OLIMPIADI DI FISICA 2001

23 Febbraio 2001

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei QUESITI

Quesito n.1

L'accelerazione (centripeta) è legata alla velocità dell'aereo e al raggio di curvatura della traiettoria seguita:

$$a = \frac{v^2}{r} = 4.96\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

Quesito n.2

Per sollevare una massa m ad un'altezza h, è necessario compiere un lavoro $L = mgh$. Se tale sollevamento avviene in un tempo Δt è necessario che la potenza resa dalla pompa sia $L/\Delta t$.

Tenendo conto del rendimento η sarà necessaria una potenza elettrica

$$P = \frac{mgh}{\Delta t \eta} = 13.6\,\mathrm{kW}$$

Quesito n.3

Se la temperatura dell'acqua è uniforme e costante, l'aria della bolla subisce una trasformazione isoterma: la pressione diminuisce e il volume aumenta.

Dal grafico si ricavano i valori della pressione sul fondo ($p_0 = 500\,\mathrm{kPa}$) e quella in prossimità della superficie ($p_1 = 100\,\mathrm{kPa}$). Dall'equazione $pV = \text{costante}$ si ricava allora

$$V_1 = V_0\,\frac{p_0}{p_1} = 50\,\mathrm{cm^3}$$

Quesito n.4

Indicando con V, $d_1 = 5\,\mathrm{mm}$ e $d_2 = 8\,\mathrm{mm}$ rispettivamente la differenza di potenziale e le distanze fra ciascuna delle due piastre esterne e la piastra centrale, si ottiene che il campo elettrico su ciascuna delle facce di quest'ultima è dato da $E_1 = V/d_1$ ed $E_2 = V/d_2$.

Il campo alla superficie di un conduttore sul quale sia presente una carica con densità superficiale σ è $E = \sigma/\varepsilon_0$; da ciò ottiene per le due facce della piastra centrale

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{8}{5}$$

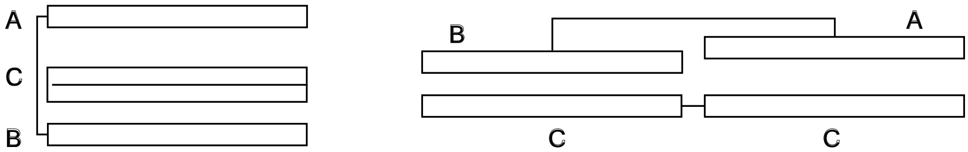
e nello stesso rapporto saranno ovviamente le cariche Q_1 e Q_2 in cui si divide la carica Q depositata. Perciò

$$Q_1 = \frac{8}{13}\,Q, \qquad Q_2 = \frac{5}{13}\,Q\,.$$

È poi interessante osservare, relativamente alle piastre esterne A e B, che esse presentano cariche opposte (pari a $-Q_1$ e $-Q_2$) sulle loro facce interne e che, essendo il sistema di queste due piastre esterne elettricamente neutro, un'ulteriore carica pari a $Q_1 + Q_2 = Q$ dovrà trovarsi distribuita sulle loro facce esterne; è facile verificare che il campo elettrico esterno ha lo stesso modulo dalle due parti esterne del sistema e di conseguenza la carica sulle facce esterne delle piastre A e B deve essere uguale e pari a $Q/2$ su ciascuna.

Soluzione alternativa

Allo stesso risultato si poteva arrivare pensando che il sistema costituito dalla piastra centrale e dalle facce interne di quelle laterali può essere considerato come una coppia di condensatori in parallelo, di capacità diversa, come rappresentato nella figura seguente. La carica disposta sulla piastra centrale si divide in due parti che costituiscono la carica su ciascun condensatore.



La differenza di potenziale è la stessa per i due condensatori, perciò le cariche presenti sulle armature di ciascuno sono

$$Q_1 = C_1 V \quad \text{e} \quad Q_2 = C_2 V \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1}{C_2}\,.$$

Le due capacità sono $C_1 = \varepsilon_0 S/d_1$ e $C_2 = \varepsilon_0 S/d_2$, perciò avremo ancora

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{8}{5}\,.$$

Quesito n.5

Sul sistema agiscono tre forze, il peso $\vec{W}$ e le tensioni delle funi $\vec{T}_1$ e $\vec{T}_2$, la cui risultante – valutata nel punto di intersezione delle funi – è nulla:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{W} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -\vec{W}$$

Poiché le funi sono disposte ad angolo retto, T_1 e T_2 possono essere viste, in modulo, come componenti ortogonali della forza peso. Dunque

$$\begin{cases} T_1 = W \operatorname{sen} 30° = 24.5\,\mathrm{N} \\ T_2 = W \cos 30° = 42.4\,\mathrm{N} \end{cases}$$

Nel caso più generale, detti α e β gli angoli che le funi formano con l'orizzontale, si scrivono le condizioni di equilibrio per le due componenti, orizzontale e verticale:

$$\begin{cases} T_1 \cos\alpha - T_2 \cos\beta = 0 \\ T_1 \operatorname{sen}\alpha + T_2 \operatorname{sen}\beta - W = 0 \end{cases} \quad \text{da cui} \quad \begin{cases} T_1 = \dfrac{\cos\beta}{\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}\, W \\ T_2 = \dfrac{\cos\alpha}{\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}\, W \end{cases}$$

Quesito n.6

La costante elastica della molla si determina dalla condizione di equilibrio: $mg = k\,(\ell_0/4) \quad \Rightarrow \quad k = 4mg/\ell_0$. La variazione di energia meccanica (energia dissipata) è allora

$$\Delta E = mg\,\frac{\ell_0}{4} - \frac{1}{2}\,k\left(\frac{\ell_0}{4}\right)^2 = \frac{1}{8}\,mg\ell_0$$

Quesito n.7

La temperatura iniziale del gas è $T_0 = p_0V_0/R$ e, dopo la trasformazione raggiunge il valore $T_1 = 4\,T_0$. Il volume cresce, quindi il gas cede energia all'esterno come lavoro meccanico. Il lavoro può essere calcolato valutando l'area sotto il grafico:

$$L = \frac{(p_0 + 2p_0)V_0}{2} = \frac{3}{2}\,p_0V_0.$$

Associata alla variazione di temperatura si avrà una variazione dell'energia interna in quanto, in un gas perfetto, l'energia interna varia con la temperatura secondo la relazione $\Delta U = nc_V\,\Delta T$. Quindi, tenendo conto che per l'elio $c_V = 3R/2$,

$$\Delta U = nc_V\,\Delta T = \frac{3}{2}\,R\,3T_0 = \frac{9}{2}\,p_0V_0\,.$$

Applicando il primo principio della termodinamica si ottiene il calore che deve essere fornito nella trasformazione:

$$Q = \Delta U + L = 6\,p_0V_0.$$

Quesito n.8

L'energia occorrente per scaldare l'olio è data da $c\,m\,\Delta T$ mentre l'energia dissipata dal resistore nel tempo considerato Δt, per effetto Joule, è espressa da $(V^2/R)\,\Delta t$.

Uguagliando le due espressioni si ricava

$$R = \frac{V^2\Delta t}{c\,m\,\Delta T} = 38.4\,\Omega$$

Quesito n.9

Nella rifrazione che la luce subisce passando dalla glicerina all'aria il raggio di luce viene allontanato dalla normale alla superficie di separazione. Esiste pertanto un angolo di incidenza *limite*, superato il quale, la luce non passa dalla glicerina all'aria, ma viene riflessa totalmente.

La condizione richiesta si ottiene se il rapporto tra il raggio del disco e l'altezza del liquido è tale da impedire la rifrazione per angoli d'incidenza inferiori all'angolo limite: allora nessun raggio luminoso emesso dalla sorgente nella glicerina riuscirà ad uscire.

In formule, indicando con θ_ℓ l'angolo limite e ricordando la legge della rifrazione, si ha

$$\theta_\ell = \operatorname{arcsen}\frac{1}{n} = 42.9° \quad \text{e} \quad \frac{d}{2\,h} = \operatorname{tg}\theta \geq \operatorname{tg}\theta_\ell \quad \Rightarrow \quad h \leq \frac{d}{2\,\operatorname{tg}\theta_\ell} = 3.23\,\text{cm}\,.$$

Quesito n.10

Il passeggero riceve un'onda che è data dalla sovrapposizione (ovvero dalla somma, istante per istante) delle onde emesse dalle due antenne; si tratta quindi di un fenomeno di interfenza.

Detta D la distanza della nave dalla costa, a la distanza tra le due antenne e Δx la separazione tra due punti di massima intensità dell'onda ricevuta, valgono (per angoli piccoli) le relazioni

$$\alpha = \frac{a}{D} \quad \text{(semplice geometria) e} \quad \Delta x = \frac{\lambda\,D}{a} = \frac{c}{\alpha\,f} \quad \text{(interferenza)}$$

Ma essendo $\Delta x = v\,\Delta t$, con $\Delta t = T$, si ottiene subito

$$v = \frac{c}{\alpha\,f\,\Delta t} \approx 34\,\text{km/h}$$

(Si è usato $c = 1.08 \times 10^9\,\text{km/h}$ e $\alpha = 35\,\text{mrad}$.)

OLIMPIADI DI FISICA 2001

23 Febbraio 2001

Gara di 2° Livello – SOLUZIONE dei PROBLEMI

PROBLEMA n. 1 – Urti ripetuti

Quesito n. 1. – Velocità dei carrelli dopo l'urto.

Nell'urto si conservano sia l'energia cinetica che la quantità di moto e in particolare la sua componente lungo la tangente alla rotaia, dal momento che non agiscono forze esterne in tale direzione; tenuto conto dei valori delle masse, si può dunque scrivere il sistema

$$\begin{cases} \frac{1}{2}m\,v_{0,1}^2 + m\,v_{0,2}^2 = \frac{1}{2}m\,v_1^2 + m\,v_2^2 \\ m\,v_{0,1} + 2m\,v_{0,2} = m\,v_1 + 2m\,v_2 \end{cases}$$

Detta v la velocità iniziale del carrello di massa doppia ($v_{0,2}$), e posto $v_{0,1} = 0$ (primo carrello inizialmente fermo) il sistema si riduce a

$$\begin{cases} v_1^2 + 2v_2^2 = 2v^2 \\ v_1 + 2v_2 = 2v \end{cases} \quad \text{che dà due possibili soluzioni:} \quad \begin{cases} v_1 = {}^4\!/_3\,v \\ v_2 = {}^1\!/_3\,v \end{cases} \quad \text{e} \quad \begin{cases} v_1 = 0 \\ v_2 = v \end{cases}$$

Chiaramente la seconda soluzione non è fisicamente accettabile (come se l'urto non fosse avvenuto), mentre la prima esprime le corrette velocità dei carrelli dopo l'urto.

Quesito n. 2. – Posizione del secondo urto.

I due carrelli proseguono nello stesso verso, quindi si urtano quando il primo ha fatto un giro completo più dell'altro, cioè quando il primo ha percorso 480° e il secondo 120°.

Infatti basta scrivere la relazione tra gli spazi percorsi (lungo la rotaia) e trovare, a partire dall'istante dell'urto, il tempo t per il quale la relazione stessa è verificata; trattandosi di moti circolari uniformi, e detto r il raggio della rotaia circolare, si ha

$$v_1 t = v_2 t + 2\pi r \quad \text{ovvero} \quad 4vt = vt + 6\pi r \quad \Rightarrow \quad t = \frac{2\pi r}{v}$$

La posizione del secondo urto rispetto al primo è data, in radianti, da $v_2\,t/r$ e risulta

$$\frac{1}{3}v\,\frac{2\pi r}{v}\,\frac{1}{r} = \frac{2\pi}{3} \quad \text{pari a} \quad 120°$$

In alternativa si poteva usare un'analoga relazione in termini di angoli percorsi e velocità angolari.

Quesito n. 3. – Velocità dei carrelli dopo il secondo urto.

Il sistema risolutivo è lo stesso del caso 1, ma occorre adesso porre come velocità iniziali dei due carrelli quelle trovate sopra, ovvero $v_{0,1} = {}^4\!/_3\,v$ e $v_{0,2} = {}^1\!/_3\,v$.

Così facendo si ottiene un sistema formalmente identico a quello trovato sopra, per cui anche le due possibili soluzioni sono le stesse.

Per lo stesso motivo di sopra questa volta la soluzione accettabile è la seconda: quindi dopo l'urto il carrello di massa m (che ora si trova dietro) si ferma nella posizione 120° e quello di massa $2m$ prosegue con velocità v.

Quesito n. 4. – Posizione degli urti successivi.

La situazione è identica a quella prima del primo urto, quindi il terzo urto avverrà ancora a 120° ma questa volta col carrello più pesante di dietro, il quarto urto a 240°, e così via.

È immediato verificare che il settimo urto è in tutto identico al primo.

PROBLEMA n. 2 – "Rifrazione" con elettroni

Quesito n. 1. – Campo e.s. e densità di carica.

Il campo tra le due reticelle è, in modulo, $E = V/d = 2.5 \times 10^5$ V/m. La densità superficiale di carica è $\sigma = E\varepsilon_0 = 2.21\,\mu\text{C/m}^2$

Quesito n. 2. – Condizione di uscita degli elettroni.

Riferiamo il moto a un sistema cartesiano con asse x parallelo alle armature del condensatore. All'esterno del condensatore il campo è nullo, mentre all'interno è perpendicolare alle armature ed è uniforme. Di conseguenza durante tutto il moto la componente orizzontale della velocità degli elettroni non varia; gli elettroni, all'interno del condensatore, percorrono un arco di parabola.

Indichiamo con $\vec{v}_0$ e $\vec{v}_1$ le velocità degli elettroni all'ingresso e all'uscita dal condensatore e con K_0 e $K(y)$ l'energia cinetica degli elettroni all'interno del condensatore, rispettivamente iniziale e a distanza y dall'armatura positiva.

Il valore di $K(y)$ diminuisce per effetto del lavoro fatto dal campo elettrico; se gli elettroni raggiungono il vertice della parabola prima di uscire dal condensatore, la loro energia cinetica sarà minima in quanto la velocità si riduce alla sua componente orizzontale, costante. Sarà precisamente $K_{\min} = {}^1\!/\!_2\, m v_0^2 \operatorname{sen}^2\alpha = K_0 \operatorname{sen}^2\alpha$.

Per il teorema dell'energia cinetica:

$$K(y) = K_0 - Eey = K_0 - eV\frac{y}{d}.$$

Su tutto l'arco della parabola percorsa sarà evidentemente $K(y) \geq K_{\min}$.

La condizione per l'uscita dal condensatore ($y = d$) è allora

$$K_0 - K_{\min} > eV \quad \Rightarrow \quad K_0 - K_0 \operatorname{sen}^2\alpha > eV$$

$$K_0 \cos^2\alpha > eV \quad \text{da cui} \quad |\alpha| < 37.8°$$

Soluzione alternativa:

Allo stesso risultato si può arrivare, anche se in modo meno efficace, per mezzo di relazioni cinematiche.

Scomponendo il moto su due assi (asse x parallelo alle armature e asse y diretto verso l'armatura negativa, con origine nel punto di ingresso) e tenendo conto del verso delle grandezze interessate, avremo per le due componenti:

$$\begin{cases} v_\text{x} = v_0 \operatorname{sen}\alpha \\ v_\text{y} = v_0 \cos\alpha - at \end{cases} \qquad \begin{cases} x(t) = v_0 \operatorname{sen}\alpha\, t \\ y(t) = v_0 \cos\alpha\, t - {}^1\!/\!_2\, at^2 \end{cases}$$

dove il modulo dell'accelerazione degli elettroni, determinata dalla forza elettrica, è $a = eE/m = eV/(md)$.

La condizione di uscita è determinata dal moto sull'asse y. L'elettrone raggiungerebbe la massima distanza dall'armatura positiva quando $v_\text{y} = 0$ e quindi nell'istante

$$t_\text{M} = \frac{v_0 \cos\alpha}{a}.$$

In tale istante la distanza dall'armatura positiva sarebbe

$$y(t_M) = \frac{1}{2}\frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{a}$$

e quindi dovrà essere

$$\frac{1}{2}\frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{a} > d \quad \text{da cui} \quad \cos^2\alpha > \frac{2ad}{v_0^2} = \frac{2eV}{mv_0^2} = \frac{eV}{K_0} \quad \text{come già trovato.}$$

Infine, lo stesso risultato si poteva ottenere scrivendo l'equazione della traiettoria, analoga a quella dei proiettili, (facendo attenzione che l'angolo α è il complementare di quello normalmente usato) e imponendo che il vertice si trovi ad un'altezza superiore a d. Senza riportare i passaggi, si ottiene:

Equazione della traiettoria: $y = \dfrac{x}{\tan\alpha} - \dfrac{ax^2}{2v_0^2 \operatorname{sen}^2\alpha}$

Ascissa del vertice: $x_M = \dfrac{\operatorname{sen}\alpha \cos\alpha\, v_0^2}{a}$

Ordinata del vertice: $y_M = \dfrac{\cos^2\alpha\, v_0^2}{2a}$

La condizione diventa, come già ottenuto:

$$\frac{\cos^2\alpha\, v_0^2}{2a} > d.$$

Quesito n. 3. – Angolo di uscita e legge di Snell.

Gli elettroni, uscendo dal condensatore, mantengono la stessa componente orizzontale della velocità, per cui

$$v_0 \operatorname{sen}\alpha = v_1 \operatorname{sen}\beta \quad \text{da cui} \quad \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{v_1}{v_0}.$$

Detta K_1 l'energia cinetica in uscita, essendo $K_1 = K_0 - eV$, si ottiene

$$\frac{v_1}{v_0} = \sqrt{\frac{K_1}{K_0}} = \sqrt{1 - \frac{eV}{K_0}}.$$

Il rapporto non dipende da α, per cui vale una "legge di Snell" del tutto analoga a quanto trovato in ottica.

Lo stesso risultato si poteva ottenere con la scomposizione del moto sui due assi o considerando la traiettoria. I calcoli e/o le considerazioni necessarie sono però di complessità maggiore e rendono sconsigliabile questo procedimento.

Quesito n. 4. – Effetto di riflessione totale.

Se la condizione non è soddisfatta gli elettroni continuano a percorrere la parabola ed escono di nuovo dalla stessa armatura da cui erano entrati, con un angolo ancora uguale ad α.

Si tratta quindi di un fenomeno analogo alla *riflessione totale* della luce.

PROBLEMA n. 3 – Bollicine

Quesito n. 1. – Quantità di gas nella bolla.

La pressione al fondo del bicchiere vale

$$p = p_0 + \rho g h = 102.3\,\mathrm{kPa}$$

mentre il volume della bolla è

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6} = 1.41 \times 10^{-11}\,\mathrm{m}^3$$

Dall'equazione di stato si ricava quindi il numero di moli

$$n = \frac{pV}{RT} = 6.15 \times 10^{-10}\,\mathrm{mol}$$

La massa della bolla, detta m_{mol} la massa molare, è $m = n\, m_{\mathrm{mol}} = 2.71 \times 10^{-11}\,\mathrm{kg}$.

Quesito n. 2. – Volume della bolla in superficie.

Nell'ipotesi che la temperatura del gas rimanga costante, si ha

$$\frac{V_{\mathrm{s}}}{V_{\mathrm{f}}} = \frac{p_{\mathrm{f}}}{p_{\mathrm{s}}} = 1.01 \quad \text{(pari ad un aumento di volume dell'1\%)}$$

ove gli indici indicano rispettivamente il "fondo" e la "superficie".

Nell'ipotesi che non vi siano scambi di calore, la trasformazione del gas è un'adiabatica, per cui

$$\frac{V_{\mathrm{s}}}{V_{\mathrm{f}}} = \left(\frac{p_{\mathrm{f}}}{p_{\mathrm{s}}}\right)^{1/\gamma} = 1.008$$

pari ad un aumento di volume dello 0.8 %, praticamente lo stesso di quello calcolato nell'altro caso.

Quesito n. 3. – Velocità limite.

Le forze che agiscono sulla bolla sono il peso $\vec{W}$, la spinta di Archimede $\vec{A}$, e l'attrito viscoso $\vec{F}$, per cui, indicando con ρ la densità della birra e con V il volume della bolla, l'equazione del moto è

$$\rho V g - mg - Kv = ma$$

All'aumentare della velocità, aumenta l'attrito viscoso fino a uguagliare la somma delle altre forze. La bolla prosegue, quindi, di moto rettilineo uniforme. Alla velocità limite, $a = 0$ e dunque

$$v_\ell = \frac{\rho V - m}{K}\, g \approx \frac{\rho V g}{K} = \frac{\rho V g}{4\pi\eta r} = \frac{\rho g d^2}{12\eta} = 0.0732\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

Nota. La massa della bolla è, come si è visto, di $2.72 \times 10^{-11}\,\mathrm{kg}$, *mentre la massa di fluido spostato è* $m' = \rho V = 1.42 \times 10^{-8}\,\mathrm{kg}$. *Il rapporto fra questi due valori è circa* 2×10^{-3}, *per cui il peso della bolla è trascurabile rispetto alla spinta di Archimede.*

Indicando ora con α il rapporto fra i volumi della bolla all'inizio e alla fine del moto calcolato prima ($\alpha = 1.01$), la velocità limite diventa

$$v'_\ell = \frac{\alpha \rho V g}{4\pi\eta \sqrt[3]{\alpha}\, r} = \sqrt[3]{\alpha^2}\, v_\ell = 0.0743\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

un valore più alto del precedente dell'1.5 % circa.

Quesito n. 4. – Tempo di salita.

Secondo le ipotesi indicate, la bolla esegue inizialmente un moto uniformemente accelerato con accelerazione a finché la velocità raggiunge il valore limite v_ℓ. In seguito, essa procede a velocità costante fino a raggiungere la superficie.

L'accelerazione della bolla, quando si stacca dal fondo, si ottiene ponendo uguale a zero l'attrito viscoso nell'equazione del moto scritta sopra. Trascurando, inoltre, anche il peso della bolla, si trova

$$a = \frac{\rho V g}{m} = 5.13 \times 10^3 \,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

Il tempo di salita in superficie è dato da $t = t_1 + t_2$, dove t_1 indica l'intervallo di tempo in cui la bolla si porta alla velocità limite e t_2 l'intervallo di tempo in cui la bolla sale con la velocità limite.

Il tempo t_1, con opportune sostituzioni, è dato da

$$t_1 = \frac{v_\ell}{a} = \frac{m}{2\pi\eta d} = 1.43 \times 10^{-5} \,\mathrm{s}$$

In questo intervallo di tempo la bolla sale di una quantità

$$h_1 = \frac{1}{2}\, a t_1^2 = \frac{1}{2}\frac{v_\ell^2}{a} = \frac{\rho g d m}{48\pi\eta^2} = 5.23 \times 10^{-7} \,\mathrm{m}$$

che è una frazione trascurabile del percorso totale h. Il tempo di risalita, trascurando h_1, è compreso fra i due estremi

$$t_{\min} = \frac{h}{v'_\ell} = 1.35\,\mathrm{s} \quad \mathrm{e} \quad t_{\max} = \frac{h}{v_\ell} = 1.37\,\mathrm{s}$$

con la solita differenza dell'1.5 % circa.

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@hotmail.com

OLIMPIADI DI FISICA 2001

23 Febbraio 2001

Gara di 2° Livello – GRIGLIE DI VALUTAZIONE

⇒ Materiale riservato alla Commissione ⇐

PROBLEMA 1 – Urti ripetuti

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 Velocità dei carrelli dopo l'urto	**7**
1.a Impostazione del sistema di equazioni (leggi di conservazione)	3
1.b Soluzione del sistema	2
1.c Scelta della soluzione accettabile	2
2 Posizione del secondo urto	**5**
2.a Condizione cinematica	3
2.b Soluzione corretta	2
3 Velocità dei carrelli dopo il secondo urto	**4**
3.a Impostazione del sistema di equazioni (come sopra)	2
3.b Soluzione del sistema (come sopra)	2
4 Posizione degli urti successivi	**2**
4.a Posizione del terzo urto	1
4.b Generalizzazione	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 – "Rifrazione" con elettroni

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 Campo e.s. e densità di carica	**3**
1.a Espressione corretta per il campo	1
1.b Espressione corretta per la densità di carica	1
1.c Valori numerici corretti $(0.5 + 0.5)$	1
2 Condizione di uscita degli elettroni	**7**
2.a Uso della conservazione dell'energia o scomposizione del moto su due assi	2
2.b Espressione della condizione affinché gli elettroni raggiungano l'armatura superiore	2
2.c Espressione per il massimo valore di α	2
2.d Valore numerico corretto	1
3 Angolo di uscita e legge di Snell	**6**
3.a Riconoscimento che la componente della velocità parallela alle armature non varia	2
3.b Determinazione del rapporto $\operatorname{sen}\alpha / \operatorname{sen}\beta$	2
3.c Giustificazione dell'indipendenza del rapporto da α	2
4 Effetto di riflessione totale	**2**
4.a Descrizione del moto	1
4.b Osservazione che l'angolo di uscita è ancora α	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 – Bollicine

GRIGLIA DI VALUTAZIONE :	Totale Punti 20
1 Quantità di gas nella bolla	**3**
1.a Espressione della quantità di gas (moli o massa)	2
1.b Valore della quantità di gas	1
2 Volume della bolla	**3**
2.a Rapporto tra i volumi in condizioni isotermiche	1
2.b Rapporto tra i volumi in condizioni adiabatiche	2
3 Velocità limite	**6**
3.a Espressione della velocità limite con il volume iniziale	2
3.b Valore della velocità limite con il volume iniziale	1
3.c Espressione della velocità limite con il volume finale	2
3.d Differenza percentuale fra le due velocità limite	1
4 Tempo di salita	**6**
4.a Accelerazione della bolla	2
4.b Intervallo di tempo t_1 (moto uniformemente accelerato)	1
4.c Intervallo di tempo totale	2
4.d Esplicito riferimento alla dipendenza del tempo di salita dal volume della bolla	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

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: `olifis@hotmail.com`