

## Settore di Ingegneria

### Prova di Fisica

- Un recipiente cilindrico di sezione  $S=200 \text{ cm}^2$  e altezza  $L=76 \text{ cm}$ , contiene  $n$  moli di un gas perfetto, separate dall'atmosfera mediante un setto di massa e spessore trascurabili, libero di scorrere con attrito trascurabile. Le pareti del cilindro sono permeabili al calore e la temperatura dell'ambiente esterno è costante e pari a  $20^\circ\text{C}$ . inizialmente il gas occupa metà del recipiente.

La pressione dell'ambiente esterno è di 1 Atmosfera.

- 1) Quante moli di gas sono contenute nel recipiente?

Si versa nella parte superiore del recipiente del mercurio:

l'operazione è eseguita molto lentamente e termina quando il recipiente è completamente colmo.

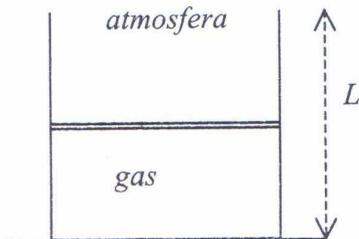
- 2) Qual è la massa di mercurio contenuta alla fine nel recipiente?

- 3) Durante l'operazione il gas ha scambiato calore con l'esterno?

In caso affermativo calcolare la quantità di calore scambiata.

Dati: per la densità del mercurio si assuma il valore  $\rho = 13,6 \text{ g/cm}^3$

per la costante universale dei gas si assuma il valore  $R = 8,31 \text{ J/(K mole)}$



- Si consideri il sistema di figura. Un recipiente contenete acqua viene spinto verso l'alto, mediante un'opportuna forza, con accelerazione costante  $\vec{A}$ , di modulo pari ad un quarto dell'accelerazione di gravità. All'interno del recipiente si trova una sferetta di volume  $V = 4 \text{ cm}^3$  e densità sconosciuta  $\rho$ , collegata al fondo del recipiente mediante un filo inestensibile di massa trascurabile.

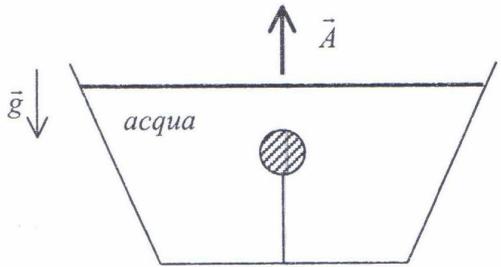
Sappiamo che la tensione del filo, durante il moto del recipiente, vale  $4 \cdot 10^{-2} N$

1) Quanto vale la densità della sferetta?

Ad un certo istante il filo si spezza.

2) Se l'accelerazione del recipiente rimane invariata, calcolare l'accelerazione della sferetta relativa al recipiente subito dopo la rottura del filo.

(assumiamo che la densità dell'acqua sia esattamente  $1 g/cm^3$ )



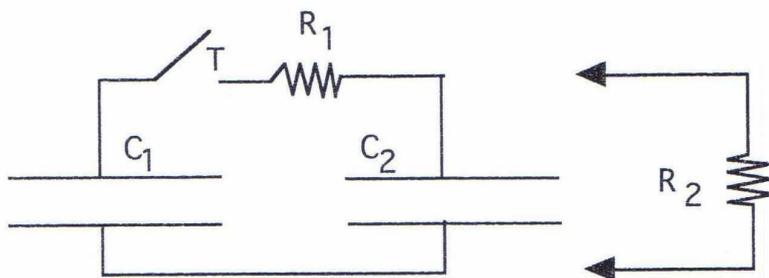
- Due satelliti artificiali identici, ciascuno di massa  $1000 kg$ , si muovono su orbite circolari coplanari. Il raggio dell'orbita del primo satellite è di  $10000 km$ . L'orbita del secondo satellite ha un raggio di  $10 km$  inferiore a quella del primo e un filo inestensibile di lunghezza  $10 km$  e massa trascurabile è teso tra i due satelliti. I due satelliti restano sempre allineati col centro della Terra, intorno alla quale ruotano con la stessa velocità angolare. Durante il moto i satelliti non fanno uso di motori.

Determinare:

- 1) il periodo di rotazione dei satelliti intorno alla Terra;
- 2) la tensione del filo.

Dati: la costante di gravitazione universale vale  $6,67 \cdot 10^{-11} kg^{-1} m^3 s^{-2}$ ; per la massa della terra si assuma il valore  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} kg$ .

- Due condensatori di capacità  $C_1 = 10 pF$  e  $C_2 = 20 pF$  sono collegati attraverso un tasto  $T$  e un resistore di resistenza  $R_1 = 100 \Omega$  come mostrato in figura.



Inizialmente il tasto  $T$  è aperto come in figura ed entrambi i condensatori sono scarichi. Le due armature del condensatore  $C_1$  vengono, quindi, collegate ad una batteria di f.e.m.  $V_0 = 4,5 \text{ V}$ , in modo che il polo positivo della batteria risulti collegato con l'armatura superiore del condensatore  $C_1$ ; la batteria viene successivamente rimossa. Dopodiché il tasto  $T$  viene chiuso e si attende che il sistema raggiunga una condizione di equilibrio.

1) Si trovino i valori delle cariche elettriche  $Q_1$  e  $Q_2$  presenti sulle armature superiori dei due condensatori all'equilibrio.

Ad equilibrio raggiunto, ad un dato tempo  $t_0$ , le armature di  $C_2$  vengono collegate con un resistore di resistenza  $R_2 = 30 \Omega$  (vedi figura). I

2) Si trovino i valori delle correnti elettriche che attraversano i resistori  $R_1$  e  $R_2$  all'istante immediatamente successivo a  $t_0$ .

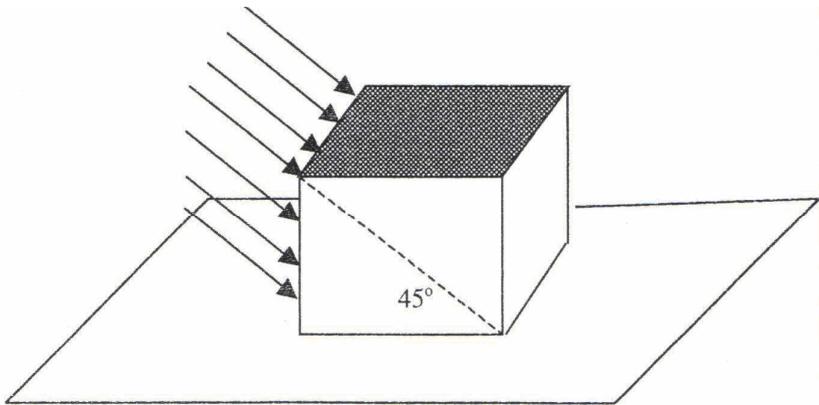
3) Si trovino i valori delle cariche che si dispongono sulle armature dei due condensatori quando viene raggiunta la nuova condizione di equilibrio e si dica quale è il lavoro totale Joule che viene fatto nelle resistenze nell'intero transitorio successivo all'istante  $t_0$ .

- Un cubo di vetro di lato  $\ell = 5 \text{ cm}$  è appoggiato su un piano orizzontale che assorbe perfettamente la luce. Le pareti del cubo sono perfettamente trasparenti ed eccezione della parete superiore che è completamente annerita. Un fascio parallelo di

luce incide sul cubo e sul piano con angolo di  $45^\circ$  rispetto alla verticale.

(L'orientazione del cubo è tale che la luce ha incidenza radente su una coppia di facce verticali del cubo).

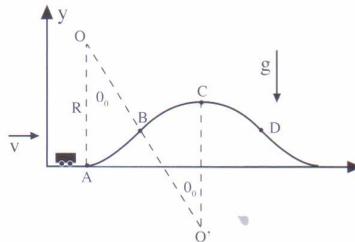
Ricordando le leggi della riflessione e della rifrazione ricavare l'area della superficie del piano non raggiunta da alcun raggio. (si assuma che l'indice di rifrazione del vetro valga esattamente  $\sqrt{2}$ ).



- Una automobile di massa totale  $m$  viaggia lungo una strada nel verso indicato in figura con velocità  $v$ ; il modulo della velocità viene mantenuto costante.

Ad un dato istante l'automobile inizia a salire su un ampio dosso la cui parte superiore, dal punto B al punto D, è un profilo circolare di raggio  $R = 100$  m e centro in  $O'$  con concavità rivolta verso il basso come mostrato in figura; l'arco BC sottende un angolo al centro

$\theta_0 = 30^\circ$ . Il tratto da A a B è anch'esso circolare di raggio  $R$  ma con concavità rivolta verso l'alto e centro in  $O$ ; l'arco AB sottende un angolo al centro  $\theta_0 = 30^\circ$ . Si supponga che le dimensioni dell'automobile siano trascurabili (approssimazione di un corpo puntiforme) e si consideri che la forza di reazione esercitata dal dosso sulla macchina, normale al profilo, non può mai essere attrattiva.

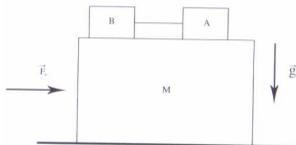


(a) Si dica se l'automobile si può staccare dal terreno nel percorso compreso fra i punti A e B in figura.

(b) Si dica quale è la massima velocità  $v_{max}$  che può avere la macchina se si vuole che essa non si stacchi mai dal terreno.

(c) Se la velocità della macchina è  $v = 1.2 v_{max}$ , in quale punto si stacca dal terreno e a quale altezza massima arriva dopo essersi staccata dal terreno?

- Si consideri il sistema di figura. Un blocco di massa  $M = 0,6$  kg può scorrere con attrito trascurabile su una guida orizzontale. Sul blocco sono posti due corpi, A e B, di uguale massa  $m = 0,3$  kg, collegati tra loro mediante un filo inestensibile e di massa trascurabile. C'è attrito tra il blocco e il corpo A mentre il corpo B può scorrere sul blocco senza attrito. Sia  $\mu_s = 0,83$  il coefficiente di attrito statico e  $\mu_d = (2/3) \mu_s$  il coefficiente di attrito dinamico. Si esercita una forza  $F_a$  blocco, diretta orizzontalmente.



(a) Si calcoli il massimo modulo che può avere la forza affinché i due corpi rimangano in quiete rispetto al blocco.

Supponiamo che il modulo della forza sia la metà di quello calcolato nella domanda precedente e che il sistema si trovi nella configurazione della figura

(b) Quanto vale la forza di attrito esercitata dal blocco sul corpo A? Quanto vale la tensione del filo?

Supponiamo invece che il modulo della forza sia il doppio di quello calcolato nella prima domanda e che il sistema si trovi nella configurazione della figura .

(c) Quanto vale l'accelerazione assoluta del corpo A? Quanto vale l'accelerazione del corpo A relativamente al blocco? Quanto vale la tensione del filo?

- Un recipiente cilindrico di sezione  $S$  e lunghezza  $L = 1\text{ m}$  è fissato su un piano orizzontale come in figura. Il recipiente è diviso in due parti da un setto di spessore trascurabile, collegato ad una parete del cilindro mediante una molla ideale di costante elastica  $k$  e lunghezza di riposo uguale a  $L/2$ . Nella parte destra del cilindro c'è il vuoto mentre la parte sinistra contiene  $n = 0,5$  moli di un gas biatomico che può essere considerato perfetto. Le pareti del recipiente sono impermeabili al calore, come il setto e la molla, hanno capacità termica trascurabile. Inizialmente la molla è lunga  $L/3$  e il sistema è in equilibrio alla temperatura  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ .

(a) Si calcoli la costante elastica della molla.

Ad un certo istante si produce un piccolo foro nel setto e il sistema raggiunge, dopo un certo tempo, un nuovo stato di equilibrio.

(b) Si calcoli la temperatura finale del sistema. (Si ricorda che la costante dei gas vale  $R = 8,31\text{ J}/^\circ\text{C mole}$ )



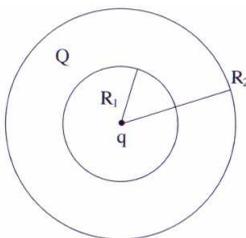
- Una sfera conduttrice cava che ha raggio interno  $R_1$  e raggio esterno  $R_2$  è caricata con una carica elettrica  $Q = 3\text{ nC}$ .

Una carica puntiforme  $q = 2 \text{ nC}$  si trova nel vuoto al centro della sfera.

(a) Si calcolino le cariche elettriche  $Q_1$  e  $Q_2$  che si dispongono all'equilibrio sulle due superfici della sfera cava.

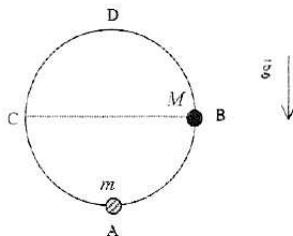
(b) Si trovi la forza totale esercitata dalla carica puntiforme sul conduttore.

(c) Si dica che la posizione della carica puntiforme al centro della sfera è una posizione di equilibrio e, in caso affermativo, si dica se è equilibrio stabile, instabile o indifferente. Le risposte ad entrambi questi quesiti devono essere adeguatamente giustificate



- Due palline di masse  $m$  e  $M=3m$ , di dimensioni trascurabili, sono inanellate in una guida circolare di raggio  $r = 50 \text{ cm}$ , fissata in un piano verticale. L'attrito tra le palline e la guida è trascurabile.

Inizialmente la pallina di massa  $M$  viene abbandonata con velocità nulla nel punto **B** mentre la pallina di massa  $m$  si trova in quiete nel punto **A** (vedi figura).



L'urto tra le due palline ha durata trascurabile ed è perfettamente elastico.

(a) Qual è l'accelerazione della pallina di massa  $m$  subito dopo l'urto?

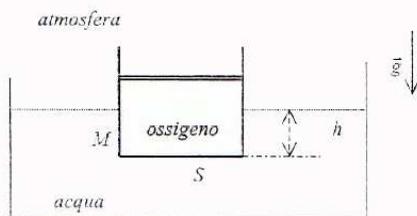
(b) Nell'istante in cui la pallina di massa  $m$  raggiunge per la prima volta il punto **C**,

b1.) quanto vale la sua velocità?

b2.) quanto vale la reazione esercitata su di essa dalla guida?

(c) È possibile che, prima del successivo urto, la pallina di massa  $m$  raggiunga la sommità della guida (punto **D**)? In caso affermativo, quanto vale la reazione esercitata dalla guida sulla pallina nel punto **D**?

- All'interno di un grande recipiente contenente acqua galleggia un cilindro di sezione  $S = 200 \text{ cm}^2$  e di massa  $M = 10 \text{ kg}$ . Il cilindro contiene  $n = 0,2$  moli di ossigeno (che possiamo considerare un gas perfetto biatomico) ed è chiuso superiormente da un pistone di massa trascurabile, libero di scorrere senza attrito. Il cilindro, le cui pareti sono permeabili al calore, si trova inizialmente in equilibrio alla temperatura dell'ambiente esterno  $T_0 = 200 \text{ C}$ . Il pistone e le pareti del cilindro hanno spessore e capacità termica trascurabili.



(a) Quanto vale la distanza  $h$  tra il fondo del cilindro e il pelo libero dell'acqua?

Supponiamo che la temperatura esterna aumenti lentamente fino a raggiungere il valore  $T = 25^\circ \text{ C}$ .

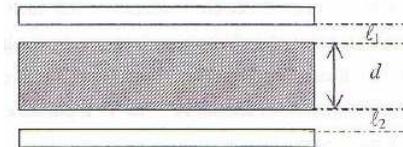
(b) Il dislivello tra il fondo del cilindro e il pelo libero dell'acqua, nello stato finale di equilibrio, è uguale, maggiore o minore del dislivello iniziale?

(c) Il volume finale del gas è diverso dal volume iniziale? In caso affermativo si calcoli il nuovo valore del volume.

(d) Il gas ha scambiato calore con l'ambiente esterno durante la trasformazione? In caso affermativo si calcoli il calore scambiato.

Nota: per la costante dei gas si utilizzi  $R = 8,31 \text{ J/K mole}$ ; per la pressione atmosferica si utilizzi il valore approssimato  $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ N/m}^2$ .

- Fra le armature di un condensatore a facce piane e parallele di sezione  $S = 103 \text{ cm}^2$  è inserita una lastra conduttrice di spessore  $d = 2 \text{ mm}$ , disposta parallelamente alle armature del condensatore e distante  $l_1 = 1 \text{ mm}$  da esse (vedi figura).



Si supponga che gli effetti del bordo siano trascurabili.

(a) Se la differenza di potenziale ai capi delle armature è 1000 volt, si calcoli la capacità del condensatore (con la lastra conduttrice inserita).

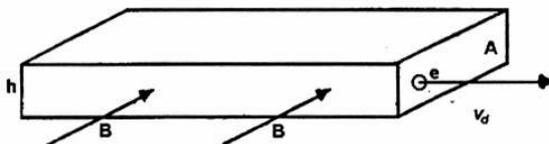
(b) Supponiamo ora di aver caricato il condensatore alla differenza di potenziale  $V = 103 \text{ volt}$  e di aver successivamente sconnesso il condensatore dal generatore. Si calcoli il lavoro necessario per rimuovere la lastra conduttrice dall'interno del condensatore, trascurando la resistività della lastra e delle armature del condensatore.

(c) Si discuta brevemente e qualitativamente come cambierebbe la risposta alla domanda (b) se si tenesse conto della resistività; si dica in particolare se il lavoro necessario per estrarre la lastra sarebbe maggiore, minore o eguale a quello calcolato in precedenza, giustificando la risposta.

- Per svuotare uno scantinato dall'acqua piovana viene impiegata una pompa che riesce a spingere 5 litri/s di acqua, attraverso una manichetta di 2 cm di diametro, fino al piano della strada che si trova a 5 m sopra il pelo dell'acqua.

Quale potenza sta sviluppando la pompa?

- Nel salto con l'asta, il saltatore prende la rincorsa e, raggiunta la massima velocità  $v$ , conficca l'asta nel terreno. L'asta è elastica; prima si piega, poi si distende di nuovo e, quando si trova completamente distesa in posizione verticale, il saltatore la lascia per superare l'asticella nel modo migliore. Utilizzando qualche dato di cui siete a conoscenza, stimate l'altezza massima che ritenete possa essere superata.
- La velocità minima  $v_F$  con cui si deve lanciare dalla terra un proiettile perché si allontani indefinitamente è chiamata velocità di fuga.
  - (a) Perché  $v_F$  non dipende dalla massa del proiettile?
  - (b) Sapendo che  $v_F = 11 \text{ Km/s}$ , quale deve essere la velocità  $v$  di un satellite artificiale perché percorra un'orbita circolare ad una altezza molto piccola rispetto al raggio terrestre  $R$ ? (Si assuma la terra come sferica).
  - (c) L'accelerazione di gravità sulla superficie terrestre vale circa  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Utilizzando solamente i dati numerici di  $v_F$  e di  $g$ , si ricavi il raggio terrestre  $R$ .
- Una motrice di massa  $m$  deve rimorchiare un carrello carico che ha una massa complessiva  $M = 100$  tonnellate. Fra le ruote del convoglio ed il terreno c'è attrito ed il coefficiente di attrito statico è  $\mu = 0.55$ . Perché il convoglio possa mettersi in moto con una accelerazione minima  $a = 0.5 \text{ m/s}^2$  quale deve essere il minimo valore della massa  $m$  della motrice? L'accelerazione di gravità è supposta nota:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- In una lamina metallica di sezione  $A$  e altezza  $h$  passa una corrente elettrica costante da destra verso sinistra.



L'intensità di corrente è  $I$  ed è dovuta al moto di elettroni di conduzione (carica  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb) che si muovono da sinistra verso destra (in numero di  $n$  per metro cubo) con una velocità di deriva  $v_d$ .

(a) Scrivere l'espressione che lega  $I$  con  $n$ ,  $e$ ,  $v_d$  ed  $A$ .

(b) Usando il risultato (a) e sapendo che  $A = 1 \text{ mm}^2$  un filo di sezione dello stesso metallo può trasportare una corrente  $I = 10$  Ampere, si stimi l'ordine di grandezza di  $v_d$  (si consideri un metallo con un elettrone di conduzione per ogni atomo).

(c) Se nelle condizioni descritte, si immerge la lamina in un campo magnetico uniforme  $B$  come in figura, si osserva che la faccia superiore si carica positivamente e quella inferiore negativamente finché si instaura una differenza di potenziale  $\Delta V = v_d \cdot B \cdot h$ .

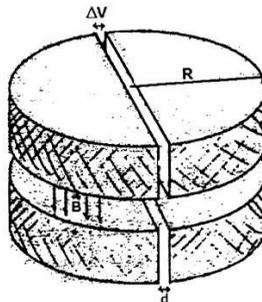
Spiegare almeno qualitativamente questo risultato sperimentale.

- Il ciclotrone è stato una delle prime macchine acceleratrici di particelle. Si può schematizzarlo come due elettrodi a semicerchio separati da una piccola distanza  $d$  (vedi figura). A loro volta gli elettrodi sono sagomati in due parti verticalmente in modo da lasciare una cavità all'interno dove le particelle possono muoversi in un campo di induzione magnetica  $B$  uniforme e diretto perpendicolarmente al piano dell'acceleratore.

[Il candidato ricordi che una particella di carica  $q$  e velocità  $v$  è soggetta, in un campo di induzione magnetica  $B$ , a una forza  $F$  data da  $F = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ ].

Le particelle sono accelerate da una differenza di potenziale  $\Delta V$  di segno alternato e di opportuna frequenza, applicata tra gli elettrodi.

Una particella alfa di carica elettrica  $q$  e massa  $m$  viene fatta



partire dal centro dell'acceleratore con velocità iniziale nulla.

(a) Si determini la frequenza di applicazione di  $\Delta V$  per cui la particella sia accelerata. Supponendo che la particella esca dall'acceleratore quando il raggio della sua orbita è eguale al raggio del ciclotrone.

(b) Si determini l'energia massima raggiunta dalla particella e il tempo necessario a raggiungerla.

*Dati:*

- ♦ campo di induzione magnetica  $B = 1 \text{ Wb}/m^2$
- ♦ ciclotrone  $R = 1 \text{ m}$
- ♦ differenza di potenziale  $\Delta V = 1000V$
- ♦ alfa  $m = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$
- ♦ carica elettrica particella alfa  $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- In un recente esperimento spaziale era previsto che un satellite venisse lanciato dalla navetta spaziale restando collegato ad essa attraverso un filo flessibile ed inestensibile della lunghezza di 20 Km in modo da orbitare esternamente. Si assuma che la navetta spaziale orbiti ad una quota di e che la massa del satellite (500 Kg) sia molto più piccola di quella della navetta. Si determini:

(a) Il periodo di rotazione del sistema navetta più satellite attorno alla terra.

(b) La tensione a cui è sottoposto il filo di collegamento.

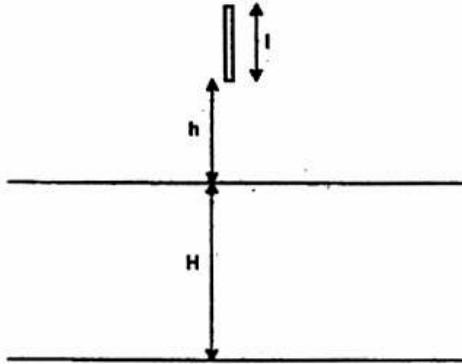
*Dati:*

- ♦ costante di gravitazione  $GN = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kg} \cdot \text{s}^2$
- ♦ raggio terrestre 6400 Km
- ♦ massa della terra  $6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$

- Una sbarra di alluminio di lunghezza  $l$  e sezione  $S$  viene fatta cadere da un'altezza  $h$  sopra la superficie del mare (vedi figura). Supponendo che continui a cadere verticalmente anche nell'acqua, si determini la velocità con cui la sbarra tocca il fondo a una profondità  $H$  (Si trascuri la forza dell'attrito dell'acqua e dell'aria e la forza impulsiva all'impatto).

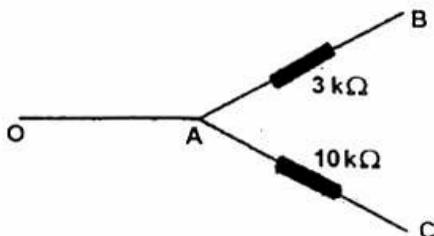
Dati:

- ♦  $l = 50 \text{ cm}$ ,  $h = 1.5 \text{ m}$ ,  $H = 3 \text{ m}$
- ♦ densità dell'acqua  $\rho_1 = 1.03 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$
- ♦ accelerazione di gravità  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$



- Un autoveicolo di massa totale  $1500 \text{ Kg}$ , che viaggia su un piano ad una velocità di  $20 \text{ m/s}$ , urta contro un albero. Se l'automobile si arresta completamente durante l'urto in  $0.03 \text{ s}$ , calcolare la forza media agente sull'auto durante l'urto e paragonare la sua grandezza al peso dell'auto stessa. Quanto vale la forza media che le cinture di sicurezza, che tengono il guidatore ancorato all'auto, esercitano sul guidatore stesso la cui massa è  $m = 75 \text{ Kg}$ ?
- La cascata Vittoria in Africa è alta  $122 \text{ m}$ . Si osserva che l'acqua, dopo il salto, ha subito un aumento di temperatura  $\Delta T$ . Si spieghi il perché di questo aumento e si dia una stima del  $\Delta T$  stesso. Si discutano brevemente le approssimazioni fatte.
- Nella sezione di circuito in corrente continua mostrato in figura si supponga noto che la potenza dissipata nel carico resistivo di  $10 \text{ K}\Omega$  sia di  $40 \text{ mW}$ . Si conosce anche la differenza di potenziale  $V_{BA} = 6 \text{ V}$ . Cosa si può dire circa il

valore della corrente  $I$  che circola nel conduttore OA e circa la differenza di potenziale  $V_{BC}$  ?

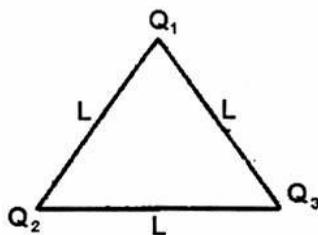


- Un treno, passando a velocità costante  $v$  davanti ad un osservatore, emette un fischio continuo. L'osservatore misura una frequenza del suono  $f = 1$  KHz quando il treno si avvicina, ed una frequenza  $f'$  che differisce del 10% da  $f$ , quando il treno si allontana.
  - (a)  $f'$  è maggiore o minore di  $f$  ?
  - (b) Quanto vale  $v$  ?

La velocità del suono nell'aria è  $c = 330$  m/s

- Calcolare il lavoro necessario per costruire il sistema di cariche mostrato in figura.

$$Q_1 = q, Q_2 = 2q, Q_3 = -2q.$$



- Un'astronave è parcheggiata in un'orbita equatoriale geostazionaria (l'astronave è cioè in posizione fissa rispetto alla terra). Accesi i propulsori l'astronave si sposta su

un'orbita circolare più alta di raggio doppio del precedente dove, spenti i motori, rimane in parcheggio.

- (a) Si discuta se la seconda orbita dell'astronave possa essere geostazionaria.
  - (b) Si calcoli il lavoro fatto dai propulsori per questo spostamento di orbita, esprimendo i risultati in termini di  $M$  (massa della terra),  $m$  (massa dell'astronave),  $\omega$  (velocità angolare di rotazione della terra intorno al proprio asse),  $G$  (costante gravitazionale).
- Due automobili di masse rispettivamente  $m_1 = 500$  Kg e  $m_2 = 1000$  Kg percorrono in versi opposti una strada rettilinea con velocità di modulo costante ( $v_1 = 30$  m/s e  $v_2 = 30$  m/s) fino a scontrarsi frontalmente. L'urto è completamente anelastico, cioè le due automobili restano unite dopo l'urto.



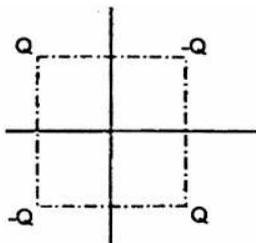
- (a) Si calcoli la velocità finale e la quantità di energia dissipata nell'urto.
  - (b) Quali forze agiscono su ciascuna delle due automobili prima dell'urto, durante l'urto e dopo l'urto?
- Un uomo trascina a velocità molto piccola ma costante una slitta di massa  $m = 50$  Kg lungo una salita di pendenza costante. Fra slitta e suolo vi è attrito e la forza di attrito vale  $F_a = 20$  N.
    - (a) Sapendo che la slitta viene trascinata per 100 m e che la quota finale è più alta di 10 m di quella iniziale, si calcoli il lavoro fatto dall'uomo.
    - (b) Raggiunta la quota finale, l'uomo lascia la presa e la slitta è libera di scendere verso il basso. Quale velocità avrà acquistato la slitta quando ripasserà per la quota iniziale?

- La formazione di un atomo di idrogeno può essere così schematizzata: un protone e un elettrone sono inizialmente molto distanti; nell'atomo formato l'elettrone è in rotazione a distanza  $0.53 \cdot 10^{-10}$  intorno al protone fermo.  
Calcolare (in valore e segno) il lavoro necessario per la realizzazione del processo, esprimendo il risultato in eV (elettronvolt).

*Dati:*

$$m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}; |q_e| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

- Quattro cariche puntiformi ( $Q, -Q, Q, -Q$ ) si trovano nello spazio vuoto ai vertici di un quadrato come in figura.

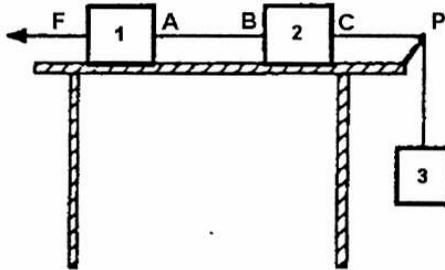


- Ricavare una espressione del potenziale elettrico per un punto P generico appartenente ad uno dei piani passanti per il centro del quadrato perpendicolari ai suoi lati; si spieghi il procedimento seguito.
  - Se una carica  $q$  è posta in quiete in un punto appartenente ad uno di tali piani, si trovino la direzione e il verso dell'accelerazione della carica appena abbandonata a se stessa.
- Supponendo che un litro di un gas leggero e non degradabile sia stato disperso nell'atmosfera e che sia trascorso un tempo sufficientemente lungo da poter ritenere le sue molecole diffuse ovunque nell'atmosfera stessa, si dia una stima del numero di queste molecole che mediamente inaliamo in una singola respirazione.

*Dati:*

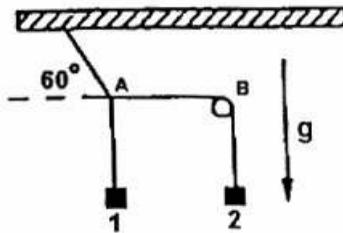
$$\text{numero di Avogadro } N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ moli}^{-1}$$

- Tre masse  $m_1 = 2m$ ,  $m_2 = m$  ed  $m_3 = m$  sono collegate con fili inestensibili di massa trascurabile come in figura: le masse  $m_1$  ed  $m_2$  giacciono su un piano orizzontale privo di attrito; il filo che connette  $m_2$  con  $m_3$  scorre sul perno fisso P anch'esso privo di attrito.



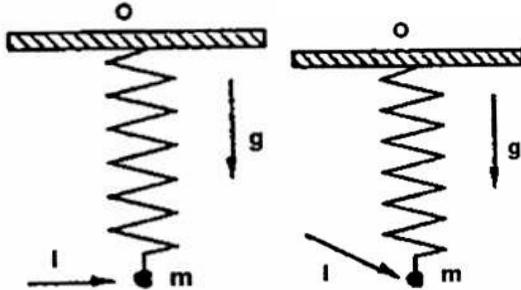
- Quale è il valore della forza  $F$  orizzontale da applicare alla massa  $m_1$  per mantenere il sistema in equilibrio? Qual è il valore delle forze esercitate dai fili nei punti A, B e C?
  - Se la forza  $F$  viene tolta, quale è l'accelerazione della massa  $m_2$ ? Quali sono le forze che agiscono sulla massa  $m_2$  e quali di queste compiono lavoro? Qual è il valore delle forze esercitate dai fili in A, B e C?
- Una ruota, schematizzabile come un disco omogeneo, è appoggiata sul terreno. Il coefficiente di attrito statico fra ruota e terreno è  $\mu_s = 0.8$ . Supponendo che una coppia di momento  $M$  sia applicata all'asse della ruota e che sulla ruota stessa non agiscano altre forze se non la forza peso e la reazione del terreno, si determini:
    - l'accelerazione massima  $A_{max}$ , che  $M$  può impartire alla ruota senza che ci sia strisciamento tra ruota e terreno;
    - supponendo che la coppia  $M$  venga istantaneamente soppressa una volta che la ruota, sempre senza strisciare, abbia raggiunto una velocità  $v$ , quale sarà il moto successivo della ruota?

- (c) Se, ancora successivamente, la ruota, nel suo moto, raggiunge un tratto di terreno ghiacciato ( $\mu_s = 0$ ), quale sarà il moto sul terreno ghiacciato?
- Due masse  $m_1$  ed  $m_2$  sono appese a fili inestensibili di massa trascurabile come in figura. I fili sono annodati nel punto A; il filo connesso con la massa  $m_1$  può scorrere senza attrito intorno al perno fisso B.



- Si calcoli il rapporto  $R = m_2/m_1$  fra le masse affinché il sistema possa rimanere in equilibrio come in figura.
  - Se, quando il sistema è in equilibrio, una massa addizionale  $m$  viene agganciata alla massa  $m_2$ , si dica quali saranno la direzione e il verso della accelerazione di  $m_2$  appena dopo l'aggancio.
  - Immaginando che il sistema si trovi sulla Luna, come cambierebbero le risposte ai quesiti precedenti? In particolare, con riferimento al quesito ii), cambierebbe il modulo dell'accelerazione di  $m_2$ ? Sarà maggiore, minore o uguale?
- Un corpo puntiforme di massa  $m = 100 \text{ g}$  è saldato ad un estremo di una molla ideale, di costante elastica  $K$  e lunghezza di riposo trascurabile. L'altro estremo della molla è fissato al punto O.

Inizialmente il punto materiale, che è sottoposto alla forza peso e alla forza elastica, è in equilibrio nel piano verticale.



Si esercita sul punto materiale, in un tempo trascurabile, un impulso  $I$ , diretto orizzontalmente di modulo  $I = 1 \text{ Kg m/s}$ .

- (a) Calcolare la massima distanza da  $O$  alla quale verrà a trovarsi il punto materiale, specificando la traiettoria descritta nel suo moto.
  - (b) Se l'impulso è esercitato a 30 gradi, rispetto alla direzione orizzontale, come in figura, si calcoli la quota minima raggiunta da  $m$  rispetto alla quota di  $O$ , specificando la traiettoria descritta da  $m$  nel suo moto.
- Proponete un metodo sperimentale per misurare il valore dell'equivalente meccanico della caloria avendo a disposizione:
    - (a) un recipiente di massa  $m=0.5 \text{ Kg}$ , di volume  $V=4$  litri, pieno di acqua
    - (b) un termometro avente una precisione di  $0.5^\circ\text{C}$ .
  - Un carrello con un cannone si muove con velocità  $v$ . La massa totale del carrello e del cannone è  $M$ , inoltre all'interno del cannone è inserito un proiettile di massa  $m = M/10$ . La bocca del cannone è orientata in modo da poter sparare il proiettile parallelamente, ed in verso concorde, a  $v$ . Ad un certo istante il cannone spara il proiettile che esce con una velocità, rispetto al carrello,  $20v$ . Quanto vale il vettore "velocità del carrello" dopo lo sparo?

- Una semisfera di raggio  $R = 30$  è fissata sulla superficie orizzontale di un tavolo. Una pallina viene posta sulla sommità della semisfera ed inizia a scivolare verso il basso.



- Supponendo che la pallina scivoli senza attrito, si trovi a quale altezza  $h$  dalla superficie del tavolo la pallina si stacca dalla semisfera. In questa domanda si tratti la pallina come un punto materiale che si sposta senza ruotare.
  - Nel caso in cui la pallina invece rotola senza strisciare, si dica se l'altezza per cui avviene il distacco è maggiore o minore di quella calcolata al punto (a).
- Una batteria di resistenza interna  $r$ , è in grado di erogare 0.2 Ampere/ora ad una tensione di 12 V. La batteria viene utilizzata da uno studente per cercare di misurare l'equivalente meccanico della caloria. Lo studente carica la batteria e la fa scaricare su una resistenza  $R = 10\Omega$ , che si trova immersa in acqua all'interno di un contenitore che isola completamente l'interno dall'ambiente esterno. La massa di acqua è  $M = 200$  g, mentre la massa della resistenza è trascurabile. La temperatura iniziale dell'acqua è  $T_i = 20^\circ\text{C}$ , quella finale è  $T_f = 29^\circ\text{C}$ , ed il fenomeno di scarica avviene in un tempo  $\Delta t = 11$  minuti.
    - Ricavare dai dati forniti un valore dell'equivalente meccanico della caloria e precisare le eventuali ipotesi fatte.
    - Secondo voi, quali sarebbero le principali complicazioni sperimentali se, invece di , si fosse effettuato l'esperimento usando:

$R = 10 \text{ K}\Omega$ ? E nel caso  $R = 10 \text{ M}\Omega$ ?

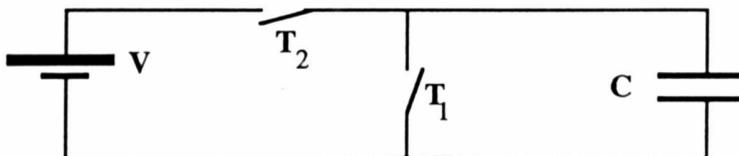
- Due automobili percorrono, una in verso orario e l'altra in verso antiorario, una strada circolare di raggio  $R$  ad una velocità  $v$ . Al tempo  $t = 0$  le due automobili sono agli estremi opposti del cerchio. Si calcolino i moduli della velocità e dell'accelerazione di una macchina misurati in un sistema di riferimento solidale col pilota dell'altra automobile ad un generico istante  $t$ .
- Una piastra conduttrice quadrata di spessore trascurabile e lato  $L = 1 \text{ m}$  giace in un piano  $xy$  con gli spigoli paralleli agli assi  $x$  ed  $y$ . Al tempo  $t = 0$  è presente sulla piastra una carica elettrica  $Q_0 = 1 \text{ }\mu\text{C}$  distribuita uniformemente. Un fascio di elettroni di massa  $m = 0.91 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}$  e carica  $-e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  proviene da grande distanza e si propaga lungo un asse parallelo all'asse  $x$  ed a distanza  $d = 1 \text{ cm}$  dalla piastra. L'intensità del fascio è  $I = 10^{10} \text{ elet./s}$ , mentre la velocità degli elettroni è  $v = 10^6 \text{ m/s}$ . In queste condizioni si osserva che gli elettroni vengono attratti dalla piastra finché, all'istante  $t$ , viene raggiunta una situazione di equilibrio in cui la carica elettrica della piastra resta costante e pari a  $Q$ .
  - (a) Si trovi il valore di  $Q$  della carica di equilibrio.
  - (b) Si trovi l'istante di tempo  $t$  in cui viene raggiunta la situazione di equilibrio.
  - (c) In condizioni di equilibrio si osserva che il fascio esce dalla regione del campo elettrico deviato di un angolo  $\theta$  rispetto alla traiettoria originaria. Si trovi il valore dell'angolo  $\theta$ .



- Un aereo, che viaggia ad una velocità  $V=900$  Km/h rispetto alla superficie terrestre, decolla da una città A (latitudine  $45^\circ$  Nord, longitudine  $15^\circ$  Est) ed atterra in una città B (latitudine  $45^\circ$  Nord, longitudine  $120^\circ$  Ovest).
  - (a) Quanto tempo impiega l'aereo a percorrere il tratto AB viaggiando lungo il parallelo?
  - (b) Quanto tempo impiega l'aereo a percorrere il tratto AB viaggiando lungo il percorso di minima distanza (naturalmente sulla superficie terrestre e non sottoterra...)?

Nota:  $R$ =raggio della Terra = 6378 km

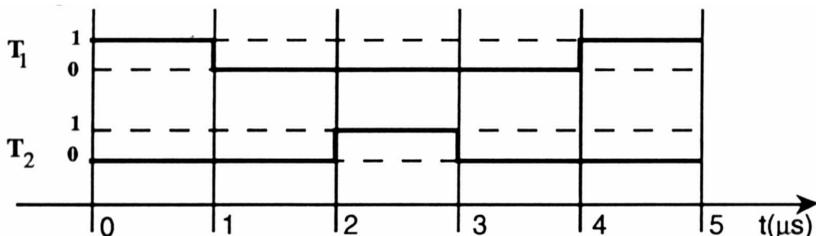
- Il tappo di una bottiglia si apre se all'interno la pressione è superiore di 1 atm rispetto all'esterno. La bottiglia ha una capacità di 1 litro. Uno studente mette, ad una temperatura  $T_1=27^\circ\text{C}$ , dell'acqua nella bottiglia, la tappa e poi la mette in un congelatore che porta la bottiglia ad una temperatura  $T_2=-23^\circ\text{C}$ . L'ambiente esterno alla bottiglia è, per ogni valore della temperatura sempre alla pressione  $P_0=1$  atm. Quale è il massimo volume di acqua che può essere inserito nella bottiglia, senza che il tappo salti? La densità del ghiaccio a  $-23^\circ\text{C}$  è 0,9 rispetto alla densità dell'acqua a  $27^\circ\text{C}$ ; l'aria può essere considerata un gas perfetto, e si consideri non dilatabile il materiale di cui è composta la bottiglia.
- Il circuito in figura è composto da un condensatore (capacità  $C=1\mu$  Farad), da una pila che eroga una d.d.p.  $V=2$ Volts e da due interruttori  $T_1$  e  $T_2$ .



Gli interruttori sono aperti e chiusi (0=aperto, 1=chiuso) secondo la seguente dipendenza temporale:

(a) Quanta energia è immagazzinata nel condensatore in funzione del tempo  $t$ ?

(b) Quanta energia eroga la pila fra 0 e  $5\mu\text{s}$ ?

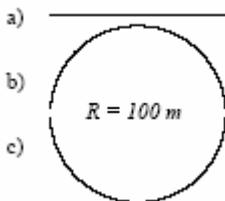


(c) Quanto e dove si potrebbero osservare delle scintille, sintomi di dissipazione istantanea di energia?

(d) Provate ad inventare un circuito, composto da due condensatori uguali di capacità  $C=1\mu\text{F}$ , da una pila che eroghi una ddp  $V=2$  Volts e da non più di 5 interruttori, che sia in grado di fornire, per alcuni istanti di tempo, una ddp di 4 Volts fra due suoi punti.

Disegnatene lo schema elettrico e fornite le sequenze temporali di apertura/chiusura degli interruttori.

- Si consideri un'automobile di massa  $m = 1000\text{Kg}$  in moto con velocità di modulo  $v = 10\text{m/s}$  costante nei tre casi:



- (a) rettilinea,  
 (b) l'automobile transita sulla cima di un dosso il cui profilo è descritto da un arco di circonferenza di raggio  $R = 100\text{m}$ ,  
 (c) l'automobile transita sul fondo di una cunetta il cui profilo è descritto da un arco di circonferenza di raggio  $R = 100\text{m}$ .

(1) Si calcoli la reazione della strada sulle ruote nei tre casi. La massa delle ruote è trascurabile rispetto alla massa dell'automobile. Il coefficiente di attrito statico fra le ruote e la strada ha valore  $\mu_s = 0,7$ .

(2) Si indichi, giustificando, su quale profilo si può ottenere la massima accelerazione tangente al profilo stesso.

*Si consideri adesso solo il caso (a).*

Ad un certo istante l'autista fa accelerare l'automobile alla massima accelerazione possibile per un intervallo di tempo  $T = 2s$  nel verso della velocità iniziale.

(3) Quale potenza sviluppa la forza di attrito?

(4) Quanto vale il lavoro prodotto nell'intervallo di tempo  $T$  dal motore?

(5) In quale istante il motore eroga la massima potenza? Si giustifichi la risposta.

- Una centrale termoelettrica a carbone, che fornisce una potenza di  $9 \cdot 10^8 \text{ W}$ , utilizza come fluido termodinamico vapore d'acqua surriscaldato immesso nelle turbine alla temperatura di  $550^\circ\text{C}$ . La centrale viene raffreddata con l'acqua di un fiume che entra nell'impianto alla temperatura di  $15^\circ\text{C}$ . Per motivi di salvaguardia ambientale l'incremento di temperatura dell'acqua non può essere superiore ai  $3^\circ\text{C}$ . Assumendo che il rendimento della centrale elettrica sia il 60% del massimo rendimento che le leggi della termodinamica consentono, si calcoli:

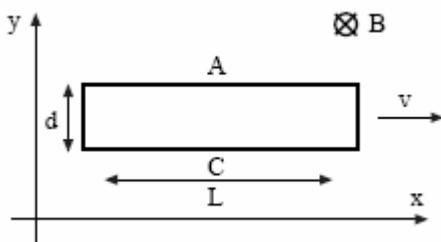
(a) la quantità di carbone che deve essere bruciata ogni ora,

(b) la minima portata del fiume (espressa in  $m^3/s$ ) che consente il funzionamento della centrale.

Il potere calorico del carbone è  $7500 \text{ kcal/kg}$ .

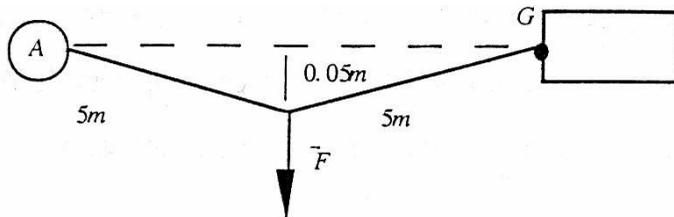
- Una piastrina di rame di forma quadrata ha lato  $L = 10 \text{ cm}$  molto maggiore del suo spessore  $d = 1 \text{ mm}$ . La piastrina si

trova a bordo di un aeroplano e viaggia con velocità  $v$  perpendicolarmente al campo di induzione magnetica terrestre  $B = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Wb} / \text{m}^2$ . A causa della presenza del campo magnetico, cariche elettriche di uguale intensità e di segno opposto si accumulano sulle superfici A e C della piastrina e, conseguentemente, fra queste superfici si crea una differenza di potenziale  $V = V_A - V_C$ . Dopo un tempo estremamente breve si raggiunge l'equilibrio e la differenza di potenziale raggiunge il valore costante nel tempo pari a  $V = +10 \mu\text{V}$ .



- Si dica quale forza spinge le cariche sulle superfici e perché dopo un certo tempo le cariche cessano di accumularsi. Dai dati del problema si determini la velocità con cui si muove l'aeroplano.
- Si mostri che, se l'aeroplano accelera con accelerazione  $a = 1 \text{ m} / \text{s}^2$ , si crea una corrente elettrica diretta lungo l'asse  $y$  e se ne calcoli il valore (per semplicità si trascurino gli effetti dielettrici nel rame, cioè si assuma che la costante dielettrica del rame sia quella del vuoto).

- Un'automobile finisce contro le ruote anteriori in un mucchio di neve. Il guidatore, in mancanza di soccorsi ha un'idea:



assicurato il cavo di traino al gancio posteriore  $G$ , lega l'altra estremità del cavo, lasciandolo leggermente allentato, ad un albero  $A$ .

Il guidatore tira trasversalmente il punto di mezzo del cavo con la massima forza  $F$  (800 N) che riesce ad esercitare. In definitiva si realizza la situazione che è schematizzata nel disegno (per chiarezza il disegno non è in scala).

Quale è l'intensità della forza che il cavo esercita sul gancio  $G$ ?

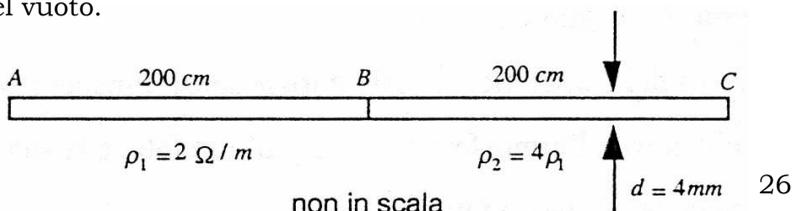
- Un blocco cubico di cemento di lato  $d = 2m$  e di densità  $\rho = 2000 \text{ kg m}^{-3}$  si trova su una chiatta che galleggia in mezzo ad uno stagno quadrato di lato  $l = 100 \text{ m}$ . Il blocco di cemento viene depositato, con una gru, montata sulla chiatta, sul fondo dello stagno.

(a) Il Livello dell'acqua dello stagno rimane costante durante l'immersione del blocco? Se il livello dell'acqua cambia, si calcoli la sua variazione:

$$\Delta h = h^{\text{finale}} - h^{\text{iniziale}}$$

(b) Se il blocco viene depositato (lentamente ed a velocità costante) con la gru sul fondo dello stagno, profondo in quel punto  $10m$ , si disegni in un grafico la tensione del cavo che sostiene il blocco in funzione della profondità a partire dalla posizione in cui il blocco inizia a immergersi. Quale lavoro ha fatto la tensione del cavo della gru nel depositare il blocco sul fondo dello stagno?

- Due fili rettilinei  $AB$  e  $BC$  di lunghezza  $200cm$ , diametro  $d = 4mm$  e resistività e rispettivamente  $\rho_1 = 2\Omega m$  e  $\rho_2 = 4\rho_1$ , sono a contratto  $B$  come in figura e formano un unico filo rettilineo. La differenza di potenzialità fra le superfici  $A$  e  $C$  dei fili è  $V_A - V_C = 10V$  e la permeabilità elettrica e magnetica dei fili è quella del vuoto.



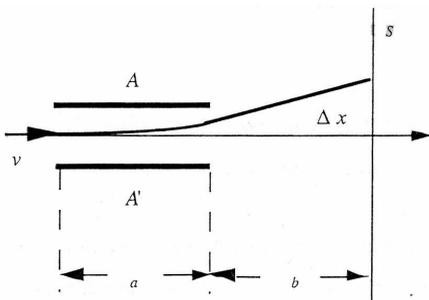
- (a) Si calcolino la differenza di potenziale  $V_A - V_B$  e la densità di corrente (misurata in  $A/m^2$ ) che attraversa il filo  $AB$  e il filo  $BC$ .
- (b) Si calcolino il campo elettrico  $E_{int}$  all'interno dei fili ed il campo d'induzione magnetica  $B_{est}$  generato nello spazio esterno in vicinanza dei fili.
- (c) Applicando i teoremi fondamentali dell'elettrostatica, si calcoli la carica che è presente sulla superficie di contatto  $B$  fra i fili.

Si trascurino gli effetti di bordo.

- Un fascio di particelle di carica  $Q$  positiva e massa  $m$  attraversa un condensatore piano con una velocità  $v$  piccola rispetto alla velocità della luce.

La differenza di potenzialità fra le due armature  $A$  e  $A'$  distanti  $h$  fra loro, è  $V$ .

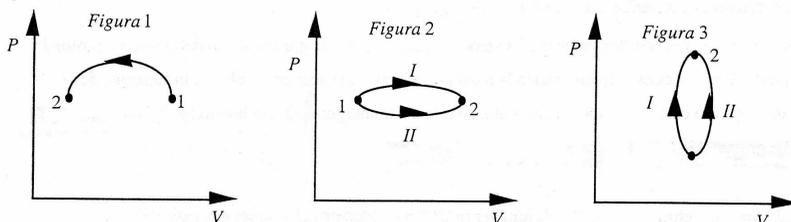
Un campo magnetico, perpendicolare sia al campo elettrico che alla velocità iniziale, è presente nella regione occupata dal condensatore.



- (a) Fissato il valore  $B$  del campo di induzione magnetica, si aggiusta  $V$  ad un valore di  $V_0$ , in modo che il fascio attraversi il condensatore senza subire alcuna deflessione. Quale è il valore  $v$  della velocità delle particelle del fascio?
- (b) Successivamente si sopprime il campo magnetico, lasciando inalterato il valore di  $V$ . Si osserva allora che la traccia del fascio sullo schermo  $S$  si sposta di  $\Delta x$ .

Conoscendo la lunghezza  $a$  del condensatore, la sua distanza  $b$  dallo schermo e trascurando gli effetti ai bordi, si determini la carica specifica  $Q/m$  delle particelle.

- I grafici che seguono rappresentano alcune trasformazioni di un gas ideale da uno stato di equilibrio 1 ad uno stato di equilibrio 2.
  - (a) Per il caso mostrato in figura 1, si dica se il gas riceve o cede calore.
  - (b) Per il caso mostrato in figura 2, si dica in quale delle due trasformazioni il gas riceve la maggiore quantità di calore.
  - (c) Per il caso mostrato in figura 3, si dica quale è il segno del lavoro compiuto dal gas nelle due trasformazioni ed in quale di esse il gas riceve la maggior quantità di calore.



**48)** L'atmosfera della terra è composta essenzialmente da molecole di azoto e ossigeno. Se la temperatura della superficie terrestre fosse sensibilmente maggiore di quella attuale (come in epoche remote della storia della terra), l'atmosfera sarebbe più rarefatta e la sua composizione sarebbe molto diversa.

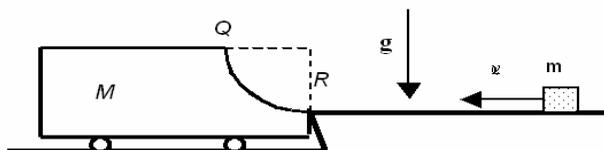
Si dia breve giustificazione di questo fatto.

*Costanti numeriche:*

- Costante elettrica del vuoto  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
- Permeabilità magnetica del vuoto  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tesla} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$

- Un blocchetto di massa  $m$  si sta muovendo lungo una guida rettilinea orizzontale priva di attrito con velocità  $\mathbf{V}_0$ . Il

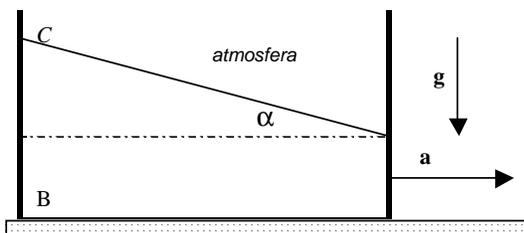
blocchetto, dopo essere scivolato lungo la guida, inizia a salire sul carrello di massa  $M=4m$  lungo un profilo circolare di raggio  $R$ . Il carrello, inizialmente a riposo nella posizione di figura, può scorrere su un piano orizzontale privo di attrito; anche la superficie del profilo è priva di attrito. Si osserva che ad un certo istante il blocchetto raggiunge il punto più alto  $Q$  del profilo e che, nel punto  $Q$ , in quell'istante, il blocchetto è a riposo rispetto al carrello.



- Si calcoli la velocità  $\mathbf{V}_0$  del blocchetto in funzione di  $m$  e di  $R$ .
- Si calcoli il lavoro della forza di reazione esercitata dal blocchetto sul carrello dall'istante in cui il blocchetto arriva sul carrello all'istante in cui giunge nel punto  $Q$ .
- Quanto vale la forza esercitata dal blocchetto sul carrello nell'istante in cui il blocchetto arriva nel punto  $Q$ ?

Nota: si assumano trascurabili le dimensioni del blocchetto

- Un recipiente a forma di parallelepipedo è mantenuto in moto rettilineo con accelerazione costante  $\mathbf{a}$  lungo un piano orizzontale. Il recipiente contiene un liquido che si trova in equilibrio relativo; il pelo libero del liquido forma un angolo  $\alpha$  con l'orizzontale. Sono noti:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $L = BC = 38$  cm,  $P_B$  (pressione del liquido all'interno del recipiente nel punto B) = 1,5 atm.

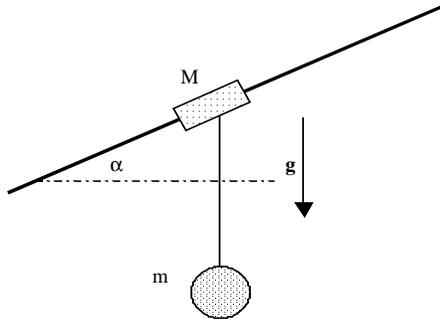


Si ricavi:

- (a) il valore dell'accelerazione  $\mathbf{a}$  ,
- (b) la densità del liquido contenuto nel recipiente

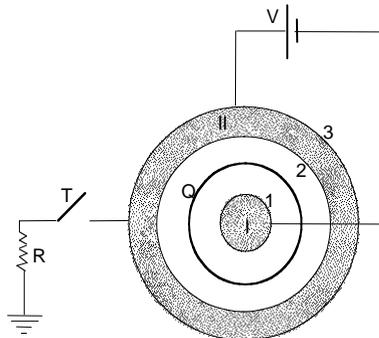
Nota: si assuma  $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$ .)

- Un blocco di massa  $M$  è vincolato a scorrere lungo una guida fissa inclinata di un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale. Una pallina di massa  $m$  è collegata al blocco mediante un filo inestensibile e di massa trascurabile. Tre studenti  $A$ ,  $B$  e  $C$ , osservano che, durante la discesa del sistema delle due masse, il filo si mantiene sempre verticale. Lo studente  $A$  conclude che, trascurando la resistenza dell'aria, c'è di sicuro attrito tra il blocco di massa  $M$  e la guida e sostiene inoltre di poter calcolare numericamente il coefficiente di attrito dinamico tra il blocco e la guida. Lo studente  $B$  è d'accordo con lo studente  $A$  per quanto riguarda la presenza di attrito tra il blocco e la guida ma sostiene che non è possibile calcolare il coefficiente di attrito non conoscendo i valori delle masse  $M$  e  $m$ . Lo studente  $C$  sostiene invece che, sempre trascurando la resistenza dell'aria, non può esserci attrito tra il blocco di massa  $M$  e la guida.  
Con quale dei tre studenti siete d'accordo?



(Giustificare con chiarezza il ragionamento seguito)

- La sfera conduttrice (I) di raggio  $a$  è posta all'interno e concentrica alla sfera conduttrice cava (II) di raggio interno  $4a$  e raggio esterno  $5a$ . Le due sfere sono inizialmente scariche. Su una superficie sferica isolante molto sottile di raggio  $2a$  è distribuita uniformemente una carica elettrica  $Q$ . Le sfere conduttrici vengono collegate con una batteria che fornisce una forza elettromotrice  $V$  fra il conduttore II ed il conduttore I.



- Si trovino i valori delle cariche elettriche  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$  che si distribuiscono sulle superfici 1, 2 e 3 dei conduttori in condizioni di equilibrio elettrostatico.
- Si calcoli il valore del potenziale elettrostatico  $V_{II}$  del conduttore II. Ad un dato istante, l'interruttore  $T$

viene chiuso e il conduttore II viene collegato a massa tramite la resistenza  $R$ .

- (c) Si trovi il valore della corrente elettrica  $I$  che fluisce attraverso la resistenza immediatamente dopo la chiusura dell'interruttore e la carica elettrica  $Q_3$  che si trova sulla superficie 3 quando viene raggiunto il nuovo equilibrio.