Associazione per l'Insegnamento della Fisica — AIF — 31ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2017

PROGETTO OLIMPIADI

Gara di 1° livello

Giovedì 15 Dicembre 2016

Soluzioni

Quesito n. 1. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{C}}$

Sul sistema costituito dal fucile e dal piombino le forze esterne hanno effetti trascurabili nel brevissimo intervallo di tempo in cui avviene lo sparo. Pertanto la quantità di moto complessiva di tale sistema si conserva istantaneamente: subito dopo lo sparo dev'essere uguale a quella subito prima, cioè nulla.

Di conseguenza la quantità di moto del fucile e quella del piombino, subito dopo lo sparo, oltre ad avere la stessa direzione e verso opposto devono avere anche lo stesso modulo.

Quesito n. 2. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Sul blocco agiscono la forza $\vec{F}$ diretta verso l'alto e la forza peso $\vec{P} = m\,\vec{g}$ diretta verso il basso. La componente verticale, verso l'alto, della forza risultante è $F_\mathrm{R} = F - mg$ da cui segue che il blocco viene accelerato verso l'alto con accelerazione

$$a = \frac{F_\mathrm{R}}{m} = \frac{F}{m} - g = 2.2\,\mathrm{m\,s^{-2}}\,.$$

Quesito n. 3. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Se ρ è la resistività del rame, ℓ la lunghezza del filo, S la sua sezione, la seconda legge di Ohm afferma che la resistenza è $R = \rho\ell/S$. Essendo la temperatura uguale per tutti i fili la resistività è la stessa; poiché anche la sezione è uguale, la resistenza è direttamente proporzionale alla lunghezza. Pertanto l'alternativa corretta è la A.

Quesito n. 4. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$

L'accelerazione deve avere una componente centripeta perché il pendolo sta percorrendo una traiettoria curvilinea, e una componente tangenziale dovuta alla componente tangenziale del peso (la tensione del filo è solo radiale e quindi non contribuisce a questo termine). Poiché la componente tangenziale del peso è orientata verso il punto centrale dell'oscillazione, anche l'accelerazione tangenziale avrà questo verso.

Nell'alternativa A manca la componente centripeta dell'accelerazione, nella B quella tangenziale. Nella C e nella E c'è addirittura una componente centrifuga. L'unica alternativa in cui l'accelerazione ha le caratteristiche dette sopra è la D.

Quesito n. 5. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$

Con l'interruttore chiuso, si raggiunge la condizione stazionaria quando la carica del condensatore è costante e quindi quando la corrente nel ramo del condensatore si annulla. In questa situazione, nelle due resistenze circola una corrente elettrica $I = V_0/(R_1 + R_2)$, con $V_0 = 6\,\mathrm{V}$, dato che esse sono in serie, e la caduta di potenziale V_2 sulla resistenza da $200\,\Omega$ è $V_2 = 4\,\mathrm{V}$.

Pertanto anche la differenza di potenziale V ai capi del condensatore è $V = V_2 = 4\,\mathrm{V}$ e la carica è $Q = CV = 40\,\mu\mathrm{C}$.

QUESITO n. 6. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{C}}$

In ogni reazione nucleare la somma dei numeri di massa e dei numeri atomici deve essere uguale a sinistra e a destra della freccia; quindi, affinché X possa rappresentare un neutrone, perché l'uguaglianza sia verificata, il suo numero di massa deve essere 1 e il suo numero atomico 0: ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$. Nelle alternative A, B e E entrambi i numeri risultano essere uguali a zero mentre nella D il numero di massa è zero, mentre il numero atomico -1.

QUESITO n. 7. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{B}}$

Il moto del sasso è una caduta libera in cui la velocità iniziale ha componente verticale nulla. Vale quindi la relazione $h = {}^1\!/_2\, gt^2$, da cui, invertendo

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 4.5\,\mathrm{s}\,.$$

QUESITO n. 8. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{D}}$

Nel grafico del riscaldamento si notano due soste termiche, a 50°C e 125°C. La prima corrisponde alla fusione, la seconda all'ebollizione; la temperatura di ebollizione è quindi 125°C.

QUESITO n. 9. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{C}}$

Per una forza costante F, il teorema dell'impulso si può scrivere $F\Delta t = m\,|\Delta v|$, dove Δt rappresenta l'intervallo di tempo trascorso e Δv la variazione della velocità.

Nel caso del carrello A, essendo $v_\mathrm{f} = 0$, si ha $F\Delta t = mv_0$. Invece nel caso del carrello B si ha $F\Delta t' = 2m \times 3v_0$. Dividendo membro a membro, si ricava $\Delta t' = 6\,\Delta t$.

Alternativamente: Poiché la forza applicata è costante, il moto del carrello è uniformemente accelerato e la velocità varia nel tempo come

$$v(t) = v_0 - at = v_0 - \frac{F}{m}t \quad \Rightarrow \quad v(\Delta t) = 0 \quad \text{per} \quad \Delta t = \frac{mv_0}{F}\,.$$

Per il secondo carrello la massa è doppia e la velocità tripla, quindi il tempo è 6 volte più grande.

QUESITO n. 10. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{D}}$

Sia E l'energia potenziale elastica iniziale del sistema blocco-molla ed E' quella nel punto in cui il blocco inverte il suo moto. In quel punto, la molla è compressa della metà dell'allungamento iniziale per cui, dato che l'energia elastica è proporzionale al quadrato dell'allungamento, $E' = \frac{1}{4}E$.

Detto questo, il lavoro delle forze d'attrito è $\mathcal{L} = E' - E = -\frac{3}{4}E = -0.96\,\mathrm{J}$.

Dunque l'energia dissipata è $0.96\,\mathrm{J}$.

QUESITO n. 11. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{C}}$

L'immagine più vicina è quella prodotta dallo specchio verso cui la persona è rivolta, S_2 in questo caso. La seconda è quella dovuta a una doppia riflessione, la prima da parte dello specchio S_1 e la seconda da parte di S_2. L'immagine data da S_1 si trova $2\,\mathrm{m}$ a sinistra di questo, quindi a $5\,\mathrm{m}$ a sinistra di S_2; la seconda immagine si trova allora a $5\,\mathrm{m}$ a destra di S_2, e viene vista dalla persona a $6\,\mathrm{m}$ di distanza.

A titolo di curiosità si può notare che nella prima di queste immagini la persona vede la propria faccia, nella seconda la nuca, e così via per le successive.

Quesito n. 12. – Risposta ⇒ C

Dopo aver oltrepassato l'albero l'automobile si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato, con accelerazione e velocità iniziale note.

Essendo $v_0 = 36\,\mathrm{km/h} = 10\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, lo spazio s percorso sarà $\quad s = v_0 t + \dfrac{1}{2} a t^2 = 75\,\mathrm{m}$.

Quesito n. 13. – Risposta ⇒ A

In accordo con la teoria cinetica dei gas perfetti, l'energia cinetica media delle particelle di un gas perfetto è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta T.

$$\overline{E_\mathrm{c}} = \frac{n}{2}\, k_\mathrm{B}\, T$$

con n, numero di gradi di libertà, secondo la fisica classica. Poiché la temperatura t misurata nella scala Celsius è collegata alla temperatura assoluta dalla relazione $t = T - T_0$ con $T_0 = 273.15\,\mathrm{K}$, si ha

$$\overline{E_\mathrm{c}} = \frac{n}{2}\, k_\mathrm{B}\, (t + T_0)$$

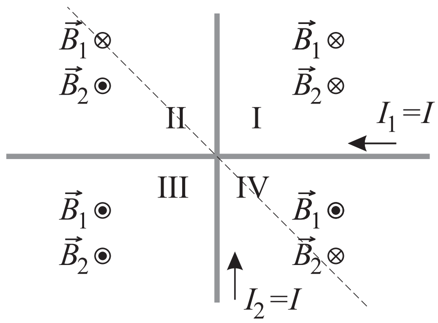
e l'alternativa corretta è rappresentata dal grafico A.

Quesito n. 14. – Risposta ⇒ E

Le linee del campo magnetico prodotto dalla corrente che scorre lungo un filo rettilineo indefinito sono circonferenze orientate secondo la regola della mano destra (o altra, equivalente) per cui, seguendo il verso della corrente, il campo è uscente dal semipiano a sinistra del filo ed entrante a destra.

Ne segue che i campi prodotti "separatamente" dai due fili sono quelli mostrati in figura; nei quadranti I e III essi sono concordi e il campo risultante non può annullarsi.

Invece nei quadranti II e IV, considerando tutti i punti a uguale distanza dai fili (quindi quelli sulla bisettrice dei due angoli) i due campi hanno uguale modulo e verso opposto, e di conseguenza il campo $\vec{B}$ si annulla.



Quesito n. 15. – Risposta ⇒ D

L'energia di legame E altro non è che il prodotto tra il difetto di massa e la velocità della luce al quadrato. La somma delle masse dei quattro nucleoni che costituiscono il nucleo di ${}^4_2\mathrm{He}$ è $2(m_\mathrm{p} + m_\mathrm{n}) = 6.69510 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg}$ dove m_p e m_n indicano la massa rispettivamente del protone e del neutrone, quindi il difetto di massa è $\Delta m = 5.044 \times 10^{-29}\,\mathrm{kg}$ e l'energia di legame risulta $E = \Delta m\, c^2 = 4.533 \times 10^{-12}\,\mathrm{J} \approx 4.5 \times 10^{-12}\,\mathrm{J}$.

Quesito n. 16. – Risposta ⇒ B

Come ricordato nel suggerimento, il campo magnetico al centro di una spira circolare di raggio R percorsa da una corrente i vale $\mu_0\, i/(2R)$. Separando idealmente la spira in due semicirconferenze, i contributi di ciascuna semicirconferenza al valore del campo magnetico al centro sono uguali per simmetria in direzione e modulo e sono pari alla metà del campo magnetico dell'intera spira.

Il circuito in esame è composto da due semicirconferenze e due tratti rettilinei. Il contributo della semicirconferenza interna è quindi $\mu_0 I/(4a)$ in verso uscente dalla pagina, e quello della semicirconferenza esterna sarà $\mu_0 I/(4b)$ in verso entrante. Inoltre, il campo magnetico prodotto da un tratto di filo rettilineo, in tutti i punti che si trovano sui prolungamenti del tratto, è nullo e di conseguenza i due tratti rettilinei del circuito non contribuiscono al campo nel punto P.

Quesito n. 17. – Risposta ⇒ E

In un grafico “Lavoro–Tempo” la pendenza di una retta è rappresentata dal rapporto $\Delta\mathcal{L}/\Delta t$. Risulta dunque una potenza la cui unità di misura è il watt.

Quesito n. 18. – Risposta ⇒ D

Nel periodo T che intercorre tra l’emissione da parte della sorgente di un fronte d’onda e il successivo la sorgente si è allontanata di un tratto $d = v_s T = v_s \lambda_0 / v$. La distanza tra i due fronti d’onda successivi dietro la sorgente è quindi aumentata di tale quantità. Sarà quindi $\lambda = \lambda_0 + v_\mathrm{s} T = \lambda_0\,(1 + v_\mathrm{s}/v)$.

Alternativamente, si può osservare che la distanza λ fra due creste dietro la sorgente è la lunghezza d’onda vista da un osservatore fermo mentre la sorgente si allontana, per il quale la frequenza apparente, per effetto Doppler, è

$$f = \frac{f_0}{1 + v_\mathrm{s}/v}\,.$$

Poiché $\lambda = v/f$ si ha che

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v_\mathrm{s}}{v}\right).$$

Si poteva rispondere anche con considerazioni di carattere più generale: dalla figura si osserva che è $\lambda > \lambda_0$. Questa osservazione permette già di eliminare le alternative A ed E. Il fatto che per $v_\mathrm{s} = 0$ deve essere $\lambda = \lambda_0$ permette di eliminare l’alternativa C. L’osservazione che, per v_s tendente a v, λ tende a infinito, il che è assurdo, elimina l’alternativa B.

Quesito n. 19. – Risposta ⇒ A

L’energia potenziale che il blocco di ghiaccio possiede nel punto da cui cade (mgh) deve essere almeno uguale a quella necessaria per fondere lo 0.2 %, pari a 1/500, della della massa del ghiaccio. Poiché il blocco si trova alla temperatura di fusione, quest’ultima energia è $m\lambda/500$. Uguagliando le due quantità di energia si ricava h, la minima altezza di caduta del ghiaccio:

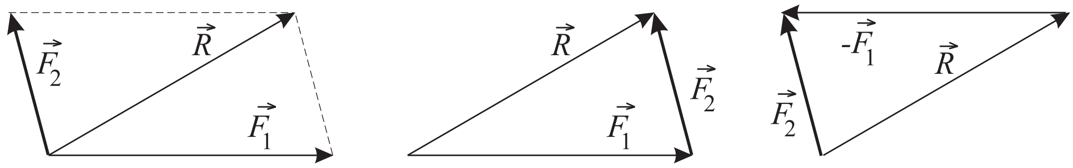
$$mgh = \frac{1}{500} m\lambda \quad\Rightarrow\quad h = \frac{1}{500}\,\frac{\lambda}{g}\,.$$

Si può osservare che le alternative C, D ed E possono essere escluse anche per motivi dimensionali. Poiché, nel Sistema Internazionale λ si misura in $\mathrm{J/kg} = \mathrm{m^2/s^2}$, il termine $g\lambda/m$ che compare nella C e nella E, si misura in $\mathrm{m^3/(kg\,s^4)}$ e il termine $m\lambda/g$ che compare nella D si misura in $\mathrm{kg\,m}$.

In realtà, una parte dell’energia potenziale iniziale verrà spesa per produrre onde, ed eventualmente anche per frammentare il blocco; dunque l’altezza di caduta dovrà essere maggiore di quella appena calcolata.

Quesito n. 20. – Risposta ⇒ B

Il vettore $\vec{F}_2$ dell’alternativa B è tale che $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$, come si può vedere in figura dove la somma è rappresentata con il metodo della diagonale del parallelogramma (a sinistra) o con quello della poligonale detto “punta-coda” (al centro).



Si arriva direttamente alla soluzione anche considerando che $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R} \quad\Rightarrow\quad \vec{F}_2 = \vec{R} - \vec{F}_1$ ovvero $\vec{F}_2 = \vec{R} + (-\vec{F}_1)$ come mostrato nella figura a destra.

Quesito n. 21. – Risposta ⇒ D

In entrambi i casi l'accelerazione del sistema delle due masse è $a = F/(M+m)$ (seconda legge della dinamica).

Nel caso I sulla massa M agiscono, in direzione orizzontale (le forze verticali si equilibrano) la forza $\vec{F}$ e la forza $\vec{R}_{\mathrm{I}}$ che hanno verso opposto. Applicando la seconda legge alla sola massa M si ha allora

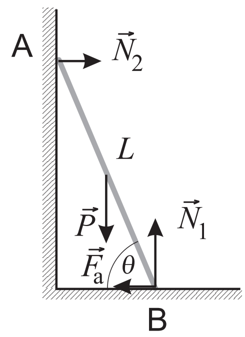
$$Ma = \frac{M}{M+m}F = F - R_{\mathrm{I}} \quad \Rightarrow \quad R_{\mathrm{I}} = \frac{m}{M+m}F\,.$$

Nel caso II invece l'unica forza orizzontale che agisce su M è $\vec{R}_{II}$, quindi

$$Ma = \frac{M}{M+m}\,F = R_{\mathrm{II}}\,. \quad \text{Dunque risulta} \quad R_{\mathrm{I}} < R_{\mathrm{II}}\,.$$

Quesito n. 22. – Risposta ⇒ C

Le forze applicate alla scala, mostrate in figura, sono: la forza peso $\vec{P}$, la reazione del pavimento – che può essere decomposta in una parte normale $\vec{N}_1$ e una parallela dovuta all'attrito $\vec{F}_{\mathrm{a}}$ – e la reazione della parete verticale che ha solo la componente normale $\vec{N}_2$, essendo trascurabile l'attrito.



Perché la scala sia in equilibrio occorre che la forza e il momento risultante siano entrambi nulli.

Considerando i moduli delle forze, la prima condizione implica che $N_1 = P$ e $N_2 = F_{\mathrm{a}}$, mentre per la seconda si può scegliere di calcolare i momenti rispetto a un punto qualsiasi; scegliendo il punto B, e considerando, per convenzione, positivi i momenti che tendono a far ruotare la scala in senso orario, si ha

$$-P\frac{L}{2}\cos\theta + N_2 L \,\mathrm{sen}\,\theta = 0 \quad \text{da cui} \quad F_{\mathrm{a}} = N_2 = \frac{P}{2\,\tan\theta}\,.$$

La scala sarà quindi in equilibrio se la forza d'attrito è minore o uguale a quella massima data da $\mu N_1 = \mu P$, dove μ è il coefficiente d'attrito statico tra scala e pavimento. Dunque

$$F_{\mathrm{a}} = \frac{P}{2\tan\theta} \le \mu P \quad \Rightarrow \quad \tan\theta \ge \frac{1}{2\mu} \quad \text{ovvero} \quad \tan\theta_{\min} = \frac{1}{2\mu}\,.$$

Quesito n. 23. – Risposta ⇒ E

Per la legge di Stefan-Boltzmann, la potenza irraggiata vale $P = \sigma A T^4$, dove σ è la costante di Stefan-Boltzmann e A l'area della superficie del tizzone.

Dimezzando T, P viene quindi moltiplicata per un fattore $2^{-4} = 1/16$.

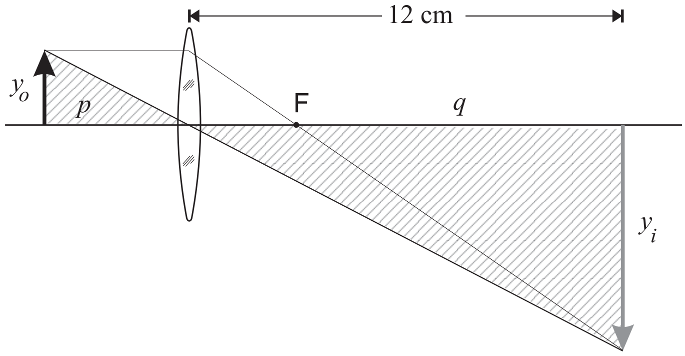
Quesito n. 24. – Risposta ⇒ D

Indicando con y_{o} e y_{i} le dimensioni trasversali dell'oggetto e dell'immagine, risulta $y_{\mathrm{i}} = -3y_{\mathrm{o}}$, dove il segno negativo tiene conto del fatto che l'immagine, essendo reale, è capovolta.

L'ingrandimento trasversale $G = y_{\mathrm{i}}/y_{\mathrm{o}}$ risulta pertanto $G = -3$. Poiché

$$G = -q/p, \quad \text{si ha} \quad p = -q/G = 4\,\mathrm{cm}\,.$$

In alternativa, si può ricorrere al tracciamento dei raggi. Tenendo conto che la lente è senz'altro convergente perché l'immagine è reale, la situazione è mostrata nella figura seguente. Sono indicati: il raggio parallelo all'asse ottico, che dopo la rifrazione passa per il secondo fuoco della lente, e quello passante per il centro ottico della lente, che non subisce deviazioni nell'attraversamento.



I due triangoli evidenziati in figura sono evidentemente simili. Per essi vale dunque la relazione:

$$\frac{p}{y_o} = \frac{q}{|y_i|} \quad \Rightarrow \quad p = \frac{y_o}{|y_i|}\, q = 4\,\text{cm}\,.$$

Quesito n. 25. – Risposta ⇒ A

Per la legge di Lenz la f.e.m. indotta deve opporsi alla variazione del campo magnetico. Poiché $\Delta\vec{B}$ ha verso uscente, il verso di circolazione della corrente indotta (e quindi della f.e.m.) deve essere orario per la legge della mano destra. Il valore della f.e.m. $\mathcal{E}$ è dato dalla legge di Faraday–Neumann (qui $\Phi(\vec{B})$ indica il flusso di campo magnetico sulla superficie A della spira).

$$|\mathcal{E}| = \left|\frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t}\right| = A\frac{|\Delta B|}{\Delta t} = 3.0\times10^{-6}\,\text{V}\,.$$

In maniera più formale: poiché la spira giace in un piano, per comodità si sceglie, tra le infinite superfici che hanno come contorno la spira, proprio la porzione di piano da essa delimitata; si può decidere, arbitrariamente, di orientare in senso orario la spira. Per la regola della mano destra, questo equivale a orientare in senso entrante il versore $\hat{n}$ normale alla superficie della spira, che risulta quindi parallelo e concorde al campo magnetico. Il flusso magnetico risulta allora

$$\Phi(\vec{B}) = \vec{B}\cdot\hat{n}\ A = BA$$

e la legge di Faraday-Neumann-Lenz si scrive:

$$\mathcal{E} = C(\vec{E}) = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = -A\frac{dB}{dt} = 3.0\times10^{-6}\,\text{V}\,.$$

dove $C(\vec{E})$ indica la circuitazione di $\vec{E}$ lungo la spira nel verso che si è scelto sopra, e si è tenuto conto del fatto che dB/dt è negativo. Il segno positivo che otteniamo indica che la corrente indotta circola nel verso in cui avevamo orientato la spira, cioè orario.

Quesito n. 26. – Risposta ⇒ B

Se la lunghezza della canna, aperta alle due estremità, è molto maggiore del suo diametro, l'onda relativa alla frequenza fondamentale presenta due ventri in prossimità degli estremi della canna e un nodo al centro; si può quindi dire che la lunghezza L della canna è metà della lunghezza d'onda dell'onda: $L = \lambda_1/2$.

Se la canna è chiusa a un'estremità, la nota fondamentale è un'onda stazionaria con un nodo nell'estremo chiuso e un ventre in prossimità dell'altra estremità che è aperta, e quindi risulta $L = \lambda_2/4$.

A parità di lunghezza della canna, la lunghezza d'onda della nota fondamentale è doppia e la frequenza è metà di quella della situazione in cui la canna ha tutte e due le estremità aperte. In conclusione la canna con un'estremità chiusa risuonerebbe alla frequenza di 150 Hz.

Quesito n. 27. – Risposta ⇒ B

Basta considerare la componente verticale del moto che si descrive come un moto uniformemente accelerato con accelerazione di modulo g e spostamento complessivo h, con la condizione che la componente verticale della velocità finale deve essere nulla.

Orientando l'asse verticale (y) verso l'alto abbiamo

$$h = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{e} \quad v_y(t) = v_{0y} - gt = 0\,.$$

Ricavando v_{0y} dalla seconda e sostituendolo nella prima si ottiene

$$h = \frac{1}{2}\,gt^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 0.6\,\mathrm{s}\,.$$

Alla prima di queste due relazioni si poteva arrivare subito considerando che il tempo cercato è lo stesso di quello della caduta di un grave dalla quota h partendo da fermo.

NOTA: Questo quesito è *volutamente* uguale al n. 7 salvo il verso del moto; si è deciso così per fare una comparazione dei risultati. (G.O.)

Quesito n. 28. – Risposta ⇒ C

Sia v_{12} la velocità con cui procedono, attaccati, i primi due carrelli dopo il primo urto. Poiché inizialmente il carrello 2 era fermo, per la conservazione della quantità di moto si ha

$$mv = 2mv_{12} \quad \Rightarrow \quad v_{12} = v/2$$

e l'energia cinetica della coppia risulta

$$E_{12} = \frac{1}{2}\,2m\left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}\,mv^2\,.$$

Nel secondo urto, che è elastico, si conservano sia l'energia cinetica che la quantità di moto. Chiamando v_3' e v_{12}' le velocità rispettivamente del terzo carrello e della coppia (1,2) si ottiene, imponendo le due leggi di conservazione:

$$\begin{cases} 2m\,v_{12} = mv = 2m\,v_{12}' + mv_3' \\ \frac{1}{2}\,(2m)\,v_{12}^2 = \frac{1}{4}mv^2 = \frac{1}{2}(2m)(\,v_{12}')^2 + \frac{1}{2}\,m(v_3')^2 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} 2v_{12}' = v - v_3' \\ 2(v_{12}')^2 = \frac{1}{2}v^2 - (v_3')^2 \end{cases}$$

Ricavando v_{12}' dalla prima e sostituendo nella seconda si ha

$$\frac{1}{2}\,(v - v_3')^2 = \frac{1}{2}v^2 - (v_3')^2 \quad \Rightarrow \quad (v - v_3')^2 - v^2 + 2(v_3')^2 = 0 \quad \Rightarrow \quad 3(v_3')^2 - 2v\,v_3' = 0\,.$$

Escludendo la soluzione nulla rimane $v_3' = 2v/3\,.$

Quesito n. 29. – Risposta ⇒ C

Quando un'onda che si propagava con una certa frequenza ν e lunghezza d'onda λ in un certo mezzo si propaga in un altro mezzo, diverso dal precedente, lo fa vibrando con la stessa frequenza.

La velocità di propagazione cambia, invece, nel passaggio da un mezzo di propagazione all'altro e la lunghezza d'onda cambia in modo direttamente proporzionale alla velocità. Pertanto, quando si mette il dispositivo nell'acqua la lunghezza d'onda diminuisce.

Ne consegue che deve diminuire la differenza $r_2 - r_1$ e quindi il punto P si sposta verso l'asse del sistema e l'angolo θ si riduce.

Quesito n. 30. – Risposta ⇒ B

Se il corpo si muove di moto uniforme la risultante delle forze applicate a esso è nulla e dunque il problema equivale all'analogo statico. In questo caso il peso del corpo sospeso è equilibrato dalla tensione nei due tratti di cavo che sorreggono la carrucola sovrastante:

$$2T = P \quad \Rightarrow \quad T = {}^1\!/_2\,P = {}^1\!/_2\,mg = 4.9\,\mathrm{N}\,.$$

Quesito n. 31. – Risposta ⇒ B

Su un satellite di massa m in orbita attorno a un pianeta di massa M l'unica forza che agisce è quella gravitazionale, di modulo GmM/r^2 dove r è la distanza del satellite dal centro del pianeta e, nel caso di un'orbita circolare, il raggio di questa. Sempre nel caso di orbita circolare, l'accelerazione è solo centripeta e il suo modulo vale v^2/r, dove v è la velocità orbitale. La seconda legge della dinamica allora si scrive:

$$m\frac{v^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}}\,.$$

Si ha allora $v_1 = \sqrt{GM/R}$ e $v_2 = \sqrt{GM/2R}$ da cui, facendo il rapporto, $v_2 = \dfrac{v_1}{\sqrt{2}}$.

Nel caso di orbita circolare la stessa seconda legge della dinamica, con la sostituzione $v = 2\pi r/T$ porta immediatamente alla terza legge di Keplero

$$T^2 = c\,r^3 \quad \text{dove } c \text{ è una costante.}$$

Si può quindi risolvere il quesito anche partendo da quest'ultima e procedendo a ritroso: dalla velocità orbitale si ha che $T = 2\pi r/v$ che, sostituito nella terza legge di Keplero, dà

$$\frac{4\pi^2 r^2}{v^2} = c\,r^3 \quad \Rightarrow \quad v^2 = \frac{4\pi^2}{c\,r} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{c'}{\sqrt{r}}\,.$$

Quesito n. 32. – Risposta ⇒ C

Preliminarmente si osserva che, all'equilibrio, la carica posta sul guscio conduttore si può distribuire solo sulle due superfici, interna ed esterna di questo, e che nei punti interni dello stesso materiale conduttore il campo elettrostatico è nullo.

In presenza di una carica elettrica $+Q$ al centro del guscio sferico (o anche in un punto non centrale, purché posto all'interno), sulla parete interna del guscio si avrà necessariamente una carica indotta; infatti, fissata una superficie chiusa (sferica per esempio) tutta contenuta all'interno del materiale conduttore, attraverso la quale il flusso del campo elettrostatico è nullo, il teorema di Gauss assicura che la carica totale interna alla stessa superficie è nulla:

$$Q + q_{\text{int}} = 0 \quad \Rightarrow \quad q_{\text{int}} = -Q\,.$$

Dovendo poi essere, per la conservazione della carica, $q_{\text{int}} + q_{\text{est}} = -q$ risulta

$$q_{\text{est}} = -q - q_{\text{int}} = -q + Q\,.$$

Quesito n. 33. – Risposta ⇒ B

Ponendo, come d'abitudine, $V_\infty = 0$, l'energia potenziale iniziale della terza sferetta è

$$U_{\text{i}} = q\,V_{\text{i}} = 2q\,\frac{k_{\text{el}}\,q}{d/2} = \frac{4k_{\text{el}}\,q^2}{d} \quad \left(d \text{ è la distanza tra le sferette fisse e } k_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)$$

e la sua energia cinetica è zero.

A grande distanza la sua energia potenziale è $U_{\text{f}} = q\,V_\infty = 0$ e la sua energia cinetica è $K_{\text{f}} = {}^1\!/_2\, mv_{\text{f}}^2$ (dove v_{f} è la sua velocità finale).

Per il principio di conservazione dell'energia

$$U_{\text{i}} = K_{\text{f}} \quad \Rightarrow \quad \frac{4k_{\text{el}}\,q^2}{d} = \frac{1}{2}m\,v_{\text{f}}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{\text{f}} = 2q\sqrt{\frac{2k_{\text{el}}}{d\,m}} = 6.28\,\text{m}\,\text{s}^{-1}\,.$$

Quesito n. 34. – Risposta ⇒ C

Nella trasmissione da un mezzo di propagazione all'altro in generale cambia la velocità dell'onda, che dipende appunto dal mezzo di propagazione. Il periodo T deve invece rimanere lo stesso; infatti l'onda nel mezzo al di là dell'interfaccia si può pensare come generata dalla perturbazione all'interfaccia, che ha naturalmente lo stesso periodo dell'onda incidente.

La lunghezza d'onda λ deve rispettare in entrambi i mezzi la relazione $\lambda = v \cdot T$. Se la velocità cambia e il periodo no, deve cambiare di conseguenza anche λ: se l'onda trasmessa è più lenta di quella incidente la lunghezza d'onda sarà minore, se è più veloce la lunghezza d'onda sarà maggiore.

Riassumendo, possono cambiare la velocità e la lunghezza d'onda, ma non il periodo.

Quesito n. 35. – Risposta ⇒ B

Il tempo t_1 impiegato durante il primo tratto è dato da $t_1 = d/v_1$ dove d è la distanza percorsa (uguale nei due casi) e v_1 la corrispondente velocità media. Analogamente, nel secondo tratto è $t_2 = d/v_2$. La velocità media su tutto il viaggio è

$$v = \frac{2d}{t_1 + t_2} = \frac{2v_1 v_2}{(v_1 + v_2)} = 89\,\mathrm{km/h}\,.$$

Quesito n. 36. – Risposta ⇒ B

Il primo principio della termodinamica afferma che $\Delta U = Q - \mathcal{L}$ dove Q è il calore assorbito dal sistema, ΔU la variazione di energia interna e $\mathcal{L}$ il lavoro compiuto.

Per una trasformazione a volume costante $\mathcal{L} = 0$ e quindi $\Delta U = Q$. Nella prima trasformazione dunque $\Delta U = 6300\,\mathrm{J}$. Per un gas perfetto, l'energia interna dipende solo dalla temperatura, e di conseguenza, a parità di ΔT, la variazione di energia interna risulta la stessa, anche se la trasformazione è differente.

Quesito n. 37. – Risposta ⇒ C

Se si brucia la lampadina L_3 si interrompe il passaggio della corrente nel ramo delle lampadine L_3 ed L_4 e solo in quello. Il voltmetro V_5 rimane collegato ai capi della lampadina L_2 e continua a rilevare la differenza di potenziale ai capi di L_2. Non scorre corrente nella lampadina L_4 che si spegne e il voltmetro V_4 segna zero poiché gli estremi della lampadina spenta sono allo stesso potenziale. Il voltmetro V_3, da un lato è collegato a un capo di L_2 e dall'altro, tramite L_4, all'altro capo di L_2, perciò non segna zero. Gli altri voltmetri continuano a segnare delle differenze di potenziale diverse da zero poiché la corrente continua a scorrere nelle lampadine L_1 ed L_2 che continuano a rimanere accese.

Quesito n. 38. – Risposta ⇒ D

Il moto della pietra, osservato nel sistema di riferimento dell'automobile, è la composizione di un moto uniformemente accelerato con partenza da fermo in direzione verticale (l'accelerazione è prodotta dal peso) e di un moto rettilineo uniforme verso sinistra (in direzione orizzontale non ci sono forze). La traiettoria che ne risulta è una parabola con l'asse parallelo all'accelerazione (dunque verticale) e con velocità iniziale orizzontale: l'alternativa corretta è la D (anche il diagramma B potrebbe rappresentare una parabola ma con velocità iniziale verticale).

In alternativa: ponendo l'origine del sistema di riferimento nel punto ove si stacca la pietra e orientando gli assi verso l'alto (y) e verso destra (x), e indicando la velocità dell'automobile, assunta positiva, con v_a e con t il tempo trascorso dal distacco, si ha

$$x = -v_\mathrm{a}\, t\,, \quad y = -\frac{1}{2}\, g t^2 \quad (g \text{ è il modulo dell'accelerazione di gravità}).$$

Eliminando t si ottiene $\quad y = -\dfrac{1}{2}\,\dfrac{g\,x^2}{v_\mathrm{a}^2}$

ove è $x < 0$, il cui grafico, nel piano (x, y), è dato appunto dall'alternativa D.

Quesito n. 39. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Una massa fissata di n moli di gas è data da $m = nM$ dove M è la massa molare. Per definizione la sua densità è

$$\delta = \frac{m}{V} = \frac{nM}{V} = \frac{nM}{nRT/p} = \frac{M}{RT}\,p$$

avendo usato l'equazione di stato dei gas perfetti per eliminare V. In definitiva, a temperatura costante, la densità è direttamente proporzionale alla pressione.

Quesito n. 40. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{E}}$

Le cinque alternative proposte si riferiscono tutte a punti della retta su cui si trovano le due cariche; è immediato osservare che in nessun altro punto dello spazio il campo elettrico si potrebbe annullare dato che i due campi prodotti separatamente dalle due cariche in questi punti hanno direzioni diverse e la loro risultante non può essere nulla.

Analizzando i versi dei campi prodotti dalle due cariche lungo la retta su cui sono poste si vede che essi sono discordi solo nei punti a sinistra della prima e a destra della seconda, ma nel secondo caso l'intensità dei due campi è sempre diversa; questo fatto esclude automaticamente le prime tre alternative.

Detta poi a la distanza ($a > 0$) del punto di campo nullo dalla carica q_1, poiché il rapporto dei moduli delle cariche è $1/4$, occorre che il rapporto dei quadrati delle distanze sia ancora $1/4$, cioè che $a = (a+d)/2$ da cui $a = d = 0.20\,\mathrm{m}$

In alternativa l'equazione da risolvere è $\dfrac{kq_1}{a^2} = \dfrac{k\,|q_2|}{(a+d)^2} \quad\Rightarrow\quad (|q_2| - q_1)\,a^2 - 2dq_1 a - d^2 q_1 = 0$ che porta allo stesso risultato, avendo scartato la soluzione non compresa nell'intervallo considerato ($a > 0$).

La condizione $a > 0$ (che implica $a + d > 0$) consente di risolvere l'equazione precedente anche in modo più immediato: considerando le radici quadrate dei due membri si ottiene

$$\sqrt{|q_2|}\,a = \sqrt{q_1}\,(a+d) \quad\Rightarrow\quad a = \frac{\sqrt{q_1}\,d}{\sqrt{|q_2|} - \sqrt{q_1}} = d\,.$$

Materiale elaborato dal Gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica

e-mail: `segreteria@olifis.it`

WEB: `www.olifis.it`