente anelastico un secondo corpo (anch'esso puntiforme) di massa $m_2=2m$ fermo (fino a quel momento) ad una quota $h_0/2$ (vedi figura).

Nell'ipotesi che dopo l'urto il corpo (venutosi a formare) raggiunga esattamente la quota h_0 , determinare:

a) il modulo di \vec{v}_0 ;

b) l'energia dissipata nell'urto.

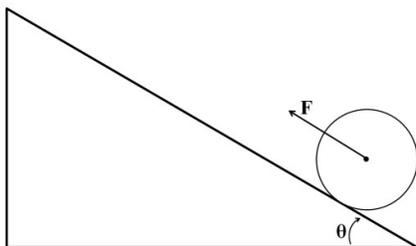
[Suggerimenti: 1) Supporre che la zona di raccordo tra i piani inclinati sia così piccola da poter trascurare ogni perdita di velocità dei corpi nel passaggio da un piano all'altro. 2) Trascurare ogni tipo di attrito]

Problema n.2

Un cilindro pieno, di raggio $R=15.0$ cm e massa $M=50.0$ kg è tirato (in salita) da una forza \vec{F} lungo un piano inclinato di un angolo $\theta=20^\circ$ rispetto all'orizzontale (\vec{F} è applicata all'asse del cilindro ed è parallela al piano inclinato, vedi figura) e, a causa di ciò, effettua un moto di puro rotolamento a velocità costante. Trascurando ogni tipo di attrito, determinare:

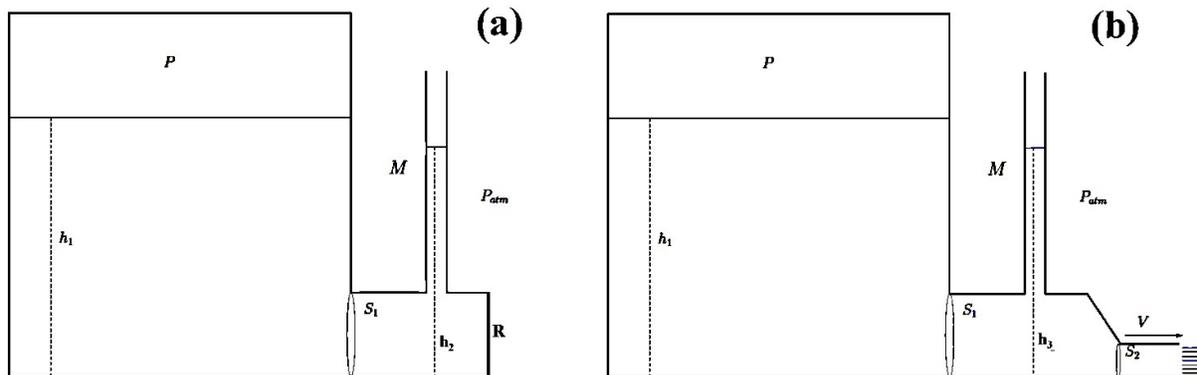
a) la velocità del centro di massa del cilindro se esso possiede una energia cinetica pari a 31 J;

b) il modulo della forza \vec{F} .



Problema n.3

Un recipiente cilindrico di sezione $S=4 \text{ m}^2$ è riempito fino ad una altezza $h_1=3 \text{ m}$ di acqua, per la parte rimanente di vapore saturo che applica sull'acqua una pressione costante $P=0.8 \text{ atm}$. Sul fondo è praticato un foro di sezione $S_1=0.2 \text{ m}^2$, collegato ad una condotta anch'essa di sezione S_1 e all'estremità finale chiusa da un rubinetto R (vedi figura (a)). Nella condotta si innesta un cilindro verticale aperto M, come in figura (a). Il diametro della condotta è trascurabile rispetto ad h_1 . Nella condizione in esame determinare che altezza h_2 raggiunge l'acqua nel cilindro M. In seguito, alla fine della condotta di sezione S_1 , dove si trova il rubinetto R, viene innestata una seconda condotta di sezione $S_2=0.1 \text{ m}^2$ ed il rubinetto R viene completamente aperto (vedi figura (b)) e in breve tempo si raggiunge lo stato stazionario. In questa nuova condizione calcolare la nuova altezza h_3 del liquido in M e la velocità con la quale l'acqua esce dalla condotta.



Problema n.4

Ad una quantità $n=2.0 \text{ mol}$ di un gas ideale viene fatto seguire il ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni reversibili: un'espansione isoterma ($1 \rightarrow 2$); una compressione isobara ($2 \rightarrow 3$); una compressione adiabatica ($3 \rightarrow 1$). Per gli stati 1 e 2 si ha $p_1=5.0 \text{ atm}$, $V_1=13.0 \text{ l}$ e $V_2=4V_1$. Dopo aver rappresentato qualitativamente il ciclo in un piano p-V, determinare:

a) la temperatura degli stati 1 e 2;

b) la temperatura dello stato 3 e il rendimento η del ciclo a seconda che il gas utilizzato sia monoatomico o biatomico; per quale di questi il rendimento è maggiore?

Problema n.5

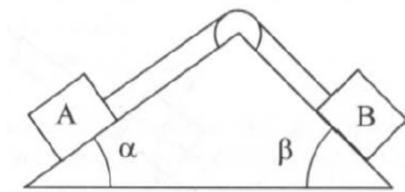
10 g di acqua alla temperatura di $20 \text{ }^\circ\text{C}$ sono trasformati in vapore a $250 \text{ }^\circ\text{C}$ e a pressione atmosferica. Assumendo per il calore molare a pressione costante del vapore l'espressione $C_p=a+bT+cT^2$ (con $a=8.81 \text{ cal/mole}\cdot\text{K}$; $b=-1.90\cdot 10^{-3} \text{ cal/mole}\cdot\text{K}^2$; $c=2.22\cdot 10^{-6} \text{ cal/mole}\cdot\text{K}^3$) calcolare la variazione di entropia del sistema. [Calore latente di evaporazione dell'acqua a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, $\lambda=538 \text{ cal/g}$]

3 ore a disposizione

Problema n.1

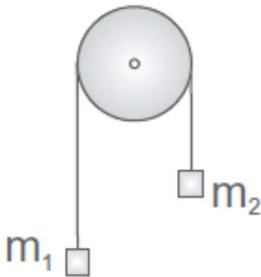
Una puleggia di massa trascurabile è fissata sullo spigolo tra due piani inclinati che formano gli angoli $\alpha=30^\circ$ e $\beta=45^\circ$ con l'orizzontale (vedi figura). Due corpi di uguale massa A e B ($M_A=M_B=1$ kg) sono connessi tramite un filo inestensibile e di massa trascurabile che passa sulla puleggia. Siano $\mu_{dA}=\mu_{dB}=0.1$ i coefficienti di attrito dinamico tra le masse A e B ed i piani inclinati. Si calcolino:

- L'accelerazione con cui si muovono i due corpi.
- La tensione esercitata dal filo.



Problema n.2

Si vuole determinare il momento d'inerzia I di una carrucola di raggio $R=1$ m rispetto al suo asse di rotazione. Allo scopo si appendono due corpi di masse note $m_1=10$ kg e $m_2=5$ kg alle estremità di una fune di massa trascurabile ed inestensibile avvolta attorno alla carrucola (si veda la figura). Tutti gli attriti sono trascurabili.



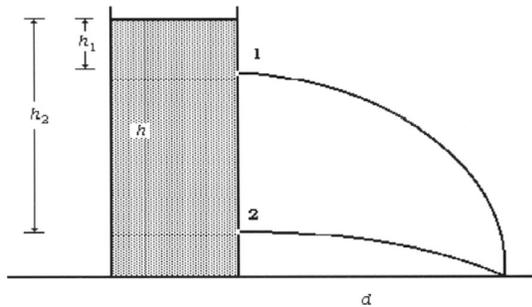
- Si determini il valore del momento d'inerzia I sapendo che il corpo più pesante m_1 , dal momento in cui viene lasciato libero di muoversi, cade per un'altezza $y_0=1$ m nel tempo $t_0=1$ s.
- Si determini la velocità raggiunta dal corpo m_1 all'istante t_0 .

Problema n.3

Sulle pareti di un recipiente pieno d'acqua vengono praticati due forellini di sezione trascurabile rispetto alla sezione di base rispettivamente a distanza $h_1=20$ cm e $h_2=80$ cm dalla superficie libera dell'acqua. Supponendo che un rubinetto immetta acqua nel recipiente mantenendo costante il

livello del liquido mentre questa fuoriesce dai forellini e sapendo che i due getti toccano terra nella stesso punto (vedi figura), calcolare:

- l'altezza h del recipiente;
- la distanza d dalla parete del cilindro in cui sono praticati i fori a cui toccano terra i getti.



Problema n.4

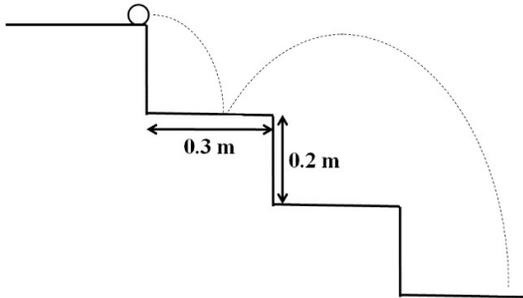
0.1 mol di gas azoto N_2 (considerato come gas ideale) si trovano inizialmente in equilibrio in un volume di 1 litro alla pressione di 3 bar. Il gas viene lasciato espandere adiabaticamente contro il vuoto fino a triplicare il volume. Una volta ristabilito l'equilibrio, il gas viene raffreddato reversibilmente a volume costante fino alla temperatura di 300 K, quindi compresso reversibilmente a pressione costante e infine riportato in modo adiabatico reversibile allo stato iniziale.

- Si calcolino le quantità di calore scambiato e il lavoro svolto dal gas durante il ciclo.
- Si calcolino le variazioni di entropia del gas e dell'universo durante il ciclo.

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

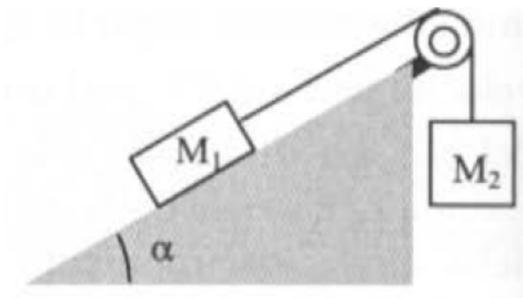
Una pallina (che si suppone di dimensioni trascurabili) si sposta orizzontalmente sul primo gradino di una scala a tre gradini con velocità $v=1$ m/s parallela al piano del gradino. Come indicato nella figura, la pallina cade dal primo gradino sul secondo e rimbalza su questo arrivando, poi, direttamente al suolo. Se nel rimbalzo sul secondo gradino la componente verticale della velocità si riduce di un fattore f e la componente orizzontale rimane inalterata, tenendo conto dei dati geometrici della figura, determinare il fattore f per cui la pallina tocca il suolo alla minima distanza dal terzo e ultimo gradino. [Suggerimento: la pallina tocca il suolo alla minima distanza dal terzo gradino quando la traiettoria parabolica della pallina conseguente all'urto sul secondo gradino passa in prossimità dello spigolo del terzo]



Problema n.2

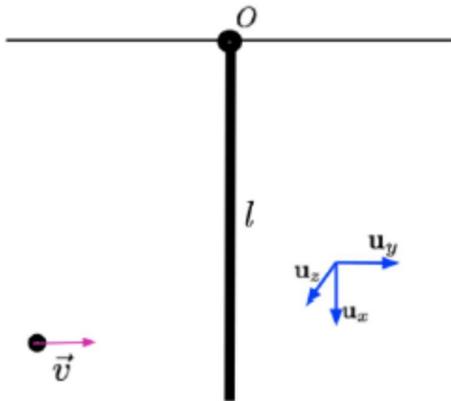
Un blocco di massa $M_1=30$ kg è appoggiato su un piano inclinato di $\alpha=30^\circ$ rispetto all'orizzontale. I coefficienti di attrito statico e dinamico tra piano e corpo sono, rispettivamente, $\mu_s=0.30$ e $\mu_d=0.10$. Il blocco è collegato tramite una fune (inestensibile e di massa trascurabile) ad un altro corpo di massa $M_2=25$ kg che pende verticalmente (vedi figura). La fune scorre (senza attrito) intorno all'angolo del piano inclinato grazie ad una carrucola di massa trascurabile. Inizialmente il corpo 1 viene trattenuto da una forza esterna che lo mantiene fermo. Ad un certo istante la forza viene rimossa.

- Dopo la rimozione della forza esterna determinare se i due corpi si mettono in moto.
- Se i due corpi si mettono in moto, calcolare la velocità del corpo 1 quando la posizione del corpo 2 è cambiata di 1 metro.



Problema n.3

Un'asta rigida di lunghezza $l=1$ m e massa $m_a=3$ kg è sospesa verticalmente a un estremo O attorno al quale può ruotare liberamente senza attrito. Una pallina, di massa $m_p=1$ kg, in moto orizzontale con velocità costante e perpendicolare all'asta e modulo $v=10$ m/s colpisce l'asta (vedi figura).



- Si supponga che l'urto sia elastico. Che distanza x da O deve avere la pallina nell'istante prima dell'urto, per rimanere ferma dopo l'urto?
- Si supponga ora che l'urto sia completamente anelastico e che la pallina rimanga attaccata all'asta a una distanza $x=l$ da O . Quale è il valore minimo del modulo della velocità della pallina (sempre da considerarsi perpendicolare all'asta) per il quale dopo l'urto l'asta raggiunge la posizione orizzontale?

Problema n.4

Una mole di gas ideale monoatomico compie un ciclo reversibile ABC, in cui: AB è una espansione isocora caratterizzata da $V_A=V_B=2$ m³, $p_B=10$ atm $>$ p_A ; BC una espansione adiabatica tale che $V_C=4$ m³; CA è una compressione isobara che chiude il ciclo. Dopo aver disegnato il ciclo in un piano p-V, calcolare:

- la quantità di calore Q_1 assorbita dal gas durante il ciclo;
- la quantità di calore Q_2 ceduta dal gas durante il ciclo;
- Il rendimento del ciclo;
- il rendimento di un ciclo di Carnot svolto tra le temperature estreme tra cui lavora il gas secondo il ciclo ABC esaminato.

Problema n.5

Una pentola di Cu di massa 2.0 Kg (compreso il coperchio) è alla temperatura di 150 °C. Versi nella pentola 0.10 Kg di acqua a 25 °C e chiudi subito con il coperchio, in modo che non possa uscire vapore. Trova la temperatura finale della pentola e del suo contenuto e stabilisci in che fase (o miscela di fasi) si trova l'acqua. Assumi che non ci siano perdite di calore verso l'ambiente.

[Calore specifico Cu $c_{Cu}=0.39$ J/g °C, Calore specifico acqua $c_A=4.19$ J/g °C, Calore latente di evaporazione acqua $L_A=2256$ J/g]

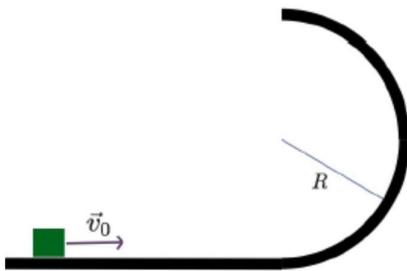
Per la prova in itinere svolgere i problemi 1, 2, 3 (tempo 2h)
per la prova completa svolgere i problemi 1, 3, 4, 5 (tempo 3 h).

Problema n.1

Un blocchetto di massa $m=0.5$ kg viene lanciato con velocità di modulo v_0 verso una guida semicircolare di raggio $R=2$ m come in figura. Si supponga che l'attrito sia trascurabile.

a) Trovare il valore minimo $v_{0\min}$ di v_0 per il quale il blocchetto raggiunge il punto più alto della guida. [Suggerimento: considerare che il valore minimo della velocità, $v_{0\min}$, si ottiene in corrispondenza di reazione vincolare nulla da parte della guida sul blocchetto]

b) A quale distanza dalla guida il blocchetto tocca di nuovo terra se $v_0=\sqrt{20gR}$?



Problema n.2

Un blocco di massa $m=160$ kg è poggiato al centro del pianale (orizzontale, senza sponde e lungo $l=9.60$ m) di un camion che viaggia in una strada piana e rettilinea ad una velocità di modulo costante $v_0=65$ km/h. I coefficienti di attrito statico e dinamico tra blocco e pianale valgono, rispettivamente, $\mu_{\text{statico}}=0.72$ e $\mu_{\text{dinamico}}=0.36$.

a) Calcolare lo spazio minimo Δx che permetta all'autocarro di fermarsi senza far strisciare il blocco.

b) Supponendo poi che il camion parta da fermo con un'accelerazione di modulo $a_{c2}=4.30$ m/s², calcolare dopo quanto tempo t_2 il blocco cadrà dal camion.

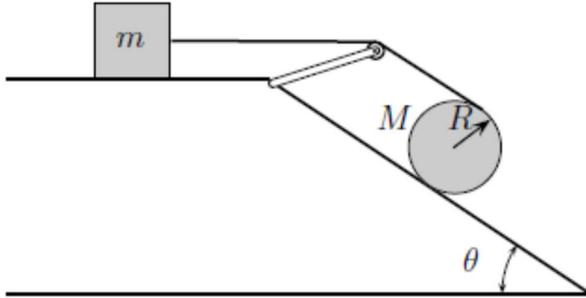
Problema n.3

Un corpo di massa $m=5.0$ kg è posto su un piano orizzontale. Tra corpo e piano orizzontale i coefficienti di attrito statico e dinamico sono, rispettivamente, $\mu_s=0.50$ e $\mu_k=0.35$. Un cilindro omogeneo di massa $M=10.0$ kg e raggio $R=10.0$ cm è posto su un piano inclinato di un angolo θ rispetto all'orizzontale; supporre che il cilindro non scivoli mai su tale piano di appoggio. Intorno al cilindro è avvolta una corda ideale (inestensibile e di massa trascurabile) con l'altro capo agganciato al corpo di massa m (vedi figura); la piccola puleggia ideale in figura assicura che le due parti della corda si mantengano parallele ai piani di appoggio di corpo e cilindro. Determinare:

a) il massimo valore di θ , θ_{\max} , entro il quale il sistema può mantenersi in equilibrio statico (come mostrato in figura).

b) Successivamente, considerato $\theta=\theta_{\max}+15^\circ$, determinare le accelerazioni del centro di massa del cilindro e del corpo di massa m .

[Suggerimento: considerare che, detta a l'accelerazione del corpo di massa m e a_{cm} l'accelerazione del centro di massa del cilindro, sussiste la relazione, $a=2a_{\text{cm}}$]



Problema n.4

Una mole di gas ideale monoatomico, a contatto con un'unica sorgente, compie un ciclo reversibile ABCD, in cui: AB è una compressione adiabatica; BC è una espansione isobara; CD è una espansione adiabatica; DA è una compressione isobara. Si sa che: $T_C=500$ K, $T_D=300$ K. Dopo aver disegnato il ciclo in un piano p-V, calcolare il rendimento del ciclo.

Problema n.5

Un recipiente cilindrico, poggiato al suolo, è pieno di un liquido ideale sino ad una quota $h=0.6$ m. Su una parete del recipiente, sulla medesima generatrice, sono praticati due fori, di sezione trascurabile rispetto a quella del recipiente, a quota $h_1=0.1$ m e $h_2=0.4$ m rispetto alla superficie libera del liquido. Supponendo che il livello h del liquido nel recipiente sia mantenuto costante:

- a) calcolare le distanze dalla parete del recipiente in cui sono praticati i fori a cui giungono al suolo i due getti di liquido che fuoriescono dai fori.
- b) calcolare in quale punto i due getti di liquido che fuoriescono dai fori si intersecano (se si intersecano). Individuare tale punto tramite la sua distanza dalla parete del recipiente in cui sono praticati i fori e la sua distanza dal piano passante per il fondo del recipiente.

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

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

Problema n.1

Un corpo di dimensioni trascurabili e massa $m=0.9$ kg viene messo in moto con velocità iniziale di modulo v_0 formante un angolo $\theta=50^\circ$ rispetto al piano orizzontale (verso l'alto, vedi figura). Dopo un tempo $t_m=2$ s esso raggiunge il punto A di massima altezza h rispetto al piano orizzontale di partenza. In questo istante, il corpo entra in contatto con la parte concava di una guida liscia AB posta nel piano verticale in cui avviene il moto del corpo: la guida è un settore circolare di raggio di curvatura $R=h/2$ e lunghezza $\pi R/2$, il punto A della guida è tangente alla traiettoria del corpo nel punto di contatto, ed il punto B è più basso di A (vedi figura). Determinare:

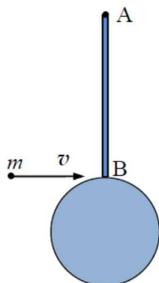
- la massima altezza h raggiunta dal corpo;
- il modulo a_B dell'accelerazione del corpo un istante prima di uscire dalla guida circolare in B.



Problema n.2

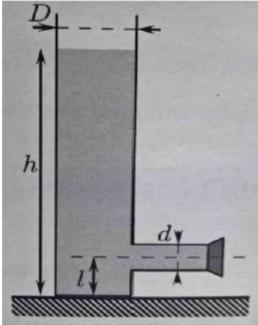
Un pendolo composto è costituito da una sbarretta sottile ed omogenea AB ed un disco omogeneo complanare unito su un punto della sua circonferenza all'estremo B della sbarretta (vedi figura); la sbarretta ha massa $M=1.2$ kg e lunghezza $d=0.6$ m, il disco ha la stessa massa M e raggio $R=d/3$. Il pendolo può ruotare con attrito trascurabile attorno ad un asse fisso orizzontale passante per A parallelo all'asse del disco. Inizialmente il pendolo è in quiete nella posizione di equilibrio stabile. Ad un certo istante, un corpo puntiforme di massa $m=M/3$ e velocità orizzontale $v=2.5$ m/s perpendicolare all'asse di rotazione urta in modo completamente anelastico la sbarretta nel suo punto B e vi rimane attaccato. Determinare:

- Il momento d'inerzia I del pendolo composto rispetto all'asse di rotazione passante per A;
- il modulo ω' della velocità angolare del sistema pendolo+corpo subito dopo l'urto;
- il modulo R della reazione vincolare dell'asse nell'istante in cui il sistema pendolo+corpo ritorna sulla sua posizione iniziale.



Problema n.3

Un recipiente è costituito da un cilindro verticale, di diametro $D=9.0$ cm, sul quale è innestato un tubo orizzontale, di diametro $d=3.0$ cm, con asse a una distanza $l=5.0$ cm dal fondo del cilindro. All'altro estremo del tubo orizzontale viene posto un tappo e il recipiente viene riempito di acqua fino all'altezza $h=50$ cm (vedi figura). Supponendo che il piano sul quale poggia il recipiente sia perfettamente liscio, determinare il modulo della forza necessaria per mantenere fermo il recipiente quando viene tolto il tappo. [Suggerimento: la velocità di abbassamento della colonna d'acqua non va trascurata]



Problema n.4

Un sistema termodinamico costituito da $n=2.5$ moli di gas ideale biatomico inizialmente nello stato A alla pressione $p_A=1.2 \cdot 10^5$ Pa e volume $V_A=0.07$ m³, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni:

- espansione libera adiabatica AB fino ad occupare il volume $V_B=5V_A$, attendendo che il gas raggiunga lo stato di equilibrio;
- trasformazione isocora reversibile BC, in cui l'energia interna del gas varia di $\Delta U_{BC}=-4500$ J;
- compressione isobara CD in cui il gas è posto in contatto con una sorgente di calore alla temperatura T_D (si noti l'irreversibilità di questa trasformazione);
- compressione adiabatica reversibile DA, con la quale il gas ritorna nello stato iniziale A.

Dopo aver disegnato il ciclo in un piano p-V, determinare:

- la pressione p_C del gas in C;
- il lavoro L_{CD} effettuato dal gas nella trasformazione isobara;
- la variazione di entropia dell'universo ΔS_U in un ciclo del gas.

Problema n.5

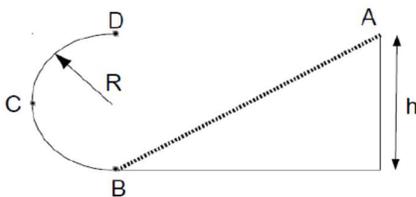
Un gas perfetto monoatomico si espande in modo adiabatico e reversibile da uno stato iniziale a pressione $P_i=3$ atm e volume $V_i=2$ l ad uno stato finale a volume $V_f=4$ l. Calcolare la variazione di entalpia.

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

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

Problema n.1

Un corpo di massa $m=1$ kg parte con velocità iniziale nulla dal punto A e scivola lungo un piano inclinato scabro (coefficiente di attrito dinamico tra corpo e piano pari a $\mu_d=0.1$, angolo di inclinazione del piano rispetto all'orizzontale pari a $\theta=30^\circ$), come in figura. In fondo al piano inclinato il corpo prosegue lungo una guida circolare liscia (vedi figura) di raggio $R=20$ cm.



a) Determinare la velocità del corpo nel punto B se il punto A si trova ad una quota $h=40$ cm.

b) Determinare l'altezza h minima affinché il corpo arrivi nel punto C della guida circolare.

c) Determinare l'altezza h minima affinché il corpo arrivi nel punto D della guida circolare.

Problema n.2

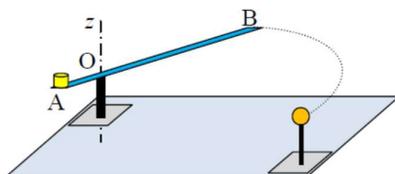
Una sbarretta omogenea AB di lunghezza $l=0.75$ m e massa $m=2$ kg posta orizzontale può ruotare con attrito trascurabile attorno ad un asse verticale z passante il suo punto O posto alla distanza $AO=l/5$ dall'estremo A. Per bilanciare il momento della forza peso rispetto al polo O, sopra l'estremo A della sbarretta è stato posizionato un corpo di dimensioni trascurabili e massa m_A (vedi figura). A seguito dell'applicazione di un momento costante di modulo $M=0.05$ Nm da parte di un motore sulla base dell'asse, la sbarretta con il corpo di massa m_A fissato in A viene messa in rotazione attorno all'asse z . Quando la sbarretta ha ruotato di un angolo $\theta=\pi$, si spegne il motore; ad un certo istante successivo allo spegnimento del motore, l'estremo B della sbarretta urta in modo completamente anelastico un corpo in quiete di massa $m_B=5m/16$ che rimane attaccato alla sbarretta stessa in B. Determinare:

a) il valore della massa m_A ;

b) il momento d'inerzia del sistema sbarretta+(corpo di massa m_A) rispetto all'asse z ;

c) il modulo ω della velocità angolare del sistema sbarretta+(corpo di massa m_A) un istante prima dell'urto;

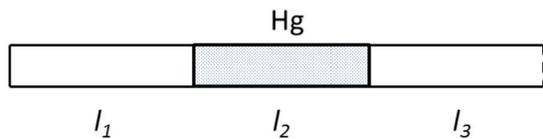
d) il modulo ω' della velocità angolare del sistema sbarretta+(corpi in A e B) dopo l'urto; si assuma che il vincolo in O sia tale da non far inclinare la sbarretta dopo che si è attaccato il corpo in B.



Problema n.3

Un tubo di vetro di sezione costante $A=10^{-4} \text{ m}^2$ e lunghezza $l=1.14 \text{ m}$ è chiuso da un'estremità ed aperto dall'altra. All'interno del tubo vi è una colonna di mercurio di lunghezza $l_2=0.3 \text{ m}$. Quando il tubo è tenuto orizzontalmente, le colonne d'aria a destra e a sinistra della colonna di mercurio hanno la stessa lunghezza $l_1=l_3=0.42 \text{ m}$ (vedi figura). Il tubo viene ora posizionato verticalmente con l'estremità aperta verso l'alto. Calcolare la lunghezza della colonna d'aria l_1' dell'estremità chiusa. Quanto sarebbe invece la lunghezza di tale colonna d'aria l_1'' se il tubo fosse stato chiuso con un tappo di sughero prima di essere posto in posizione verticale? Assumere la temperatura costante durante i vari processi.

[si assuma che l'aria sia un gas perfetto e che la densità del mercurio sia 13.6 volte quella dell'acqua]



Problema n.4

Una macchina termica di Carnot (ciclo reversibile ABCDA, con AB espansione isoterma, BC espansione adiabatica, CD compressione isoterma, DA compressione adiabatica) lavora con un gas monoatomico. La macchina assorbe calore da una miscela di $m_a=0.45 \text{ kg}$ di acqua e $m_v=0.05 \text{ kg}$ di vapore (massa complessiva $m=0.5 \text{ kg}$) alla temperatura $T_2=373.15 \text{ K}$ di ebollizione dell'acqua, e cede calore ad una miscela di acqua e ghiaccio alla temperatura di fusione del ghiaccio $T_1=273.15 \text{ K}$ di pari massa complessiva $m=0.5 \text{ kg}$. In queste condizioni, il volume occupato dal gas negli stati A e C del ciclo è $V_A=0.025 \text{ m}^3$ e $V_C=0.05 \text{ m}^3$, rispettivamente, ed il lavoro compiuto dal gas nella trasformazione BC è pari a $L_{BC}=5000 \text{ J}$. Successivamente, si osserva che la massa m_v di vapore è completamente condensata nello stesso istante in cui il ghiaccio è completamente fuso. Determinare:

- il calore Q_{AB} scambiato dal gas nella trasformazione AB;
- il calore Q_{CD} scambiato dal gas nella trasformazione CD;
- la massa m_g di ghiaccio inizialmente presente;
- la temperatura T_1' della massa d'acqua fredda quando la temperatura della massa d'acqua calda è $T_2'=360 \text{ K}$.

Si assumano $\lambda_v=2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ e $\lambda_g=3.3 \times 10^5 \text{ J/kg}$ rispettivamente per i calori latenti di ebollizione dell'acqua e fusione del ghiaccio, e $c=4186.6 \text{ J/kgK}$ il calore specifico dell'acqua.

Problema n.5

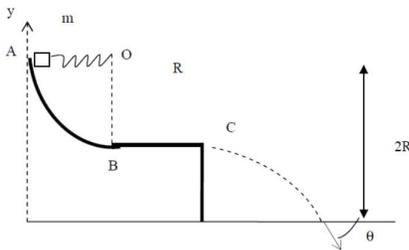
All'interno di un contenitore adiabatico di volume $V_i=10^{-2} \text{ m}^3$ si trovano un corpo metallico di massa $m=0.8 \text{ Kg}$, calore specifico $c=130 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e volume trascurabile, e $n=2.5$ moli di un gas ideale biatomico. La temperatura di equilibrio è $T=290 \text{ K}$. Con un riscaldatore elettrico si porta la temperatura del corpo al valore T_1 e, dopo qualche tempo, si osserva che la temperatura all'interno del contenitore raggiunge il nuovo valore di equilibrio $T_e=470 \text{ K}$. Calcolare T_1 .

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

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

Problema n.1

Un blocchetto di massa $m=0.2$ kg scivola lungo una guida liscia ABC composta da un tratto AB circolare di raggio $R=0.7$ m, posto in un piano verticale, ed un tratto orizzontale BC di lunghezza R . Il blocchetto è inoltre agganciato ad una molla di lunghezza a riposo R e costante elastica $k=7$ N/m, vincolata all'altro suo estremo nel centro O del tratto circolare (la molla quindi non esercita alcuna forza durante il moto da A a B). Il blocchetto parte con velocità iniziale nulla dal punto A posto sull'asse y alla quota $2R$ (vedi figura).



Determinare:

a) La velocità del blocchetto nel punto B e la reazione vincolare della guida in B su di esso immediatamente prima dell'inizio del tratto orizzontale (si consideri quindi ancora circolare la traiettoria nell'istante considerato).

b) La velocità del blocchetto nel punto C alla fine del tratto orizzontale e la reazione vincolare su di esso in quel punto.

Nel punto C il blocchetto si sgancia dalla molla e si stacca dalla guida, proseguendo il moto sotto l'azione della sola forza peso e raggiungendo il suolo ($y=0$). Determinare:

c) Il tempo di caduta del blocchetto dal momento del distacco dalla guida.

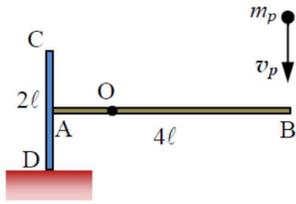
Problema n.2

Un corpo rigido è costituito da due sbarrette sottili omogenee vincolate tra di loro di lunghezza $AB=4l$ e $CD=2l$ ($l = 0.15$ m) e massa rispettivamente m_{AB} e $m_{CD}=5m_{AB}$. La sbarretta AB è orizzontale, mentre CD è verticale con il suo punto medio coincidente con A (vedi figura). Il corpo può ruotare attorno ad un asse orizzontale privo di attrito passante per il punto O della sbarretta AB che si trova a distanza l da A; il momento d'inerzia del corpo rigido rispetto all'asse passante per O è $I_O = 0.405$ kgm^2 . Il sistema è inizialmente fermo con il punto D appoggiato al suolo. Ad un certo istante, un proiettile di dimensioni trascurabili e massa $m_p=m_{AB}/3$ urta il punto B in modo completamente anelastico con velocità istantanea verticale orientata verso il basso di modulo v_p e vi rimane attaccato. Determinare:

a) la massa m_{AB} della sbarretta AB;

b) il modulo v_p della velocità del proiettile un istante prima dell'urto sapendo che la velocità angolare del corpo rigido un istante dopo l'urto è pari a $w'=3$ rad/s;

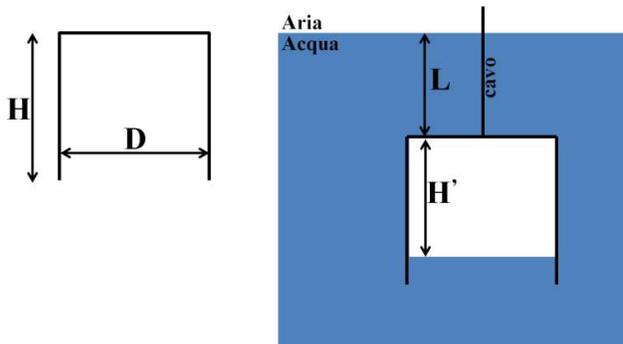
c) la distanza x_{CM} del centro di massa del sistema corpo rigido + proiettile rispetto ad O.



Problema n.3

Una campana subacquea di peso $P=8 \times 10^4$ N e sezione laterale rettangolare di lati D e H (vedi la prima figura) viene calata, sostenuta da un cavo, in mare (vedi la seconda figura) tale che la sua base superiore disti $L=1$ m dalla superficie libera dell'acqua. Facendo riferimento alla figura e sapendo che i dati sono $D=3$ m, $H=3$ m, $\rho_a=1.25$ kg/m³ (densità aria), $\rho_w=10^3$ kg/m³ (densità acqua) si chiede (trattando l'aria come un gas ideale):

- a) a che altezza H' sale l'acqua nella campana se la temperatura rimane costante (vedi la seconda figura);
 - b) quale è la tensione (modulo e direzione) esercitata sul cavo di sostegno.
- [Assumere che la densità dell'aria dentro la campana sia costante]



Problema n.4

Una quantità $n=2.00$ moli di un gas ideale biatomico segue un ciclo reversibile formato da tre trasformazioni AB, BC, CA in cui AB è una compressione isobara, BC è una compressione adiabatica e CA è una espansione isoterma. Sapendo che nello stato A la pressione ed il volume del gas sono pari a $p_A=6.00$ atm e $V_A=10.0$ dm³ e $p_C=3p_A$, dopo aver disegnato il ciclo in un piano p-V, determinare:

- a) la temperatura del gas nello stato A;
- b) il volume e la temperatura del gas negli stati B e C;
- c) la variazione di entropia del gas nella trasformazione AB;
- d) il rendimento del ciclo.

Problema n.5

Due corpi di capacità termica costante $C=3 \times 10^3$ J/K sono inizialmente alla stessa temperatura $T_1=450$ K, e sono collegati mediante una macchina termica ciclica.

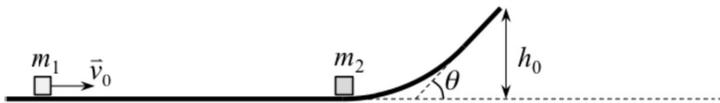
- a) Si vuole raffreddare il primo dei due corpi ad una temperatura finale $T_1=300$ K e si trova che per farlo è necessario che la macchina termica compia un lavoro $W=6 \times 10^4$ J. Calcolare la temperatura T_2 raggiunta dal secondo corpo quando il primo ha raggiunto la T_1 .
- b) Si supponga, ora, che la macchina termica sia reversibile e che abbia fatto raggiungere al corpo 1 la temperatura $T_1=250$ K. Quanto lavoro ha compiuto sul sistema in questo caso?

Catania, 13 Dicembre 2017

3 ore a disposizione

Problema n.1

Un corpo puntiforme di massa $m_1=1.0$ kg poggia sul tratto orizzontale di una guida e viene lanciato orizzontalmente, con velocità \mathbf{v}_0 , verso un secondo corpo di massa $m_2=2.0$ kg che è posto in quiete all'inizio del tratto curvo della guida. Tale tratto finisce ad una quota $h_0=1.0$ m con una pendenza rispetto all'orizzontale pari a $\theta=45^\circ$.



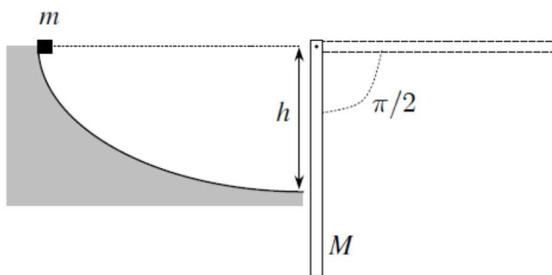
Sapendo che dopo l'urto il corpo che prosegue verso destra raggiunge la sommità della guida e ricade al suolo ad una distanza $d=2.0$ m da essa, determinare il modulo di \mathbf{v}_0 a seconda che l'urto sia:

- a) perfettamente elastico;
- b) completamente anelastico.

[Trascurare ogni tipo di attrito]

Problema n.2

Un corpo di massa $m=1.0$ kg, dopo essere scivolato lungo il piano inclinato di figura, urta orizzontalmente un'asta rigida (sottile) verticale di massa $M=10.0$ kg e lunghezza $l=1.0$ m. Lo scivolo ha un'altezza $h=50$ cm e l'asta è appesa per un suo estremo intorno al quale può ruotare liberamente (vedi figura).



Sapendo che l'urto tra corpo e asta è completamente anelastico, determinare la velocità iniziale v_0 con il quale il corpo deve essere lanciato affinché, dopo l'urto, l'asta ruoti di un angolo massimo pari a $\pi/2$.

Problema n.3

Un recipiente contiene mercurio liquido (densità $\rho_m=1.36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$) e su di esso galleggia un pezzo di ferro (densità $\rho_f=7.66 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) con un volume emerso pari a $V_e= 3.2 \text{ cm}^3$.

a) Si determini la massa m del pezzo di ferro.

b) Lo stesso pezzo di ferro viene poi lasciato cadere verticalmente all'interno di un fluido (olio con densità $\rho_o=9.20 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$) tale che esso risenta, oltre alla forza peso e alla spinta di Archimede, di una forza di attrito proporzionale alla sua velocità $\vec{F} = -k\vec{v}$ con $k=1.71 \times 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{s/cm}$. Si determini la velocità del moto di caduta rettilineo uniforme del pezzo di ferro nell'olio.

Problema n.4

Una macchina reversibile ideale usa una quantità $m=28 \text{ g}$ di azoto (da trattarsi come gas ideale) come sostanza di lavoro in un ciclo di Carnot $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$. La temperatura della sorgente più calda è $T_1=400 \text{ K}$, mentre quella della sorgente più fredda è $T_2=300 \text{ K}$. Il volume del gas nello stato A è $V_A=6 \text{ l}$ e nello stato C è $V_C=18 \text{ l}$. Calcolare:

a) il volume V_B ;

b) la quantità di calore Q_1 scambiata nella isoterma a temperatura T_1 ;

c) Il rendimento del ciclo;

d) la quantità di calore Q_2 scambiata nella isoterma a temperatura T_2 ;

e) il volume V_D ;

f) la variazione di entropia del gas nelle due isoterme.

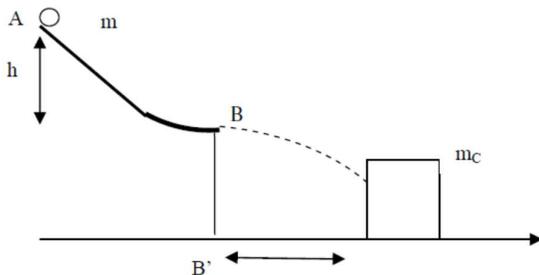
Catania, 21 Febbraio 2018

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 corpo di dimensioni trascurabili e massa $m=0.05$ kg scivola su una guida inclinata AB priva d'attrito, con un tratto finale orizzontale (vedi figura), partendo con velocità iniziale nulla dall'altezza $h=5$ m (misurata rispetto alla quota di B). Proseguendo sotto l'azione della forza peso, il corpo urta un blocco di massa $m_c=3m$ poggiato fermo su un piano orizzontale, con il suo bordo ad una distanza $d=4$ m dal punto B' alla base della guida. Dopo l'urto, i due corpi rimangono attaccati e procedono in direzione orizzontale. Determinare:

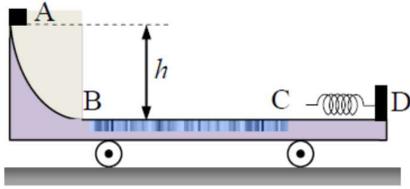
- la velocità dei due corpi dopo l'urto;
- l'impulso trasferito dal piano al blocco nell'urto;
- l'energia dissipata nell'urto.



Problema n.2

Una rampa di massa M è costituita da un tratto inclinato liscio AB seguito da un tratto orizzontale scabro BC di lunghezza $l=0.5$ m e coefficiente di attrito dinamico (con il corpo che nel seguito scorrerà su di esso) $\mu=0.15$, e da un altro tratto orizzontale liscio CD (si veda la figura); nel tratto CD c'è una molla ideale con costante elastica $k=80$ N/m parallela al piano e vincolata all'estremità D della rampa. La rampa è libera di scorrere senza attrito su un piano orizzontale. Inizialmente un corpo di massa $m=0.4$ kg è vincolato all'estremo superiore A della rampa ad una altezza $h=0.8$ m da B e tutto il sistema è in quiete. Ad un certo istante il corpo è lasciato libero di muoversi. Determinare:

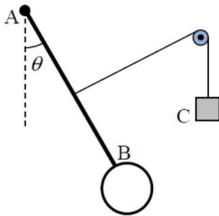
- il modulo v_M della velocità della rampa nell'istante di massima compressione della molla a seguito dell'urto con il corpo;
- la massima compressione Δx_{\max} della molla;
- il numero N di volte in cui il corpo attraversa completamente il tratto BC (indipendentemente dal verso del moto);
- la variazione Δx_{CM} della posizione del centro di massa del sistema tra l'istante in cui il corpo si ferma e l'istante iniziale del moto.



Problema n.3

Un corpo rigido è costituito da una sbarretta AB di lunghezza $l=0.8$ m e massa trascurabile, e da un anello omogeneo di massa $m=2$ kg e raggio $R=0.1$ m attaccato in B alla sbarretta su un punto della sua circonferenza, avente il suo centro sul prolungamento di AB (si veda la figura). Il sistema può ruotare senza attrito attorno ad un asse orizzontale passante per A perpendicolare al piano dell'anello. La sbarretta AB giace inclinata di un angolo $\theta=40^\circ$ rispetto alla verticale sostenuta da una fune ideale attaccata alla sbarretta nel suo punto medio tesa perpendicolarmente alla sbarretta stessa. All'altro estremo della fune, per mezzo di una carrucola ideale, è appeso un corpo C di massa m_C soggetto alla forza peso. Inizialmente tutto il sistema è fermo. Ad un certo istante si taglia la fune ed il corpo inizia a ruotare attorno all'asse passante per A. Determinare:

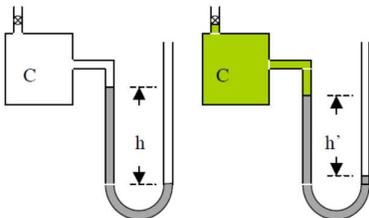
- il valore della massa m_C del corpo C;
- il modulo α dell'accelerazione angolare del corpo rigido nell'istante del taglio della fune.



Problema n.4

Un ramo di un manometro ad U, contenente Mercurio (densità $=13.6 \times 10^3$ Kg/m³), è connesso con una camera C nella quale è stato fatto inizialmente il vuoto; l'altro ramo del manometro è esposto all'aria e la corrispondente pressione, costante, è pari ad 1 atm (si veda la parte sinistra della figura).

- Determinare il dislivello h fra i due rami del manometro;
- Nella camera viene immesso del gas e si osserva che il dislivello fra i due rami si è ridotto di 15 cm (si veda la parte destra della figura); determinare la pressione del gas contenuto nella camera.



Problema n.5

Un cilindro adiabatico con asse verticale contenente $n=2$ moli di un gas ideale biatomico è chiuso da un pistone adiabatico ideale di sezione $S=0.25$ m². Sopra al cilindro è appoggiato un sacco di

sabbia di massa $m=30$ kg, e la pressione dell'ambiente circostante il cilindro è $p_{amb}=10^4$ Pa; in queste condizioni, il gas dentro al cilindro si trova in uno stato di equilibrio alla temperatura $T_A= 360$ K. Poi si toglie molto lentamente tutta la sabbia, finché il cilindro si porta in modo quasi statico in equilibrio con l'ambiente nello stato B. Mantenendo l'equilibrio con l'ambiente, si toglie lo strato isolante e si mette il cilindro in contatto termico con una sorgente alla temperatura T_A fino al raggiungimento di un nuovo stato di equilibrio C. Infine, sempre mantenendo il contatto termico con la sorgente, si lascia cadere sopra al pistone un sacco di sabbia di massa $m=30$ kg e il cilindro ritorna nello stato iniziale A. Disegnare nel piano di Clapeyron il ciclo compiuto dal gas e determinare:

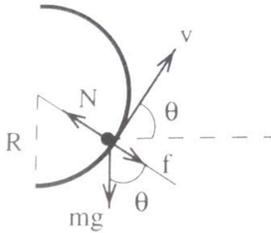
- a) la temperatura T_B del gas in B;
- b) il lavoro compiuto dal gas nelle trasformazioni AB e BC;
- c) la variazione di entropia dell'universo nella trasformazione BC.

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 oggetto puntiforme di massa $M=1$ kg è appoggiato, in presenza della forza di gravità, nel punto più basso all'interno di una cavità semicilindrica di raggio $R=0.5$ m e con asse orizzontale (si veda la figura). All'istante $t=0$ all'oggetto viene conferita una velocità orizzontale di modulo $v_0=4$ m/s lungo un piano perpendicolare all'asse del semi-cilindro, così che esso comincia a muoversi lungo la parete semi-cilindrica. Trascurando l'attrito si calcoli:

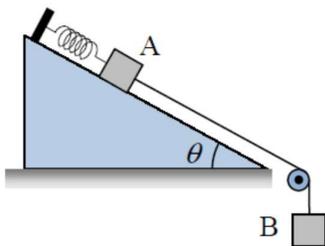
- l'altezza alla quale avviene il distacco dell'oggetto dalla parete semi-cilindrica;
- in seguito al distacco dell'oggetto dalla parete semi-cilindrica, l'altezza massima raggiunta dall'oggetto nella traiettoria successiva.



Problema n.2

Un corpo A di dimensioni trascurabili e massa $m_A=5$ kg giace su un piano liscio inclinato di un angolo $\theta=30^\circ$. Il corpo è collegato verso l'alto ad una molla ideale (con massa trascurabile) parallela al piano, vincolata ad un estremo ed estesa di $\Delta x=0.2$ m, e verso il basso ad una fune ideale, tesa parallelamente al piano. All'altro estremo della fune, per mezzo di una carrucola ideale, è collegato un corpo B di massa $m_B=3m_A$ soggetto alla forza peso (si veda la figura). Inizialmente tutto il sistema è fermo. Ad un certo istante, si stacca la molla ed il sistema dei due corpi inizia a muoversi. Determinare:

- il valore della costante elastica k della molla;
- l'altezza h di cui è sceso il corpo B quando il modulo della sua velocità è $v=3$ m/s.

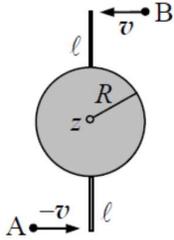


Problema n.3

Una corpo rigido è costituito da una sfera omogenea di raggio $R=0.2$ m e massa $M=5$ kg e da due sbarrette di sezione trascurabile, lunghezza $l=R$ e massa $m=1$ kg; le due sbarrette hanno entrambe un estremo in contatto con la superficie della sfera, sono orientate radialmente e disposte

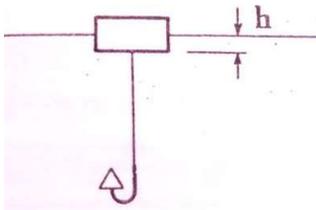
simmetricamente rispetto al centro della sfera (si veda la figura). Il corpo, che può ruotare senza attrito attorno ad un asse fisso z passante per il centro della sfera e perpendicolare alle sbarrette, inizialmente è fermo. Ad un certo istante, due corpi A e B di dimensioni trascurabili, di uguale massa $m_A=m_B=m/4$ e aventi velocità opposte di modulo $v=5$ m/s e direzione perpendicolare al piano contenente l'asse di rotazione z e le sbarrette, urtano in modo completamente anelastico le sbarrette stesse ai loro estremi liberi (vedi figura) rimanendovi attaccate. Determinare:

- il momento di inerzia I_z rispetto all'asse di rotazione del corpo rigido prima dell'urto;
- il modulo ω della velocità angolare del sistema dopo l'urto.



Problema n.4

Un galleggiante da pesca di materiale plastico di densità $\rho_G=0.3$ g/cm³ ha la forma di un disco di spessore $a=1$ cm; ad esso è appeso mediante un sottile filo inestensibile un amo di ferro di densità $\rho_A=7.8$ g/cm³ e la cui massa è i 2/3 di quella del galleggiante. Nota la densità dell'acqua marina ($\rho_0=1.03$ g/cm³), calcolare lo spessore h di cui è immerso il galleggiante.



Problema n.5

Due moli di gas ideale monoatomico si trovano nello stato A, di volume $V_A=0.04$ m³, pressione $p_A = 10^5$ Pa e temperatura T_A . Il gas viene compresso reversibilmente mantenendo il contatto termico con un serbatoio alla temperatura T_A fino a raggiungere lo stato B. Dallo stato B il gas giunge per mezzo di una trasformazione adiabatica reversibile allo stato C, con $T_C=T_B/2$ e $V_C=V_A/2$. Infine, il gas viene messo in contatto termico con il serbatoio alla temperatura T_A fino a raggiungere lo stato iniziale A. Dopo aver disegnato il ciclo in un piano p - V , determinare:

- il lavoro scambiato dal gas nella trasformazione AB;
- la variazione di entropia dell'universo nel ciclo.

[Si osservi che la trasformazione CA è irreversibile]

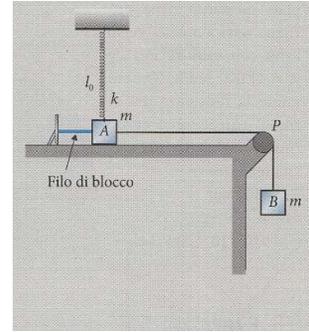
Università di Catania
Corso di Laurea in Fisica
Compito scritto di Fisica Generale I
M.G. Grimaldi – A. Insolia

Catania, 20 Giugno 2018

Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 3, 4, 5
Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4

Problema n.1

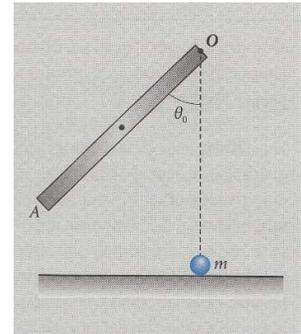
Su un piano orizzontale privo di attrito è posto un corpo A, di massa m , collegato: a sinistra con un filo di blocco a un ancoraggio fisso; a destra con un filo di massa trascurabile passante per il piolo liscio P, con all'estremità un corpo B di massa m appeso nel vuoto; sulla verticale a una molla di massa trascurabile, di costante elastica K e lunghezza a riposo l_0 , come mostrato in figura. Ad un certo istante viene tagliato il filo di blocco e le due masse iniziano a muoversi. Calcolare la velocità del corpo A nel momento in cui si stacca dal piano orizzontale ($m=0,5$ Kg, $K=20$ N/m, $l_0=0,5$ m).



Problema n.2

Una barra rigida omogenea a sezione costante di massa $M=0,30$ Kg e lunghezza $L=0,50$ m, può ruotare senza attrito attorno ad un asse orizzontale passante per il suo estremo O. La sbarra, viene inizialmente spostata di un angolo θ_0 dalla direzione verticale e lasciata andare con velocità iniziale nulla. Quando passa per la direzione verticale con il suo estremo A urta in modo perfettamente anelastico un piccolo corpo di massa $m=0,05$ Kg.

Calcolare la velocità angolare subito dopo l'urto e l'energia dissipata durante l'urto.



Problema n.3

Dell'acqua viene pompata da un fiume fino ad un villaggio di montagna attraverso un tubo di diametro $d = 15,0$ cm. Il fiume è a quota $h_1 = 564$ m, mentre il villaggio si trova a quota $h_2 = 2096$ m. Se ogni giorno vengono pompate 4500 m³ di acqua, quale è la velocità dell'acqua all'interno del tubo? Supponendo che l'acqua scorra nel fiume molto lentamente ($v \approx 0$), quale è la pressione con la quale viene pompata l'acqua dal fiume al villaggio?

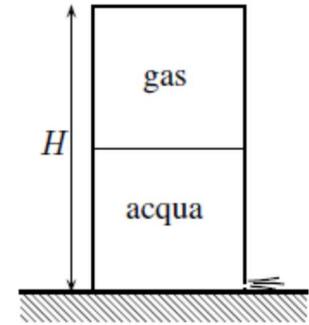
Problema n.4

Una macchina termica che utilizza $n=1$ mole di gas perfetto biatomico esegue il seguente ciclo: AB espansione isoterma irreversibile in contatto termico con un serbatoio di calore a temperatura $T_1=400$ K, BC compressione isobara reversibile fino al volume iniziale e alla temperatura T_2 , CA isocora reversibile fino allo stato iniziale con la variazione di energia interna $\Delta U_{CA}=1500$ J. Sapendo che il rendimento del ciclo è $0,02$, e dopo aver rappresentato il ciclo in un piano p-V, determinare:

- La temperatura T_2 del gas nello stato C;
- Il calore complessivo ceduto dal gas in un ciclo;
- Il calore scambiato dal gas nella trasformazione isoterma;
- la variazione di entropia del gas nella trasformazione isoterma;
- la variazione di entropia dell'universo in un ciclo.

Problema n.5

Un recipiente cilindrico ad asse verticale ha sezione $A_0=1.00 \text{ m}^2$ e altezza $H=2.00 \text{ m}$. Nella metà inferiore del recipiente abbiamo acqua; nella metà superiore vi sono $n=90.0 \text{ mol}$ di un gas ideale (vedi figura). Il recipiente è a tenuta, ma le sue pareti sono permeabili al calore. La temperatura del sistema è $T=300 \text{ K}$. Ad un certo istante viene praticato un piccolo foro alla base del recipiente e l'acqua inizia ad uscire. Supponendo che durante la fuoriuscita dell'acqua la temperatura dei due (gas e acqua) si mantenga costante e pari a T , determinare:



- le velocità di uscita dell'acqua subito dopo aver praticato il foro e un momento prima che inizi ad uscire il gas;
- il calore scambiato e il lavoro compiuto dal gas durante la fuoriuscita dell'acqua.

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

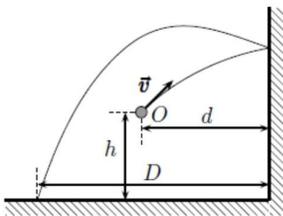
Per la prova completa (3 ore) svolgere i problemi: 1, 2, 3, 4

Problema n.1

Una palla viene lanciata da un punto O situato ad un'altezza $h=2.00$ m sopra il suolo, con velocità iniziale $v=10.0$ m/s, ad un angolo $\theta=45^\circ$ con la direzione orizzontale. La palla rimbalza elasticamente (senza perdite di energia cinetica) contro un muro perfettamente verticale e liscio, posto a distanza $d=3.40$ m dal punto O (vedi figura).

Trascurando la resistenza dell'aria, si calcolino:

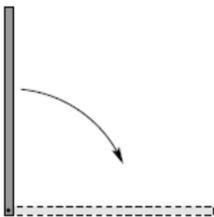
- la distanza D dal muro a cui la palla colpisce il suolo;
- il modulo della sua velocità nello stesso momento.



Problema n.2

Un'asta sottile omogenea di lunghezza $l=4.00$ m e di massa $m=4.00$ kg è incernierata ad un estremo con una cerniera priva di attrito. L'asta è, inizialmente, in posizione verticale come indicato in figura. Una piccolissima perturbazione fa sì che l'asta inizi a ruotare e a cadere. Quando l'asta ha percorso un quarto di giro ed è in posizione orizzontale (vedi figura), calcolare:

- la velocità angolare ω dell'asta e la velocità v_{cm} del suo centro di massa;
- il rapporto fra v_{cm} e la velocità v che l'asta avrebbe se, invece di ruotare, fosse in caduta libera fra le stesse quote del centro di massa;
- l'accelerazione angolare α dell'asta.



Problema n.3

Una sfera metallica di raggio $r=7.1$ cm e densità $\rho=6.7 \times 10^2$ kg/m³ è appesa all'estremo inferiore di una molla (di massa trascurabile) e costante elastica $k=50$ N/m che è posta verticalmente e il cui altro estremo è fissato ad un piano orizzontale.

- Calcolare la variazione di lunghezza della molla quando la sfera viene immersa in olio (densità pari a $\rho_o=9.20 \times 10^2$ kg/m³);
- La sfera, immersa in olio, viene spostata dalla sua posizione di equilibrio e poi lasciata andare cosicchè inizi ad oscillare sottoposta, anche, alla forza di attrito viscoso $\vec{F} = -b\vec{v}$ con $b=1.71 \times 10^{-2}$ N×s/cm. Nel caso la massa della sfera sia $m=20$ g, determinare la frequenza di oscillazione.

c) Riferendosi al caso precedente (b), determinare quale debba essere il valore della massa della sfera affinché il sistema ritorni all'equilibrio nel tempo più breve possibile.

Problema n.4

Tre moli di un gas ideale monoatomico sono soggetti al ciclo frigorifero ABCDA. Il gas, che si trova inizialmente allo stato A all'interno di un contenitore adiabatico ideale, viene portato allo stato B tramite un'espansione libera in cui l'entropia dell'universo varia di 27.4 J/K. Mantenendo costante il volume e togliendo l'isolamento del contenitore, il gas viene portato in modo molto lento e graduale senza attriti allo stato C, alla temperatura $T_C=150$ K; durante questa trasformazione, il gas cede all'ambiente un calore $Q_{BC}=-7500$ J. Per mezzo di una trasformazione adiabatica reversibile, il gas viene poi portato allo stato D in cui il volume del gas ritorna ad essere quello dello stato iniziale A. Infine, a volume bloccato, il gas viene messo in contatto termico con un serbatoio a temperatura T_A finché ritorna allo stato iniziale. Dopo aver disegnato il ciclo nel diagramma pV, determinare:

- a) la temperatura T_D del gas in D;
- b) il lavoro fatto dal gas nel ciclo;
- c) l'efficienza del ciclo;
- d) la variazione di entropia dell'universo nel ciclo.

Problema n.5

Un cilindro di 100 cm^2 di base e di 0.2 m di altezza ha nel suo interno un pistone adiabatico che inizialmente lo divide in due regioni uguali A e B. I due recipienti contengono entrambi 0.2 moli di O_2 (da trattarsi come gas ideale) alla temperatura di 27°C . Il cilindro ha una base conduttrice attraverso la quale vengono fornite 10^3 cal. Si constata che il pistone si sposta di 5 cm. Assumendo tutte le trasformazioni reversibili, determinare le temperature finali del gas in A e B. (Calore molare dell'ossigeno $C_v=5 \text{ cal/K}$).

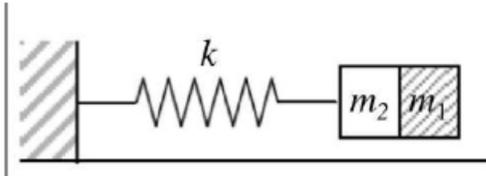
Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 3, 4, 5

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

Problema n.1

Un oggetto, collegato ad una molla di costante elastica $k=4.00 \cdot 10^4$ N/m, inizialmente in posizione di riposo, esplose dividendosi in due frammenti. Di questi, il primo, di massa $m_1=4.00$ kg, viene proiettato in avanti con velocità $v_1=12.0$ m/s; il secondo, di massa $m_2=1.00$ kg, resta vincolato alla molla, e dopo averla compressa, inizia ad oscillare. Determinare:

- il valore Δx della massima compressione della molla;
- l'energia meccanica totale del sistema dopo l'esplosione.



Problema n.2

Due sfere omogenee di raggio $R=1.00$ cm, aventi la medesima massa $m=100$ g, scendono lungo un piano inclinato, di inclinazione $\theta=1.72^\circ$. La prima sfera scivola senza rotolare in assenza di ogni forma di attrito; la seconda sfera scende rotolando senza strisciare, in assenza di attrito volvente.

Determinare le accelerazioni con le quali scendono le 2 sfere.



Problema n.3

Una boa sottomarina di forma sferica e massa trascurabile è ancorata al fondo mediante una catena di massa $m=40$ kg e volume trascurabile.

- Determinare il valore minimo V^* del volume della boa necessario a mantenere tesa la catena.
- Determinare la forza esercitata dalla catena sulla boa nel caso che essa abbia un volume $V=3V^*$.
- 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.
- Una volta che essa ha raggiunto la superficie, determinare la frazione del volume della boa che emerge dall'acqua all'equilibrio.

Problema n.4

Ad un gas ideale biatomico viene fatto seguire il ciclo reversibile costituito da un'espansione isobara ($1 \rightarrow 2$), un'espansione adiabatica ($2 \rightarrow 3$) e una compressione isoterma ($3 \rightarrow 1$). Pressione e volume dello stato 1 sono $p_1=3.00$ atm e $V_1=30.0$ dm³; nello stato 3 il volume del gas è $V_3=4V_1$. Sapendo che il numero di moli di gas è $n=3.00$ mol e dopo aver disegnato il ciclo in un piano p-V, determinare:

- la temperatura T_2 e il volume V_2 dello stato 2;

- b) il lavoro L prodotto dal gas nell'intero ciclo;
- c) il rendimento η del ciclo.

Problema n.5

Un pendolo, costituito da un blocchetto di ferro (massa $m=1$ Kg, calore specifico $c=448$ J/Kg K) appeso ad un filo di massa trascurabile, è posto all'interno di un contenitore di volume $V=22,4$ litri, avente pareti rigide fatte di materiale termicamente isolante e a tenuta. Dentro il contenitore è presente inoltre aria (da considerarsi come un gas ideale biatomico) a pressione atmosferica e temperatura ambiente ($T_0=300$ K). Il pendolo viene fatto oscillare e si osserva che la sua velocità, quando transita sulla verticale, è $v=3.5$ m/s. Dopo un certo tempo, il pendolo cessa di oscillare. Si determini:

- 1) la temperatura del sistema alla fine delle oscillazioni,
- 2) la variazione di entropia dell'universo a seguito della trasformazione avvenuta.