Associazione per l'Insegnamento della Fisica
Progetto Olimpiadi

OLIMPIADI DI FISICA 2010

11 Febbraio 2010

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei QUESITI

QUESITO n. 1

Dalla seconda legge della dinamica ricaviamo che il modulo della forza risultante è:

$F_{\text{ris}} = m\,a\,.$

Poiché le forze, che indicheremo con $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, sono perpendicolari, abbiamo:

$$F_{\text{ris}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad \Rightarrow \quad F_2 = \sqrt{(ma)^2 - F_1^2} = 18.7\,\text{N}\,.$$

QUESITO n. 2

Le forze che agiscono sul pistone sono tre: il peso, $\vec{P}$, la forza esercitata dall'aria, $\vec{F}_\text{a}$, e quella esercitata dal gas, $\vec{F}_\text{g}$.

All'equilibrio, la somma vettoriale delle tre forze è nulla. Poiché il modulo di $\vec{F}_\text{a}$ è $p_\text{a}\,A$ (dove p_a è la pressione atmosferica, e A l'area del pistone) e quello di $\vec{F}_\text{g}$ è $p_\text{g}\,A$ (dove p_g è la pressione del gas), tenendo conto dei versi delle tre forze abbiamo che la relazione tra i rispettivi moduli risulta:

$p_\text{g}\,A = p_\text{a}\,A + mg$

Da cui, assumendo per p_a il valore della pressione atmosferica standard (p_0 in tabella):

$$p_\text{g} = p_0 + \frac{mg}{A} = 130.7\,\text{kPa}\,.$$

QUESITO n. 3

Poiché $V_\text{f} = \dfrac{130}{100} V_\text{i} = 1.3\,V_\text{i}$, dalla legge di Boyle abbiamo:

$p_\text{f} = \dfrac{V_\text{i}\,p_\text{i}}{1.3 V_\text{i}} = 0.769\,p_\text{i}$ pari al 76.9 % del valore iniziale.

La pressione diminuisce quindi del 23.1 %.

QUESITO n. 4

La focale dello specchio, per l'equazione dei punti coniugati, è data da

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{pq}{p+q}\,.$$

Trattandosi di uno specchio convesso, l'immagine è virtuale e dunque nell'equazione precedente si deve porre $q = -d$, essendo d la distanza nota tra specchio e immagine.

Infine, sapendo che il modulo della lunghezza focale è pari a metà del raggio di curvatura si ha

$$R = 2\,|f| = \left| -\frac{2pd}{p-d} \right| = 60\,\text{cm}$$

QUESITO n. 5

Per il teorema di Gauss relativo al campo elettrico, il flusso del campo attraverso una superficie chiusa è dato dal rapporto tra la carica interna alla superficie e la costante dielettrica del vuoto.

La carica da considerare è quella sulla parte di filo contenuto nella sfera, lungo 60 cm pari ad 1/4 del totale; tale carica è quindi $Q/4$ ed il flusso sarà

$$\Phi_S(\vec{E}) = \frac{Q}{4\varepsilon_0} = 113\,\mathrm{N\,m^2\,C^{-1}} = 113\,\mathrm{V\,m}$$

QUESITO n. 6

Le estremità della sbarra sono libere di oscillare. Nella sbarra si generano onde stazionarie longitudinali che, agli estremi della sbarra, hanno dei ventri. Per questo motivo, l'onda di frequenza fondamentale ha lunghezza d'onda doppia della lunghezza della sbarra e un nodo al centro. Quindi

$$v = \lambda\,\nu = 2\,\ell\,\nu = 5.11 \times 10^3\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

QUESITO n. 7

L'equilibrio si ha quando la verticale per il centro di massa del sistema passa entro la base del supporto. Detta M la massa d'acqua, indicando con m_s, m_b, m_c rispettivamente le masse del supporto, della barra orizzontale e del corpo ed assumendo come origine delle coordinate il centro del supporto, la posizione del centro di massa deve verificare la condizione

$$x_\mathrm{CM} = \frac{m_\mathrm{b}\ell/2 + m_\mathrm{c}\ell}{m_\mathrm{b} + m_\mathrm{c} + m_\mathrm{s} + M} \leq R \quad \text{da cui}$$

$$M \geq (m_\mathrm{b} + 2m_\mathrm{c})\frac{\ell}{2R} - (m_\mathrm{b} + m_\mathrm{c} + m_\mathrm{s}) = 13.7\,\mathrm{kg}$$

Aggiungendo il 20 % e tenuto conto che la densità dell'acqua è 1 kg/L, occorreranno 16.4 L d'acqua.

L'affermazione iniziale non è altro che un modo sintetico per esprimere l'equazione di equilibrio dei momenti; infatti il sistema è in equilibrio quando è nullo il momento risultante, in particolare rispetto al punto in cui può avvenire il ribaltamento (in questo caso il punto del bordo della base che si trova sotto l'asta orizzontale). In caso di ribaltamento la reazione vincolare del piano di appoggio è applicata proprio in quel punto ed ha momento nullo; l'equazione di equilibrio dei momenti, nell'incognita M, é quindi

$$\mathcal{M} = (m_\mathrm{s} + M)\,g\,R - m_\mathrm{b}\,g\,(\ell/2 - R) - m_\mathrm{c}\,g\,(\ell - R) = 0$$

equivalente a quella scritta sopra, nella condizione limite $x_\mathrm{CM} = R$.

QUESITO n. 8

All'equilibrio, in un sistema di riferimento **non inerziale**, solidale con la bicicletta, deve essere

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_\mathrm{a} + \vec{F}_\mathrm{c} = 0$$

dove l'ultimo termine rappresenta la forza centrifuga, di modulo mv^2/r. I 4 vettori stanno tutti su un piano verticale passante per il centro della curva; in tale piano indichiamo con $\hat{r}$ il versore orizzontale lungo la direzione radiale (uscente dal centro della curva) e con $\hat{n}$ il versore normale alla strada, verso l'alto. L'equazione si scrive

$$(N - mg)\,\hat{n} + \left(\frac{mv^2}{r} - F_\mathrm{a}\right)\hat{r} = 0 \quad \text{oppure, per componenti} \quad N = mg \quad \text{e} \quad F_\mathrm{a} = \frac{mv^2}{r}$$

Il ciclista percorrerà la curva senza cadere solamente se il momento risultante delle forze, calcolato ad esempio rispetto al punto di contatto della bicicletta con il terreno, è uguale a zero.

I momenti prodotti dalla reazione normale della strada e dall'attrito sono pari a zero perché queste due forze sono applicate nel punto di contatto con il terreno e dunque il braccio della forza è nullo. La forza centrifuga e la forza peso sono applicate nel centro di massa del sistema e producono momenti opposti di valore rispettivamente $M_\mathrm{p} = mg\ell\,\mathrm{sen}\,\theta$ e $M_\mathrm{F} = (mv^2/r)\,\ell\cos\theta$, dove ℓ rappresenta la distanza del centro di massa dal punto di contatto con il terreno. Si ha

$$M_\mathrm{p} - M_\mathrm{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathrm{tg}\,\theta = \frac{mv^2/r}{mg} = \frac{v^2}{rg} \quad \Rightarrow \quad \theta = 32°$$

QUESITO n. 9

L'energia interna di un gas perfetto vale $U = n\,C_V T$ e per un gas monoatomico $C_V = 3R/2$. Quindi

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

Poiché la trasformazione avviene a pressione costante, dalla legge di stato dei gas perfetti si ricava

$$p\,\Delta V = nR\,\Delta T \quad \Rightarrow \quad \Delta U = \frac{3}{2}\,p\,\Delta V$$

In definitiva, il lavoro eseguito a pressione costante, vale

$$\mathcal{L} = p\,\Delta V = \frac{2}{3}\,\Delta U = 4.00\,\mathrm{kJ}.$$

QUESITO n. 10

Prima che il proiettile sia sparato il condensatore è carico alla d.d.p. data dal generatore e misurata dal voltmentro (V_i). Il proiettile impiega un tempo $t = \ell/v$ per transitare da P_1 a P_2; in questo tempo il condensatore si scarica parzialmente sulla resistenza R secondo la relazione

$$V(t) = V_\mathrm{i} e^{-t/RC}\,.$$

Ponendo $V(t) = V_\mathrm{f}$, combinando le due relazioni e sostituendo i valori numerici si ottiene

$$v = \frac{\ell}{RC\,\ln(V_\mathrm{i}/V_\mathrm{f})} = 0.23\,\mathrm{km\,s^{-1}}$$

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 2010

11 Febbraio 2010

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei PROBLEMI

PROBLEMA n. 1 – La palla scappa...

Primo metodo di risoluzione.

Il moto della palla può essere agevolmente studiato fissando un sistema di riferimento cartesiano con asse x parallelo e y perpendicolare al piano inclinato.

In tale riferimento il moto della palla si scompone in due moti uniformemente accelerati lungo entrambi gli assi; l'accelerazione della palla ha componenti

$$\begin{cases} a_x = g \operatorname{sen}\alpha \\ a_y = -g\cos\alpha\,. \end{cases}$$

La velocità della palla subito prima del primo urto vale

$$\begin{cases} v_x = v_0 \operatorname{sen}\alpha \\ v_y = -v_0\cos\alpha \end{cases}$$

con v_0 modulo della velocità della palla.

Nell'istante dell'urto il piano esercita sulla palla una forza impulsiva perpendicolare al piano stesso, quindi la componente x della velocità della palla non cambia. Per quanto riguarda la componente y, subito dopo ogni rimbalzo essa è uguale in modulo a quella che era subito prima, ma di verso contrario. Infatti, poiché l'urto è elastico, si conserva l'energia cinetica e di conseguenza il modulo della velocità.

Il tempo t' di "salita" dopo un rimbalzo, lungo l'asse y, si ricava dalla legge della velocità: $v_y(t) = v_{y,0} + a_y t$. Nella fase di salita dopo un rimbalzo, per quanto appena detto, $v_{y,0} = v_0\cos\alpha$, mentre $v_y(t') = 0$. Il tempo di salita vale quindi $t' = v_0/g$ e per la simmetria del moto lungo l'asse y il tempo complessivo tra ogni rimbalzo e il successivo è il doppio:

$$t = 2t' = 2v_0/g$$

In questo tempo t lo spostamento lungo l'asse x tra il primo e il secondo urto vale

$$a = v_x t + \frac{1}{2}a_x t^2 = 4\,\frac{v_0^2}{g}\,\operatorname{sen}\alpha$$

mentre tra il primo e il terzo urto – considerando un tempo $2t$ – si trova

$$a + b = v_x\,(2t) + \frac{1}{2}a_x\,(4t^2) = 12\,\frac{v_0^2}{g}\,\operatorname{sen}\alpha \quad\Rightarrow\quad b = 8\,\frac{v_0^2}{g}\,\operatorname{sen}\alpha \quad \text{da cui} \quad \frac{a}{b} = \frac{1}{2}\,.$$

Secondo metodo di risoluzione.

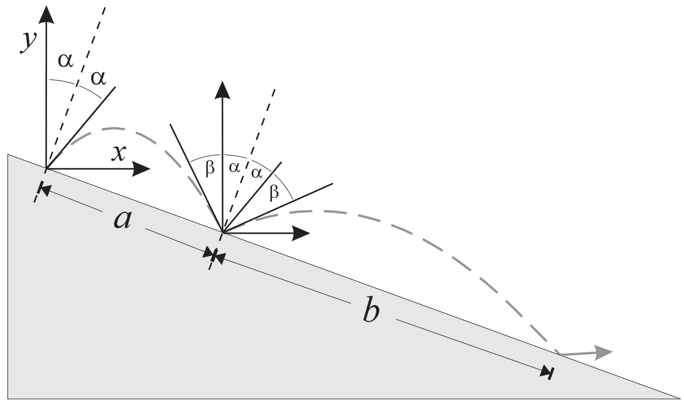
Rispetto al metodo precedente in questo caso si utilizza un diverso sistema di riferimento. Si indichi con x la direzione orizzontale e con y la direzione verticale, si assuma come origine del sistema di riferimento il punto dove avviene il primo rimbalzo della palla, al tempo $t = 0$.

In tale riferimento il moto della palla si scompone in un moto uniformemente accelerato lungo l'asse y e un moto rettilineo uniforme lungo l'asse x in quanto l'accelerazione della palla è verticale:

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g\,. \end{cases}$$

La velocità della palla subito prima del primo urto vale

$$\begin{cases} v_x = 0 \\ v_y = -v_0 \end{cases}$$



con v_0 modulo della velocità della palla.

Durante il volo della palla dopo il primo urto la posizione e la velocità sono rispettivamente

$$\begin{cases} x = v_0 \operatorname{sen} 2\alpha t \\ y = v_0 \cos 2\alpha t - \dfrac{1}{2} g t^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} v_x = v_0 \operatorname{sen} 2\alpha \\ v_y = v_0 \cos 2\alpha - gt \end{cases}$$

con $0 \le t \le t_2$ dove t_2 rappresenta l'istante in cui avviene il secondo urto.

Quando la palla urta nuovamente il piano nel secondo urto, il rapporto delle coordinate è pari a $-\operatorname{tg}\alpha$, ovvero

$$\frac{y(t_2)}{x(t_2)} = -\operatorname{tg}\alpha \quad\Rightarrow\quad \frac{v_0 \cos 2\alpha\, t_2 - {}^1\!/\!_2\, g\, t_2^2}{v_0 \operatorname{sen} 2\alpha\, t_2} = -\operatorname{tg}\alpha \quad\Rightarrow\quad t_2 = \frac{2\, v_0}{g}\left[\cos 2\alpha + \operatorname{sen} 2\alpha\ \operatorname{tg}\alpha\right]\,.$$

Sviluppando i calcoli si verifica che l'espressione in parentesi quadra vale 1 per cui si ottiene

$$t_2 = \frac{2v_0}{g}\,, \quad \text{indipendente dall'angolo } \alpha.$$

Poiché $a \cos\alpha = x(t_2)$ si ha

$$a \cos\alpha = v_0 \operatorname{sen} 2\alpha\, t_2 \quad\Rightarrow\quad a = \frac{v_0 \operatorname{sen} 2\alpha\, t_2}{\cos\alpha} = \frac{4\, v_0^2}{g} \operatorname{sen}\alpha \qquad (1)$$

Nel momento del secondo rimbalzo, la palla ha aumentato la propria energia cinetica di una quantità pari alla diminuzione di energia potenziale: $\Delta U = mg\,\Delta y = -mgh$ con $h = a \operatorname{sen}\alpha$. Applicando dunque la conservazione dell'energia meccanica, si ha che il modulo della velocità vale

$$v' = \sqrt{v_0^2 + 2ga \operatorname{sen}\alpha} = v_0\, \sqrt{1 + 8 \operatorname{sen}^2\alpha}$$

avendo sostituito l'espressione di a data in (1).

La palla urta il piano ad un angolo β rispetto all'asse y, definito dalla relazione

$$\operatorname{tg}\beta = -\frac{v_x(t_2)}{v_y(t_2)} = -\frac{v_0 \operatorname{sen} 2\alpha}{v_0 \cos 2\alpha t_2 - g t_2} = \frac{\operatorname{sen} 2\alpha}{1 + 2\operatorname{sen}^2\alpha}\,. \qquad (2)$$

Dopo il secondo rimbalzo, ridefinendo l'origine delle coordinate nel punto del secondo rimbalzo, e il tempo $t = 0$ nello stesso istante, il moto è descritto dalle equazioni

$$\begin{cases} x = v' \operatorname{sen}(2\alpha + \beta) t \\ y = v' \cos(2\alpha + \beta) t - \dfrac{1}{2} g t^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} v_x = v' \operatorname{sen}(2\alpha + \beta) \\ v_y = v' \cos(2\alpha + \beta) - gt \end{cases}$$

con $0 \le t \le t_3$ dove t_3 rappresenta l'istante in cui avviene il terzo urto. Di nuovo deve essere

$$\frac{y(t_3)}{x(t_3)} = -\operatorname{tg}\alpha \quad\Rightarrow\quad \frac{v' \cos(2\alpha+\beta)\, t_3 - \frac{1}{2} g\, t_3^2}{v' \operatorname{sen}(2\alpha+\beta)\, t_3} = -\operatorname{tg}\alpha \quad\Rightarrow\quad t_3 = \frac{2\, v'}{g}\left[\cos(2\alpha+\beta) + \operatorname{sen}(2\alpha+\beta)\ \operatorname{tg}\alpha\right]\,.$$

Sostituendo nell'espressione in parentesi quadra

$$\operatorname{sen}(2\alpha+\beta) = 2 \operatorname{sen}\alpha\, \cos\alpha\, \cos\beta + (\cos^2\alpha - \operatorname{sen}^2\alpha) \operatorname{sen}\beta$$
$$\cos(2\alpha+\beta) = (\cos^2\alpha - \operatorname{sen}^2\alpha) \cos\beta - 2 \operatorname{sen}\alpha\, \cos\alpha\, \operatorname{sen}\beta$$

e raccogliendo i termini in $\operatorname{sen}\beta$ e $\cos\beta$, con opportune semplificazioni, risulta

$$t_3 = \frac{2\,v'}{g}\left[\cos\beta - \operatorname{sen}\beta\ \operatorname{tg}\alpha\right]\ .$$

Utilizzando l'equazione (2) si ottiene

$$\operatorname{sen}\beta = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\beta}} = \frac{\operatorname{sen}2\alpha}{\sqrt{1+8\operatorname{sen}^2\alpha}} \quad \text{e} \quad \cos\beta = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\beta}} = \frac{1+2\operatorname{sen}^2\alpha}{\sqrt{1+8\operatorname{sen}^2\alpha}}$$

con le quali si arriva al risultato

$$t_3 = \frac{2v_0\sqrt{1+8\operatorname{sen}^2\alpha}}{g}\,\frac{1}{\sqrt{1+8\operatorname{sen}^2\alpha}} = \frac{2v_0}{g} = t_2\,.$$

Dunque la durata del secondo volo è uguale a quella del primo.

Analogamente a prima, e sempre usando le relazioni precedenti, per trovare b si scriverà

$$b\cos\alpha = v'\operatorname{sen}(2\alpha+\beta)\,t_3 \quad\Rightarrow\quad b = \frac{v'\operatorname{sen}(2\alpha+\beta)\,t_3}{\cos\alpha} = \frac{8\,v_0^2}{g}\operatorname{sen}\alpha$$

Si ottiene dunque

$$\frac{a}{b} = \frac{4\,v_0^2\operatorname{sen}\alpha/g}{8\,v_0^2\operatorname{sen}\alpha/g} = \frac{1}{2}$$

PROBLEMA n. 2 – Ciclo termodinamico

Quesito n. 1 – Coordinate termodinamiche.

Dello stato C conosciamo pressione e temperatura. Dall'equazione di stato dei gas perfetti, sapendo che il sistema è costituito da n moli, ricaviamo il volume (osserviamo che la temperatura assoluta nello stato C è $T_\mathrm{C} = 300\,\mathrm{K}$):

$$V_\mathrm{C} = \frac{nRT_\mathrm{C}}{p_\mathrm{C}} = 1.97\,\mathrm{L}$$

Questo ci consente di calcolare il volume dello stato A:

$$V_\mathrm{A} = 0.35\,V_\mathrm{C} = 0.69\,\mathrm{L}$$

Poiché dello stato A conosciamo anche la temperatura ($T_\mathrm{A} = 1250\,\mathrm{K}$), dall'equazione di stato ricaviamo la pressione:

$$p_\mathrm{A} = \frac{nRT_\mathrm{A}}{V_\mathrm{A}} = 1.20\,\mathrm{MPa}\,.$$

Occupiamoci ora dello stato B. Di esso conosciamo il volume ($V_\mathrm{B} = V_\mathrm{C}$). Osservando che la trasformazione AB è un'adiabatica reversibile, e che dunque la sua equazione è $pV^\gamma = $ costante, abbiamo (ricordando che per un gas perfetto biatomico $\gamma = 7/5$):

$$p_\mathrm{B} = p_\mathrm{A}\left(\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{B}}\right)^\gamma = 277\,\mathrm{kPa}\,.$$

La temperatura in questo stato si può ricavare ancora dalla trasformazione adiabatica reversibile, oppure dall'equazione di stato, sarà allora:

$$T_\mathrm{B} = T_\mathrm{A}\left(\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{B}}\right)^{\gamma-1} = \frac{p_\mathrm{B}V_\mathrm{B}}{nR} = 821\,\mathrm{K}\,.$$

Arriviamo infine allo stato D. Di esso conosciamo il volume ($V_\mathrm{D} = V_\mathrm{A}$). La pressione si può calcolare considerando che CD è un'adiabatica reversibile, e dunque $p_\mathrm{D}\,V_\mathrm{D}^\gamma = p_\mathrm{C}\,V_\mathrm{C}^\gamma$:

$$p_\mathrm{D} = p_\mathrm{C}\left(\frac{V_\mathrm{C}}{V_\mathrm{D}}\right)^\gamma = 439\,\mathrm{kPa}\,.$$

Infine, come sopra, con la relazione dell'adiabatica o ricorrendo ancora una volta all'equazione di stato, possiamo calcolare T_D:

$$T_\mathrm{D} = T_\mathrm{C}\left(\frac{V_\mathrm{C}}{V_\mathrm{D}}\right)^{\gamma-1} = \frac{p_\mathrm{D}V_\mathrm{D}}{nR} = 457\,\mathrm{K}\,.$$

Quesito n. 2 – Rendimento del ciclo.

Ricordiamo che il rendimento di un ciclo termico è, per definizione, il rapporto tra il lavoro netto scambiato dal sistema in tutto il ciclo e il calore assorbito. Il sistema assorbe calore solo nel riscaldamento isocoro DA, e scambia lavoro solo nelle due adiabatiche. Abbiamo allora:

$$\mathcal{L}_{\rm ciclo} = \mathcal{L}_{\rm AB} + \mathcal{L}_{\rm CD} = -\Delta U_{\rm AB} - \Delta U_{\rm CD} = -nc_V(T_{\rm B} - T_{\rm A}) - nc_V(T_{\rm D} - T_{\rm C})$$

$$Q_{\rm assorb} = Q_{\rm DA} = nc_V(T_{\rm A} - T_{\rm D})$$

Il rendimento, η , risulta quindi:

$$\eta = \frac{\mathcal{L}_{\rm ciclo}}{Q_{\rm assorb}} = \frac{T_{\rm A} - T_{\rm B} + T_{\rm C} - T_{\rm D}}{T_{\rm A} - T_{\rm D}} = 0.34$$

pari al 34 %.

PROBLEMA n. 3 – Quanto è "grande" una molecola?

Quesito n. 1 – Massa e volume di una molecola di acido palmitico.

La massa molare dell'acido palmitico è $M = 16M_{\rm C} + 32M_{\rm H} + 2M_{\rm O} = 256\,{\rm g\,mol^{-1}}$. La massa di una molecola è $m = M/N = 4.26 \times 10^{-25}\,{\rm kg}$ (dove N è il numero di Avogadro).

Il suo volume è $v = m/\rho = 4.99 \times 10^{-28}\,{\rm m^3}$.

Quesito n. 2 – Disposizione delle molecole.

Per decidere come si dispone la molecola sulla superficie dell'acqua si può ragionare in questo modo: sapendo che la molecola è costituita da una catena allungata si può affermare che la sua "lunghezza" è certamente maggiore dello spigolo di un cubo che abbia il suo stesso volume Una dimensione della molecola è data dallo spessore della macchia (si tratta infatti di uno strato monomolecolare), e dunque se lo spessore della macchia è più piccolo dello spigolo del cubo, allora la molecola si dispone orizzontalmente, se è più grande, la molecola si dispone verticalmente.

Lo spessore della macchia oleosa si ricava dal volume e dall'area della macchia stessa una volta che ha terminato di espandersi sulla superficie dell'acqua. In sequenza, si ha

volume dell'acido palmitico: $V = q/\rho = 0.117\,{\rm mm^3}$

superficie della macchia: $S = \pi(d/2)^2 = 0.0314\,{\rm m^2}$

spessore della macchia: $t = V/S = 3.7\,{\rm nm}$

Lo spigolo di un cubo avente lo stesso volume di una molecola di acido palmitico è $\ell = \sqrt[3]{v} = 0.79\,{\rm nm}$ che risulta decisamente minore dello spessore della macchia per cui le molecole di acido palmitico si dispongono sulla superficie dell'acqua in senso verticale.

Soluzione alternativa

Poiché lo spessore della macchia (t) dà direttamente una delle dimensioni della molecola, schematizzando il volume occupato da questa come un parallelepipedo di lunghezza a e sezione quadrata di lato $b < a$, si hanno due possibilità:

- *Disposizione verticale:* $a = t$ e $b = \sqrt{v/t}$. Numericamente risulta $a = 3.7\,{\rm nm}$, $b = 0.37\,{\rm nm}$ per cui la soluzione è accettabile
- *Disposizione orizzontale:* $b = t$ e $a = v/b^2$. Adesso numericamente risulta $b = 3.7\,{\rm nm}$ e $a = 0.036\,{\rm nm} \ll b$ il che è assurdo.

NOTA: *L'acido palmitico ha un punto di fusione di* 62°C *e si presenta in scaglie solide a temperatura ambiente. È comunque possibile svolgere l'esperimento descritto riscaldando prima l'acido palmitico in modo che sia fluido e facendolo cadere in un recipiente contenente acqua sufficientemente calda. Il tempo occorrente perché si formi la "macchia" e si possano fare eventuali misure è abbastanza breve perché si deve evitare che l'acqua si raffreddi al di sotto del punto di fusione del palmitico.*

PROBLEMA n. 4 – Misure elettriche

Quesito n. 1 – Determinazione della f.e.m. e della resistenza interna del generatore.

Le due misure consentono di scrivere due equazioni nelle incognite $\mathcal{E}$ ed r: la prima si ottiene osservando che inizialmente l'unica maglia attiva è quella costituita da tre resistenze in serie $(r + R + R)$ e che dunque la corrente è $I = \mathcal{E}/(r + 2R)$, da cui $V = 2RI$; chiuso il primo interruttore, si aggiunge un'ulteriore resistenza R in parallelo alla seconda cosicché la resistenza equivalente vista dal generatore (ideale) diventa $r + R + R/2$; la corrente misurata dall'amperometro è metà di quella erogata dal generatore.

$$\begin{cases} V = \dfrac{2R}{r+2R}\mathcal{E} \\ I = \dfrac{1}{2}\dfrac{\mathcal{E}}{r+(3/2)R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathcal{E} = \dfrac{RI}{4RI-V}\,V = 60\,\mathrm{V} \\ r = 2\,\dfrac{V-3RI}{4RI-V}\,R = 5\,\Omega \end{cases}$$

(Nota: la resistenza interna del generatore è piuttosto alta per questo circuito. . .).

Quesito n. 2 – Variazione della corrente.

La corrente erogata dal generatore prima di chiudere l'interruttore è $I_0 = V/(2R) = 2.40\,\mathrm{A}$, mentre quella erogata dopo la chiusura è $I_1 = 2I = 3.00\,\mathrm{A}$. La variazione istantanea è dunque $\Delta I = 0.60\,\mathrm{A}$.

Quesito n. 3 – Corrente all'inizio della scarica del condensatore.

Chiuso anche l'interruttore 2 si consideri la maglia che in figura appare esterna, costituita dal generatore, una resistenza R e il condensatore. Detta I_G la corrente erogata adesso dal generatore, l'equazione di maglia è

$$(r+R)I_\mathrm{G} + V_C = \mathcal{E} \quad \text{da cui} \quad I_\mathrm{G} = 0 \quad \text{essendo} \quad V_C = \mathcal{E}$$

La corrente misurata dall'amperometro all'istante della chiusura è quindi solo dovuta al condensatore carico, per cui

$$I' = \frac{V_C}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{IV}{4RI-V} = 6.0\,\mathrm{A}$$

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`