Associazione per l'Insegnamento della Fisica
Progetto Olimpiadi

OLIMPIADI DI FISICA 2005

10 Febbraio 2005

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei QUESITI

Quesito n.1

Sia d la distanza Terra-Luna, h lo spessore dell'atmosfera e n il suo indice di rifrazione. Il tempo di transito (andata oppure ritorno) è

$$t = \frac{nh}{c} + \frac{d-h}{c} = \frac{d+(n-1)h}{c}$$

e quindi, conoscendo t, c, h e n, si ricava

$$d = ct - (n-1)\,h$$

Se si trascura l'effetto dell'atmosfera, si ricava semplicemente $d = ct$, per cui l'errore che si introduce sulla distanza è

$$(n-1)\,h = 2.3\,\mathrm{m}\,.$$

Può valer la pena di notare che, siccome l'incertezza complessiva di queste misure può essere ridotta a pochi decimetri, l'effetto dell'atmosfera non può essere trascurato in misure di precisione.

Quesito n.2

L'accelerazione centripeta della massa che ruota di moto uniforme è $a = \omega^2\ell$ ed è data dalla forza elastica della molla; per la seconda legge della dinamica

$$m\,\omega^2\ell = k(\ell - \ell_0) \quad \Rightarrow \quad \ell = \frac{k}{k - m\omega^2}\,\ell_0\,.$$

Quesito n.3

La carica Q inizialmente presente sul primo condensatore vale $Q = CV_0$. La capacità complessiva del sistema dei due condensatori in parallelo vale $C' = C_1 + C_2 = (n+1)\,C$. Per la conservazione della carica si ha

$$Q = CV_0 = C'V' \quad \Rightarrow \quad CV_0 = (n+1)\,C\,\frac{V_0}{7} \quad \Rightarrow \quad n = 6\,.$$

Quesito n.4

Per la seconda legge della dinamica, l'automobile è sottoposta ad un'accelerazione $a = F/m$ dove F è la risultante della spinta S delle due persone e della forza d'attrito A in verso opposto: $F = S - A$.

Il moto è uniformemente accelerato con velocità iniziale nulla; dunque il tempo t necessario per raggiungere la velocità minima richiesta si determina in questo modo

$$v = a\,t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{v}{a} = \frac{mv}{S-A} = 7.5\,\mathrm{s}\,.$$

Più direttamente il tempo si può trovare con il teorema dell'impulso:

$$F\,\Delta t = m\Delta v \quad \text{essendo} \quad v = 0 \quad \text{per} \quad t = 0$$

Quesito n.5

Una massa m di vapore acqueo saturo occupa un volume V pari a

$$V = \frac{m}{\rho_{\rm sat}} = 77\,\text{litri}\,.$$

essendo $\rho_{\rm sat}$ la densità data. Quando il volume diventa minore di questo valore inizia la condensazione.

Quesito n.6

La corrente i misurata dall'amperometro attraversa successivamente il parallelo costituito dalla resistenza incognita R e dal voltmetro che presenta una resistenza r. Detta $R^\star$ la resistenza equivalente del parallelo si può allora scrivere

$$V = R^\star I \quad \text{con} \quad \frac{1}{R^\star} = \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{i}{V} \quad \text{da cui} \quad R = \frac{Vr}{ir - V} = 5.0\,\text{k}\Omega\,.$$

Quesito n.7

Sia F la forza che il pavimento dell'ascensore esercita sui piedi di Carlo. Nel caso generico in cui l'ascensore abbia accelerazione a (assunta positiva verso il basso) il moto di Carlo e l'equilibrio della massa m appesa alla molla di costante elastica k sono descritti dalle equazioni

$$Mg - F = Ma \quad \text{e} \quad mg - k\Delta\ell = ma$$

Eliminando a si trova una relazione tra F e $\Delta\ell$:

$$a = g - \frac{F}{M} = g - \frac{k\,\Delta\ell}{m} \quad \Rightarrow \quad F = \frac{kM}{m}\,\Delta\ell$$

Detti F_0 e $\Delta\ell_0$ i valori particolari quando $a = 0$ (ascensore fermo o in moto uniforme) si ha

$$F = \frac{\Delta\ell}{\Delta\ell_0}\,F_0 = \frac{4}{5}Mg = 471\,\text{N}$$

In modo più semplice, ricordando che un sistema di riferimento accelerato e quindi non inerziale è sempre localmente indistinguibile da un riferimento inerziale in cui sia presente un opportuno campo di gravità (*Principio di equivalenza*), dal fatto che il gravimetro mostra una gravità apparente $g' = 4g/5$ si può dedurre immediatamente che la reazione vincolare del pavimento sui piedi di Carlo è $4/5$ del suo peso reale.

Quesito n.8

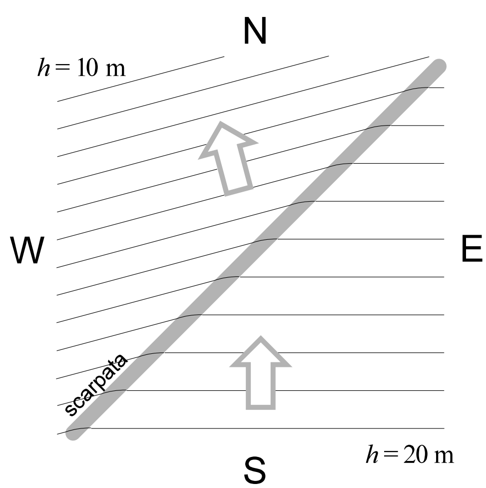
Sui due fondali le velocità sono $v_{10} = \sqrt{gh_{10}}$ e $v_{20} = \sqrt{gh_{20}}$ rispettivamente, con ovvio significato dei simboli; quindi l'indice di rifrazione relativo (definito in generale come il rapporto inverso delle velocità di propagazione dell'onda nelle due regioni considerate) è $n = \sqrt{2}$ e la legge di Snell che mette in relazione l'angolo di incidenza $\hat{\imath}$ con l'angolo di rifrazione $\hat{r}$ si scrive

$$\text{sen}\,\hat{\imath} = n\,\text{sen}\,\hat{r}\;;$$

la velocità è infatti maggiore dalla parte di incidenza.

L'angolo di incidenza con la scarpata è $\hat{\imath} = 45°$ e quindi l'angolo di rifrazione risulta

$$\hat{r} = \text{arcsen}\,(\text{sen}\,45°/n) = 30°\,.$$

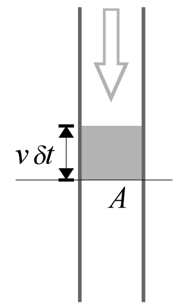


Ne segue che il vettore di propagazione dell'onda devia di $45° - 30° = 15°$ rispetto alla direzione iniziale.

Poiché la scarpata è in direzione NE–SW, la direzione di propagazione finale è quindi deviata verso W di 15° rispetto al Nord.

La conoscenza della forma della scarpata non è necessaria dato che la legge di Snell, scritta nella forma $n\,\text{sen}\,\theta =$ costante, consente di limitarsi a considerare solo la situazione iniziale e quella finale.

Quesito n.9



Quando il flusso è stazionario (cioè non varia nel tempo), in assenza di immissioni o di perdite, la portata è costante: questa legge esprime semplicemente il fatto che il liquido non viene creato né distrutto. La portata in volume (quella che comunemente si usa per i liquidi incomprimibili come l'acqua) è definita come il rapporto tra il volume δV di liquido che attraversa una sezione del getto in un piccolissimo intervallo di tempo δt e l'intervallo stesso.

Si dimostra facilmente che la portata, Q, è pari ad Av dove A è l'area della sezione che si considera e v è la velocità del liquido: infatti, il liquido che attraversa una sezione di area A in un piccolissimo intervallo di tempo δt è quello contenuto in un cilindro di area di base A e di altezza $v\,\delta t$, per cui $\delta V = Av\,\delta t$. Ne segue, appunto:

$$Q = \frac{\delta V}{\delta t} = \frac{Av\,\delta t}{\delta t} = Av\,.$$

Di conseguenza, la velocità e l'area della sezione, in un flusso stazionario, sono inversamente proporzionali. Consideriamo allora una sezione S_1 all'uscita dal rubinetto, di area A_1, e un'altra sezione S_2 un tratto h più in basso. Avremo (con ovvio significato dei simboli): $A_1 v_1 = A_2 v_2$ ovvero, indicando con d_1 e d_2 i due diametri:

$$v_2/v_1 = d_1^2/d_2^2 \tag{1}$$

D'altra parte, l'acqua, una volta uscita dal rubinetto, è in caduta libera. Dalle leggi del moto uniformemente accelerato (o, alternativamente, dalla conservazione dell'energia) si ricava facilmente che v_1 e v_2 sono legate dalla relazione:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gh \tag{2}$$

dove h è l'altezza di caduta. Ricavando v_2 dalla (1) e sostituendola nella (2) si ottiene, dopo pochi passaggi:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{(d_1/d_2)^4 - 1}} = 3.07\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

Quesito n.10

Considerando n moli di ammoniaca, pari ad una massa $m = nM$ (essendo M la massa molare dell'ammoniaca), dall'equazione di stato dei gas perfetti si può ricavare M in termini dei dati; infatti

$$pV = nRT = \frac{mRT}{M} \quad \Rightarrow \quad M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = 17.1\,\mathrm{g\,mol^{-1}}\,.$$

Deve essere allora

$$17.1 = 14\,x_1 + x_2 \quad \text{con } x_1 \text{ e } x_2 \text{ numeri interi.}$$

L'unica coppia di interi positivi che approssima abbastanza bene la condizione precedente è $x_1 = 1$ e $x_2 = 3$, da cui la formula chimica NH_3.

NOTA PER I CORRETTORI: *Assegnare punteggio nullo se ci sono evidenze che la risposta deriva solamente dal ricordo a memoria della formula chimica dell'ammoniaca, ossia per esempio senza una qualche indicazione di un calcolo eseguito.*

Materiale prodotto dal gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica
presso Liceo Scientifico "U. Morin"
VENEZIA MESTRE
fax: 041.584.1272
e-mail: olifis@libero.it

OLIMPIADI DI FISICA 2005

10 Febbraio 2005

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei PROBLEMI

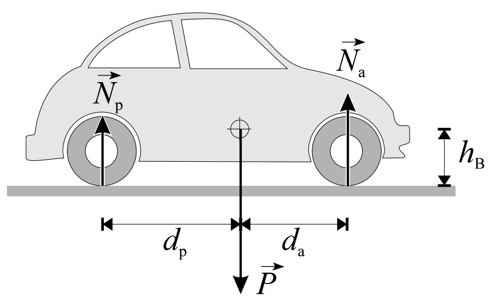
PROBLEMA n. 1 – Auto in frenata

Quesito n. 1.

Le forze che interessano, agenti sull'automobile sono:

- Il peso, $\vec{P}$, che possiamo pensare applicato nel baricentro.
- La forza normale che la strada esercita sulle ruote anteriori, $\vec{N}_{\mathrm{a}}$ (in realtà si tratta di due forze, una per ciascuna ruota, ma per questo problema possiamo considerarle una forza unica).
- La forza normale che la strada esercita sulle due ruote posteriori, $\vec{N}_{\mathrm{p}}$ (vale la stessa considerazione).

Poiché l'automobile viaggia a velocità costante su un tratto di strada rettilineo e orizzontale, le componenti orizzontali di tutte le forze presenti hanno risultante nulla e possono essere ignorate. La situazione è la seguente:



Abbiamo indicato con d_{a} e d_{p} le distanze orizzontali tra l'asse delle ruote (rispettivamente anteriori e posteriori) e il baricentro, e con h_{B} l'altezza del baricentro rispetto al suolo. L'automobile è in equilibrio rispetto alla traslazione verticale. Questa condizione si scrive:

$$N_{\mathrm{a}} + N_{\mathrm{p}} = Mg \tag{1}$$

(N_{a} indica il modulo di $\vec{N}_{\mathrm{a}}$, e così via, M è la massa dell'automobile, g l'accelerazione di gravità).

D'altra parte, l'automobile è in equilibrio anche rispetto alla rotazione. Poiché la risultante di tutte le forze agenti sull'automobile è nulla, siamo liberi di scegliere il punto rispetto a cui calcolare i momenti. Per analogia con quanto faremo successivamente, sceglieremo il baricentro. La condizione di equilibrio rispetto alla rotazione si scrive allora:

$$N_{\mathrm{a}}\, d_{\mathrm{a}} = N_{\mathrm{p}}\, d_{\mathrm{p}} \tag{2}$$

Ricavando ad esempio N_{a} da qui e sostituendo nella (1) si ottiene:

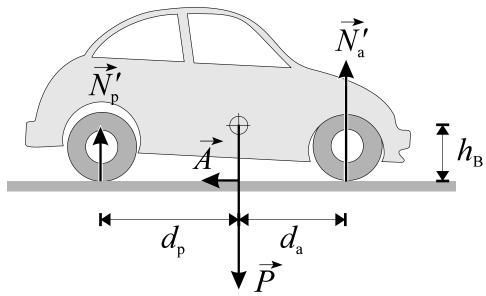
$$N_{\mathrm{p}} = \frac{Mg}{d_{\mathrm{p}}/d_{\mathrm{a}} + 1} = 6.04\,\mathrm{kN}$$

Sostituendo questo valore sempre nella (1) si ricava:

$$N_{\mathrm{a}} = Mg - N_{\mathrm{p}} = 7.69\,\mathrm{kN}$$

Quesito n. 2.

Durante la frenata, alle forze considerate precedentemente si aggiunge una forza frenante, orizzontale, esercitata dalla strada su ciascuna delle ruote; per semplicità le raggrupperemo in un'unica forza, che indicheremo con $\vec{A}$ (perché si tratta di una forza di attrito). Il punto di applicazione di questa forza non è noto con precisione, ma sicuramente (essendo $\vec{A}$ la risultante di quattro forze applicate al livello del suolo) è al livello del suolo, e questo ci basta. La comparsa di questa forza, come vedremo, modifica i moduli delle forze normali considerate prima, che perciò indicheremo con $\vec{N}'_{\mathrm{a}}$ e $\vec{N}'_{\mathrm{p}}$. La situazione è ora la seguente:



Scriviamo ora la seconda legge della dinamica in forma vettoriale:

$$\vec{P} + \vec{N}'_{\mathrm{p}} + \vec{N}'_{\mathrm{a}} + \vec{A} = M\,\vec{a}$$

Scomponiamo questa equazione. Lungo la direzione verticale abbiamo ancora equilibrio (non c'è accelerazione verticale), e dunque abbiamo:

$$N'_{\mathrm{p}} + N'_{\mathrm{a}} = Mg \tag{3}$$

Lungo la direzione orizzontale abbiamo invece:

$$A = Ma \tag{4}$$

Quest'ultima equazione è quella che ci serve per rispondere alla domanda 2): $A = 2.94\,\mathrm{kN}$.

Quesito n. 3.

Anche durante la frenata, l'automobile è in equilibrio rispetto alla rotazione. Stavolta la forza risultante non è nulla, e i momenti vanno necessariamente calcolati rispetto al centro di massa (che coincide col baricentro):

$$N'_{\mathrm{a}}\,d_{\mathrm{a}} = N'_{\mathrm{p}}\,d_{\mathrm{p}} + Ah_{\mathrm{B}} \tag{5}$$

Risolvendo il sistema costituito da questa equazione e dalla (3) si ottiene, con pochi passaggi:

$$N'_{\mathrm{p}} = \frac{Mgd_{\mathrm{a}} - Ah_{\mathrm{B}}}{d_{\mathrm{a}} + d_{\mathrm{p}}} = 5.34\,\mathrm{kN}$$

La forza normale sulle ruote posteriori è dunque diminuita. Al contrario, quella sulle ruote anteriori ovviamente è aumentata. La (3) ci dà:

$$N'_{\mathrm{a}} = Mg - N'_{\mathrm{p}} = 8.40\,\mathrm{kN}$$

Quesito n. 4.

Durante l'andatura a velocità costante ciascuno degli ammortizzatori anteriori è compresso di un tratto $\Delta\ell_1$, mentre durante la frenata la compressione è di un tratto $\Delta\ell_2$; questi sono dati rispettivamente da

$$\Delta\ell_1 = \frac{1/2\;N_{\mathrm{a}}}{k} \qquad \Delta\ell_2 = \frac{1/2\;N'_{\mathrm{a}}}{k}$$

L'abbassamento (ovvero, la compressione ulteriore) degli ammortizzatori è dato dalla differenza tra i due:

$$\Delta\ell_2 - \Delta\ell_1 = \frac{1}{2}\,\frac{N'_{\mathrm{a}} - N_{\mathrm{a}}}{k}$$

La costante elastica k risulta allora

$$k = \frac{N'_{\mathrm{a}} - N_{\mathrm{a}}}{2(\Delta\ell_2 - \Delta\ell_1)} = \frac{Ma\,h_{\mathrm{B}}}{2(\Delta\ell_2 - \Delta\ell_1)\,d} = 5.88\,\mathrm{kN\,m^{-1}}\,.$$

PROBLEMA n. 2 – Calorimetro di *Favre-Silbermann*

Quesito n. 1.

Il volume del mercurio, trascurando il cannello e la vite, è di $91.1\,\mathrm{cm}^3$, la sua massa è di $1.19\,\mathrm{kg}$.

Il sistema è isolato, per cui, indicando con m e T_1 la massa e la temperatura iniziale dell'acqua, con M e T_2 la massa e la temperatura iniziale del mercurio, il bilancio energetico dà

$$m\,c\left(T_1 - T_{\mathrm{eq}}\right) = M\,c_{\mathrm{Hg}}\left(T_{\mathrm{eq}} - T_2\right) \quad\Rightarrow\quad T_{\mathrm{eq}} = \frac{m\,c\,T_1 + M\,c_{\mathrm{Hg}}\,T_2}{m\,c + M\,c_{\mathrm{Hg}}} = 36.1^\circ\mathrm{C}$$

Quesito n. 2.

In seguito al riscaldamento, la temperatura del mercurio aumenta di $\Delta T_2 = T_{\mathrm{eq}} - T_2$ ed il volume passa da V a $V + \Delta V$ secondo il modello $\Delta V = V\,\alpha\Delta T_2$ da cui

$$\alpha = \frac{s\Delta\ell}{V\,\Delta T_2} = 1.82\times 10^{-4}\,\mathrm{K}^{-1}$$

s indica la sezione del cannello graduato, $\Delta\ell$ la lunghezza della colonnina di mercurio nel cannello.

Quesito n. 3.

Il calore assorbito dal mercurio dipende linearmente dalla variazione di temperatura come anche la sua dilatazione termica. L'allungamento della colonnina di mercurio, allora, è direttamente proporzionale al calore assorbito dal mercurio che è uguale a quello ceduto dalla sostanza nel provettone, essendo il sistema isolato termicamente.

Per chiarezza tutte le grandezze relative all'esperimento con il liquido incognito sono indicate con un apice.

Il calore Q' ceduto dal liquido è legato direttamente a quello Q ceduto dall'acqua studiato nella prima domanda, per cui, si ha

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{\Delta\ell'}{\Delta\ell} \quad\Rightarrow\quad Q' = \frac{\Delta\ell'}{\Delta\ell}\,m\,c\,\Delta T_1 = 1.41\,\mathrm{kJ}$$

avendo posto $\Delta T_1 = T_1 - T_{\mathrm{eq}} = 63.9^\circ\mathrm{C}$.

La temperatura di equilibrio del sistema si ricava dalla variazione di temperatura del mercurio di cui si conosce la variazione di volume. Si ha

$$\Delta T_2' = T_{\mathrm{eq}}' - T_2 = \frac{s\Delta\ell'}{V\,\alpha} = 8.45^\circ\mathrm{C} \quad\Rightarrow\quad T_{\mathrm{eq}}' = 28.4^\circ\mathrm{C} \quad\Rightarrow\quad \Delta T_1{}' = T_1 - T_{\mathrm{eq}}' = 71.6^\circ\mathrm{C}\,.$$

Con queste informazioni è possibile ricavare il calore specifico c' del liquido, perché si ha

$$c' = \frac{Q'}{m\,\Delta T_1{}'} = \frac{\Delta\ell'}{\Delta\ell}\,\frac{\Delta T_1}{\Delta T_1{}'}\,c = 1.97\,\mathrm{J\,g^{-1}K^{-1}}$$

Quesito n. 4.

Il calore scambiato, come si è detto prima, è legato alla variazione di lunghezza della colonnina di mercurio da una relazione di proporzionalità diretta e si ha

$$Q = \frac{Q'}{\Delta\ell'}\,\Delta\ell \quad \text{o, in alternativa,} \quad Q = M\,c_{\mathrm{Hg}}\,\Delta T = \frac{M\,c_{\mathrm{Hg}}\,s}{V\,\alpha}\Delta l = \frac{\rho_{\mathrm{Hg}}\,c_{\mathrm{Hg}}\,s}{\alpha}\Delta l$$

Il passo della scala è dato dalla costante di proporzionalità. Si trova un valore pari a $317\,\mathrm{J\,cm^{-1}}$.

PROBLEMA n. 3 – Due sferette conduttrici

Quesito n. 1.

Poiché $\ell \gg r$ le sferette possono essere considerate molto distanti tra loro e si può assumere che ciascuna sfera non risenta del campo elettrico prodotto dall'altra e, di conseguenza, nel calcolo del potenziale elettrostatico si può trascurare il contributo dovuto alla presenza della carica sull'altra sferetta, trattando ciascuna come un conduttore isolato.

La differenza di potenziale iniziale tra le sferette sarà quindi data da

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 - q_2}{r}\,.$$

La resistenza elettrica dell'asticella si ricava dalla seconda legge di Ohm ($R = \rho\ell/A$) e si ottiene quindi la corrente iniziale che scorre tra le due sferette:

$$I_0 = \frac{\Delta V}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(q_1 - q_2)\,A}{\rho\,\ell\,r}$$

Quesito n. 2.

Le due sferette raggiungono la condizione di equilibrio quando la d.d.p. si annulla,

$$\Delta V' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1' - q_2'}{r} = 0 \quad \Rightarrow \quad q_1' = q_2' = \frac{1}{2}(q_1 + q_2)$$

per la conservazione della carica totale.

La carica trasferita (dalla sferetta 1 alla 2) è

$$\Delta q = q_1 - q_1' = q_2' - q_2 = \frac{1}{2}(q_1 - q_2)$$

e il valor medio della corrente si può scrivere come

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_1 - q_2}{2\,\Delta t}$$

Quesito n. 3.

Una sfera isolata che viene caricata con una carica Q acquista un'energia potenziale elettrostatica

$$U = \int_0^Q \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}\,dq = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{2r}\,.$$

avendo posto a zero l'energia potenziale elettrostatica a distanza infinita.

Il risultato precedente si può ottenere anche ricordando che l'energia U immagazzinata in un conduttore che porta una carica Q vale $U = Q^2/(2C)$ e che la capacità di un conduttore sferico è $C = 4\pi\varepsilon_0\,r$.

Trattando quindi le sferette come isolate si calcolano facilmente l'energia iniziale del sistema

$$U_0 = \frac{q_1^2}{2C} + \frac{q_2^2}{2C} = \frac{q_1^2 + q_2^2}{2C}\,,$$

e quella finale

$$U_1 = \frac{q_1'^2 + q_2'^2}{2C} = \frac{q_1'^2}{C} = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4C}\,,$$

espresse in termini della capacità C data sopra. La variazione di energia richiesta è quindi

$$\Delta U = U_1 - U_0 = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4C} - \frac{q_1^2 + q_2^2}{2C} = -\frac{(q_1 - q_2)^2}{4C} = -\frac{(\Delta q)^2}{C} = -\frac{(\Delta q)^2}{4\pi\varepsilon_0\,r}$$

Quesito n. 4.

La variazione di energia elettrostatica del sistema è legata all'energia dissipata per effetto Joule nella resistenza dell'asticella nel tempo di scarica posto uguale a Δt.

La conservazione dell'energia richiede

$$\Delta U + RI^2\,\Delta t = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{(\Delta q)^2}{C} = R\left(\frac{\Delta q}{\Delta t}\right)^2 \Delta t$$

da cui si può ricavare una stima del tempo di scarica

$$\Delta t = RC = \frac{4\pi\varepsilon_0 r\,\rho\,\ell}{A} = 20\,\mathrm{ms}$$

e concludere che l'ordine di grandezza di tale tempo è della decina di millisecondi.

NOTA IMPORTANTE: *Nel calcolo precedente si è assunto che la scarica avvenga a corrente costante pari alla corrente media su un intervallo di tempo finito. Chiaramente questo non è corretto, ma fornisce comunque una stima ragionevole.*

Il calcolo esatto – riportato qui sotto – che richiede la soluzione di un'equazione differenziale, mostra che il tempo così trovato corrisponde a 2 costanti tempo ($\Delta t = 2\tau$) del circuito equivalente al sistema delle due sferette ed è pertanto assolutamente accettabile.

Siano $Q_1(t)$ e $Q_2(t)$ le cariche sulle due sferette al tempo t (dall'istante di collegamento) e $q(t)$ la carica che si è spostata dalla sferetta 1 alla 2. Dunque

$$Q_1(t) = q_1 - q(t) \quad \text{e} \quad Q_2(t) = q_2 + q(t)$$

La d.d.p. tra le sferette e la corrente $i(t)$ valgono

$$\Delta V(t) = V_1 - V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 - Q_2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 - q_2 - 2q(t)}{r} \qquad i(t) = dq(t)/dt$$

La legge di Ohm si scrive allora

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 - q_2 - 2q(t)}{r} = R\frac{dq(t)}{dt} \quad \Rightarrow \quad R\frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C'} = \frac{\Delta q}{C'}$$

Notare che $C' = C/2$ rappresenta la capacità del condensatore costituito dalle due sferette.

La soluzione dell'equazione è

$$q(t) = \Delta q\left(1 - e^{-2t/RC}\right) .$$

La scarica è quindi caratterizzata da una costante tempo $\tau = RC/2 = 10.0\,\mathrm{ms}$.

Convenzionalmente si assume come tempo di scarica un intervallo temporale pari a $3 \div 5\tau$, in quanto in tale lasso di tempo la corrente elettrica può considerarsi praticamente nulla. L'intervallo temporale è quindi dello stesso ordine di grandezza di quello ottenuto con la stima precedente.

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@libero.it

Associazione per l'Insegnamento della Fisica
Progetto Olimpiadi

OLIMPIADI DI FISICA 2005

10 Febbraio 2005

Gara di 2° Livello – GRIGLIE DI VALUTAZIONE

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

Materiale prodotto dal gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: `olifis@libero.it`

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 1 – Un'auto in frenata

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :		Totale Punti 20
1	*Reazioni normali nel moto uniforme*	**6**
1.a	Individuazione delle forze	1
1.b	Equilibrio per traslazione verticale	1
1.c	Equilibrio per rotazione	3
1.d	Risoluzione del sistema e valore numerico corretto	1
2	*Forza frenante*	**3**
2.a	Scrittura della 2ª Legge (almeno la comp. orizzontale)	2
2.b	Risoluzione e valore numerico corretto	1
3	*Reazioni normali in frenata*	**7**
3.a	Individuazione delle forze	1
3.b	Equilibrio per traslazione verticale	1
3.c	Equilibrio per rotazione	3
3.d	Risoluzione del sistema e valore numerico corretto	2
4	*Costante elastica*	**4**
4.a	Legge di Hooke	2
4.b	Risoluzione e valore numerico corretto	2

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 2 – Il calorimetro di Favre–Silbermann

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :		Totale Punti 20
1	*Temperatura di equilibrio*	**5**
1.a	Volume e massa del mercurio	2
1.b	Bilancio di calore	1
1.c	Espressione della temperatura di equilibrio	1
1.d	Valore della temperatura di equilibrio	1
2	*Coefficiente di dilatazione cubica del mercurio*	**3**
2.a	Espressione del coefficiente di dilatazione	2
2.b	Valore del coefficiente	1
3	*Calore specifico del liquido*	**7**
3.a	Espressione del calore scambiato	1
3.b	Valore del calore scambiato	1
3.c	Espressione della variazione di temperatura	1
3.d	Valore della temperatura di equilibrio	1
3.e	Espressione del calore specifico	2
3.f	Valore del calore specifico	1
4	*Passo della scala calorimetrica*	**5**
4.a	Spiegazione della proporzionalità diretta	2
4.b	Espressione della costante di proporzionalità	2
4.c	Valore della costante di proporzionalità	1

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 3 – Due sferette conduttrici

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :		Totale Punti 20
1	*Corrente iniziale di scarica*	**5**
1.a	D.d.p. iniziale tra le sferette	3
1.b	Espressione della resistenza elettrica	1
1.c	Corrente iniziale di scarica	1
2	*Corrente media di scarica*	**4**
2.a	Carica finale sulle due sfere	3
2.b	Espressione della corrente media	1
3	*Variazione di energia potenziale*	**5**
3.a	Energia di una sfera isolata	2
3.b	Energia iniziale e finale del sistema	2
3.c	Variazione di energia del sistema	1
4	*Stima del tempo di scarica*	**6**
4.a	Espressione dell'effetto Joule	1
4.b	Bilancio energetico	3
4.c	Espressione di Δt	1
4.d	Valore numerico corretto	1