

Prova scritta di Fisica - 20 Aprile 1998

Studenti di CTF

1. Si calcoli il valore della massa del Sole, supponendo che la Terra compia delle orbite circolari attorno ad esso, conoscendo :
 - il raggio medio dell'orbita terrestre ($1.5 \cdot 10^8$ m);
 - il periodo di rivoluzione della Terra attorno al Sole (365 giorni);
 - la costante di gravitazione universale ($6.67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/Kg²).
2. Un blocco di metallo ha un peso apparente di 100 N nel vuoto, 60 N se immerso in acqua, 64 N se immerso in benzolo. Conoscendo la densità dell'acqua (1 g/cm³), determinare le densità del metallo e del benzolo e il volume del blocco.
3. Una centrale termoelettrica ideale opera seguendo un ciclo termodinamico con due sorgenti di calore. La centrale eroga una potenza effettiva di $2 \cdot 10^6$ W con un rendimento del 70%. La sorgente di calore a temperatura inferiore è costituita da una condotta d'acqua, la cui temperatura aumenta di un valore $\Delta T = 5$ C, dopo lo scambio di calore con la centrale. Si calcoli la portata della condotta.

Avvertenze :

- consegnare **unicamente** la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati.
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula **non** va indicata.

Si ricorda che questo scritto può essere utilizzato per sostenere l'orale fino al mese di dicembre 1998 incluso.

Prova scritta di Fisica - 20 Aprile 1998

1. Nel moto circolare uniforme, la forza centripeta (nel nostro

caso la forza gravitazionale del Sole) è funzione della velocità di rivoluzione v . Pertanto :

$$[a] \quad F = \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (m = m_{\text{Terra}}; \quad M = m_{\text{Sole}});$$

$$[b] \quad vT = 2\pi r \quad (T = 1 \text{ anno}).$$

$$[a] + [b] \quad M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2 \times (1.5 \times 10^{11})^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (3600 \times 24 \times 365)^2} = 2.01 \times 10^{30} \text{ Kg.}$$

[Il valore vero della massa del Sole è $M = 1.989 \times 10^{30} \text{ Kg}$, molto simile al nostro calcolo].

2. Nei tre casi considerati, il peso può essere espresso in funzione della forza di Archimede :

$$[a] \quad F_1 = V\rho_m g \quad (\rho_m = \text{densità del metallo});$$

$$[b] \quad F_2 = V(\rho_m - \rho_a)g \quad (\rho_a = \text{densità dell'acqua});$$

$$[c] \quad F_3 = V(\rho_m - \rho_b)g \quad (\rho_b = \text{densità del benzolo});$$

$$[a] + [b] \quad \frac{F_2}{F_1} = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_m} \quad \rho_m = \rho_a \frac{F_1}{F_1 - F_2} = 2.5 \text{ g/cm}^3;$$

$$[a] + [c] \quad \frac{F_3}{F_1} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_m} \quad \rho_b = \rho_m \frac{F_1 - F_3}{F_1} = 0.9 \text{ g/cm}^3;$$

$$V = \frac{F_1}{\rho_m g} = 0.00408 \text{ m}^3 = 4.08 \text{ dm}^3.$$

3. Dalla definizione di rendimento η , si può ricavare il valore del calore ceduto (Q_c), in funzione del lavoro (L), eliminando dalle formule il calore assorbito (Q_a).

$$\eta = \frac{L}{Q_a} = 1 - \frac{Q_c}{Q_a} \Rightarrow Q_a = \frac{L}{\eta} \Rightarrow Q_c = (1 - \eta) Q_a = L \frac{1 - \eta}{\eta};$$

$$[a] \quad Q_c = L \frac{1 - \eta}{\eta} = Wt \frac{1 - \eta}{\eta} \quad (\text{per ogni intervallo di tempo } t);$$

inoltre, il calore ceduto può essere espresso in funzione della variazione di temperatura di un certo volume di acqua, e quindi della portata P della condotta :

$$[b] \quad Q_c = mc\Delta T = \rho Vc\Delta T = \rho Ptc\Delta T;$$

$$[a] + [b] \quad P = \frac{W(1 - \eta)}{\eta \rho c \Delta T} = \frac{2 \times 10^8 \times (1 - 0.7)}{0.7 \times 10^3 \times 4.186 \times 10^3 \times 5} = 4.095 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Prova scritta di Fisica - 20 Luglio 1998

Studenti di CTF

1. Una fontana emette un getto d'acqua verso l'alto, da un ugello circolare di diametro 2 cm. La portata del condotto che alimenta la fontana è di 2 litri al secondo. Si calcoli :
 - a) l'altezza massima del getto;
 - b) il diametro del getto a metà dell'altezza massima.
2. Una certa quantità di He, in condizioni di gas perfetto, occupa un volume di 2 litri a 2 atmosfere, 30 °C. Il gas subisce, una dopo l'altra, le seguenti trasformazioni :
 - a) una isobara reversibile, che raddoppia il volume del gas;
 - b) una isocora reversibile, che raddoppia la pressione del gas;
 - c) una trasformazione non reversibile, che riporta il gas alle condizioni iniziali.Per ciascuna delle trasformazioni, si calcoli, ove possibile, il lavoro compiuto dal gas e la variazione di entropia.
3. Una sferetta carica, di massa 2 g e carica $5 \cdot 10^{-4}$ C, si muove alla velocità di 500 m/s all'interno di un condensatore piano, che produce un campo elettrico di 1000V/m, ortogonale alla velocità della sferetta. È inoltre presente un campo magnetico costante, tale che la sferetta si muove di moto rettilineo uniforme. Si calcoli:
 - a) il valore (modulo, direzione e verso) del campo magnetico;
 - b) l'accelerazione (modulo, direzione e verso) impressa ad una seconda sferetta, identica alla prima, che si muove nella stessa direzione alla velocità di 200 m/s.[N.B. nella soluzione, si ignori la presenza della forza di gravità].

Avvertenze :

- consegnare **unicamente** la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati.
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula **non** va indicata.

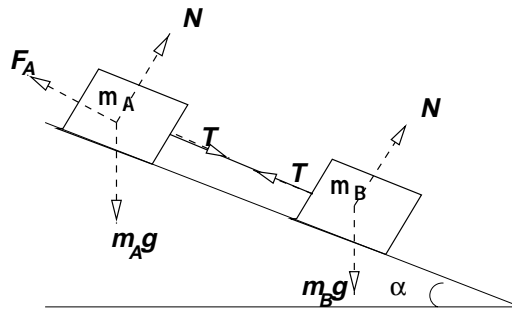
Si ricorda che questo scritto può essere utilizzato per sostenere l'orale fino al mese di febbraio 1999 incluso.

Prova scritta di Fisica del 5 Luglio 2000

1. Due corpi di massa $m_A = 20 \text{ Kg}$ e $m_B = 10 \text{ Kg}$ sono collegati da una fune inestensibile priva di massa come mostrato in figura. Essi scivolano lungo un piano inclinato avente l'angolo $\alpha = 30^\circ$. Il corpo A, situato più in alto rispetto al corpo B, presenta un coefficiente di attrito dinamico pari a 0.25 mentre il corpo B scivola invece senza attrito.

In queste condizioni si calcoli :

- a) L'accelerazione dei due corpi durante la caduta.
- b) La tensione della corda.
- c) Assumendo che anche il corpo A scivoli senza attrito, determinare la tensione della corda in queste condizioni.



Sul corpo A agisce una forza di attrito che tende a rallentare il corpo mentre sul corpo B non è presente questo effetto, per cui il corpo A tenderebbe ad avere un'accelerazione minore del corpo B. Ma dato che i due corpi sono vincolati dalla corda, essi si muovono con la stessa accelerazione e sulla corda è presente una tensione T come mostrato in figura.

Troviamo le forze parallele al piano inclinato che agiscono sui due corpi. Assumiamo come verso positivo quello del moto dei corpi lungo il piano.

$$\text{Corpo B: } F_{\parallel} = m_B \cdot g \cdot \sin \alpha - T = m_B \cdot a$$

$$\text{Corpo A: } F_{\parallel} = m_A \cdot g \cdot \sin \alpha + T - F_a = m_A \cdot a$$

$$F_a \text{ è la forza di attrito pari a: } F_a = \mu_d \cdot N = \mu_d \cdot m_A \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Sommando le due equazioni si elimina la tensione della corda T :

$$m_B \cdot g \cdot \sin \alpha + m_A \cdot g \cdot \sin \alpha - F_a = (m_A + m_B) \cdot a$$

$$\text{quindi l'accelerazione } a \text{ è uguale a: } a = g \cdot \sin \alpha - \mu_d \cdot g \cdot \cos \alpha \frac{m_A}{m_A + m_B}$$

$$\text{Numericamente: } a = 9.8 \cdot \sin 30 - 0.25 \cdot 9.8 \cdot \cos 30 \frac{20}{20+10} = 3.48 \text{ m/s}^2$$

La tensione T si ricava dall'equazione del moto del corpo B:

$$T = m_B \cdot (g \cdot \sin \alpha - a) = 10 \cdot (9.8 \cdot \sin 30 - 3.48) = 14.2 \text{ N}$$

Nel caso in cui anche il corpo A scivoli senza attrito, i due corpi avrebbero la stessa accelerazione anche senza il vincolo della corda, quindi la tensione su quest'ultima sarebbe zero, come si può anche verificare mettendo $\mu_d = 0$ nelle equazioni precedenti.

Prova scritta di Fisica del 5 Luglio 2000

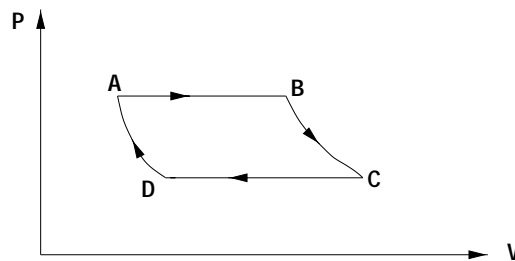
2. Una macchina termica avente come fluido termodinamico una mole di gas perfetto biatomico, esegue il seguente ciclo:

- (1) Isobara reversibile dallo stato A avente $P=3 \text{ atm}$ e $V=8 \text{ l}$ allo stato B avente $V=16 \text{ l}$.
- (2) Espansione adiabatica reversibile fino ad uno stato C.
- (3) Compressione isobara reversibile fino ad uno stato D.
- (4) Compressione adiabatica reversibile fino a tornare allo stato di partenza.

Sapendo che il rendimento della macchina è $\eta = 0.183$:

- a) Disegnare il ciclo nel piano PV.
- b) Trovare il lavoro compiuto nel ciclo.
- c) Trovare il calore scambiato in ognuna delle 4 trasformazioni.

Il ciclo termodinamico eseguito dalla macchina termica è il seguente:



Il rendimento di una macchina termica è definito come:

$$\eta = \frac{L}{Q_a} \quad \text{dove } Q_a \text{ è il calore assorbito nel ciclo.}$$

Nel nostro caso il calore viene assorbito solo nel tratto AB (espansione isobara reversibile).

$$Q_a = Q_{AB} = n \cdot C_P \cdot (T_B - T_A)$$

$$T_A = \frac{P_A \cdot V_A}{n \cdot R} = \frac{3 \cdot 8 \cdot 101}{1 \cdot 8.314} = 291.6 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{P_B \cdot V_B}{n \cdot R} = \frac{3 \cdot 16 \cdot 101}{1 \cdot 8.314} = 583.1 \text{ K}$$

$$C_P = \frac{7}{2} R \quad (\text{Gas perfetto biatomico})$$

$$Q_a = n \cdot C_P \cdot (T_B - T_A) = 1 \cdot \frac{7}{2} \cdot 8.314 (583.1 - 291.6) = 8482.3 \text{ J}$$

Possiamo ora ricavare il lavoro prodotto nel ciclo dalla macchina:

$$L = Q_a \cdot \eta = 8482.3 \cdot 0.183 = 1553.8 \text{ J}$$

Determiniamo ora il calore scambiato dal gas nelle quattro trasformazioni. Nel tratto AB lo abbiamo già trovato, nelle due adiabatiche il calore scambiato è zero, mentre per calcolare il calore scambiato nella compressione isobara CD utilizziamo il primo principio della termodinamica. Dato che $\Delta U = 0$ in un ciclo, si ha che:

$$Q_{AB} + Q_{CD} = L$$

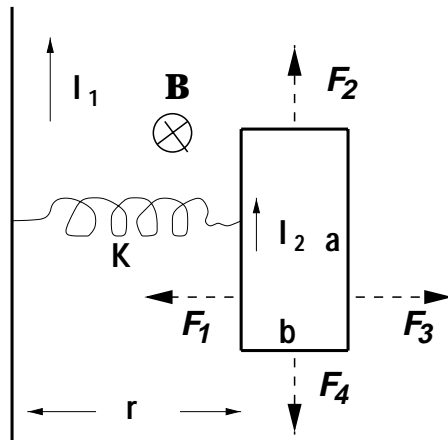
$$\Rightarrow Q_{CD} = L - Q_{AB} = 1553.8 - 8482.3 = -6928.5 \text{ J}$$

Prova scritta di Fisica del 5 Luglio 2000

3. Un filo rettilineo infinito, NON libero di muoversi, è percorso da una corrente I_1 di 20 A. Una spira rettangolare rigida di lati $a=3$ m (parallelo al filo) e $b=20$ cm (ortogonale al filo), libera di muoversi lungo una direzione ortogonale al filo, è percorsa da una corrente $I_2 = 10$ A.

La spira è trattenuta alla distanza $r=10$ cm dal filo da una molla isolante di costante elastica K .

- a) Assumendo che le correnti I_1 e I_2 circolino come indicato in figura, dire se la molla è compressa o allungata rispetto alla sua posizione di riposo.
- b) Trovare la forza che agisce sulla molla.
- c) Se la deformazione della molla è di 8 mm, determinare il valore della costante elastica K .



Il campo magnetico prodotto dal filo rettilineo si trova con la legge di Biot-Savart:

$$B = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot r}$$

Sulla spira agisce la forza di Lorentz pari a: $\mathbf{F} = I_2 \cdot \mathbf{L} \times \mathbf{B}$

Dato che nel filo rettilineo la corrente scorre verso l'alto, nella regione a destra del filo, dove è situata la spira, il campo B è entrante nel foglio.

Considerando il verso della corrente orario nella spira, le forze agenti sui 4 rami della spira hanno il verso indicato in figura. Per ragioni di simmetria le forze F_2 e F_4 hanno lo stesso modulo, quindi si annullano a vicenda, mentre il modulo di F_1 è maggiore di F_3 in quanto il campo B è maggiore vicino al filo.

Pertanto la forza netta agente sulla spira è una forza attrattiva e la molla risulta compressa.

$$F_1 = I_2 \cdot a \cdot \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot r} = 10 \cdot 3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{20}{2\pi \cdot 0.1} = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_3 = I_2 \cdot a \cdot \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot (r+b)} = 10 \cdot 3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{20}{2\pi \cdot (0.1+0.2)} = 0.4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{tot} = F_1 - F_3 = 1.2 \cdot 10^{-3} - 0.4 \cdot 10^{-3} = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Dato che la forza elastica di richiamo della molla vale: $F = -K \cdot \Delta X$, avremo:

$$K = F/\Delta X = 0.8 \cdot 10^{-3} / (8 \cdot 10^{-3}) = 0.1 \text{ N/m}$$

Prova scritta di Fisica del 28 Settembre 2000

1. Una sfera rigida di volume $V = 500 \text{ l}$ e densità $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ è ancorata sul fondo del mare tramite una molla di costante elastica k . La molla è deformata di 20 cm rispetto alla posizione di riposo.

- Dire se in queste condizioni la molla è compressa o allungata (giustificando la risposta).
- Si calcoli la costante elastica della molla (per semplicità si assuma che la densità dell'acqua di mare sia $\rho_a = 1 \text{ g/cm}^3$).
- Successivamente la sfera viene sganciata dalla molla e lasciata libera di muoversi. Sapendo che la resistenza del mezzo può essere rappresentata come una forza pari a $A \cdot v$, dove v è la velocità della sfera e A vale $2 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{s/m}$, trovare la velocità limite che verrà raggiunta dalla sfera.

Soluzione

a) La sfera ancorata tramite la molla è soggetta a tre forze:

- la forza di gravità diretta verso il basso, pari a: $F_g = \rho \cdot V \cdot g$
- la spinta di Archimede diretta verso l'alto, pari a: $F_a = \rho_a \cdot V \cdot g$
- e la forza di richiamo elastica della molla il cui verso sarà tale da controbilanciare le altre due forze e dare una risultante nulla delle forze che agiscono sulla sfera. In questo caso, dato che la densità dell'acqua ($1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$) è superiore alla densità della sfera (800 kg/m^3), la spinta di Archimede prevale ed il corpo tenderebbe a galleggiare. La molla esercita quindi una forza di richiamo verso il basso per mantenere il corpo in equilibrio e risulta pertanto allungata.

b) Numericamente la forza di richiamo della molla vale:

$$F_k = F_a - F_g = (\rho_a - \rho) \cdot V \cdot g = (1000 - 800) \cdot 0.5 \cdot 9.8 = 980 \text{ N}$$

(Ricordiamo che 500 l sono uguali a 0.5 m^3).

$$k = \frac{F_k}{\Delta x} = 980/0.2 = 4900 \text{ N/m}$$

c) Una volta che la sfera viene lasciata libera di muoversi, questa comincerà a spostarsi verso l'alto. Nel suo stato di moto essa subisce la forza dovuta alla resistenza dell'acqua. La forza è diretta in verso opposto a quello del moto ed è proporzionale alla velocità: $F_m = A \cdot v$. Questa forza tende a rallentare il moto della sfera fino a quando la resistenza del mezzo non controbilancia esattamente la risultante delle altre due forze che fanno muovere la sfera, ovvero la forza di gravità e la spinta di Archimede. In queste condizioni la velocità della sfera si stabilizza e si dice che ha raggiunto la velocità limite.

$$A \cdot v_{limite} = F_a - F_g = 980 \text{ N}$$

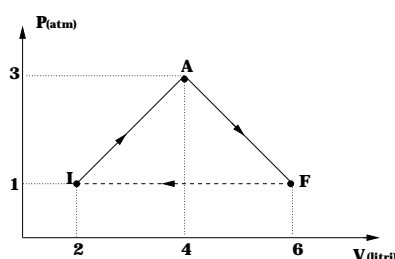
quindi si ha:

$$v_{limite} = \frac{F_a - F_g}{A} = 980/2000 = 0.49 \text{ m/s}$$

Prova scritta di Fisica del 28 Settembre 2000

2. Un gas perfetto si trova nello stato iniziale I avente pressione di un'atmosfera e volume 2 litri. Esso si espande in modo reversibile fino allo stato finale F, avente la stessa pressione e volume di 6 litri, passando per uno stato intermedio A (vedi figura). Il gas viene poi fatto ritornare allo stato iniziale attraverso la trasformazione isobara reversibile FI nella quale scambia il calore Q_{FI} pari a 1010 J.

- a) Calcolare il lavoro fatto dal gas lungo il percorso IAF dallo stato iniziale I allo stato finale F.
- b) Calcolare la variazione di energia interna tra lo stato finale F e lo stato iniziale I.
- c) Calcolare il calore scambiato nel percorso IAF.



Soluzione

a) Calcoliamo il lavoro fatto lungo il percorso IAF. Questo risulta uguale all'area racchiusa dalla linea spezzata IAF e dalla retta delle ascisse.

$$L_{IAF} = (V_F - V_I) \cdot P_I + (V_F - V_I) \cdot \frac{P_A - P_I}{2} = (V_F - V_I) \cdot \frac{P_A + P_I}{2} =$$

$$(4 \text{ l}) \cdot (2 \text{ atm}) = 8 \text{ atm} \cdot \text{l} = 808 \text{ J}$$

b) Per calcolare la variazione di energia interna tra lo stato finale F e lo stato iniziale I, facciamo ricorso al primo principio della termodinamica $\Delta U = Q - L$. Noi conosciamo il calore scambiato lungo la compressione isobara FI pari a -1010 J (il calore durante la compressione viene ceduto dal gas). Immaginiamo ora di fare una espansione isobara dallo stato iniziale I allo stato finale F, calcoliamo il lavoro fatto lungo questa trasformazione e ricaviamo poi ΔU .

$$L_{IF} = (V_F - V_I) \cdot P_I = (4 \text{ l}) \cdot (1 \text{ atm}) = 4 \text{ atm} \cdot \text{l} = 404 \text{ J}$$

Il calore scambiato nell'espansione isobara IF è di 1010 J (ha segno opposto rispetto alla compressione). Possiamo ora calcolare la variazione di energia interna tra stato finale F e stato iniziale I:

$$\Delta U = U(F) - U(I) = Q_{IF} - L_{IF} = 1010 - 404 = 606 \text{ J}$$

c) Per calcolare il calore scambiato lungo la trasformazione IAF facciamo ricorso di nuovo al primo principio della termodinamica (ricordando che la variazione di energia interna ΔU è la stessa di quella calcolata nel caso precedente in quanto gli stati finali ed iniziali sono gli stessi):

$$Q_{IAF} = L_{IAF} + \Delta U = 808 + 606 = 1414 \text{ J}$$

Prova scritta di Fisica del 28 Settembre 2000

3. Una sfera non conduttrice di raggio 10 cm presenta sulla sua superficie una distribuzione positiva uniforme di carica di densità $\sigma = 1.6 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$.

- Determinare il valore del campo E (modulo, direzione e verso) in un punto P distante dal centro della sfera 20 cm.
- Successivamente viene aggiunta una carica puntiforme incognita q_1 nel centro della sfera: si determini il valore di q_1 affinché il campo elettrico nel punto P valga 225 V/m e sia diretto verso l'esterno.
- Trovare la posizione in cui occorre mettere una seconda carica puntiforme q_2 , di valore pari alla carica posseduta dalla sfera, tale da rendere nullo il campo elettrico nel punto P in cui precedentemente era stato misurato il valore di 225 V/m.

Soluzione

Calcoliamo il valore della carica q_s positiva posseduta dalla sfera:

$$q_s = \sigma \cdot S = \sigma \cdot 4\pi r^2 = 1.6 \cdot 10^{-8} \cdot 4\pi \cdot 0.1^2 = 2.0 \cdot 10^{-9} = 2.0 \text{ nC}$$

a) La distribuzione di carica superficiale ha simmetria sferica (in quanto è uniforme) per cui per il teorema di Gauss, ai fini del campo elettrico generato all'esterno della sfera, si può immaginare che tutta la carica sia concentrata nel centro della sfera stessa (all'interno della sfera il campo è nullo). Il campo elettrico avrà direzione radiale, e dato che la carica della sfera è positiva, il verso è quello uscente dalla carica. Per calcolare il modulo del campo si utilizza la formula del campo generato da una carica puntiforme:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_s}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \frac{2.0 \cdot 10^{-9}}{0.2^2} = 450 \text{ V/m}$$

b) Nel caso in cui aggiungiamo una carica puntiforme q_1 al centro della sfera, dobbiamo applicare il principio di sovrapposizione per determinare il campo risultante. Nel nostro caso il campo è diretto verso l'esterno, ed il suo modulo vale: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 + q_s}{r^2}$.

Da questa espressione si può ricavare la carica incognita q_1 :

$$q_1 = 4\pi\epsilon_0 \cdot r^2 \cdot E - q_s = 4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.2^2 \cdot 225 - 2.0 \cdot 10^{-9} = \\ 1.0 \cdot 10^{-9} - 2.0 \cdot 10^{-9} = -1.0 \cdot 10^{-9} = -1.0 \text{ nC}$$

c) Per annullare il campo elettrico nel punto P che dista 20 cm dal centro della sfera, la seconda carica puntiforme $q_2 = 2 \text{ nC}$, deve generare un campo di 225 V/m, diretto però in verso opposto a quello preesistente, ovvero deve essere diretto verso il centro della sfera. q_2 deve necessariamente giacere sulla retta che congiunge il centro della sfera con il punto nel quale si sta calcolando il campo (in quanto il campo è radiale).

Inoltre, dato che la carica puntiforme equivalente che genera il campo è di $q = q_1 + q_s = -1.0 + 2.0 = 1.0 \text{ nC}$ (quindi positiva), la posizione della carica q_2 , anch'essa positiva, deve essere tale che il punto nel quale si vuole annullare il campo elettrico si trovi tra le due cariche.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{E}} = \sqrt{\frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{2.0 \cdot 10^{-9}}{225}} = 28.3 \text{ cm}$$

Quindi la carica q_2 va posizionata a 28.3 cm rispetto al punto nel quale si vuole annullare il campo.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 22 NOVEMBRE 2000

1. Una grande molla è posta sotto un ascensore di massa 250 Kg, passeggeri compresi. Il suo scopo è quello di arrestare una possibile caduta dell'ascensore da un'altezza massima di 8 m (compressione della molla inclusa), dovuta alla rottura dei cavi. Sapendo che la compressione massima della molla è di 2 m, si calcoli :

- a) il valore della costante elastica della molla;
- b) l'accelerazione dell'ascensore, quando la molla è a metà della sua compressione massima;
- c) la forza (in modulo, direzione e verso) cui è sottoposto un passeggero di massa 70 Kg quando la molla è a metà della sua compressione massima.

2. Una certa quantità di gas è chiusa in un cilindro, posto in aria, che non consente scambi di calore con l'esterno. Il cilindro è chiuso ad un'estremità da un pistone, libero di muoversi. Se il gas assorbe una quantità di calore pari a 4.8×10^4 J, il suo volume aumenta da 2×10^5 a 3.8×10^5 cm³. Calcolare :

- a) il lavoro compiuto (o assorbito) dal gas;
- b) la variazione di energia interna del gas.

3. Una lampada da tavolo ha un interruttore con tre posizioni. Le prime due posizioni corrispondono rispettivamente alle potenze di 50 W e 100 W. La lampada ha due filamenti, che, per le prime due posizioni dell'interruttore, sono connessi alla rete individualmente, sempre alla tensione di 220 V. Si calcoli il valore della resistenza dei due filamenti e il valore della potenza della lampada per la terza posizione dell'interruttore, che corrisponde al collegamento alla rete di entrambi i filamenti in parallelo.

Avvertenze :

- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

Esercizio 1. Una grande molla è posta sotto un ascensore di massa 250 Kg, passeggeri compresi. Il suo scopo è quello di arrestare una possibile caduta dell'ascensore da un'altezza massima di 8 m (compressione della molla inclusa), dovuta alla rottura dei cavi. Sapendo che la compressione massima della molla è di 2 m, si calcoli :

- a) il valore della costante elastica della molla;
- b) l'accelerazione dell'ascensore, quando la molla è a metà della sua compressione massima;
- c) la forza (in modulo, direzione e verso) cui è sottoposto un passeggero di massa 70 Kg quando la molla è a metà della sua compressione massima.

Soluzione Si può applicare la conservazione dell'energia meccanica. Pertanto, detta h l'altezza di caduta dell'ascensore, M la sua massa, k la costante elastica della molla e Δ la compressione massima, si ha :

$$Mgh = \frac{1}{2}k\Delta^2 \Rightarrow k = \frac{2Mgh}{\Delta^2} = \frac{2 \times 250 \times 9.8 \times 8}{2^2} = 9800 \text{ N/m} \quad (1)$$

La forza subita dall'ascensore, corrispondente ad una compressione δ della molla, è pari alla differenza tra la forza della molla ($= k\delta$, diretta verso l'alto) e la forza di gravità ($= Mg$, diretta verso il basso). Pertanto,

$$F_{asc} = k\delta - Mg \quad (2)$$

L'accelerazione dell'ascensore (e dell'uomo di massa m , che lo occupa) è pertanto pari a

$$a_{asc} = \frac{F_{asc}}{M} = \frac{k\delta}{M} - g = 29.4 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

La forza agente sull'uomo è

$$F_{uomo} = m \times a_{uomo} = 2058 \text{ N} \quad (4)$$

Poichè il risultato è positivo, la forza della molla prevale sulla forza di gravità, e la forza è diretta dal basso verso l'alto.

Esercizio 2. Una certa quantità di gas è chiusa in un cilindro, posto in aria, che non consente scambi di calore con l'esterno. Il cilindro è chiuso ad un'estremità da un pistone, libero di muoversi. Se il gas assorbe una quantità di calore pari a 4.8×10^4 J, il suo volume aumenta da 2×10^5 a 3.8×10^5 cm³. Calcolare :

- a) il lavoro compiuto (o assorbito) dal gas;
- b) la variazione di energia interna del gas.

Soluzione Il gas si espande, compiendo lavoro contro la pressione atmosferica. Pertanto il lavoro totale è positivo e vale :

$$L_{gas} = p_{atm} \times (V_f - V_i) = 1.82 \times 10^4 \text{ J} \quad (5)$$

La variazione di energia interna si trova applicando il primo principio della termodinamica :

$$\Delta U = Q - L = 2.98 \times 10^4 \text{ J} \quad (6)$$

NB Né la prima, né la seconda domanda richiedono di utilizzare l'approssimazione di gas perfetto.

Esercizio 3. Una lampada da tavolo ha un interruttore con tre posizioni. Le prime due posizioni corrispondono rispettivamente alle potenze di 50 W e 100 W. La lampada ha due filamenti, che, per le prime due posizioni dell'interruttore, sono connessi alla rete individualmente, sempre alla tensione di 220 V. Si calcoli il valore della resistenza dei due filamenti e il valore della potenza della lampada per la terza posizione dell'interruttore, che corrisponde al collegamento alla rete di entrambi i filamenti in parallelo.

Soluzione Sappiamo che la potenza erogata da una resistenza R , attraversata da una corrente generata da una d.d.p. V ai capi della resistenza, vale $W = V^2/R$. Pertanto, le resistenze dei due filamenti valgono rispettivamente :

$$R_1 = \frac{V^2}{W_1} = \frac{220^2}{50} = 968 \text{ } \Omega \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{V^2}{W_2} = \frac{220^2}{100} = 484 \text{ } \Omega \quad (8)$$

Quando l'interruttore è nella terza posizione, entrambi i filamenti sono attraversati da corrente. Ciascuna corrente è identica a quella calcolata in precedenza. Pertanto :

$$W_3 = W_1 + W_2 = 150 \text{ W} \quad (9)$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 21 FEBBRAIO 2001

1. Un giocatore di golf impugna una mazza di massa $M=1.5$ Kg ed usa una pallina di massa $m=100$ g. a) Se la pallina viene colpita da fermo e parte alla velocità di $v_0=50$ Km/h, ad un angolo $\theta=30$ gradi rispetto al piano orizzontale, a quale distanza dal punto di partenza ricade? b) Supponendo l'urto perfettamente elastico e centrale, quale quantità di moto possiede la mazza un istante prima di colpire la pallina? c) Quale frazione dell'energia cinetica della mazza viene trasferita alla pallina?

Soluzione

a) Occorre calcolare la gittata R della palla tramite la formula:

$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta)$$

Trasformiamo la velocità in m/s: $v_0 = 50/3.6 = 13.89$ m/s.

$$R = \frac{13.89^2}{9.8} \sin 60^\circ = 17.05$$
 m

b) Ricaviamo innanzitutto la velocità della mazza un istante prima dell'urto utilizzando le formule dell'urto elastico unidimensionale su bersaglio fisso. Si conserva la quantità di moto e l'energia cinetica.

$$\begin{aligned} MV_i &= MV_f + mv_0 \quad (\text{conservazione quantità di moto}) \\ \frac{1}{2}MV_i^2 &= \frac{1}{2}MV_f^2 + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (\text{conservazione dell'energia cinetica}). \end{aligned}$$

Da queste formule si ricava:

$$v_0 = \frac{2M}{m+M}V_i \Rightarrow V_i = \frac{m+M}{2M}v_0 = \frac{0.1+1.5}{3} \cdot 13.89 = 7.41$$
 m/s

La quantità di moto della mazza prima dell'urto vale:

$$P = MV_i = 1.5 \cdot 7.41 = 11.1$$
 Kg · m/s

c) Calcoliamo ora la frazione di energia cinetica trasferita dalla mazza alla palla:

$$\begin{aligned} K_m &= \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.1 \cdot 13.89^2 = 9.65$$
 J (energia cinetica della palla dopo l'urto).
 $K_M = \frac{1}{2}MV_i^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.5 \cdot 7.41^2 = 41.2$ J (energia cinetica della mazza prima dell'urto).

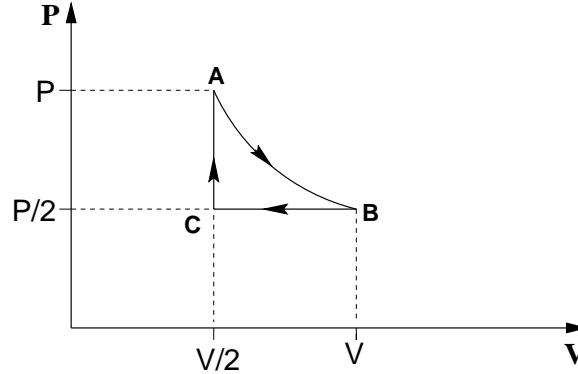
$$R = \frac{K_m}{K_M} = \frac{9.65}{41.2} = 0.234 = 23.4\%.$$

$$\text{Da notare che si ha anche: } R = \frac{4mM}{(m+M)^2} = \frac{4 \cdot 0.1 \cdot 1.5}{(0.1+1.5)^2} = 0.234.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 21 FEBBRAIO 2001

2. Quattro moli di gas perfetto monoatomico eseguono un ciclo, composto da un'espansione isoterma, una compressione isobara ed una trasformazione isocora. Sapendo che la temperatura dell'isoterma è 320 K e che durante l'isobara il volume dimezza, calcolare :

- a) il lavoro del ciclo;
- b) il calore scambiato nell'isoterma;
- c) il calore scambiato nell'isobara.



Il ciclo eseguito dal gas è riportato in figura. Indicando con P la pressione del gas nel punto A e con V il volume nel punto B, si hanno le seguenti relazioni:

$$P_A = P, V_A = V/2; \quad P_B = P_x, V_B = V, \quad P_C = P_B, V_C = V/2.$$

Per ricavare il valore della pressione P_x nel punto B ricordiamo che i punti A e B sono connessi da un'isoterma e quindi hanno la stessa temperatura.

$$P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B \Rightarrow P \cdot V/2 = P_x \cdot V \Rightarrow P_x = P/2$$

Ricaviamo ora la temperatura del punto C:

$$P_A \cdot V_A = nR \cdot T_A \Rightarrow P \cdot V/2 = nRT \quad (\text{Nel punto A})$$

$$P_C \cdot V_C = nR \cdot T_C \Rightarrow P/2 \cdot V/2 = nRT_C \quad (\text{Nel punto C})$$

quindi risulta che $T_C = T/2 = 320/2 = 160 \text{ K}$.

- a) Calcoliamo ora il lavoro fatto nell'isoterma:

$$L_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} p \cdot dV = nRT \log \frac{V_B}{V_A} = 4 \cdot 8.314 \cdot 320 \log 2 = 7376 \text{ J}$$

Il lavoro fatto nella compressione isobara vale:

$$L_{BC} = P \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T = n \cdot R \cdot (T_C - T_B) = 4 \cdot 8.314 \cdot (160 - 320) = -5321 \text{ J}$$

Il lavoro fatto nell'isocora è nullo, quindi il lavoro totale è:

$$L_{tot} = L_{AB} + L_{BC} = 7376 - 5321 = 2055 \text{ J}$$

- b) Dato che nell'isoterma si ha $\Delta U = 0$, si ha:

$$Q_{AB} = L_{AB} = 7376 \text{ J}$$

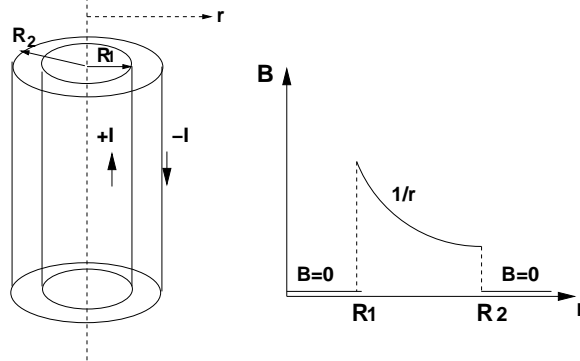
- c) Il calore scambiato nell'isobara vale (ricordando che il gas è monoatomico):

$$Q_{BC} = n \cdot C_P \cdot \Delta T = n \cdot \frac{5}{2} R \cdot (T_C - T_B) = 4 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \cdot (160 - 320) = -13302 \text{ J}$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 21 FEBBRAIO 2001

3. Due conduttori hanno la forma di due tubi concentrici di spessore trascurabile e di lunghezza indefinita. I raggi dei due tubi sono $R_1 = 4$ cm e $R_2 = 8$ cm. Essi sono percorsi da due correnti, entrambe di valore $I=5$ A, e di verso opposto. Si tracci un grafico schematico del valore del modulo del campo magnetico, in funzione della distanza dall'asse dei tubi. Si calcoli il valore del campo magnetico (in modulo, direzione e verso) in tre punti :

- a) a 3 cm dall'asse dei tubi;
- b) a 6 cm dall'asse dei tubi;
- c) a 10 cm dall'asse dei tubi.



Il sistema dei due conduttori ha simmetria cilindrica, quindi le linee del campo magnetico sono delle circonferenze concentriche con l'asse centrale dei tubi. Per calcolare il modulo del campo \mathbf{B} si utilizza il teorema della circuitazione di Ampere, scegliendo come percorso lungo il quale calcolare l'integrale una circonferenza di raggio r .

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \cdot \sum_i I_i$$

La sommatoria è estesa a tutte le correnti concatenate con la circonferenza, prese con l'opportuno segno algebrico. Dato che lungo la circonferenza il modulo di B non cambia, abbiamo:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = B \cdot \oint dl = B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot \sum_i I_i \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \cdot \sum_i I_i$$

a) Per $r=3$ cm non c'è nessuna corrente concatenata, quindi $B=0$.

b) Per $r=6$ cm risulta concatenata solo la corrente che scorre nel primo tubo.

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \cdot I = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 0.06} \cdot 5 = \frac{1}{6} \cdot 10^{-4} = 16.7 \mu T$$

Per trovare il verso di \mathbf{B} si metta il pollice della mano destra lungo il verso di scorrimento della corrente nel tubo interno; la direzione delle dita darà il verso del campo.

c) Per $r=10$ cm entrambe le correnti risultano concatenate con la circonferenza, ma dato che hanno lo stesso modulo e che scorrono in verso opposto, la somma algebrica delle correnti vale zero, e quindi $B=0$.

Riassumendo il campo B è nullo per $r < R_1$ e per $r > R_2$, mentre tra i due tubi vale $B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \cdot I$ ed ha l'andamento riportato in figura.

In particolare si ha:

$$B(R_1) = 25.0 \mu T \text{ e } B(R_2) = 12.5 \mu T.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 5 APRILE 2001

1. Un satellite artificiale, per entrare in orbita, deve passare da velocità nulla a $V=6 \text{ Km/s}$. Se i razzi gli imprimono un'accelerazione costante, pari al 40% dell'accelerazione di gravità g ,

- quanto tempo impiega il satellite per raggiungere la velocità finale e quanto spazio percorre in questo tempo?
- Se, una volta in orbita, i propulsori si spengono e il satellite si mantiene a velocità costante lungo l'orbita circolare, qual'è il raggio dell'orbita?
- Qual'è il periodo di un'orbita?

($G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$, $M_T = 5.98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$, $R_T = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$).

Soluzione

a) Per calcolare quanto tempo impiega per raggiungere la velocità finale usiamo la relazione

$$V = V_0 + a \cdot t$$

. Sapendo che il satellite parte da fermo, quindi $V_0 = 0$, si trova:

$$t = \frac{V}{a} = \frac{V}{0.4 \cdot g} = \frac{6000}{0.4 \cdot 9.8} = 1530.6 \text{ s}$$

Lo spazio percorso risulta uguale a:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot (0.4 \cdot 9.8) \cdot 1530.6^2 = 4591.8 \text{ Km}$$

b) Una volta che il satellite ha raggiunto la sua orbita circolare intorno alla terra, esso è soggetto all'accelerazione centripeta

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

dove R è il raggio dell'orbita. L'accelerazione centripeta è dovuta alla forza di attrazione gravitazionale tra il satellite e la terra che si esprime tramite la legge della gravitazione di Newton:

$$F_g = G \frac{m \cdot M_T}{R^2}$$

Possiamo quindi scrivere la seconda legge della dinamica applicata al satellite:

$$F_g = m \cdot a_c \Rightarrow G \frac{m \cdot M_T}{R^2} = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

dalla quale possiamo ricavare il raggio dell'orbita R :

$$R = \frac{G \cdot M_T}{V^2} = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24}}{(6 \cdot 10^3)^2} = 11 \cdot 10^3 \text{ Km}$$

Da notare che entro le approssimazioni, il raggio dell'orbita risulta anche uguale al raggio della terra più lo spazio percorso dal satellite:

$$R = R_T + s = 6.37 \cdot 10^6 + 4.59 \cdot 10^6 = 11 \cdot 10^3 \text{ Km}$$

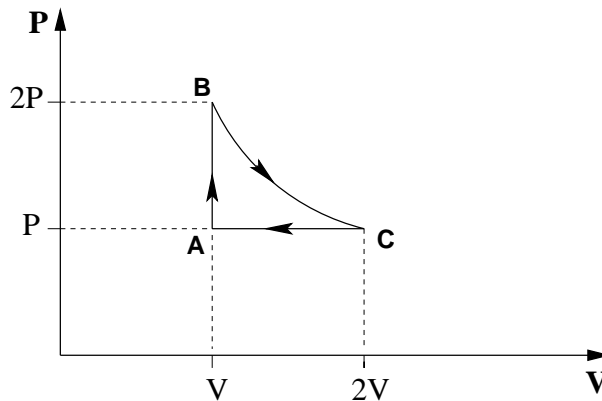
c) Il periodo dell'orbita T è pari al tempo che impiega il satellite per percorrere l'intera circonferenza. Dato che la velocità del satellite è V , abbiamo:

$$2\pi \cdot R = V \cdot T \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot R}{V} = \frac{2\pi \cdot 11 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^3} = 11519 \text{ s} \approx 192 \text{ min.}$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 5 APRILE 2001

2. Una mole di un gas ideale monoatomico ha inizialmente una temperatura di 300 K. Esso viene riscaldato in maniera isocora fino ad una temperatura di 600 K, poi viene sottoposto ad una espansione isoterma fino alla sua pressione iniziale e infine viene compresso in maniera isobara fino allo stato iniziale. Tutte le trasformazioni sono reversibili. Dopo aver disegnato il ciclo nel piano PV, si calcolino:

- a) il calore complessivo scambiato dal gas nel ciclo;
- b) il calore assorbito dal gas durante il ciclo;
- c) il rendimento del ciclo.



a) Il calore scambiato nella trasformazione isocora AB vale:

$$Q_{AB} = n \cdot C_V \cdot (T_{fin} - T_{iniz}) = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 \cdot (600 - 300) = 3741.3 \text{ J}$$

Il calore scambiato nella trasformazione isoterma BC è pari al lavoro fatto, dato che la variazione di energia interna lungo l'isoterma è nulla per un gas ideale. Inoltre si può constatare che il punto C ed il punto A hanno la stessa pressione, ma la temperatura T_C è doppia rispetto alla temperatura T_A , quindi applicando l'equazione dei gas perfetti si deduce che anche il volume del punto C deve essere il doppio del volume nel punto A. Pertanto abbiamo:

$$Q_{BC} = L_{BC} = n \cdot R \cdot T_B \cdot \log \frac{V_C}{V_B} = 1 \cdot 8.314 \cdot 600 \log 2 = 3457.7 \text{ J}$$

Il calore scambiato nella trasformazione isobara CA vale:

$$Q_{CA} = n \cdot C_P \cdot (T_{fin} - T_{iniz}) = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \cdot (300 - 600) = -6235.5 \text{ J}$$

Abbiamo quindi:

$$Q_{tot} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 3741.3 + 3457.7 - 6235.5 = 963.5 \text{ J}$$

b) Il calore viene assorbito nella trasformazione isocora e nell'isoterma, per cui si ha:

$$Q_{ass} = Q_{AB} + Q_{BC} = 3741.3 + 3457.7 = 7199 \text{ J}$$

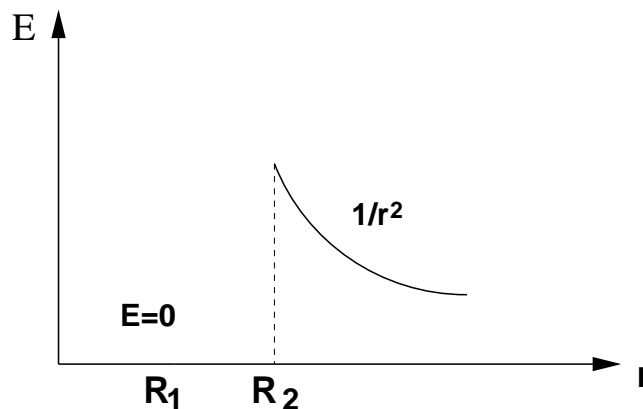
c) Per calcolare il rendimento del ciclo dobbiamo prima trovare il lavoro fatto. Questo è uguale al calore totale scambiato nel ciclo poiché $\Delta U = 0$, per cui si ha:

$$\eta = \frac{L}{Q_{ass}} = \frac{Q_{tot}}{Q_{ass}} = \frac{963.5}{7199} = 13.4\%$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 5 APRILE 2001

3. Una sfera conduttrice cava, di raggio interno $R_1=10$ cm e raggio esterno $R_2=20$ cm possiede una carica totale $Q = 10 \mu C$. Si descriva l'andamento del campo elettrico in tutto lo spazio in funzione della distanza r dal centro della sfera, facendo un grafico del modulo ed indicando la direzione e verso del campo. In particolare si calcoli il valore del modulo del campo elettrico nei punti:

- a) $r=5$ cm;
- b) $r=15$ cm;
- c) $r=30$ cm;



a) b) Noi sappiamo che in un conduttore le cariche si distribuiscono sulla superficie in modo tale da rendere nullo il campo elettrico all'interno del conduttore stesso. In questo caso specifico le cariche si distribuiscono sulla superficie esterna del guscio sferico. Per queste considerazioni, oppure applicando il teorema di Gauss, risulta che il campo elettrico nei punti a distanza di 5 cm e di 15 cm dal centro della sfera, essendo contenuti all'interno della sfera, è nullo.

c) Per calcolare il campo nel punto $r=30$ cm, esterno alla sfera, possiamo applicare il teorema di Gauss sfruttando la simmetria sferica del problema. Ne risulta che il campo elettrico è equivalente a quello generato da una carica puntiforme di carica Q posta nel centro della sfera, per cui il modulo del campo vale:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0.3^2} = 99.9 \cdot 10^4 = 1 \text{ MV/m}$$

mentre il verso sarà quello uscente dal centro della sfera dato che la carica è positiva.

Il grafico qualitativo dell'intensità del campo in funzione della distanza dal centro della sfera è riportato in figura.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 5 GIUGNO 2001

1. Robin Hood tende il suo arco, tirando verso di sè la corda per 40 cm, e trattenendolo con una forza di 400 N. Trattando l'arco come una molla ideale e sapendo che la freccia ha massa di 150 g, calcolare :

- a) la costante elastica dell'arco;
- b) l'altezza massima cui può arrivare la freccia, se scagliata in verticale;
- c) l'altezza massima e la gittata della freccia, se scagliata ad un angolo di 45° rispetto all'orizzontale.

(si trascurino gli attriti interni dell'arco e la resistenza dell'aria)

2. Una pentola a pressione, di volume 10 litri, è riempita di ossigeno a pressione atmosferica e a temperatura di 20°C , e poi chiusa. La pentola è quindi posta a contatto di una sorgente di calore, in modo da ricevere 400 J di energia termica, con una trasformazione irreversibile. Trascurando la dilatazione termica della pentola ed usando l'approssimazione di gas perfetto, si calcoli :

- a) la variazione di energia interna del gas;
- b) la temperatura finale e la pressione finale del gas;
- c) la variazione di entropia del gas.

3. Un elettricista possiede una pila di ddp 12 V e resistenza interna $1\ \Omega$, una lampada di resistenza $12\ \Omega$ ed una resistenza di $8\ \Omega$. Egli prova due circuiti :

- 1) connette pila, lampada e resistenza in serie;
- 2) connette la lampada e la resistenza alla pila, in modo che esse siano in parallelo tra loro.

In entrambi i casi, calcolare :

- a) la potenza erogata dalla pila;
- b) la potenza luminosa della lampada.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 5 GIUGNO

Esercizio 1.

- a) La forza è data da $F_{max} = k \cdot d \implies k = F_{max}/d = 400/.40 = 1000 \text{ N/m}$.
- b) Si calcola il lavoro necessario per tendere l'arco, e si eguaglia all'energia cinetica della freccia alla partenza; questa, a sua volta, è uguale all'energia potenziale della freccia nel punto più alto :
- $$L = 1/2 kd^2 = 0.5 \cdot 1000 \cdot .40^2 = 80 \text{ J}$$
- $$\implies L = mgh \implies h = L/(m \cdot g) = 80 / (0.150 \cdot 9.8) = 54.4 \text{ m}.$$
- c) Si risolve come nel caso precedente, con la differenza che la componente orizzontale della velocità (v_x) non cambia nel moto, mentre la componente verticale (v_y) si annulla nel punto più alto :
- $$L = 1/2 mv^2 = 1/2 m(v_x^2 + v_y^2) = 1/2 mv_x^2 + mgh';$$
- Poiché l'angolo è 45° , $v_x^2 = v_y^2$ e pertanto
- $$mgh' = L/2 \implies h' = L/(2mg) = 80 / (2 \cdot 0.150 \cdot 9.8) = 27.2 \text{ m}.$$
- La gittata totale è
- $$R = v^2 \cdot \sin(2\theta)/g = (2L / m) \cdot \sin(90^\circ) / g = 2 \cdot 80 \cdot 1 / (0.150 \cdot 9.8) = 108.8 \text{ m}.$$

Esercizio 2.

Dalla legge dei gas perfetti $n = p_1 V_1 / (RT_1) = 1.01 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} / (8.31 \cdot 293) = 0.415 \text{ moli}$
Il lavoro è nullo, pertanto $\Delta U = Q = 400 \text{ J}$
U, S e T sono funzioni di stato, pertanto possiamo applicare le equazioni che legano stato iniziale e finale, anche se la trasformazione è irreversibile :

$$\Delta U = nc_v \Delta T \implies \Delta T = \Delta U / (nc_v) = 400 / (0.415 \cdot 5/2 \cdot 8.31) = 46.395 \text{ K}$$
$$T_2 = T_1 + \Delta T = 339.4 \text{ K}$$
$$\Delta S = nc_v \ln(T_2/T_1) = 1.267 \text{ J/K}$$
$$p_2 = p_1 \cdot T_2/T_1 = 1.17 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1.16 \text{ atm}.$$

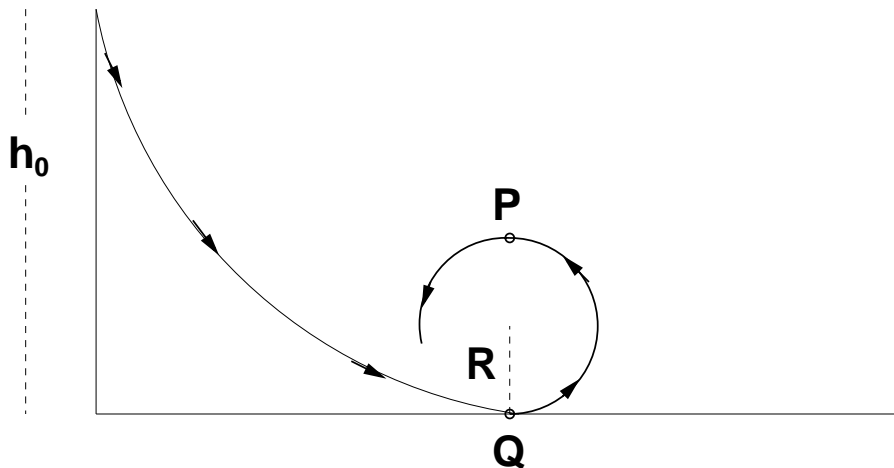
Esercizio 3.

- a) Si calcola la resistenza totale, quindi la corrente che circola in tutti e tre gli elementi del circuito, poi la potenza totale e quella della lampada.
- $$R_T = r + R + L = 21 \text{ } \Omega;$$
- $$i = V/R_T = 12/21 = 0.571 \text{ A};$$
- $$W_T = V \cdot i = i^2 \cdot R_T = 0.571^2 \cdot 21 = 6.86 \text{ W};$$
- $$W_L = i^2 \cdot L = 0.571^2 \cdot 12 = 3.92 \text{ W}.$$
- b) Si calcola la resistenza equivalente, quindi la corrente erogata dalla pila e la potenza totale; poi la caduta di potenziale ai capi della lampada e la potenza della lampada.
- $$R_T = r + RL/(R + L) = 5.8 \text{ } \Omega;$$
- $$i_T = V/R_T = 2.07 \text{ A};$$
- $$W_T = i_T^2 \cdot R_T = 24.8 \text{ W};$$
- $$V_L = V_T - i \cdot r = 9.93 \text{ V};$$
- $$W_L = V_L^2/L = 8.21 \text{ W}.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 2 LUGLIO 2001

1. Uno sciatore scivola senza attrito da un'altezza $h_0 = 40$ m lungo un pendio come illustrato in figura. Arrivato nel punto più basso della traiettoria, Q, lo sciatore prosegue lungo una guida che gli fa compiere una traiettoria circolare di raggio R.

- Determinare il valore di R affinché lo sciatore senta nel punto P (il punto più alto della traiettoria circolare) una forza verso l'alto pari alla sua forza peso.
- Determinare la velocità nel punto P.
- Determinare la velocità nel punto Q.



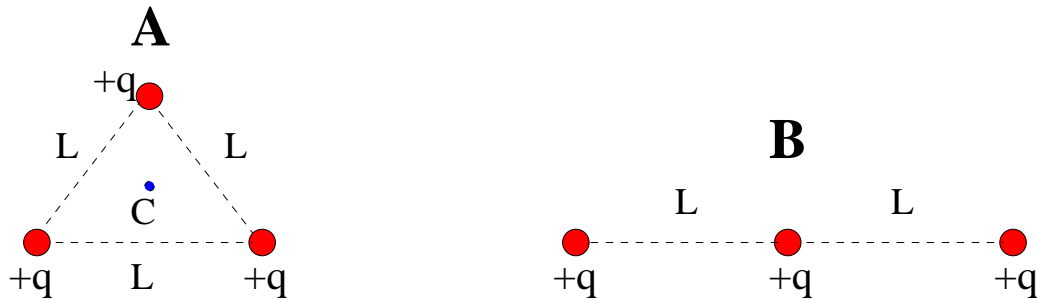
2. Un farmacista apre un cassetto frigorifero le cui dimensioni frontali sono di $0.5 \text{ m} \times 15 \text{ cm}$. Durante l'apertura del cassetto, l'aria all'interno del frigorifero raggiunge la temperatura ambiente di $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Una volta chiuso il cassetto, la temperatura interna raggiunge il valore di $2 \text{ }^\circ\text{C}$. Assumendo che non vi siano infiltrazioni d'aria dall'esterno nel frigorifero, e trattando l'aria come un gas perfetto, si calcoli:

- la pressione finale raggiunta dall'aria all'interno del frigorifero,
- la forza necessaria che occorre applicare al cassetto per aprire di nuovo il frigorifero (si trascurino tutti gli attriti).

[il terzo esercizio si trova sul retro del foglio]

3. Tre cariche positive di carica $q=1 \mu C$ possono essere disposte ai vertici di un triangolo equilatero di lato $L=5 \text{ cm}$, come illustrato nel caso A della figura, oppure lungo una configurazione lineare dove la distanza tra due cariche vicine è ancora $L=5 \text{ cm}$, come mostrato nel caso B della figura.

- Calcolare la differenza di energia elettrostatica tra il caso A ed il caso B,
- trovare il valore del campo elettrico (modulo, direzione e verso) nel punto C al centro del triangolo equilatero.



Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 2 LUGLIO

Esercizio 1.

- a) Nel punto P, le forze che agiscono sullo sciatore sono la forza peso, diretta verso il basso, e quella vincolare, anche essa diretta verso il basso. Il modulo della forza vincolare è uguale alla forza verso l'alto provata dallo sciatore nel suo sistema di riferimento, e quindi uguale alla forza peso. La somma delle due forze è pari alla forza centripeta, necessaria a mantenere lo sciatore in moto circolare. Pertanto,

$$mv_P^2/R = mg + mg = 2mg.$$

D'altra parte, per la conservazione dell'energia meccanica,

$$1/2mv_P^2 + 2mgR = mgh_0.$$

Eliminando v_P^2 tra le due equazioni precedenti, si ottiene

$$2mgR = 2mg(h_0 - 2R) \implies R = h_0/3 = 13.3 \text{ m};$$

b) $v_P^2 = 2gR \implies v_P = \sqrt{2gR} = 16.2 \text{ m/s};$

c) $v_Q^2 = 2gh_0 \implies v_Q = \sqrt{2gh_0} = 28 \text{ m/s}.$

Esercizio 2.

- a) Quando l'aria nel frigorifero si raffredda, passando dalla temperatura T_1 a T_2 , si compie una trasformazione a volume costante e numero costante di moli. Pertanto, dalla legge dei gas perfetti

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 \implies p_2 = p_1 \cdot T_2/T_1 = 1 \text{ atm} \cdot 275/295 = .93 \text{ atm} = 9.42 \cdot 10^4 \text{ Pa};$$

- b) La forza è uguale alla differenza tra la pressione esterna e quella interna, moltiplicato la superficie del cassetto :

$$F = (p_1 - p_2) \cdot S = (1.01 - 0.94) \cdot 10^5 \cdot 0.5 \cdot 0.15 = 514 \text{ N}.$$

Esercizio 3.

- a) Le due configurazioni differiscono solo per la posizione di una carica : scegliamo, ad ex., la carica in alto nella configurazione (A) e quella più a destra nella configurazione (B). Basta pertanto calcolare l'energia elettrostatica associata a questa carica. Nel caso A, vale

$$E_A = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot (q^2/L + q^2/L) = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot 2q^2/L.$$

Nel caso (B) si ha

$$E_B = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot (q^2/L + q^2/[2L]) = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot 3q^2/(2L).$$

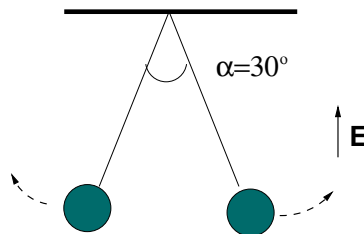
La differenza tra i due casi è

$$\Delta E = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot q^2/(2L) = 8.99 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12}/(2 \cdot 0.05) = 0.0899 \text{ J}.$$

- b) Il punto (C) è esattamente al centro delle tre cariche uguali. Pertanto il campo elettrico in (C) è nullo per ragioni di simmetria.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 1 OTTOBRE 2001

1. Un'automobile di massa $m=1500$ kg viaggia ad una velocità costante V_1 di 40 Km/h. Ad un certo punto inizia ad accelerare in modo costante fino a raggiungere una velocità V_2 di 90 km/h in 8 s. Si determinino:
- la forza costante esercitata dal motore durante gli 8 s (si consideri il caso ideale in cui tutti gli attriti siano trascurabili).
 - il lavoro effettuato dal motore.
 - la potenza media del motore.
2. Una massa di 100 g di una sostanza incognita alla temperatura di $100\text{ }^\circ\text{C}$ viene posta in un calorimetro di alluminio (calore specifico $900\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) di 60.0 g che contiene 150 g di acqua alla temperatura iniziale di $20\text{ }^\circ\text{C}$. Raggiunto l'equilibrio termico si osserva una temperatura finale di $21.5\text{ }^\circ\text{C}$.
- Si trovi il calore totale ceduto dalla sostanza incognita.
 - Si determini il suo calore specifico.
 - Si calcoli quale dovrebbe essere la massa della sostanza incognita affinché l'acqua raggiunga la temperatura finale di $30\text{ }^\circ\text{C}$.
3. Due palline di midollo di sambuco, ciascuna di massa $m=10.0$ g, sono sospese agli estremi di due fili lunghi $l=25.0$ cm di massa trascurabile come indicato in figura. Quando le palline vengono caricate con uguali quantità di carica, i fili si divaricano di un angolo di 30° .
- Quanto vale la carica di ciascuna pallina? È possibile individuarne il segno?
 - Applicando un campo elettrico diretto dal basso verso l'alto si trova che l'angolo di divaricazione aumenta. Dedurre il segno della carica delle palline (spiegare).



Avvertenze :

- Si consiglia agli studenti di impostare e di risolvere i problemi prima in forma alfa-numerica, definendo cioè in funzione delle variabili generiche in lettere le soluzioni richieste. Si determini poi la soluzione numerica particolare (indicare l'unità di misura per i valori trovati!).
- Consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, etc.;
- Qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome e data in tutti i fogli consegnati;
- Indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- Se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 1 OTTOBRE 2001

Esercizio 1. Un'automobile di massa $m=1500$ kg viaggia ad una velocità costante V_1 di 40 km/h. Ad un certo punto inizia ad accelerare in modo costante fino a raggiungere una velocità V_2 di 90 km/h in 8 s. Si determinino:

- la forza costante esercitata dal motore durante gli 8 s (si consideri il caso ideale in cui tutti gli attriti siano trascurabili).
- il lavoro effettuato dal motore.
- la potenza media del motore.

Soluzione

Trasformiamo le velocità da km/h a m/s:

$$V_1 = 40/3.6 = 11.11 \text{ m/s}; V_2 = 90/3.6 = 25.00 \text{ m/s}$$

a) La forza esercitata dal motore si ricava dalla legge di Newton $f=ma$; calcoliamo quindi l'accelerazione a . Dato che l'accelerazione è costante si ha:

$$a = (V_2 - V_1)/t = (25.00 - 11.11)/8 = 1.74 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{Quindi: } f = ma = 1500 \cdot 1.74 = 2610 \text{ N}$$

b) Il lavoro effettuato dal motore si ricava dal teorema dell'energia cinetica $L = \Delta K$:

$$K_f = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_2^2 = 0.5 \cdot 1500 \cdot 25.0^2 = 468750 \text{ J}; K_i = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2 = 0.5 \cdot 1500 \cdot 11.11^2 = 92574 \text{ J};$$
$$L = \Delta K = K_f - K_i = 468750 - 92574 = 376.2 \text{ kJ}$$

c) La potenza media del motore si ottiene come:

$$P = L/t = 376.2 \cdot 10^3 / 8 = 47.0 \text{ kW}$$

Esercizio 2. Una massa di 100 g di una sostanza incognita alla temperatura di 100°C viene posta in un calorimetro di alluminio (calore specifico $900 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) di 60.0 g che contiene 150 g di acqua alla temperatura iniziale di 20°C . Raggiunto l'equilibrio termico si osserva una temperatura finale di 21.5°C .

- Si trovi il calore totale ceduto dalla sostanza incognita.
- Si determini il suo calore specifico.
- Si calcoli quale dovrebbe essere la massa della sostanza incognita affinché l'acqua raggiunga la temperatura finale di 30°C .

Soluzione

a) Assumendo che gli scambi di calore avvengano solo tra la sostanza incognita, il contenitore di alluminio e l'acqua, possiamo dire che il calore ceduto dalla sostanza è uguale al calore assorbito dall'acqua e dall'alluminio, necessario a far variare la temperatura da 20°C fino a 21.5°C . Avremo quindi:

$$Q = (m_{acq} \cdot c_{acq} + m_{all} \cdot c_{all}) \cdot \Delta T = (0.150 \cdot 4186 + 0.060 \cdot 900) \cdot (21.5 - 20.0) = 1023 \text{ J}$$

b) Il calore specifico della sostanza incognita vale:

$$c_x = Q/(m_x \cdot \Delta T) = 1023/(0.1 \cdot 78.5) = 130.3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

c) Per trovare la massa della sostanza incognita tale che la temperatura raggiunga 30°C , calcoliamo dapprima quanto calore occorre fornire al sistema acqua-alluminio:

$$Q_x = (m_{acq} \cdot c_{acq} + m_{all} \cdot c_{all}) \cdot \Delta T = (0.150 \cdot 4186 + 0.060 \cdot 900) \cdot (30.0 - 20.0) = 6819 \text{ J}$$

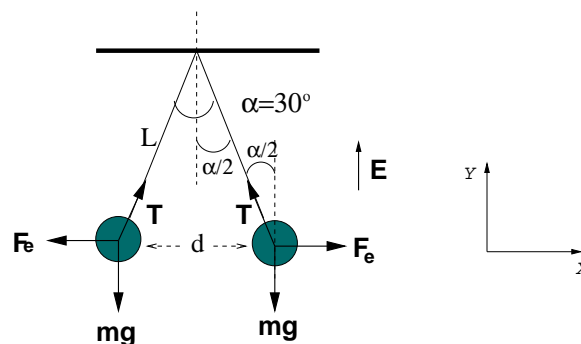
$$\text{quindi si ha: } m_x = Q_x/(c_x \cdot \Delta T) = 6819/(130.3 \cdot 70) = 748 \text{ g}$$

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 1 OTTOBRE 2001

Esercizio 3. Due palline di midollo di sambuco, ciascuna di massa $m=10.0$ g, sono sospese agli estremi di due fili lunghi $l=25.0$ cm di massa trascurabile come indicato in figura. Quando le palline vengono caricate con uguali quantità di carica, i fili si divaricano di un angolo di 30° .

- Quanto vale la carica di ciascuna pallina? È possibile individuarne il segno?
- Applicando un campo elettrico diretto dal basso verso l'alto si trova che l'angolo di divaricazione aumenta. Dedurre il segno della carica delle palline (spiegare).

Soluzione



a) Su ogni pallina agiscono tre forze: la repulsione elettrostatica F_e , la forza di gravità mg e la tensione del filo T . In condizioni di equilibrio la somma vettoriale delle tre forze deve essere nulla. Possiamo scomporre le tre forze lungo una direzione parallela al filo ed un'altra ortogonale al filo, oppure lungo una direzione orizzontale ed una verticale. I due metodi sono equivalenti, in quello che segue scomporremo le forze agenti su una pallina lungo la direzione verticale (y) e quella orizzontale (x). In questo caso dovremo proiettare la tensione T lungo le due direzioni, tenendo presente che il filo forma con la verticale un angolo pari a $\alpha/2$ come si vede dalla figura.

$$F_x = F_e - T \cdot \sin(\alpha/2) = 0$$

$$F_y = T \cdot \cos(\alpha/2) - mg = 0$$

Eliminando la tensione T dal sistema di due equazioni si ottiene:

$$F_e = mg \cdot \tan(\alpha/2) = 0.010 \cdot 9.8 \tan 15 = 0.0263 \text{ N}$$

Ricordando che la distanza tra le due cariche vale:

$$d = 2 \cdot L \cdot \sin(\alpha/2) = 2 \cdot 0.25 \cdot \sin 15 = 12.94 \text{ cm}$$

Ricordando che: $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{d^2}$ si ottiene:

$$q = d \cdot \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot F_e} = 0.1294 \cdot \sqrt{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.0263} = 221 \text{ nC}$$

Dato che la forza F_e è repulsiva si deduce che le due cariche hanno lo stesso segno, ma non è possibile stabilire se siano entrambe positive o entrambe negative.

b) Applicando un campo elettrico E verso l'alto la divaricazione tra le cariche aumenta, vuol dire che sulle cariche stesse agisce una forza aggiuntiva, rispetto alla configurazione senza campo, diretta verso l'alto e che ha lo stesso verso del campo elettrico. Ne consegue quindi che le cariche devono essere positive, altrimenti la forza sarebbe diretta verso il basso diminuendo l'angolo tra le due cariche.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 21 NOVEMBRE 2001

1. Una molla di costante elastica K si trova nella sua posizione di equilibrio su un piano orizzontale senza attrito. Un estremo della molla è vincolato ad una parete verticale, mentre all'altro estremo è collegata una pallina di massa $m = 10$ g. Un altro corpo avente la stessa massa e velocità $v=4$ m/s, urta la pallina in modo completamente anelastico. Il sistema inizia ad oscillare ed in un intervallo di tempo $T_1 = 10$ s si contano 8 oscillazioni complete. Si determinino:

- la costante elastica della molla;
- l'energia meccanica del sistema dopo l'urto;
- l'ampiezza massima di oscillazione.

2. Un recipiente rigido di volume $V_o = 10$ l che non consente scambi di calore con l'esterno, contiene 0.6 moli di un gas perfetto monoatomico a pressione P_i e temperatura T_i . Il recipiente ha un rubinetto al quale viene collegato un palloncino di volume iniziale nullo. Il rubinetto viene aperto ed il palloncino si gonfia fino a raggiungere un volume finale $\Delta V = 6$ l. Una volta raggiunto l'equilibrio termico, si trova che il gas ha una temperatura T_f di 324 K. Assumendo che anche il palloncino non consenta scambi di calore con l'esterno, si ha che l'espansione del gas è assimilabile ad una espansione adiabatica irreversibile. Trascurando inoltre la forza elastica di richiamo del palloncino rispetto alle forze di pressione, si determinino:

- Il lavoro compiuto dal gas durante l'espansione.
- La temperatura iniziale del gas.
- La pressione iniziale del gas.

3. Il tubo catodico di un televisore può essere schematizzato come un condensatore piano sottoposto ad una differenza di potenziale $\Delta V = 20$ kV. Un elettrone ($q_e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg) viene prodotto in quiete dal cannone elettronico, che può essere pensato costituire l'armatura negativa del condensatore. L'elettrone comincia a muoversi e colpisce lo schermo, il quale può essere considerato come l'armatura positiva del condensatore. Trovare:

- Il lavoro fatto dal campo elettrico.
- La velocità con la quale l'elettrone raggiunge lo schermo.
- Immaginando che un altro elettrone venga prodotto in quiete esattamente a metà tra il cannone elettronico e lo schermo, trovare con che velocità colpirà lo schermo.

Avvertenze :

- Si consiglia agli studenti di impostare e di risolvere i problemi prima in forma alfa-numerica, definendo cioè in funzione delle variabili generiche in lettere le soluzioni richieste. Si determini poi la soluzione numerica particolare (indicare l'unità di misura per i valori trovati!).
- Consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, etc.;
- Qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome e data in tutti i fogli consegnati;
- Indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- Se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 21 NOVEMBRE 2001

Soluzione esercizio 1

a) la costante elastica della molla;

il periodo dell'oscillazione vale: $T = T_1/8 = 10/8 = 1.25 \text{ s}$

dato che $T = 2\pi \cdot \sqrt{(m+m)/K} \Rightarrow K = m \cdot 4\pi^2/T^2 = 0.02 \cdot 4\pi^2/1.25^2 = 0.5 \text{ N/m}$

b) l'energia meccanica del sistema dopo l'urto;

L'urto è completamente anelastico, quindi le due masse rimangono unite. Per la conservazione della quantità di moto, visto che le due masse sono uguali, la velocità subito dopo l'urto vale $v_f = v/2 = 4/2 = 2 \text{ m/s}$. Un istante dopo l'urto la molla è ancora nella sua posizione di riposo, quindi non c'è energia potenziale. L'energia meccanica è pari all'energia cinetica delle due palline: $E = \frac{1}{2} \cdot (2m) \cdot v_f^2 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 4 = 0.04 \text{ J}$

c) l'ampiezza massima di oscillazione;

nel momento di massima oscillazione, l'energia meccanica è espressa dalla sola energia potenziale, per cui: $E = \frac{1}{2} \cdot K \cdot A^2 \Rightarrow A = \sqrt{2E/K} = \sqrt{2 \cdot 0.04/0.5} = 0.40 \text{ m}$

Soluzione esercizio 2

a) Il lavoro compiuto dal gas durante l'espansione.

Trascurando le forze elastiche di richiamo, il palloncino durante l'espansione compie lavoro contro la forza di pressione atmosferica. Dato che la trasformazione è irreversibile si ha:

$$L = P_o \cdot \Delta V = 1 \cdot 6 = 6 \text{ atm} \cdot l = 606 \text{ J.}$$

b) La temperatura iniziale del gas.

La trasformazione è adiabatica, per cui il gas non scambia calore con l'esterno ($Q=0$); dal primo principio si ha: $\Delta U = -L$. Per un gas perfetto si ha: $\Delta U = n \cdot C_V \cdot \Delta T$, per cui:

$$\Delta T = -L/(n \cdot C_V) = -L/(n \cdot \frac{3}{2}R) = -606/(0.6 \cdot 1.5 \cdot 8.314) = -81 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_f - T_i \Rightarrow T_i = T_f - \Delta T = 324 - (-81) = 405 \text{ K}$$

c) La pressione iniziale del gas si ricava dalla legge dei gas perfetti:

$$P_i = n \cdot R \cdot T_i/V_i = 0.6 \cdot 8.314 \cdot 405/(10 \cdot 10^{-3}) = 2.02 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2 \text{ atm}$$

Soluzione esercizio 3

a) Il lavoro fatto dal campo elettrico.

$$L = q_e \cdot \Delta V = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (-20 \cdot 10^3) = 3.2 \cdot 10^{-15} \text{ J.}$$

b) La velocità con la quale l'elettrone raggiunge lo schermo.

La velocità si ricava dal teorema dell'energia cinetica $L = \Delta K$:

$$\frac{1}{2}m \cdot v^2 = L \Rightarrow v = \sqrt{2L/m_e} = \sqrt{2 \cdot 3.2 \cdot 10^{-15}/(9.1 \cdot 10^{-31})} = 84 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

c) Immaginando che un altro elettrone venga prodotto in quiete esattamente a metà tra il cannone elettronico e lo schermo, trovare con che velocità colpirà lo schermo.

In questo caso si ha: $\Delta V' = \Delta V/2$

$$L' = L/2 \Rightarrow v' = \sqrt{2L'/m_e} = v/\sqrt{2} = 84 \cdot 10^6/\sqrt{2} = 59 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 18 FEBBRAIO 2002

1. In una strada piana avviene un incidente : una autovettura di massa 1200 Kg (inclusi i passeggeri) urta una seconda autovettura, ferma e frenata, di massa 600 Kg. I segni sull'asfalto indicano che la prima autovettura ha iniziato a frenare 30 m prima dello scontro, e che, dopo lo scontro, la prima vettura si e' fermata dopo 20 m, e la seconda dopo 40 m. Una perizia mostra che il coefficiente di attrito tra auto frenate e strada è 0.4. Si calcoli (nell'ordine che si ritiene più opportuno) :

- a) la velocità della prima vettura prima dell'inizio della frenata;
- b) la velocità della prima vettura un istante prima dell'urto;
- c) le velocità di entrambe le vetture un istante dopo l'urto;
- d) se nella strada c'è un limite di velocità di 60 Km/h, il conducente della prima vettura ha commesso un'infrazione ?

2. Una certa quantità di gas perfetto compie una trasformazione isocora reversibile (dallo stato A allo stato B) a volume di 5 litri, passando da 2.2 a 1.4 atm, poi una espansione isobara reversibile (dallo stato B allo stato C). Si osserva che la temperatura è la stessa per lo stato C e lo stato A. Si calcoli :

- a) il lavoro totale del gas nelle due trasformazioni;
- b) la variazione totale di energia interna;
- c) il calore totale (assorbito o ceduto) dal gas.

3. Un elettricista inesperto connette in serie, anzichè in parallelo, le tre lampadine da 80 W di un lampadario che opera sulla rete a 220 V. Si calcoli :

- a) la potenza totale del lampadario, quando la connessione è fatta in modo corretto;
- b) se, nel caso in questione, le lampade sono più o meno luminose che nella situazione regolare;
- c) la potenza totale dissipata nel caso in questione;
- d) che succede se si svita una lampada ?

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 18 FEBBRAIO

Esercizio 1.

c) Nella frenata dopo l'urto, $1/2mv^2 = kmgd$, pertanto $v = \sqrt{2kgd}$, e quindi

$$v_1^{dopo} = \sqrt{2kgd_1} = \sqrt{2 \cdot 0.4 \cdot 9.8 \cdot 40} = 17.71 \text{ m/s};$$

$$v_2^{dopo} = \sqrt{2kgd_2} = \sqrt{2 \cdot 0.4 \cdot 9.8 \cdot 20} = 12.52 \text{ m/s};$$

b) nell'urto : $m_1v_1^{prima} + m_2v_2^{prima} = m_1v_1^{dopo} + m_2v_2^{dopo}$;

$$v_1^{prima} = v_1^{dopo} + v_2^{dopo} m_2/m_1 = 23.97 \text{ m/s};$$

a) nella frenata prima dell'urto, $1/2m(v^{ini})^2 = 1/2m(v^{fin})^2 + kmgd_3$

$$v^{ini} = \sqrt{(v^{fin})^2 + 2kgd_3} = 28.46 \text{ m/s} = 102 \text{ Km/h};$$

d) multa !!!

Esercizio 2.

a) $p_A \cdot V_A = p_C \cdot V_C \rightarrow V_C = p_A \cdot V_A/p_C = 5 \cdot 2.2/1.4 = 7.86$ litri;

$$L_{AB} = 0; \quad L_{BC} = L_{tot} = p_B \cdot (V_C - V_B) = 404 \text{ J};$$

b) $\Delta U_{AC} = 0$ [la temperatura non varia];

c) $\Delta Q_{AC} = L_{tot} = 404 \text{ J}$.

Esercizio 3.

a) nel caso regolare : $W_{tot} = 3 \cdot 80 = 240 \text{ W}$;

c) nel caso in questione, ciascuna lampada vede una ddp $V_i = 220/3 = 73.3 \text{ V}$;
la resistenza di una lampada si può calcolare dal caso normale :

$$W_i = V^2/R \rightarrow R = V^2/W = 220^2/80 = 605 \Omega;$$

in questo caso, pertanto la potenza di ciascuna lampada è

$$W_i = V_i^2/R = 73.3^2/605 = 8.9 \text{ W (quasi non si accende neppure);}$$

$$W_{tot} = 3 \cdot 8.9 = 26.7 \text{ W};$$

b) quasi non si accendono;

d) si interrompe il circuito e si spengono anche le altre lampade.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 8 APRILE 2002

1. Uno sciatore di massa 80 Kg scende lungo un pendio di angolo 20 gradi, compiendo un tragitto di 500 m alla velocità costante di 15 m/s. Calcolare :
- il coefficiente di attrito dinamico cui è sottoposto lo sciatore;
 - l'energia dispersa nel tragitto;
 - la velocità finale che lo sciatore avrebbe in assenza di attriti, partendo da fermo.
2. Un pallone aerostatico consiste in un involucro, che non consente scambi di calore con l'esterno, con pareti di massa totale trascurabile che possono deformarsi senza sforzo. Il pallone viene riempito con 1.5 m^3 di aria, a pressione atmosferica e alla temperatura ambiente di 25°C . Dopo che il pallone è stato chiuso, l'aria viene riscaldata, fino a che la forza ascensionale è di 5 N. Sapendo che l'aria può essere assimilata ad un gas perfetto di massa volumica 1.3 Kg/m^3 (a $T=25^\circ\text{C}$), calcolare
- la pressione all'interno del pallone alla temperatura finale;
 - il volume del pallone alla temperatura finale;
 - la temperatura finale.
3. Un elettrone (massa $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, carica $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) si muove alla velocità costante di $1 \times 10^6 \text{ m/s}$ in direzione orizzontale. È sottoposto, oltre che alla forza di gravità, a quella di un campo magnetico. Calcolare (in modulo, direzione e verso) :
- il valore del campo magnetico (attenzione : è un valore molto piccolo);
 - il valore dell'accelerazione che l'elettrone acquista, se istantaneamente il valore del campo magnetico raddoppia.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 8 APRILE

Esercizio 1.

- a) L'accelerazione totale è nulla, quindi è nulla anche la forza totale cui è sottoposto lo sciatore :

$$mgsin\theta - \mu mgcos\theta = 0$$

$$\mu = \frac{sin\theta}{cos\theta} = tan\theta = 0.36;$$

- b) L'energia totale non aumenta, pertanto l'energia dispersa è tutta l'energia potenziale :

$$E_{persa} = mgl sin\theta = 134KJ;$$

- c) Dalla conservazione dell'energia :

$$1/2mv^2 = mgl sin\theta; v = \sqrt{2gl sin\theta} = 57m/s.$$

Esercizio 2.

- a) Visto che le pareti non esercitano forze sull'aria del pallone, la pressione interna deve essere uguale a quella esterna : $p_{int} = 1atm$;

- b) Dalla legge di Archimede, visto che il pallone non perde aria :

$$F_{tot} = V_{fin}\rho_{aria}g - V_{ini}\rho_{aria}g;$$

$$V_{fin} = V_{ini} + F/(\rho_{aria}g) = 1.89m^3;$$

- c) dalla legge dei gas perfetti, a pressione costante :

$$T_{fin} = T_{ini}V_{fin}/V_{ini} = (273 + 25) \cdot 1.89/1.5 = 376K = 103^{\circ}C.$$

Esercizio 3.

- a) La forza del campo magnetico (forza di Lorentz) deve essere uguale in modulo ed opposta in verso alla forza di gravità :

$$evB = mg; \quad B = \frac{mg}{ev} = \frac{9.11 \cdot 10^{-31} \cdot 9.8}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^6} = 5.58 \cdot 10^{-17} \text{ T};$$

il campo deve essere orizzontale, ortogonale alla velocità dell'elettrone, con orientazione data dalla regola della mano sinistra, ricordando che l'elettrone ha carica negativa;

- b) ovviamente, $a_{nuova} = g = 9.8 \text{ m/s}$, diretta verso l'alto.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 10 GIUGNO 2002

1. Un piccolo aeroplano, che viaggia alla velocità di 400 Km/h, parallela al suolo, lascia cadere un pacco di massa 10 Kg, che raggiunge il suolo dopo 6 s. Supponendo che nell'istante iniziale il pacco abbia esattamente la stessa velocità dell'aereo e che la resistenza dell'aria sia trascurabile, calcolare :

- a) la quota dell'aereo rispetto al suolo;
- b) l'energia cinetica del pacco un istante prima dell'impatto con il terreno.

2. Tre moli di un gas monoatomico, approssimabili ad un gas perfetto, che si trovano inizialmente alla pressione di 4 atm e occupano il volume 25 litri, compiono una trasformazione NON reversibile, assorbendo 22 KJ di calore. Lo stato finale ha la stessa pressione di quello iniziale e volume doppio. Calcolare :

- a) la temperatura finale del gas;
- b) il lavoro fatto o subito dal gas nella trasformazione;
- c) la variazione di entropia del gas.

3. Un lampadario, che in condizioni normali è costituito da 12 lampade da 40 W ciascuna alimentate a 220 V, ha un interruttore difettoso, che può essere assimilato ad una resistenza di 100 Ω in serie al lampadario (NB si ricordi che un interruttore funzionante, quando è acceso, ha resistenza trascurabile). Calcolare :

- a) la potenza dissipata dall'interruttore sotto forma di calore ;
- b) la potenza di ciascuna lampada nel caso in questione.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 10 GIUGNO

Esercizio 1.

$$400 \text{ Km/h} = 111 \text{ m/s};$$

$$\text{a) } h = \frac{1}{2}gt^2 = 0.5 \cdot 9.8 \cdot 36 = 176 \text{ m};$$

$$\text{b) } K = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2) = \frac{1}{2}m(v_x^2 + g^2t^2) = \frac{1}{2}mv_x^2 + mgh = 0.5 \cdot 10 \cdot 111^2 + 10 \cdot 9.8 \cdot 176 = 61728 + 17248 = 79 \text{ KJ}.$$

Esercizio 2.

$$c_V = \frac{3}{2}R; c_p = \frac{5}{2}R;$$

$$\text{a) } T_i = \frac{p_i V_i}{nR} = \frac{4 \cdot 1.01 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 8.31} = 405 \text{ K};$$

$$T_f = \frac{p_f V_f}{nR} = \frac{2p_i V_i}{nR} = 2 \cdot T_i = 810 \text{ K};$$

$$\text{b) } \Delta U = nc_V(T_f - T_i) = 3 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.31 \cdot 405 = 15.1 \text{ KJ};$$

(NB l'energia interna è una funzione di stato, che non dipende dalla trasf.);

$$L = Q - \Delta U = 22 - 15.1 = 6.9 \text{ KJ};$$

$$\text{c) } \Delta S = nc_p \ln \frac{V_f}{V_i} = nc_p \ln 2 = 3 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.31 \cdot \ln 2 = 43.2 \text{ J/K}.$$

(calcolata lungo l'isobara reversibile, ΔS non dipende dalla trasf.).

Esercizio 3.

$$\text{a) } R_{lampada} = V_{rete}^2 / W = 220^2 / 40 = 1210 \Omega;$$

$$R_{lampadario} = \frac{1}{12} R_{lampada} = 1210 / 12 = 100.83 \Omega \text{ (resistenze in parallelo);}$$

$$R_{tot} = R_{lampadario} + R_{interruttore} = 100.83 + 100 = 200.83 \Omega \text{ (resistenze in serie);}$$

$$i_{tot} = V_{rete} / R_{tot} = 220 / 200.83 = 1.095 \text{ A};$$

$$W_{interruttore} = R_{interruttore} \cdot i_{tot}^2 = 100 \cdot 1.095^2 = 120 \text{ W};$$

$$\text{b) } V_{lampada} = V_{rete} - i_{tot} \cdot R_{interruttore} = 220 - 1.095 \cdot 100 = 110.4 \text{ V};$$

$$W_{lampada} = V_{lampada}^2 / R_{lampada} = 110.4^2 / 1210 = 10.1 \text{ W}.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 1 LUGLIO 2002

1. Un corpo di massa $m_1 = 3$ Kg urta un secondo corpo di massa $m_2 = 5$ Kg, inizialmente fermo. Dopo l'urto i due corpi procedono attaccati su un piano orizzontale per un tratto $s = 35$ m, subendo un attrito dinamico di coefficiente $\mu_d = 0.25$. Calcolare :

- il lavoro delle forze di attrito;
- la velocità dei due corpi subito dopo l'urto.
- la velocità del primo corpo prima dell'urto.

2. Due moli di un gas monoatomico, approssimabili ad un gas perfetto, che si trovano inizialmente alla pressione di 3 atm e occupano il volume di 16 l, compiono una trasformazione isobara reversibile, assorbendo 1200 J di calore. Calcolare :

- la temperatura finale del gas;
- la variazione di energia interna del gas;
- il lavoro fatto o subito dal gas nella trasformazione;
- la variazione di entropia del gas;

3. Un tubo di alluminio vuoto all'interno, di raggio interno 15 mm, contiene un filo, coassiale con il tubo, di raggio $25 \cdot 10^{-3}$ mm. Il filo è posto ad un potenziale di 3 KV maggiore di quello del tubo. Calcolare il valore del campo elettrico (modulo, direzione e verso) in prossimità della superficie del filo e la velocità con cui un elettrone (carica : $1.6 \cdot 10^{-19}$ C, massa : $9.11 \cdot 10^{-31}$ Kg), partito da fermo in prossimità del tubo, raggiunge il filo.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 1 LUGLIO

Esercizio 1.

- a) $L = \mu_d(m_1 + m_2)gs = 686 \text{ J}$;
b) $L = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_{12}^2 \rightarrow v_{12} = \sqrt{\frac{2L}{m_1 + m_2}} = 13.1 \text{ m/s}$;
c) $m_1v_1 = (m_1 + m_2)v_{12} \rightarrow v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v_{12}}{m_1} = 34.9 \text{ m/s}$.

Esercizio 2.

- $c_v = \frac{3}{2}R = 12.465 \text{ J/(K mole)}$; $c_p = \frac{5}{2}R = 20.775 \text{ J/(K mole)}$;
a) $T_i = \frac{p_i V_i}{nR} = \frac{3 \cdot 1.01 \cdot 10^5 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8.31} = 291.7 \text{ K}$;
 $Q = nc_p \Delta T \rightarrow T_f = T_i + \frac{Q}{nc_p} = 320.6 \text{ K}$;
b) $\Delta U = nc_v \Delta T = 720 \text{ J}$;
c) $L = Q - \Delta U = 480 \text{ J}$;
d) $\Delta S = nc_p \ln \frac{T_f}{T_i} = 3.925 \text{ J/K}$.

Esercizio 3.

- a) $E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$; (teorema di Gauss)

$$\Delta V = \int_{r_F}^{r_T} E dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_F}^{r_T} \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_T}{r_F};$$

$$E(r_F) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r_F} = \frac{\Delta V}{r_F \ln \frac{r_T}{r_F}} = \frac{3000}{25 \cdot 10^{-6} \ln \frac{.0015}{25 \cdot 10^{-6}}} = 1.88 \cdot 10^7 \text{ V/m};$$

il campo è ortogonale al filo, diretto verso l'esterno;

- b) $\frac{1}{2}mv^2 = e\Delta V \rightarrow v = \sqrt{\frac{2e\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 3000}{9.11 \cdot 10^{-31}}} = 3.25 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 23 SETTEMBRE 2002

1. Una strada piana ha una curva di raggio 160 m. Sapendo che un'automobile la può affrontare alla velocità massima di 120 Km/h senza sbandare, si calcoli il coefficiente di attrito tra l'asfalto e le ruote. Si consideri poi una seconda automobile, completamente identica alla prima, tranne per il fatto che ha massa doppia della precedente. In questo caso, quale è la velocità massima per non sbandare ?

2. Un palloncino è costituito da una sfera di plastica flessibile di spessore trascurabile, che non consente scambi di calore con l'esterno. La sfera, di raggio 20 cm, è piena di ossigeno (O_2). A temperatura ambiente ($T_1 = 27^\circ C$), si pone il palloncino sulla bilancia, e si trova il valore di 30 g. Il palloncino è quindi svuotato e riempito di O_2 ad un'altra temperatura ($= T_2$), in modo che la bilancia segni una massa di 25 g. Sapendo che il raggio del palloncino non è variato e approssimando l'ossigeno con un gas perfetto, si calcoli il numero di moli di O_2 nei due casi e il valore di T_2 .

3. Una gocciolina d'olio elettricamente carica, di massa $2.5 \cdot 10^{-4}$ g, si trova tra le due armature di un condensatore piano. Le armature hanno ciascuna un'area di 175 cm^2 e distano 8 cm tra loro. Il condensatore è appoggiato a terra, con il piatto inferiore carico negativamente, in modo che l'effetto combinato del campo elettrico e di quello gravitazionale sulla gocciolina si compensino esattamente. Sapendo che la carica totale su ciascuno dei piatti è di $4.5 \cdot 10^{-7}$ C e che il piatto inferiore ha carica negativa, calcolare :

- il valore del campo elettrico tra le armature (modulo, direzione e verso);
- la carica totale della gocciolina;
- la differenza di potenziale tra le armature.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF oppure lauree triennali) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 23 SETTEMBRE

Esercizio 1.

1° caso

$$120 \text{ Km/h} = 33.3 \text{ m/s};$$

$$\frac{mv^2}{R} = \mu mg \rightarrow \mu = \frac{v^2}{Rg} = \frac{33.3^2}{160 \cdot 9.8} = 0.708.$$

2° caso

Dalla formula precedente, si deduce che la velocità massima dipende solo da μ e R , e non dalla massa della vettura ($v = \sqrt{\mu Rg}$). Pertanto, a parità di coefficiente di attrito e raggio di curvatura, la velocità massima è la stessa.

Esercizio 2.

In entrambi i casi, oltre al volume, anche la pressione interna del palloncino è identica, e uguale alla pressione atmosferica (palloncino flessibile !!!) : $V_2 = V_1$; $p_2 = p_1 = p_{atm}$;

Sia μ la massa di una mole di O_2 ($= 32 \text{ g}$), m_{aria} la massa del volume d'aria spostato dal palloncino, m_1 e m_2 le masse misurate; applichiamo il principio di Archimede.

1° caso

$$n_1 = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{1.01 \cdot 10^5 \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot 0.20^3}{8.31 \cdot 300} = 1.357;$$

$$m_1 = m_{plastica} + n_1 \mu - m_{aria};$$

2° caso

$$m_2 = m_{plastica} + n_2 \mu - m_{aria}; \rightarrow m_2 - m_1 = (n_2 - n_1) \cdot \mu;$$

$$n_2 = n_1 + \frac{m_2 - m_1}{\mu} = 1.357 + \frac{.025 - .030}{.032} = 1.201;$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{n_2 R} = \frac{p_1 V_1}{n_2 R} = \frac{T_1 n_1}{n_2} = \frac{300 \cdot 1.357}{1.201} = 339K = 66^\circ C.$$

Esercizio 3.

$$a) \sigma = \frac{Q_{piatti}}{A} \rightarrow |\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q_{piatti}}{A\epsilon_0} = \frac{4.5 \cdot 10^{-7}}{1.75 \cdot 10^{-2} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 2.906 \cdot 10^6 \text{ V/m};$$

La direzione del campo \vec{E} è ortogonale alle armature; il verso va dal piatto positivo a quello negativo;

$$b) mg = |q_{gocc}| \cdot |\vec{E}| \rightarrow |q_{gocc}| = \frac{mg}{|\vec{E}|} = \frac{2.5 \cdot 10^{-7} \cdot 9.8}{2.906 \cdot 10^6} = 8.43 \cdot 10^{-13} \text{ C};$$

il segno è opposto a quello del piatto superiore e identico al piatto inferiore, pertanto è NEGATIVO : $q_{gocc} = -8.43 \cdot 10^{-13} \text{ C}$.

$$(c) \Delta V = |\vec{E}|d = 2.906 \cdot 10^6 \cdot .08 = 2.32 \cdot 10^5 \text{ V}.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 13 NOVEMBRE 2002

1. Un corpo di massa 10 Kg, in moto alla velocità di 5 m/s, esplose in due frammenti, di massa rispettivamente 3 Kg e 7 Kg. Dopo l'urto, il frammento di massa maggiore procede alla velocità di 8 m/s nella stessa direzione e nello stesso verso della velocità iniziale. Si calcoli :

- a) il modulo della velocità dell'altro frammento;
- b) l'angolo nello spazio tra i vettori velocità dei due frammenti;
- c) la variazione di energia cinetica del sistema tra prima e dopo l'urto.

2. Un cilindro, posto in posizione verticale su un banco di un laboratorio, è chiuso all'estremità superiore da un pistone, libero di scorrere senza attrito lungo il cilindro. Il pistone ha massa di 8 Kg e superficie di 10 cm^2 . Nel cilindro è rinchiusa la quantità di 2 moli di un gas perfetto, la cui temperatura viene innalzata di $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Si calcoli :

- a) il lavoro compiuto o subito dal gas;
- b) la variazione di volume del gas dallo stato iniziale a quello finale.

3. Un fornello elettrico, connesso ad una differenza di potenziale continua di 110 V, riscalda 4 litri di acqua da $32 \text{ }^\circ\text{C}$ a $75 \text{ }^\circ\text{C}$ in quattro minuti, disperdendo in aria il 40% del calore prodotto. Calcolare :

- a) la resistenza elettrica del fornello;
- b) potenza media erogata dal fornello;
- c) la potenza media assorbita dall'acqua.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF oppure lauree triennali) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 13 NOVEMBRE

Esercizio 1.

La quantità di moto finale è uguale a quella iniziale;

$$a) M \cdot V = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2;$$

$$v_1 = \frac{MV - m_2 v_2}{m_1} = \frac{10 \cdot 5 - 7 \cdot 8}{3} = -2 \text{ m/s}$$

[NB "-" significa che \vec{v}_1 è in direzione opposta a \vec{V}];

$$b) \text{ per quanto detto sopra, } \alpha = \text{angolo}(\vec{v}_1, \vec{V}) = 180^\circ;$$

$$c) \Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} M V^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 2^2 + \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 8^2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 5^2 = 105 \text{ J}$$

(l'energia cinetica AUMENTA).

Esercizio 2.

La trasformazione è isobara (non necessariamente reversibile);

$$a) L = p\Delta V = pV_f - pV_i = nRT_f - nRT_i = nR\Delta T = 2 \cdot 8.31 \cdot 15 = 249.3 \text{ J};$$

$$b) p = p_i = p_f = p_{atm} + \frac{Mg}{S} = 1.01 \cdot 10^5 + \frac{8 \cdot 9.8}{10 \cdot 10^{-4}} = 1.794 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$\Delta V = \frac{L}{p} = \frac{249.3}{1.794 \cdot 10^5} = 1.39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Esercizio 3.

$$c) \text{ calore assorbito} = Q_a = mc\Delta T;$$

$$\text{potenza assorbita} = W_a = \frac{Q_a}{t} = \frac{mc\Delta T}{t} = \frac{4 \cdot 4180 \cdot 43}{240} = 2996 \text{ W};$$

$$b) \text{ potenza erogata} = W_e = \frac{W_a}{\eta} = \frac{2996}{.6} = 4993 \text{ W};$$

$$a) W_e = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{W_e} = \frac{110^2}{4993} = 2.42 \Omega.$$

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 6 FEBBRAIO 2003

1. Un vagone merci di massa $M = 1200 \text{ Kg}$ scende lungo un piano inclinato di angolo $\alpha = 15^\circ$. Dopo una distanza $s = 100 \text{ m}$ dalla partenza, ha acquistato una velocità pari a $v = 11 \text{ m/s}$. A questo punto esso urta con un vagone fermo di massa uguale, con urto totalmente anelastico. Si calcoli :

- a) il tempo necessario prima dell'urto a coprire la distanza s ;
- b) il tempo che sarebbe necessario qualora non ci fosse attrito;
- c) il valore del coefficiente μ di attrito;
- d) la frazione dell'energia totale dissipata durante la discesa;
- e) l'energia cinetica dissipata nell'urto.

2. Un cilindro di volume 5 l contiene ossigeno puro alla pressione di 2 atm e alla temperatura di 250 K . L'ossigeno (assimilabile ad un gas perfetto) subisce le seguenti trasformazioni :

- a) riscaldamento a volume costante, in modo da raddoppiare la pressione;
- b) riscaldamento a pressione costante fino alla temperatura di 650 K ;
- c) raffreddamento a volume costante fino alla pressione iniziale;
- d) raffreddamento a pressione costante fino alle condizioni iniziali.

Calcolare il calore scambiato in ciascuna delle quattro trasformazioni e il lavoro totale compiuto (o assorbito) dal gas in tutto il ciclo.

3. Due piatti paralleli di superficie 0.5 m^2 , posti nel vuoto alla distanza di 1 mm , sono connessi ai poli una batteria e caricati in modo che ciascun piatto abbia una carica di $1 \times 10^{-3} \text{ C}$, opposte in segno. Calcolare :

- a) la capacità del sistema dei due piatti;
- b) il lavoro necessario per caricare i piatti;
- c) il campo elettrico (modulo, direzione e verso) tra i piatti dopo il caricamento;
- d) la differenza di potenziale tra i piatti.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF oppure lauree triennali) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 6 FEBBRAIO

Esercizio 1.

Nel moto è presente una forza di attrito dinamico, di coefficiente μ . Pertanto il moto è uniformemente accelerato, con equazione :

$$s = \frac{1}{2}a_{tot}t^2, \quad v = a_{tot}t;$$

L'accelerazione si calcola dal secondo principio della dinamica :

$$F = Ma_{tot} = Mgs \sin \alpha - \mu Mg \cos \alpha.$$

I risultati si ricavano dalle equazioni precedenti :

a) $t = 2s/v = 2 \times 100/11 = 18.18 \text{ s.}$

b) $a_{noattrito} = g \sin \alpha \rightarrow t_{noattrito} = \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \times 100}{9.8 \times \sin 15}} = 8.88 \text{ s.}$

c) $a_{tot} = v/t = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \rightarrow \mu = \tan \alpha - \frac{v}{gt \cos \alpha} = \tan 15 - \frac{11}{9.8 \times 18.18 \times \cos 15} = .204.$

d) $f = 1 - \frac{E_{fin}}{E_{ini}} = 1 - \frac{\frac{1}{2}Mv^2}{Mgs \sin \alpha} = 1 - \frac{v^2}{2gs \sin \alpha} = 1 - \frac{11^2}{2 \times 9.8 \times 100 \times \sin 15} = 1 - .238 = .762.$

e) detta v_{dopo} la velocità dopo l'urto, dalla conservazione della quantità di moto si ottiene :

$$Mv + M \times 0 = 2Mv_{dopo} \rightarrow v_{dopo} = v/2;$$

$$\Delta E = E_{prima} - E_{dopo} = \frac{1}{2}Mv^2 - \frac{1}{2}(M + M)v_{dopo}^2 = \frac{1}{4}Mv^2 = 0.25 \times 1200 \times 11^2 = 36300 \text{ J.}$$

Esercizio 2.

Il cilindro contiene un numero di moli pari a $n = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \times 1.01 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{8.31 \times 250} = 0.486.$

L'ossigeno (biatomico) ha $c_v = \frac{5}{2}R$, $c_p = \frac{7}{2}R$;

a) trasformazione isocora, $T_{fin}/T_{ini} = p_{fin}/p_{ini} \rightarrow T_{fin} = 2T_{ini} = 500K \rightarrow \Delta T = 250 \text{ K}$
 $Q = nc_v \Delta T = 0.486 \times 2.5 \times 8.31 \times 250 = 2525 \text{ J (Q assorbito, quindi } > 0).$

b) trasformazione isobara, $Q = nc_p \Delta T = 0.486 \times 3.5 \times 8.31 \times (650 - 500) = 2120 \text{ J (Q } > 0).$

c) trasformazione isocora, la pressione dimezza, $T_{fin} = \frac{1}{2}T_{ini} = 325K \rightarrow \Delta T = -325K$
 $Q = nc_v \Delta T = 0.486 \times 2.5 \times 8.31 \times (-325) = -3281 \text{ J (Q ceduto, quindi } < 0).$

d) trasformazione isobara, $Q = nc_p \Delta T = 0.486 \times 3.5 \times 8.31 \times (250 - 325) = -1060 \text{ J (Q } < 0).$

Il calore totale è pari alla somma algebrica dei quattro valori $Q_{tot} = 304 \text{ J}$ e, poichè l'energia interna non varia nel ciclo, è anche pari al lavoro totale del gas.

Esercizio 3.

a) $C = \frac{\epsilon_0 \times S}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 0.5}{10^{-3}} = 4.425 \times 10^{-9} \text{ farad.}$

b) $L = E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{0.5 \times 1 \times 10^{-6}}{4.425 \times 10^{-9}} = 113 \text{ J.}$

c) il campo è ortogonale alle armature, uscente da quella a carica positiva; il modulo si ottiene da

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q/S}{\epsilon_0} = \frac{1 \times 10^{-3}}{0.5 \times 8.85 \times 10^{-12}} = 2.26 \times 10^8 \text{ V / m.}$$

d) $\Delta V = E \times d = 2.26 \times 10^8 \times 10^{-3} = 2.26 \times 10^5 \text{ V [è meglio non toccare le armature].}$

[NB Si può anche porre $\Delta V = q/C$ e quindi $E = \Delta V/d$, ottenendo gli stessi risultati]

PROVA SCRITTA DI FISICA DEL 31 MARZO 2003

1. Un blocco di massa $m=4$ kg è inizialmente fermo su un piano orizzontale scabro. Il sistema piano-blocco presenta un coefficiente di attrito statico $\mu_s = 0.5$. Sul blocco viene applicata una forza orizzontale F di modulo via via crescente. Ad un certo punto il blocco comincia a muoversi. Sul blocco in moto continua ad agire la stessa forza F che è riuscita a metterlo in moto. Si trova che dopo aver percorso una distanza $s=3.0$ m, il blocco ha raggiunto una velocità pari a 2.8 m/s. Si determinino:

- il modulo della forza F ;
- il lavoro fatto dalla forza di attrito dinamico;
- il valore del coefficiente di attrito dinamico μ_d .

2. Un recipiente provvisto di stantuffo contiene due moli di gas perfetto biatomico. I valori iniziali della sua pressione e della sua temperatura sono, rispettivamente, 2 atm e $27^\circ C$. Il gas viene lasciato espandere reversibilmente a temperatura costante finché la pressione non è scesa a 1 atm. Poi il gas viene compresso e simultaneamente riscaldato finché non è ritornato al suo volume iniziale. A questo punto la pressione è 2.5 atm.

- trovare la temperatura del punto finale;
- trovare la variazione totale di energia interna del gas;
- trovare il lavoro fatto dal gas durante l'espansione;
- infine determinare il calore che andrebbe sottratto al gas per riportarlo nello stato di partenza.

3. Uno ione ^{58}Ni di carica $+e$ avente massa $9.62 \cdot 10^{-26}$ kg, inizialmente fermo, viene dapprima accelerato attraverso una differenza di potenziale di 3 kV e poi deflesso in uno spettrometro di massa avente un campo magnetico B di modulo 0.12 T.

- Si trovi la velocità dello ione all'ingresso dello spettrometro;
- si trovi il raggio di curvatura della traiettoria circolare dello ione;
- si trovi la differenza tra il raggio di curvatura degli ioni ^{58}Ni e quello degli ioni ^{60}Ni , nelle stesse condizioni sperimentali. Si supponga che il rapporto delle masse sia 58/60.

Avvertenze :

- risolvere gli esercizi sia in modo simbolico (in formule), sia in modo numerico;
- consegnare unicamente la bella copia, nel foglio intestato con nome, cognome, data, corso di laurea, etc. etc.;
- qualora si abbia bisogno di più di un foglio per copiare tutti gli esercizi, si può utilizzare un foglio di brutta copia; in questo caso, bisogna scrivere nome, cognome, numero di matricola e data in tutti i fogli consegnati;
- indicare il corso di laurea (Farmacia oppure CTF oppure lauree triennali) nello spazio intestato "Aula"; viceversa, l'Aula non va indicata;
- se si vuole sostenere lo scritto in questa sessione, scrivere nello spazio "Laboratorio di Fisica", le parole "orale in questa sessione".

SOLUZIONI DEL COMPITO DI FISICA DEL 31 MARZO

Esercizio 1

a) $F = \mu_s \cdot m \cdot g = 0.5 \cdot 4 \cdot 9.8 = 19.6 \text{ N}$

b) La forza F compie il lavoro $L_F = F \cdot s = 19.6 \cdot 3 = 58.8 \text{ J}$,

la variazione di energia cinetica del blocco è $\Delta K = \frac{1}{2}mv^2 = 0.5 \cdot 4 \cdot 2.8^2 = 15.7 \text{ J}$

quindi il lavoro della forza di attrito si ottiene per differenza, dato che $L_F + L_A = \Delta K \Rightarrow$

$$L_A = \Delta K - L_F = 15.7 - 58.8 = -43.1 \text{ J}$$

c) Dato che $|L_A| = \mu_d \cdot mg \cdot s \Rightarrow \mu_d = \frac{|L_A|}{mg \cdot s} = \frac{43.1}{4 \cdot 9.8 \cdot 3.0} = 0.37$

[Si noti che l'esercizio si può anche risolvere ricavando dapprima l'accelerazione del blocco $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{2.8^2}{2 \cdot 3} = 1.31 \text{ m/s}^2$ e poi da qui ricavare la forza di attrito dinamico.]

Esercizio 2

a) Il punto iniziale e quello finale hanno lo stesso volume, per cui: $\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_C}{T_C}$ pertanto

$$T_C = T_A \frac{P_C}{P_A} = (273 + 27) \frac{2.5}{2.0} = 375 \text{ K}$$

b) $\Delta U = nC_V \Delta T = 2 \frac{5}{2} 8.314 \cdot 75 = 3118 \text{ J}$

c) Nell'espansione isoterma la pressione è dimezzata, quindi il volume è raddoppiato. $L = nRT \cdot \log \frac{V_B}{V_A} = 2 \cdot 8.314 \cdot 300 \cdot \log(2) = 3458 \text{ J}$

d) Per riportare il gas nello stato iniziale occorre fare una trasformazione a volume costante, quindi si ha: $Q = nC_V \Delta T = 2 \frac{5}{2} 8.314 \cdot (-75) = -3118 \text{ J}$

Esercizio 3

a) $\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V \Rightarrow v = \sqrt{2q\Delta V/m} = \sqrt{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^3 / 9.62 \cdot 10^{-26}} = 1.0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

b) $r = \frac{mv}{qB} = \frac{9.62 \cdot 10^{-26} \cdot 1.0 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.12} = 50.1 \text{ cm}$

c) Troviamo innanzitutto la dipendenza del raggio di curvatura dalla massa: $v \propto \sqrt{\frac{1}{m}} \Rightarrow r \propto mv \Rightarrow \sqrt{m}$. Quindi il rapporto tra i raggi è proporzionale alla radice quadrata del rapporto delle masse: $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{\frac{60}{58}} = 1.017$ Quindi il raggio della traiettoria circolare dello ione ^{60}Ni è: $r_2 = 1.017 \cdot 50.1 = 51.0 \text{ cm}$, allora la differenza tra i due raggi è di 9 mm.