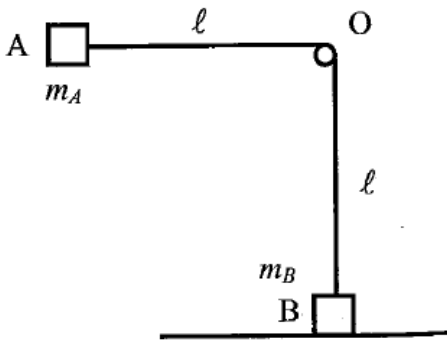


Catania, 11 Dicembre 2019

3 ore a disposizione

**Problema n.1**

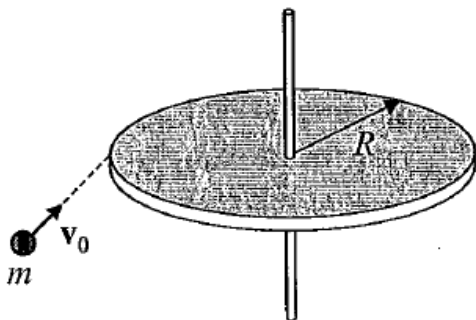
Un corpo A di massa  $m_A=2$  kg è collegato tramite una fune ideale, di lunghezza  $2l=4$  m, ad un corpo B di massa  $m_B=3$  kg tramite una carrucola O come in figura. Inizialmente il corpo B è poggiato su un piano orizzontale ed il tratto di filo OB è verticale, mentre il corpo A, in quiete, è tenuto con il tratto di filo OA teso ed orizzontale. Si lascia libero il corpo A. Si determini di quanto si abbassa il corpo A, in verticale, prima che il corpo B si stacchi dal piano di appoggio.



**Problema n.2**

Un proiettile di massa  $m=0.05$  kg viene sparato con velocità  $v_0=100$  m/s orizzontalmente ed in direzione tangenziale ad un disco massiccio di legno di massa  $M=10$  kg e raggio  $R=0.5$  m, libero di ruotare senza attrito attorno al suo asse verticale (si veda la figura). Nell'urto il proiettile resta conficcato nel legno. Sapendo che inizialmente il disco era in quiete si calcolino:

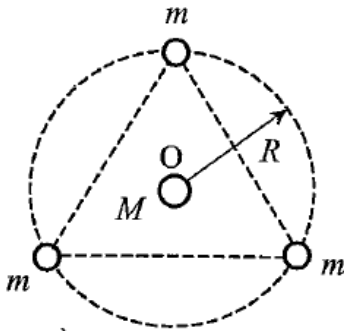
- la velocità angolare di rotazione del sistema disco+proiettile dopo l'urto;
- l'energia dissipata nell'urto.



### Problema n.3

Tre corpi di massa  $m=5 \times 10^{24}$  kg ruotano, per effetto delle sole forze gravitazionali, su una circonferenza di raggio  $R=2 \times 10^{11}$  m attorno ad un corpo fisso di massa  $M=5 \times 10^{30}$  kg, mantenendosi equidistanti (si veda la figura). Per l'intero sistema si calcolino:

- la quantità di moto totale;
- Il momento angolare totale rispetto al centro O del corpo di massa M;
- Il periodo di rivoluzione dei corpi di massa m attorno al corpo di massa M.



### Problema n.4

Un gas ideale è contenuto nel volume  $V_A=40.00$  dm<sup>3</sup> alla pressione  $p_A=1.00 \times 10^5$  Pa e alla temperatura  $T_A=300.0$  K. Con una compressione isoterma reversibile il gas raggiunge lo stato B con volume  $V_B=(1/3)V_A$ ; durante tale trasformazione il gas compie un lavoro  $L_{AB}=-4.394 \times 10^3$  J. Poi, tramite un'isocora reversibile raggiunge lo stato C a temperatura  $T_C=600$  K. Successivamente, in modo adiabatico irreversibile, il gas viene portato nello stato D con volume  $V_D=V_A$  e temperatura  $T_D > T_A$ : in questa espansione il gas compie il lavoro  $L_{CD}=5.894 \times 10^3$  J. Infine, con un'isocora reversibile il gas torna allo stato iniziale A. Dopo aver disegnato il ciclo termodinamico in un piano p-V, sapendo, poi, che il rendimento del ciclo è  $\eta = 0.150$ , determinare:

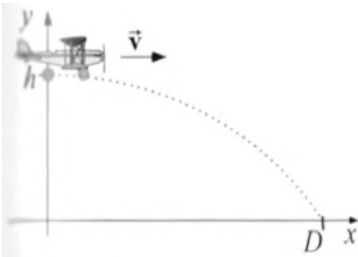
- i calori  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$  e  $Q_{DA}$ ;
- se il gas è monoatomico o biatomico;
- il valore di  $T_D$ ;
- la variazione di entropia  $\Delta S_{CD}$ .

Catania, 12 Febbraio 2020

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).

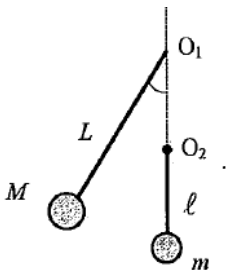
### Problema n.1

Un aereo adibito a consegne rapide di posta è in volo orizzontale a una quota di  $h=120$  m e a velocità costante  $v=350$  km/h. Quando il pilota avvista, proprio di fronte a lui, il sito di consegna, decide di sganciare il pacco di posta. Trascurando la resistenza dell'aria, determinare le componenti verticale e orizzontale della velocità iniziale (sgancio) e finale (a terra) del pacco. Calcolare, con riferimento alla figura, la distanza  $D$  fra la proiezione sull'asse  $x$  della posizione dell'aereo al momento dello sgancio e il punto di atterraggio del pacco.



### Problema n.2

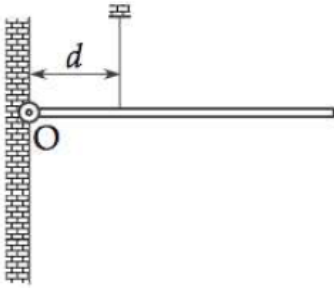
Un pendolo semplice è costituito da un oggetto puntiforme di massa  $M=2$  kg appeso ad un filo di massa trascurabile, inestensibile e di lunghezza  $L=50$  cm. Il pendolo viene spostato di un angolo  $\theta=30^\circ$  rispetto alla direzione verticale e poi lasciato libero. Nel punto inferiore dell'oscillazione, il corpo urta elasticamente un altro corpo puntiforme di massa  $m=1$  kg, inizialmente fermo, appeso ad un filo verticale (di massa trascurabile e inestensibile) di lunghezza  $l=20$  cm (si veda la figura). Si determini l'angolo massimo raggiunto dal secondo pendolo dopo l'urto.



### Problema n.3

Una sbarra omogenea di lunghezza  $L=1.00$  m e massa  $m=2.00$  kg viene incernierata su una parete verticale mediante un perno che le consente di ruotare senza attrito intorno ad un asse orizzontale passante per l'estremo  $O$ . La sbarra è mantenuta in posizione orizzontale mediante un filo verticale, come mostrato in figura, fissato ad essa alla distanza  $d=20.0$  cm dal perno.

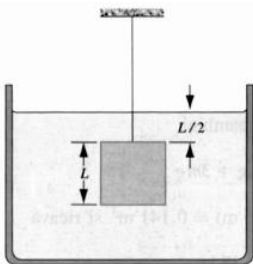
- Calcolare la tensione del filo e le componenti orizzontale e verticale della reazione del perno.
- Il filo viene tagliato. Calcolare l'accelerazione angolare della sbarra nell'istante immediatamente successivo al taglio del filo.
- Calcolare l'energia cinetica della sbarra nell'istante in cui essa colpisce la parete verticale.



#### Problema n.4

Un oggetto cubico di lato  $L=0.608$  m e massa  $m=450$  kg è immerso sospeso a un filo in un liquido di densità  $\rho=944$  kg/m<sup>3</sup>, come in figura.

- Calcolare la forza netta esercitata sulla parte superiore dell'oggetto dal liquido e dall'atmosfera.
- Calcolare la forza netta esercitata dal liquido sulla parte inferiore dell'oggetto.
- Calcolare la tensione del filo.
- Calcolare la forza di galleggiamento (spinta di Archimede) applicata all'oggetto.

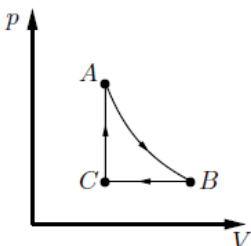


#### Problema n.5

Un gas ideale biatomico segue il ciclo termodinamico reversibile delineato in figura, costituito dalle trasformazioni  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$  (isobara) e  $C \rightarrow A$  (isocora). Nello stato A si ha  $p_A=6.00$  atm,  $V_A=100$  dm<sup>3</sup> e  $T_A=600$  K; nello stato C è  $p_C=2.00$  atm e  $V_C=V_A$ . Nello stato B si avrà sempre  $p_B=p_C$ , ma volume e temperatura del gas dipenderanno dalla natura della trasformazione  $A \rightarrow B$ .

A seconda che la trasformazione  $A \rightarrow B$  sia un'isoterma o un'adiabatica, determinare:

- il volume e la temperatura del gas nello stato B;
- il lavoro prodotto nell'intero ciclo;
- il rendimento del ciclo, specificando quale dei due (quello con l'isoterma o quello con l'adiabatica) è maggiore.



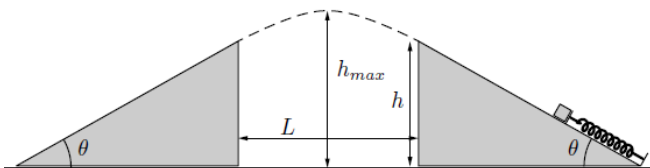
Catania, 26 Febbraio 2020

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

Due cunei identici, di altezza  $h=1.00$  m e angolo d'inclinazione  $\theta=35^\circ$ , sono disposti specularmente come schematizzato in figura ad una distanza  $L=2.00$  m l'uno dall'altro e sono ancorati al piano su cui poggiano. Un corpo puntiforme di massa  $m=1.50$  kg viene lanciato lungo la parte inclinata del cuneo di destra per mezzo di una molla ideale, di lunghezza a riposo  $l_0=40.0$  cm e costante elastica  $k=1.26 \cdot 10^3$  N/m, il cui estremo inferiore è fissato al cuneo stesso (vedi figura). In seguito al lancio, dopo aver raggiunto la sommità del cuneo di destra, il corpo prosegue di moto parabolico raggiungendo il punto più in alto del cuneo di sinistra tangenzialmente alla sua superficie e quindi scivola fino in fondo ad esso. Sapendo che la superficie del cuneo di destra è perfettamente liscia (assenza di attriti), mentre quella del cuneo di sinistra presenta un coefficiente di attrito dinamico  $\mu_k=0.350$ , determinare:

- la lunghezza della molla al momento del lancio del corpo;
- la massima altezza  $h_{max}$  raggiunta dal corpo durante il suo moto;
- la velocità dello stesso quando raggiunge il punto più basso del cuneo di sinistra.



### Problema n.2

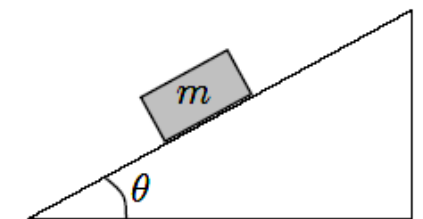
Un corpo di massa  $m=1.0$  kg è appoggiato a media altezza su un cuneo avente l'angolo al vertice pari a  $\theta=30^\circ$  (vedi figura). Sia il cuneo che il corpo sono in quiete. Sapendo che il coefficiente di attrito statico  $\mu_s$  tra corpo e cuneo è pari a quello minimo che garantisce il non scivolamento del corpo:

- si determini  $\mu_s$ .

Si supponga poi che il cuneo venga trainato in modo che segua un moto uniformemente accelerato verso sinistra con accelerazione di modulo  $a_c$ . Determinare:

- il massimo valore di  $a_c$ ,  $a_{c,max}$ , con il quale il corpo di massa  $m$  rimane fermo rispetto al cuneo.

[Suggerimento: si noti che quando il cuneo accelera verso sinistra il corpo  $m$  tende a scivolare verso l'alto]



### Problema n.3

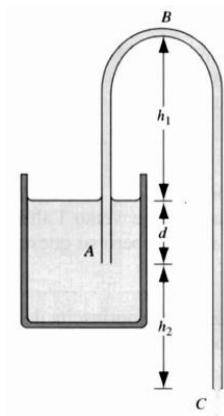
Un'asta omogenea di sezione costante, lunghezza  $L=1$  m e massa  $M=1$  kg è adagiata, senza altri vincoli, su un piano orizzontale privo di attrito. Inizialmente l'asta è in quiete; quindi viene urtata elasticamente da una pallina di massa  $m$  (incognita), dotata di velocità  $v_0=1$  m/s ortogonale all'asta, in un punto distante  $d=0.3$  m dal suo centro.

Determinare il valore di  $m$  affinché, dopo l'urto, la pallina si arresti.

### Problema n.4

Un sifone è un dispositivo che serve a estrarre un liquido da un recipiente senza inclinarlo. Esso è rappresentato in figura: un tubicino ad U ha l'estremità A immersa in un liquido contenuto in un recipiente. L'altra estremità C è in aria. Il tutto nella configurazione geometrica indicata in figura. Il tubicino ha sezione molto più piccola di quella del recipiente. Come si vede nella figura il tubicino deve essere inizialmente riempito del liquido in questione che poi si scaricherà fino a che il livello del liquido nel recipiente scenda al di sotto dell'estremità A che pesca nel recipiente stesso. Si consideri il liquido acqua in condizioni ideali e i parametri geometrici  $h_1=3$  m,  $d=1$  m,  $h_2=2$  m. In queste condizioni determinare:

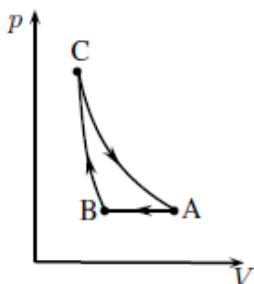
- a che velocità esce il liquido da C;
- la pressione del liquido nel punto più alto B.



### Problema n.5

Una quantità  $n=2.00$  mol di un gas ideale biatomico segue il ciclo reversibile mostrato in figura, nel quale le trasformazioni AB, BC e CA sono rispettivamente un'isobara, un'adiabatica e un'isoterma. Sapendo che nello stato A la pressione ed il volume del gas sono pari a  $p_A=6.00$  atm e  $V_A = 10.0$  dm<sup>3</sup> e che  $p_C=3p_A$ , determinare:

- la temperatura del gas nello stato A;
- il volume e la temperatura del gas negli stati B e C;
- la variazione di entropia del gas nella trasformazione AB;
- il rendimento  $\eta$  del ciclo.



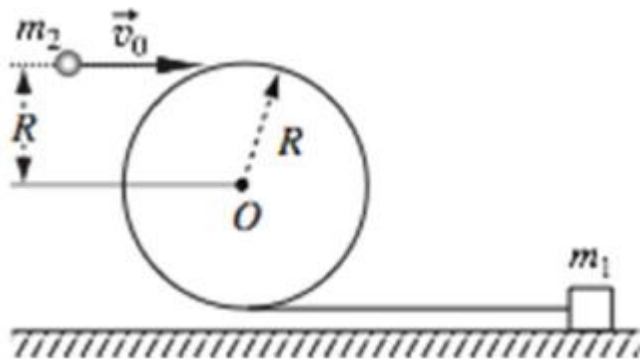
Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 2, 3, 4

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

### Problema n.1

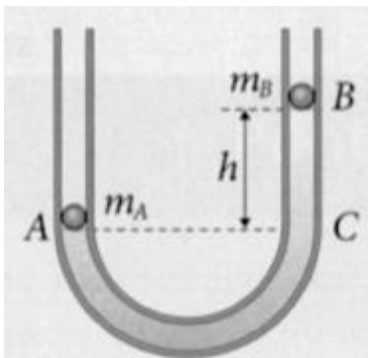
Un disco omogeneo di massa  $M=1$  kg e raggio  $R=0.4$  m è vincolato a ruotare senza attrito attorno al suo asse fisso orizzontale. Attorno al disco è avvolto un filo inestensibile di massa trascurabile collegato ad un'estremità ad un punto materiale di massa  $m_1=0.2$  kg appoggiato su un piano orizzontale scabro. Il filo è completamente svolto, ma con tensione nulla, parallelo al piano. All'istante  $t$  il disco è fermo e viene colpito nel suo estremo superiore da un punto materiale di massa  $m_2=m_1$  che si muove con velocità orizzontale di modulo  $v_0=7.2$  m/s nel piano del disco (vedi figura). Sapendo che il punto materiale si conficca nel disco e che il disco compie  $N=1$  giro prima di fermarsi, determinare:

- il modulo  $\omega$  della velocità angolare del disco immediatamente dopo l'urto;
- il coefficiente di attrito dinamico  $\mu$  fra il piano e  $m_1$ ;
- il modulo  $\alpha$  dell'accelerazione angolare del disco subito dopo l'urto.



### Problema n.2

Un tubo a U aperto alle estremità è disposto verticalmente e contiene olio ( $\rho=0.9$  g/cm<sup>3</sup>). Le superfici dell'olio nelle sezioni A e B (si veda la figura) sostengono due sferette a tenuta di masse rispettivamente  $m_A$  e  $m_B$ . Il contatto tra le sferette e il tubo non presenta attrito apprezzabile. Se, all'equilibrio, il dislivello tra le sezioni A e B è  $h=10$  cm, e il raggio del tubo è  $R=20$  cm, quale è la differenza di massa  $\Delta m=m_A-m_B$ ?



**Problema n.3**

Un cilindro con pistone mobile ideale privo di attrito contiene tre moli di un gas perfetto monoatomico inizialmente all'equilibrio nello stato A in contatto termico con un serbatoio alla temperatura  $T_A = 400$  K, che occupano il volume  $V_A = 0.075$  m<sup>3</sup>. Mantenendo il contatto termico con il serbatoio, il gas viene espanso in modo molto lento e graduale (trasformazione reversibile) fino allo stato B, alla pressione  $p_B = 10^5$  Pa. Per mezzo di un opportuno sistema esterno agente sul pistone che mantiene costante la pressione del gas, questo viene poi compresso sempre in modo molto lento e graduale (trasformazione reversibile) fino allo stato C alla temperatura  $T_C$ , e durante questa trasformazione il gas cede un calore  $Q_{BC} = -11765$  J. Successivamente, messo in contatto termico con un serbatoio alla temperatura  $T_C$ , il gas viene nuovamente espanso in modo molto lento e graduale (trasformazione reversibile) fino a raggiungere lo stato D, in cui occupa lo stesso volume che aveva nello stato A. Infine, il gas è messo in contatto termico con il serbatoio a temperatura  $T_A$ , e ritorna nello stato iniziale (trasformazione irreversibile). Determinare:

- a) il volume  $V_C$  occupato dal gas nello stato C;
- b) il calore  $Q_{ASS}$  assorbito dal gas nel ciclo;
- c) il rendimento  $\eta$  del ciclo;
- d) la variazione  $\Delta S_{amb}$  di entropia dell'ambiente nel ciclo.
- e) disegnare il ciclo in un piano p-V.

**Problema n.4**

Una trasformazione isocora di una mole di gas ideale avviene a volume  $V = 5$  litri; se la variazione di pressione è  $\Delta p = 1$  atm, calcolare se si tratta di un gas monoatomico o biatomico, sapendo che la variazione di entalpia è  $\Delta H = 17.5$  litri $\times$ atm.



Catania, 8 luglio 2020

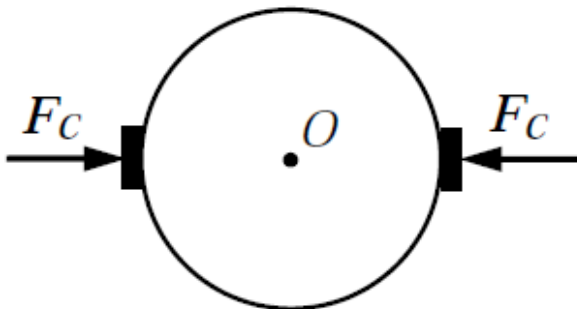
Per la prova in itinere (2 ore) svolgere i problemi: 2, 3, 4

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

### Problema n.1

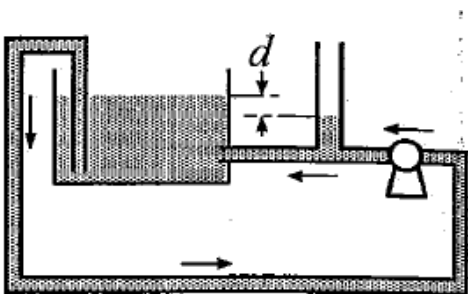
Una ruota di raggio  $R=0.3$  m è vincolata a ruotare attorno al suo asse passante per  $O$ . Il momento d'inerzia rispetto all'asse di rotazione è  $I=2$   $\text{kgm}^2$  e su di esso agisce un momento di attrito costante di modulo  $M_0=2$  Nm. All'istante  $t_0$ , quando la ruota possiede la velocità angolare  $\omega_0=5$  rad/s, si applicano due ceppi, di dimensione trascurabile rispetto al raggio della ruota, posizionati simmetricamente rispetto al suo centro, che la frenano a causa di un attrito aggiuntivo rispetto a quello già presente sull'asse di rotazione (si veda la figura). Supponendo che le forze  $F_c$  esercitate su ciascun ceppo siano dirette radialmente, costanti, eguali ed opposte, sapendo che il coefficiente di attrito dinamico fra i due ceppi e la ruota è lo stesso e che il lavoro complessivo fatto dai ceppi fino all'arresto della ruota è  $W_{\text{att}}=-1000$  J, determinare:

- 1) il numero di giri  $N$  fatti dalla ruota da  $t_0$  fino all'arresto.
- 2) il modulo  $F_{\text{att}}$  della forza di attrito applicata da ciascun ceppo.
- 3) l'accelerazione angolare  $\alpha$  della ruota durante il processo.



### Problema n.2

Si consideri il circuito in figura, in cui è presente del liquido ideale di densità  $\rho$ . Inizialmente il liquido è in quiete ed il livello che raggiunge nella colonna verticale è pari a quello presente nel serbatoio. In seguito una pompa mette in moto il fluido nel circuito e si osserva che la colonna di liquido si abbassa di un tratto  $d=1$  cm rispetto al livello di liquido nel serbatoio. Si calcoli la velocità del fluido nel circuito trascurando le variazioni di quota che potrebbero comparire nel serbatoio all'atto dell'accensione della pompa ed assumendo fermo il liquido in corrispondenza delle superfici di contatto con l'atmosfera.



### Problema n.3

Una macchina frigorifera, funzionante con  $n=2$  moli di gas ideale monoatomico, esegue il ciclo ABCDA composto dalle seguenti trasformazioni:

- AB compressione isoterma irreversibile alla temperatura  $T_1=400$  K;
- BC raffreddamento isocoro reversibile fino alla temperatura  $T_2=250$  K;
- CD espansione isoterma reversibile fino al volume iniziale;
- DA riscaldamento isocoro irreversibile fino allo stato iniziale in contatto con un serbatoio a temperatura  $T_1$ .

L'efficienza della macchina frigorifera è  $\xi=3$  ed è necessario fornire il lavoro  $W=-2000$  J per ogni ciclo. Calcolare:

- il calore  $Q_{CD}$  scambiato dal gas nella trasformazione CD;
- il calore  $Q_{AB}$  scambiato dal gas nella trasformazione AB;
- la variazione di entropia dell'universo  $\Delta S_{U,DA}$  nella trasformazione DA.

### Problema n.4

Una mole di gas ideale monoatomico contenuta in un recipiente a pareti rigide sigillato viene riscaldata reversibilmente da uno stato A ( $p_A=2$  atm) ad uno stato b ( $p_B=4$  atm). Calcolare la variazione di entalpia del gas sapendo che la temperatura iniziale del gas è  $T_A=600$  K.

Catania, 1 Settembre 2020

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

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

### Problema n.1

Come si vede dalla figura su uno stesso piano inclinato abbiamo un corpo di massa  $m=10.0$  kg e un cilindro omogeneo di raggio  $R$  e massa  $M=8.00$  kg. Il centro di massa del cilindro è collegato al corpo di massa  $m$  tramite una corda ideale (inestensibile e di massa trascurabile). L'attrito tra il corpo di massa  $m$  e il piano inclinato è caratterizzato dai coefficienti di attrito statico e dinamico, rispettivamente,  $\mu_s=0.600$  e  $\mu_k=0.400$ . Invece per il cilindro, supporre che esso non scivoli mai rispetto al piano inclinato, indipendentemente dal valore dell'angolo  $\theta$  e dal fatto che sia in quiete o in moto.

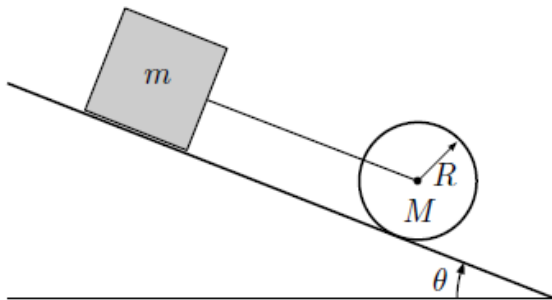
Supponendo i corpi inizialmente in quiete, determinare:

a) l'angolo massimo,  $\theta_0$ , entro cui il sistema rimane in equilibrio statico.

Ponendo l'angolo di inclinazione a  $\theta_1=\theta_0+10^\circ$ , il sistema non sarà più in equilibrio e quindi i due corpi scenderanno lungo il piano inclinato. Determinare:

b) l'accelerazione del centro di massa del cilindro;

c) la tensione della corda.



### Problema n.2

Un satellite artificiale di massa  $m=300$  kg ruota intorno alla Terra su un'orbita circolare di raggio  $r=7.00 \cdot 10^4$  km. Determinare:

a) la velocità  $v$  con cui si muove il satellite e il suo periodo di rivoluzione;

b) l'energia meccanica del satellite.

Ad un certo punto, un'improvvisa esplosione divide il satellite in due frammenti A e B di masse  $m_A=(3/5)m$  e  $m_B=(2/5)m$ ; subito dopo l'esplosione i due frammenti si mantengono nel piano dell'orbita del satellite e le velocità  $\vec{v}_A$  e  $\vec{v}_B$  formano gli angoli  $\theta_A=30^\circ$  e  $\theta_B=-30^\circ$  con la velocità iniziale  $\vec{v}$  del satellite.

Determinare:

c) le velocità dei due frammenti;

d) di quanto cambia l'energia meccanica del satellite nell'esplosione.

### Problema n.3

Un gas ideale è contenuto nel volume  $V_A=40.00 \text{ dm}^3$  alla pressione  $p_A=1.00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  e alla temperatura  $T_A=300.0 \text{ K}$ . Con una compressione isoterma reversibile il gas raggiunge lo stato B con volume  $V_B=(1/3)V_A$ ; durante tale trasformazione il gas compie un lavoro  $L_{AB}=-4.394 \cdot 10^3 \text{ J}$ . Poi, tramite un'isocora reversibile raggiunge lo stato C a temperatura  $T_C=600 \text{ K}$ . Successivamente, in modo adiabatico irreversibile, il gas viene portato nello stato D con volume  $V_D=V_A$  e temperatura  $T_D>T_A$ : in questa espansione il gas compie il lavoro  $L_{CD}=5.894 \cdot 10^3 \text{ J}$ . Infine, con un'isocora reversibile il gas torna allo stato iniziale A. Sapendo che il rendimento del ciclo è  $\eta=0.150$ , determinare:

- i calori  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$  e  $Q_{DA}$ ;
- se il gas è monoatomico o biatomico;
- il valore di  $T_D$ ;
- la variazione di entropia  $\Delta S_{CD}$ .

#### **Problema n.4**

A un corpo allo stato solido di massa  $m=2 \text{ kg}$  e alla temperatura iniziale  $T_0=282.2 \text{ K}$ , viene ceduta una quantità di calore  $Q_1=15.5 \text{ kcal}$  e, corrispondentemente, la sua temperatura sale al valore  $T_1=317.2 \text{ K}$ . Adesso che il corpo è alla temperatura  $T_1$ , si sottrae ad esso la quantità di calore  $Q_2=7.9 \text{ kcal}$  e, corrispondentemente, la sua temperatura scende al valore  $T_2=302.2 \text{ K}$ . Se, invece, al corpo alla temperatura  $T_1$  si cede una quantità di calore  $Q<Q_2$  si osserva che la sua temperatura rimane costante al valore  $T_1$ . Nell'ipotesi che il calore specifico  $c$  del corpo sia indipendente dalla temperatura, calcolare  $c$  e il calore latente  $\lambda$  nella situazione descritta dal testo.

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

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

### Problema n.1

Un cilindro omogeneo di massa  $m=15.0$  kg e raggio  $r=15$  cm giace su un piano orizzontale scabro (coefficienti di attrito statico e dinamico rispettivamente,  $\mu_s=0.500$  e  $\mu_k=0.300$ ); sulla sua superficie è avvolta una fune ideale di spessore trascurabile che lo vincola a un supporto fisso. Una forza orizzontale  $\vec{F}$  viene applicata ortogonalmente al suo asse (vedi figura). Determinare:

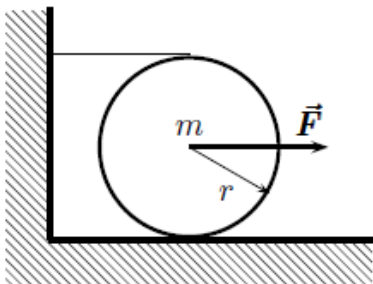
a)  $F_{\max}$ , la massima intensità di  $\vec{F}$  compatibile con lo stato di quiete.

Nel caso in cui  $F=2F_{\max}$  calcolare:

b) l'accelerazione del centro di massa del cilindro;

c) la tensione della fune.

[Si noti che in caso di moto, mentre il suo centro di massa si sposta verso destra, il cilindro ruoterà in verso antiorario. In queste condizioni, il punto di appoggio del cilindro con il piano sottostante scivola, mentre il punto alla sua sommità è istantaneamente fermo]



### Problema n.2

Un satellite di massa  $m=200$  kg percorre un'orbita circolare intorno alla Terra. Sapendo che il satellite impiega 2 giorni a percorrere un'orbita completa, determinare:

a) il raggio  $r$  dell'orbita e l'energia meccanica del satellite.

In seguito, accendendo il propulsore per pochi istanti, la velocità del satellite viene dimezzata e, conseguentemente, il satellite inizia a percorrere un'orbita ellittica. Determinare:

b) le distanze dal centro della Terra dei vertici dell'orbita ellittica;

c) le velocità del satellite negli stessi vertici.

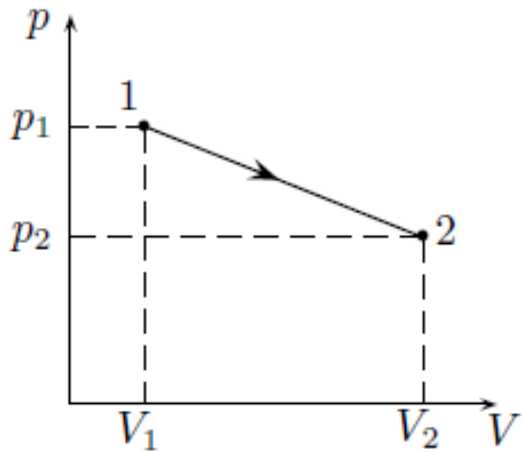
[Suggerimenti: 1) i vertici dell'orbita ellittica corrispondono ai punti dove il satellite ha rispettivamente velocità massima e minima; 2) Dato che il propulsore opera per pochi istanti, allora la distanza del primo vertice dell'ellisse corrisponderà al raggio della circonferenza]

### Problema n.3

Si abbiano  $n=2.50$  mol di un gas ideale biatomico inizialmente a pressione  $p_1=3.00$  atm e temperatura  $T_1=400$  K. A partire da tale stato, il gas segue l'espansione reversibile delineata in figura fino allo stato 2 in cui si ha  $p_2=(2/3)p_1$  e  $V_2=3V_1$ . Come si vede nel piano  $p$ - $V$  la trasformazione è rappresentata dal segmento rettilineo che unisce gli stati 1 e 2. Determinare:

a) il volume  $V_1$  e la temperatura  $T_2$ ;

- b) la variazione di energia interna del gas nella trasformazione da 1 a 2;
- c) il calore scambiato  $Q_{1,2}$ ;
- d) la variazione di entropia  $\Delta S_{1,2}$ .
- e) la temperatura massima  $T_{\max}$  raggiunta dal gas nella trasformazione.



**Problema n.4**

In un termostato di capacità termica trascurabile si uniscono le masse  $m_1=1$  kg di acqua alla temperatura  $T_1=80$  °C,  $m_2=100$  g di ghiaccio fondente e  $m_3=200$  g di ghiaccio alla temperatura  $T_3=-40$  °C. Si calcoli la temperatura finale  $T_F$  della miscela all'equilibrio termico.

[calore specifico del ghiaccio  $c^*=0.5$  kcal/kg °C, calore latente di fusione del ghiaccio  $\lambda_F=80$  kcal/kg]

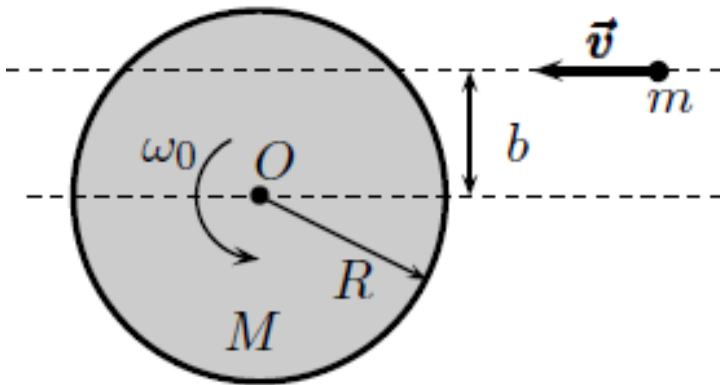
Prova completa, 2 ore a disposizione

**Problema n.1**

Un disco omogeneo di raggio  $R=50.0$  cm e di massa  $M=2.00$  kg ruota in un piano verticale attorno ad un asse passante per il suo centro  $O$  con velocità angolare costante  $\omega_0=1.50$  rad/s. Un proiettile di massa  $m=5.00$  g, che si muove su di una retta distante  $b=30.0$  cm da  $O$ , colpisce il disco alla velocità  $v=200$  m/s, restando conficcato sul bordo (si veda la figura).

Calcolare:

- il momento d'inerzia del sistema dopo l'urto;
- la velocità angolare del sistema dopo l'urto;
- l'energia meccanica dissipata nell'urto.



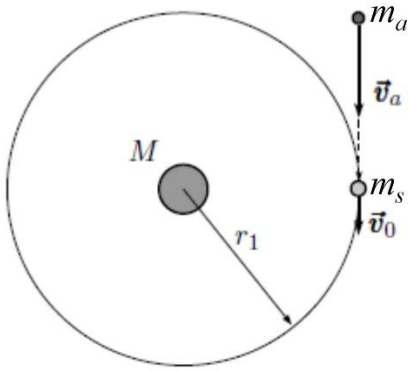
**Problema n.2**

Un satellite di massa  $m_s=1000$  kg ruota intorno alla Terra in un'orbita circolare di raggio  $r_1=1.5 \cdot 10^4$  km (vedi figura). Per il satellite, determinare:

- modulo  $v_0$  della sua velocità e modulo, direzione e verso (li si specifichi rispetto alla figura) del suo momento angolare rispetto al centro della Terra.

Ad un certo istante un'asteroide, di massa  $m_a=200$  kg, che si muove nel piano dell'orbita del satellite, lo colpisce in direzione parallela alla sua velocità (come mostrato in figura). Al momento dell'impatto con il satellite l'asteroide ha una velocità di modulo  $v_a=10v_0$ . Sapendo che la collisione tra i due è istantanea e perfettamente anelastica, determinare:

- la velocità  $v$  del corpo (satellite+asteroide) subito dopo la collisione e l'energia che viene dissipata nell'urto.
- Infine, pensando al moto del corpo (satellite+asteroide) dopo la collisione stabilire (giustificando la risposta) quale tipo di traiettoria (chiusa o aperta) esso seguirà.



### Problema n.3

Un gas ideale biatomico ( $n=10.0$  mol) segue il ciclo schematizzato in figura dove le trasformazioni  $1 \rightarrow 2$  e  $2 \rightarrow 3$  sono rispettivamente un'isobara e un'isocora entrambe reversibili; invece la trasformazione  $3 \rightarrow 1$  è un'adiabatica irreversibile. I volumi degli stati 1 e 2 sono rispettivamente  $V_1=125 \text{ dm}^3$  e  $V_2=3V_1$ ; la pressione degli stati 1 e 2 è pari a  $p_1=2.00 \text{ atm}$ . La temperatura dello stato 3 è  $T_3=T_1/2$ .

- Determinare le temperature  $T_1$  e  $T_2$  degli stati 1 e 2;
- Determinare i calori scambiati,  $Q_{12}$  e  $Q_{23}$ , e le variazioni di entropia,  $\Delta S_{12}$  e  $\Delta S_{23}$ , del gas nelle trasformazioni  $1 \rightarrow 2$  e  $2 \rightarrow 3$ ;
- Determinare il rendimento del ciclo.

