OLIMPIADI DI FISICA 2000

18 Febbraio 2000

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei QUESITI

Quesito n.1

In 4 s, l'automobile percorre 32 m, in 8 s ne percorre 88. Detti rispettivamente t_1, t_2 e s_1, s_2 i due tempi e i relativi spazi percorsi, v_0 e a la velocità iniziale e l'accelerazione (costante) si ha

$$s_1 = v_0\, t_1 + \frac{1}{2}\, a\, t_1^2 \quad \text{e} \quad s_2 = v_0\, t_2 + \frac{1}{2}\, a\, t_2^2$$

la cui soluzione, per l'incognita v_0 è

$$v_0 = \frac{\begin{vmatrix} s_1 & t_1^2/2 \\ s_2 & t_2^2/2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} t_1 & t_1^2/2 \\ t_2 & t_2^2/2 \end{vmatrix}} = \frac{s_1 t_2^2 - s_2 t_1^2}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)} = 5\,\mathrm{m\,s^{-1}} \equiv 18\,\mathrm{km/h}$$

In alternativa si poteva ricordare che, in un moto uniformemente accelerato, la media delle velocità iniziale e finale in un certo intervallo di tempo coincide con la velocità *(istantanea)* all'istante intermedio dello stesso intervallo; infatti essendo $v(t) = v_0 + at$ si ha

$$v_{\text{media}} = \frac{1}{2}\,[v(t_1) + v(t_2)] = \frac{1}{2}\,[2v_0 + a\,(t_1 + t_2)] = v_0 + a\,\frac{t_1 + t_2}{2} = v(t_{\text{medio}})$$

Dai dati si ricavano subito le velocità agli istanti $t' = 2\,\mathrm{s}$ e $t'' = 6\,\mathrm{s}$ ottenendo $v' = 8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ e $v'' = 14\,\mathrm{m\,s^{-1}}$; da questi poi si ha l'accelerazione $(a = (v'' - v')/(t'' - t') = 1.5\,\mathrm{m\,s^{-2}})$ e infine la velocità iniziale

$$v_0 = v' - at' = 5\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

Quesito n.2

Per il primo principio della termodinamica, $\Delta U = Q - L$, si ottiene che il lavoro compiuto dal gas sull'ambiente esterno è

$$L = Q - \Delta U\,.$$

Per un gas monoatomico come l'He, il calore molare a volume costante è $C_V = (3/2)\,R$, per cui $\Delta U = n\,(3/2)\,R\Delta T$. Con i dati del problema:

$$L = Q - \frac{3}{2}\,n\,R\Delta T = -2.4 \times 10^3\,\mathrm{J}\,.$$

Il valore negativo indica che il lavoro è compiuto *sul* gas.

Quesito n.3

Si tratta di un urto completamente anelastico per il quale è valido il principio di conservazione della quantità di moto poiché non agiscono, sul sistema, forze esterne non equilibrate.

Considerando positivo il verso di moto della palla, si trova

$$m\,v_1 - M\,v_2 = (m+M)\,v \quad \Rightarrow \quad v = \frac{m\,v_1 - M\,v_2}{m+M} = 0.19\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

Dopo l'urto il sistema si muove verso destra, cioè nel verso del moto iniziale della palla.

Quesito n.4

Gli elettroni acquistano ciascuno un'energia cinetica $K = e\,V = 400\,\mathrm{eV}$ che nell'urto viene dissipata sull'elettrodo di alluminio. Detto N il numero di elettroni emessi per unità di tempo, l'elettrodo riceve quindi una potenza costante

$$W = NK = 2.5 \times 10^{19}\,\mathrm{eV\,s^{-1}} = 4.0\,\mathrm{W}\,.$$

Siano m la massa dell'elettrodo che si scalda e ΔT la variazione di temperatura nel tempo Δt; l'energia dissipata è

$$E = W\Delta t = N\,K\,\Delta t = c\,m\,\Delta T = 22\,\mathrm{J} \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{cm\,\Delta T}{NK} = 5.5\,\mathrm{s}\,.$$

Quesito n.5

Durante la trasformazione la pressione varia linearmente col volume; utilizzando i dati riportati sul grafico si ha

$$p = mV + q \quad \text{con} \quad m = \frac{\Delta p}{\Delta V} = -1.0 \times 10^4\,\mathrm{Pa\,dm^{-3}} \quad \text{e} \quad q = p_1 - mV_1 = 2.5 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$$

Sostituendo questa relazione nell'equazione di stato dei gas perfetti, si ottiene la dipendenza della temperatura dal volume:

$$pV = nRT \quad \Rightarrow \quad T = \frac{pV}{nR} = \frac{1}{nR}\left(mV^2 + qV\right)$$

Osservando che il grafico della funzione $T(V)$ è una parabola (con la concavità rivolta in basso essendo $m < 0$) si ottiene subito che la massima temperatura (vertice della parabola) si ha per

$$V_\mathrm{m} = -\frac{q}{2m} = \frac{\Delta p\,V_1 - \Delta V\,p_1}{2\Delta p} = \frac{p_2V_1 - p_1V_2}{2(p_2 - p_1)} = 12.5\,\mathrm{dm^3}$$

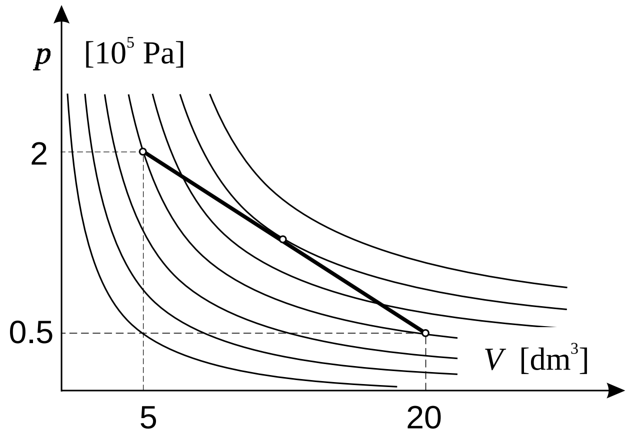
Di conseguenza

$$p_\mathrm{m} = mV_\mathrm{m} + q = 1.25 \times 10^5\,\mathrm{Pa} \quad \text{e} \quad T_\mathrm{max} = \frac{p_\mathrm{m}\,V_\mathrm{m}}{nR} = 188\,\mathrm{K}$$

Dai valori ottenuti si può osservare che risulta $p_\mathrm{m} = (p_1+p_2)/2$ e $V_\mathrm{m} = (V_1+V_2)/2$; non è difficile provare che queste semplici relazioni derivano dalla condizione $p_1V_1 = p_2V_2$ che risulta verificata dai particolari valori degli stati 1 e 2.

In termini fisici questo significa che negli stati iniziale e finale della trasformazione la temperatura è la stessa; i due punti appartengono quindi ad una stessa isoterma.

Se si tracciano sul piano (p,V) alcune isoterme tra cui, come in figura, quella per i punti 1 e 2, si osserva che l'isoterma relativa alla temperatura massima raggiunta dal gas durante la trasformazione è quella tangente al segmento 1–2, nel suo punto medio.



Per questa via si vede che un metodo alternativo consiste nel determinare il valore di T per cui l'iperbole di equazione $pV = nRT$ risulta tangente alla retta $p = mV + q$. In sintesi

$$\begin{cases} p = mV + q \\ pV = nRT \end{cases} \quad \Rightarrow \quad mV^2 + qV - nRT = 0$$

$$\Delta = q^2 + 4mnRT = 0 \quad \Rightarrow \quad T = -\frac{q^2}{4mnR}$$

Sostituendo si trova infine

$$T = \frac{(p_1V_2 - p_2V_1)^2}{4nR\,(V_2 - V_1)(p_1 - p_2)} = 188\,\mathrm{K}$$

Quesito n.6

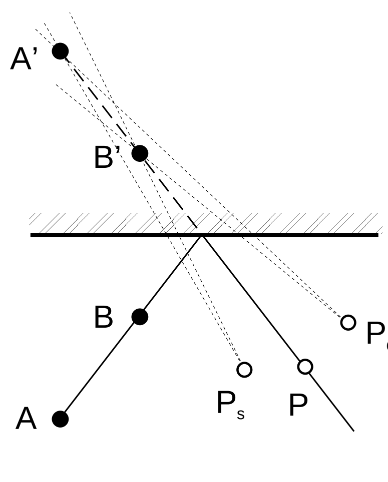
La risultante delle forze agenti sulla sferetta (peso mg, tensione del filo T e forza elettrica F_{el}) è nulla; si ha quindi $\mathrm{tg}\,\alpha = F_{\mathrm{el}}/(mg)$.

Sapendo che l'espressione del modulo del campo elettrico di un filo rettilineo infinitamente esteso è

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\, r}\,, \quad \text{si ottiene} \quad \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{q\lambda}{\pi\varepsilon_0\ell\, mg} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{\pi\varepsilon_0\ell\, mg\ \mathrm{tg}\,\alpha}{q} = 0.94\,\mu\mathrm{C\,m^{-1}}$$

Quesito n.7

In figura sono rappresentate le immagini A′ e B′ dei punti A e B e la direzione nella quale i due oggetti, riflessi dallo specchio, appaiono allineati; il punto P rappresenta quindi uno dei possibili punti di osservazione.



La retta dei punti A′, B′ e P separa le due regioni richieste: da ogni punto della regione a sinistra della retta (per es. dal punto P_s) si vedrà A alla sinistra di B; al contrario nella regione a destra (punto P_d) si vedrà A alla destra di B.

Quesito n.8

Indicando con m la massa del corpo e con α l'angolo che il piano inclinato forma con il piano orizzontale e considerando che la variazione di energia potenziale del corpo è uguale al lavoro compiuto dalla forza di attrito, si ha

$$mgh = \mu mg\cos\alpha\frac{d_1}{\cos\alpha} + \mu mgd_2, \quad \text{da cui} \quad \mu = \frac{h}{d_1+d_2}.$$

Quesito n.9

La resistenza equivalente del parallelo costituito dal resistore e dal voltmetro è

$$R_{\mathrm{eq}} = \frac{rR}{r+R} = \frac{1}{3}\,\mathrm{M}\Omega$$

per cui la corrente che scorre in tale resistenza equivalente è $i = V/R_{\mathrm{eq}} = 18\,\mu\mathrm{A}$, essendo V il valore della d.d.p. letta sul voltmetro.

Considerando che in serie al parallelo ora considerato c'è una seconda resistenza uguale ad R, la forza elettromotrice della batteria è $E = i(R + R_{\mathrm{eq}}) = 24\,\mathrm{V}$.

Quando viene staccato il voltmetro, la differenza di potenziale ai capi del resistore considerato diventa $V_{\mathrm{AB}} = E/2 = 12\,\mathrm{V}$.

Quesito n.10

In un sistema di riferimento solidale con il terreno la velocità $\vec{V}$ del punto P di contatto di una ruota con il terreno vale

$$\vec{V} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

dove $\vec{v}_1$ è la velocità del punto P rispetto al centro della ruota e $\vec{v}_2$ la velocità del centro della ruota rispetto al terreno.

Nell'ipotesi di rotolamento puro vale la condizione $\vec{V} = 0$ la quale, per ciascuna delle due ruote A e B, diventa

$$v_{1,\mathrm{A}} - v_{2,\mathrm{A}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega r = \Omega R \qquad (1)$$

e

$$v_{1,\mathrm{B}} - v_{2,\mathrm{B}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega' r = \Omega(R+d) \qquad (2)$$

con Ω che rappresenta la velocità angolare del moto circolare dell'automobile ed r il raggio delle ruote.

Combinando le equazioni (1) e (2) si ricava

$$\varepsilon = \frac{\omega' - \omega}{\omega} = \frac{d}{R}\,.$$

OLIMPIADI DI FISICA 2000

18 Febbraio 2000

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei PROBLEMI

PROBLEMA n. 1

Quesito n. 1.
Modulo delle accelerazioni.

Chiamiamo y_m e y_M rispettivamente le posizioni delle sferette di massa m ed M rispetto alla linea di riferimento. Le accelerazioni di m e di M avranno sempre lo stesso modulo perché la corda è inestensibile.

Quando $y_m > y_M$, poiché $(m + m_0) > M$, l'accelerazione di m risulta concorde con quella di gravità; il contrario accade per l'accelerazione di M. Chiamando a_1 il modulo dell'accelerazione e T quello della tensione della corda possiamo impostare le due equazioni seguenti:

$$(m + m_0)a_1 = (m + m_0)g - T \qquad \text{e} \qquad Ma_1 = -Mg + T$$

che, risolte per a_1, danno:

$$a_1 = \frac{m + m_0 - M}{M + m + m_0} g = \frac{1}{10}\, g = 0.98\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

Quando invece $y_m < y_M$, poiché $m < M$, l'accelerazione di m risulta discorde con quella di gravità e il contrario accade per l'accelerazione di M. Chiamando ora a_2 il modulo dell'accelerazione e T quello della tensione della corda impostiamo le due equazioni:

$$ma_2 = T - mg \qquad \text{e} \qquad Ma_2 = Mg - T$$

che, risolte per a_2, danno:

$$a_2 = \frac{M - m}{M + m}\, g = \frac{1}{8}\, g = 1.23\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

Quesito n. 2.
Istante e velocità di impatto.

La posizione e la velocità di m, rispetto all'asse y orientato verso l'alto, sono descritte dalle leggi orarie:

$$y(t) = -\frac{1}{2}a_1 t^2 + d\,; \qquad v(t) = -a_1 t\,.$$

Da queste otteniamo l'istante in cui m transita per l'origine e la velocità posseduta in tale istante. Rispettivamente:

$$t' = \sqrt{\frac{2d}{a_1}} = 1.01\,\mathrm{s} \quad \text{e} \quad v_1 = -\sqrt{2da_1} = -0.99\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

Quesito n. 3.
Variazione di energia meccanica.

Nell'urto contro il sostegno m_0 – e non le altre due masse – perde energia cinetica: tutta quella acquistata nella discesa con m; il suo valore è dato da

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2}m_0 {v_1}^2 = -m_0 d a_1 = -1.96 \times 10^{-2}\,\mathrm{J}$$

Quesito n. 4.

Tempi di arresto e risalita.

Nell'istante t', mentre m_0 si ferma, il resto del sistema rimane in moto, ma l'accelerazione di m passa istantaneamente dal valore $-a_1$ al valore a_2.

Assumendo tale evento come la nuova origine per la misura del tempo, ponendo cioè $\tau = t - t'$, avremo per la posizione e la velocità di m le seguenti leggi orarie:

$$y(\tau) = \frac{1}{2} a_2 \tau^2 + v_1 \tau \quad \text{e} \quad v(\tau) = a_2 \tau + v_1$$

Da queste otteniamo l'istante in cui m è fermo; vale:

$$\tau'' = -\frac{v_1}{a_2} = 0.81\,\mathrm{s}\,.$$

In tale istante la coordinata y di m sarà minima; con una semplice sostituzione otteniamo $y_{\min} = y(\tau'') = -0.40\,\mathrm{m}$.

Dalle stesse leggi risulta che l'istante in cui m ripassa dall'origine è

$$\tau''' = -2\frac{v_1}{a_2} = 1.62\,\mathrm{s}.$$

Naturalmente in quell'istante la velocità di m sarà $v_2 = -v_1$.

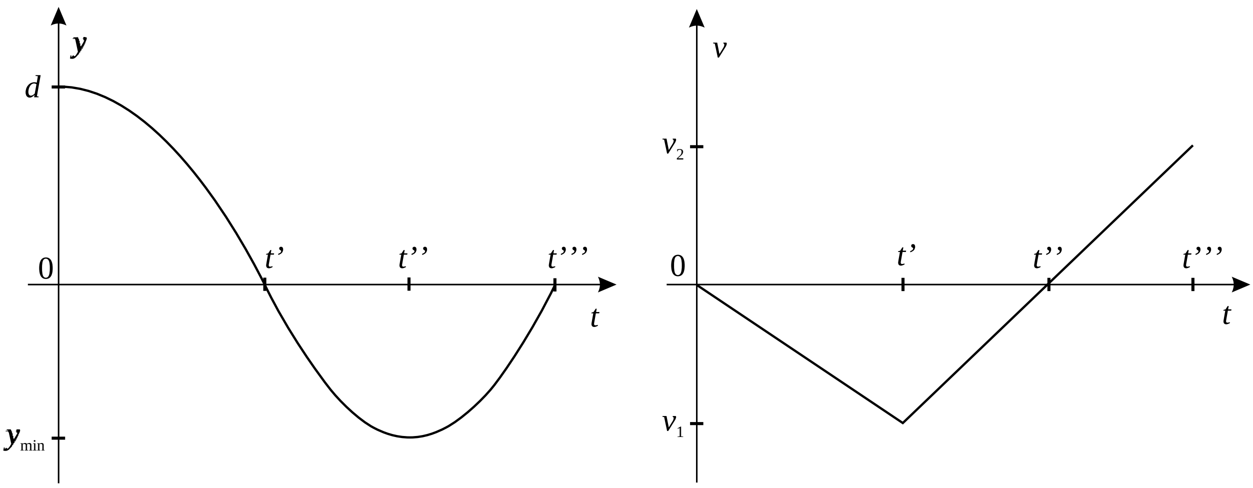
In definitiva, da quando m e l'intero sistema si sono messi in moto, sono trascorsi gli intervalli di tempo

$$t'' = t' + \tau'' = 1.82\,\mathrm{s} \quad \text{e} \quad t''' = t' + \tau''' = 2.63\,\mathrm{s}\,.$$

Quesito n. 5.

Grafici.

I grafici richiesti sono riportati nella figura seguente.

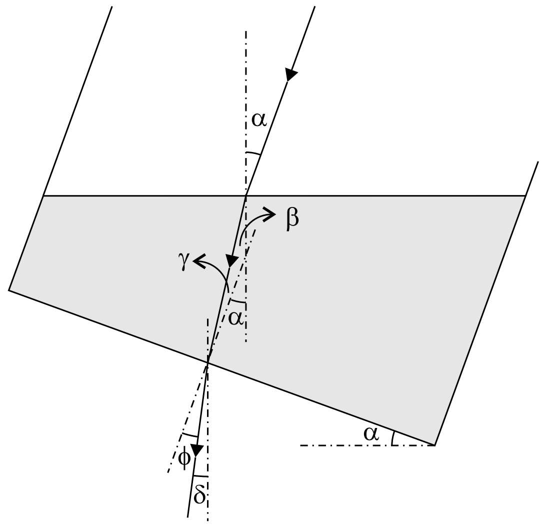


PROBLEMA n. 2

Quesito n. 1.

Espressione di δ.

Il raggio emesso dal laser subisce una doppia rifrazione, la prima quando entra nel liquido e la seconda quando ne esce. La rifrazione prodotta dal fondo del recipiente invece è trascurabile, poiché è trascurabile lo spessore dello stesso. Il liquido si comporta quindi come un prisma. Il percorso ottico del raggio laser è rappresentanto in figura.



La legge di Snell applicata alla prima rifrazione fornisce

$$\operatorname{sen}\beta = \frac{1}{n}\operatorname{sen}\alpha\,, \quad \text{e per la seconda rifrazione} \quad \operatorname{sen}\phi = n\operatorname{sen}\gamma\,.$$

Come mostrato in figura, vale la relazione $\beta + \gamma + (\pi - \alpha) = \pi \quad \Rightarrow \quad \gamma = \alpha - \beta\,.$

Eliminando β e γ dalle tre equazioni precedenti si ottiene

$$\operatorname{sen}\phi = n\operatorname{sen}\left[\alpha - \operatorname{arcsen}\left(\frac{1}{n}\operatorname{sen}\alpha\right)\right]\,. \tag{1}$$

Ricavato l'angolo ϕ dalla (1), è possibile determinare l'angolo δ. Infatti, come si può desumere osservando la figura, vale la relazione

$$\delta = \alpha - \phi\,. \tag{2}$$

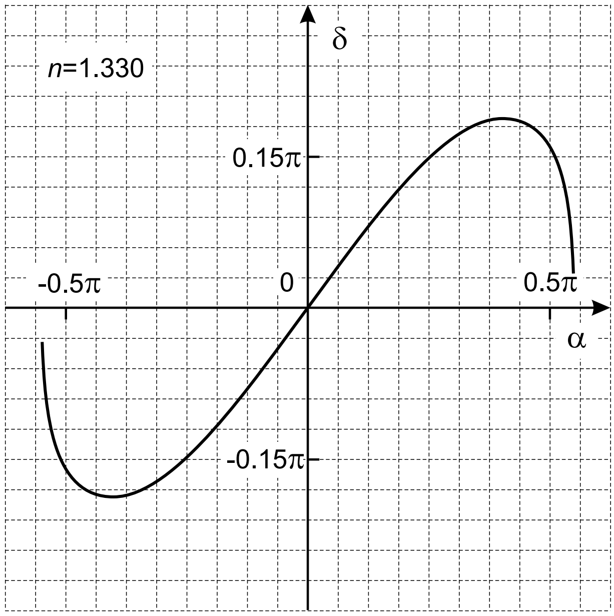
Per $\alpha = 10°$ e $n = 1.33$, dalla (1) si ricava $\operatorname{sen}\phi = 5.80 \times 10^{-2}$, cioè $\phi = 3.3°$ che sostituito nella (2) fornisce $\delta = 6.7°$.

Quesito n. 2.

Utilizzando le relazioni (1) e (2) con $n = 1.33$, per piccoli valori di α si ottiene la seguente tabella (ove gli angoli sono espressi in radianti), nella quale si può osservare che il rapporto δ/α si mantiene costante al variare di α entro la seconda cifra decimale.

Risulta quindi $k = 0.67$.

α	δ	δ/α
-0.200	-0.133	0.667
-0.180	-0.120	0.668
-0.160	-0.107	0.668
-0.140	-0.094	0.669
-0.120	-0.080	0.669
-0.100	-0.067	0.669
-0.080	-0.054	0.670
-0.060	-0.040	0.670
-0.040	-0.027	0.670
-0.020	-0.013	0.670
0.000	0.000	—
0.020	0.013	0.670
0.040	0.027	0.670
0.060	0.040	0.670
0.080	0.054	0.670
0.100	0.067	0.669
0.120	0.080	0.669
0.140	0.094	0.669
0.160	0.107	0.668
0.180	0.120	0.668
0.200	0.133	0.667



A fianco della tabella è riportato il grafico della funzione $\delta(\alpha)$, sempre con $n = 1.33$, per un insieme più ampio di valori di α. Si può osservare che per piccoli valori di α l'andamento è, con buona approssimazione, lineare e questo verifica ulteriormente la relazione di proporzionalità richiesta.

Quesito n. 3.

Utilizzando le approssimazioni suggerite dal testo la legge di Snell si può scrivere come $\alpha \approx n\,\beta$ per la prima rifrazione e $\phi \approx n\,\gamma$ per la seconda. Con le relazioni tra gli angoli già indicate, risulta:

$$\delta = \alpha - \phi \approx \alpha - n\gamma = \alpha - n(\alpha - \beta) \approx \alpha - n(\alpha - \alpha/n) = (2 - n)\,\alpha\,.$$

Naturalmente si poteva partire dall'equazione (1) e ricavare

$$n \text{ sen}\left[\alpha - \text{arcsen}\left(\frac{1}{n}\text{sen}\,\alpha\right)\right] \approx n \text{ sen}\left(\alpha - \text{arcsen}\,\frac{\alpha}{n}\right) \approx n \text{ sen}\left(\alpha - \frac{\alpha}{n}\right) = n \text{ sen}\left[\alpha\left(\frac{n-1}{n}\right)\right] \approx$$

$$\approx n\,\alpha\left(\frac{n-1}{n}\right) = \alpha\,(n-1)\,.$$

In definitiva, per angoli piccoli, la (1) è equivalente a $\phi = \alpha\,(n-1)$ da cui

$$\delta = \alpha - \phi = (2 - n)\,\alpha\,.$$

Ne segue che per $n = 2$ il coefficiente di proporzionalità si annulla e δ può essere considerato nullo nei limiti dell'approssimazione fatta.

PROBLEMA n. 3

Quesito n. 1.

Grafico del rendimento in funzione della corrente.

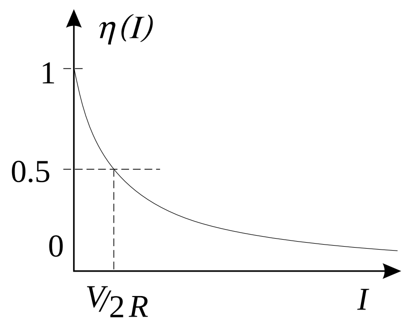
Per raggiungere la stessa d.d.p., cioè per portare la stessa carica ($Q = CV$) sul condensatore occorre un tempo $t = CV/I$.

L'energia erogata dal generatore è la somma di quella immagazzinata nel condensatore $U_\mathrm{C} = {}^1\!/_2\, C\,V^2$ e di quella dissipata per effetto Joule $U_\mathrm{J} = RI^2\,t = R\,C\,I\,V$.

Il rendimento è allora

$$\eta = \frac{U_\mathrm{C}}{U_\mathrm{C} + U_\mathrm{J}} = \frac{1}{1 + 2RI/V}$$

il cui grafico è riportato in figura: per I che tende a zero (tempo infinito) il rendimento tende a 1, mentre per I che tende a infinito (tempo nullo) il rendimento tende a zero.



Il rendimento è del 50 % quando $I = V/(2R)$.

Quesito n. 2.

Analisi delle prime fasi di carica.

Dopo il primo collegamento la carica sul condensatore è $Q_1 = (1/n)\,C\,V$ e l'energia erogata dal generatore è

$$U_1 = Q_1\,V_1 = Q_1\,\frac{1}{n}\,V = \frac{1}{n^2}\,C\,V^2\,.$$

Dopo il secondo collegamento la carica è $Q_2 = (2/n)\,C\,V$; dunque una carica $\Delta Q = Q_2 - Q_1 = (1/n)\,C\,V$ attraversa i due generatori di f.e.m. totale $V_2 = (2/n)\,V$; l'energia erogata dai due generatori nella seconda fase è quindi

$$U_2 = \Delta Q\,V_2 = (Q_2 - Q_1)\,\frac{2}{n}\,V = \frac{2}{n^2}\,C\,V^2\,.$$

Analogamente dopo il terzo collegamento si ha: $Q_3 = (3/n)\,C\,V$, $Q_3 - Q_2 = \Delta Q$, $V_3 = (3/n)\,V$; l'energia erogata dai generatori nella terza fase è

$$U_3 = \Delta Q\,V_3 = (Q_3 - Q_2)\,\frac{3}{n}\,V = \frac{3}{n^2}\,C\,V^2\,.$$

Quesito n. 3.

Rendimento del processo di carica.

Generalizzando le espressioni trovate sopra, si può dire che durante la k-sima fase la carica del condensatore passa da $Q_{k-1} = [(k-1)/n]\,C\,V$ a $Q_k = (k/n), C\,V$, con una variazione di carica pari ancora a $\Delta Q = (1/n)\,C\,V$; questa carica attarversa un generatore di f.e.m. totale $V_k = (k/n)\,V$ e dunque l'energia erogata è

$$U_k = \Delta Q\,V_k = \frac{k}{n^2}\,C\,V^2\,.$$

L'energia totale erogata dai generatori nell'intero processo di carica è dunque

$$U_{\rm G} = \frac{1+2+3+\ldots+n}{n^2}\,C\,V^2 = \frac{CV^2}{n^2}\sum_{k=1}^{n} k = \frac{CV^2}{n^2}\frac{n(n+1)}{2} = \frac{1}{2}\,\frac{n+1}{n}\,C\,V^2\,.$$

e il corrispondente *rendimento* è

$$\eta = \frac{U_{\rm C}}{U_{\rm G}} = \frac{n}{n+1}$$

L'estremo superiore per il *rendimento* è quindi pari ad 1, essendo questo il limite di $\eta(n)$ per $n \to \infty$.

Nota: è interessante osservare che avendo a disposizione un generatore di f.e.m. variabile si otterrebbe lo stesso risultato del punto precedente se si arrivasse al valore V in n passi successivi, attendendo ogni volta il raggiungimento dell'equilibrio.

Il *rendimento* può dunque assumere qualunque valore prossimo ad 1 pur di aumentare adeguatamente il numero di passi; al limite, nel caso in cui si faccesse variare la f.e.m. del generatore con continuità e in modo così lento da poter considerare il sistema in equilibrio ad ogni istante il *rendimento* potrebbe essere considerato esattamente uguale ad 1.

PROGETTO OLIMPIADI

c/o Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova

Via Marzolo 8, 35131 PADOVA

Comunicare con la Segreteria via fax o e-mail:

fax: 049.827.7270

e-mail: olifis@no.sctrade.it

Solo per comunicazioni urgenti, telefonare al n. 041.584.0462

ASSOCIAZIONE PER L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA
Progetto Olimpiadi

OLIMPIADI DI FISICA 2000

18 Febbraio 2000

Gara di 2° Livello – GRIGLIE DI VALUTAZIONE

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 1

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 *Calcolo dei moduli delle due accelerazioni*	**7**
1.a Impostazione corretta dei due sistemi risolventi	4
1.b Soluzione algebrica corretta dei due sistemi	2
1.c Soluzioni numeriche corrette	1
2 *Calcolo dell'istante e della velocità di caduta di m e m_0 sul supporto*	**3**
2.a Impostazione corretta delle due leggi orarie	1
2.b Soluzione algebrica corretta del quesito	1
2.c Soluzione numerica corretta	1
3 *Calcolo dell'energia cinetica perduta*	**2**
3.a Impostazione algebrica corretta della soluzione	1
3.b Soluzione algebrica e numerica corretta	1
4 *Calcolo degli istanti t'' e t'''*	**4**
4.a Impostazione corretta dell'equazione del moto	1
4.b Soluzione algebrica dei due quesiti	2
4.c Soluzione numerica corretta dei due quesiti	1
5 *Tracciamento dei grafici*	**2**
5.a Correttezza e coerenza concettuale dei grafici	1
5.b Chiarezza e precisione grafica	1
Chiarezza descrittiva e correttezza formale dell'esposizione; attenzione all'impiego delle corrette unità di misura; attenzione al grado di precisione assegnato ai risultati numerici	**2**

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 2

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 *Espressione dell'angolo δ*	**9**
1.a Legge di Snell, con α come angolo di incidenza nella prima rifrazione	3
1.b Applicazione della Legge di Snell nella seconda rifrazione	1
1.c Espressione di γ in funzione di β ed α	2
1.d Espressione di ϕ o di $\operatorname{sen}\phi$ in funzione di α ed n	1
1.e Espressione di δ in funzione di α e ϕ oppure in funzione di α ed n	1
1.f Valore numerico di δ nel caso $\alpha = 10°$ e $n = 1.33$	1
2 *Dimostrazione della proporzionalità diretta tra δ ed α, nel caso $\alpha \ll 1$*	**4**
2.a Per ogni coppia di valori (α, δ) riportata in tabella, 0.2 punti fino ad un max di	2
2.b Grafico $\delta = k\,\alpha$	1
2.c Valore numerico di k, ricavato dalla tabella o dal grafico	1
3 *Calcolo dell'indice di rifrazione n*	**5**
3.a Semplificazione della funzione $\delta = f(\alpha)$ nel caso $\alpha \ll 1$	3
3.b Condizione di annullamento del coefficiente k	1
3.c Valore numerico di n	1
Chiarezza descrittiva e correttezza formale dell'esposizione; attenzione all'impiego delle corrette unità di misura; attenzione al grado di precisione assegnato ai risultati numerici	**2**

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 3

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 *Grafico del rendimento e calcolo del valore particolare di I_0*	**6**
1.a Calcolo del tempo necessario	2
1.b Calcolo dell'effetto Joule	1
1.c Calcolo del rendimento	2
1.d Particolare valore di I	1
2 *Calcolo del rendimento con n generatori*	**6**
2.a Energia erogata in ciascuna fase	2
2 *Calcolo del rendimento con n generatori*	**6**
2.a Energia totale erogata	3
2.b Calcolo del rendimento	2
2.c Estremo superiore al variare di n	1
Chiarezza descrittiva e correttezza formale dell'esposizione; attenzione all'impiego delle corrette unità di misura; attenzione al grado di precisione assegnato ai risultati numerici	**2**

PROGETTO OLIMPIADI

c/o Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova
Via Marzolo 8, 35131 PADOVA

Comunicare con la Segreteria via fax o e-mail:
fax: 049.827.7270
e-mail: `olifis@no.sctrade.it`

Solo per comunicazioni urgenti, telefonare al n. 041.584.0462