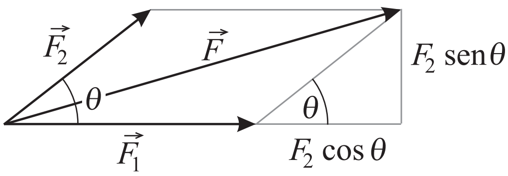
Associazione per l'Insegnamento della Fisica

37ª edizione

2023 Campionati di FISICA

Gara di I° Livello — **Soluzione** — giovedì 15 dicembre 2022

QUESITO n. 1. – RISPOSTA ⇒ D



Quando le forze formano un angolo θ compreso nell'intervallo $0° \le \theta \le 90°$, per la regola del parallelogramma, la risultante ha modulo

$$F = \sqrt{(F_1 + F_2\,\cos\theta)^2 + (F_2\,\mathrm{sen}\,\theta)^2} = \\ = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\,F_1 F_2\,\cos\theta}$$

ed essendo $\cos\theta$, nell'intervallo considerato, una funzione monotona decrescente compresa tra 1 e 0, allora F decrescerà

$$\text{da}\quad \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\,F_1 F_2} = 7\,\mathrm{N} \quad \text{a} \quad \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 5\,\mathrm{N}\,.$$

QUESITO n. 2. – RISPOSTA ⇒ B

Dal grafico Y si evince che l'entropia è costante mentre dal grafico X che il gas si espande, dato che il volume aumenta; si tratta dunque di un'espansione adiabatica; questa è possibile se non c'è scambio di calore con l'esterno; dunque il recipiente del gas deve avere le pareti isolanti: l'affermazione 3 è vera.

In un'adiabatica la temperatura non è costante e il gas non segue la legge di Boyle ($p\,V =$ cost che vale per un'isoterma), come del resto si potrebbe dedurre direttamente dal grafico X: le affermazioni 1 e 2 sono false.

In definitiva l'alternativa corretta è la B.

QUESITO n. 3. – RISPOSTA ⇒ C

La velocità in un certo istante si può dedurre dal grafico posizione–tempo tracciando la retta tangente nel punto del grafico di ascissa pari al valore del tempo desiderato e calcolando il coefficiente angolare di tale retta. Il modulo della velocità sarà dato dal valore assoluto del coefficiente angolare. L'unico dei cinque grafici per il quale la retta tangente al grafico ha coefficiente angolare di modulo crescente al crescere del tempo è il C.

QUESITO n. 4. – RISPOSTA ⇒ C

Dopo 3 secondi l'impulso S si sarà spostato di 3 quadretti verso destra, quindi lo spostamento del punto X dovuto all'impulso S sarà di $+2$ unità, mentre l'impulso T si sarà spostato di 3 quadretti verso sinistra, quindi lo spostamento del punto X dovuto all'impulso T sarà di -2 unità. Poiché la perturbazione risultante è data dalla sovrapposizione lineare dei due impulsi, lo spostamento del punto X sarà di 0 unità.

QUESITO n. 5. – RISPOSTA ⇒ E

La d.d.p. ai capi della resistenza da $10\,\Omega$ vale $8\,\mathrm{V}$ e la corrente che l'attraversa è $I = V/R = 0.8\,\mathrm{A}$ verso sinistra. La d.d.p. ai capi della resistenza da $5\,\Omega$ vale $2\,\mathrm{V}$ e la corrente che l'attraversa vale $I = V/R = 0.4\,\mathrm{A}$ verso il basso.

Dunque per la legge dei nodi la corrente che attraversa l'amperometro è $1.2\,\mathrm{A}$

Quesito n. 6. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Al chiudersi dell'interruttore inizia a scorrere nel filo una corrente in senso antiorario.

Sui tratti della parte mobile paralleli al campo magnetico la forza di Laplace ($\vec{F} = I\,\vec{\ell} \times \vec{B}$) è nulla, mentre sui due tratti verticali le due forze sono perpendicolari al piano della figura e opposte in verso; il momento risultante indurrebbe una rotazione attorno all'asse diretto verticalmente nel piano della figura, che però è impedita dai vincoli.

L'alternativa corretta è quindi la A.

Quesito n. 7. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{B}}$

Le alternative A, C e D sono alcune delle ipotesi che sono alla base del modello nella teoria cinetica dei gas perfetti. La E è uno dei principali risultati della teoria. Contrariamente alla B, un'altra ipotesi è che il moto tra due urti successivi sia uniforme.

Quesito n. 8. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{B}}$

La prima affermazione è corretta: l'energia potenziale gravitazionale è data da $U = -G\,Mm/R$ pertanto, se il raggio dell'orbita di X è il doppio di quello dell'orbita di Y, l'energia potenziale gravitazionale di X è maggiore di quella di Y.

Anche la seconda affermazione è corretta: nel moto circolare uniforme, tra energia cinetica e potenziale vale la relazione $K = -U/2$; infatti, considerando l'espressione della forza centripeta e moltiplicando per $r/2$ si ha

$$\frac{m\,v^2}{r} = \frac{GM\,m}{r^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}\,m\,v^2 = \frac{GM\,m}{2r} \quad \Rightarrow \quad K = -\frac{1}{2}\,U$$

La terza affermazione invece è falsa poiché, per la terza legge di Keplero, il periodo dipende dal raggio.

Quesito n. 9. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{C}}$

La variazione di velocità Δv è numericamente uguale all'area del trapezio delimitato nel grafico dalle rette $t = 0$, $t = 3\,\mathrm{s}$, dall'asse delle ascisse e dalla retta $a(t)$. Essa vale $10.5\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

Poiché l'automobile parte da ferma, la velocità all'istante finale è $10.5\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

In maniera più formale, l'accelerazione di un oggetto in movimento lungo una traiettoria rettilinea è definita da $a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t$. Per integrazione si trova

$$\Delta v = \int_{t_0}^{t_1} a(t)\,\mathrm{d}t\,.$$

Ponendo $a(t) = a_0 + \alpha\,t$ con $a_0 = 5\,\mathrm{m\,s^{-2}}$ e $\alpha = -1\,\mathrm{m\,s^{-3}}$ (ricavati dal grafico) e integrando da $t_0 = 0$ a $t_1 = 3\,\mathrm{s}$ si ha

$$\Delta v = \int_{t_0}^{t_1} (a_0 + \alpha t)\;\mathrm{d}t = \left| a_0\,t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \right|_0^3 = 10.5\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

Quesito n. 10. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{C}}$

Poiché il peso di un corpo di massa m è dato da $P = mg$, dette g_{T} e g_{X} le accelerazioni di gravità rispettivamente sulla Terra e sull'asteroide, avremo

$$\begin{aligned} P_{\mathrm{T}} &= mg_{\mathrm{T}} \\ P_{\mathrm{X}} &= mg_{\mathrm{X}} \end{aligned} \qquad \text{da cui, dividendo membro a membro,} \qquad \frac{P_{\mathrm{T}}}{P_{\mathrm{X}}} = \frac{g_{\mathrm{T}}}{g_{\mathrm{X}}} \quad \Rightarrow \quad g_{\mathrm{X}} = \frac{P_{\mathrm{X}}}{P_{\mathrm{T}}}\,g_{\mathrm{T}} \approx 0.5\,\mathrm{m\,s^{-2}}\,.$$

Quesito n. 11. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$

Il potenziale di arresto V_a è pari all'energia cinetica massima dei fotoelettroni per unità di carica. Tale energia è data dalla differenza tra l'energia del fotone incidente e il lavoro di estrazione $\mathcal{L}_\mathrm{e} = h\,f_0 = hc/\lambda_0$, pertanto

$$V_a\,e = hf - hf_0 \quad \text{da cui} \quad V_a = \frac{h}{e}\left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0}\right)\ ;$$

quindi la relazione tra V_a e $1/\lambda$ è lineare con l'intercetta rappresentata da $y_0 = -\dfrac{hc}{e\,\lambda_0}$, pari al lavoro di estrazione per unità di carica cambiato di segno.

Dunque sull'asse Y va indicato V_a e sull'asse X la grandezza $1/\lambda$.

Quesito n. 12. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{B}}$

L'elettrone immerso nel campo magnetico $\vec{B}$ risente della forza $\vec{F} = -e\vec{v}\times\vec{B}$ che è perpendicolare sia a $\vec{v}$ che a $\vec{B}$ e, per la regola della mano destra, è diretta verso il bordo in basso del piano della figura.

Più formalmente, fissata una terna di assi ortogonali con versori $\hat{\imath}$ diretto come la velocità $\vec{v}$ e $\hat{\jmath}$ come il campo $\vec{B}$, per cui il versore $\hat{k}$ risulta diretto verso l'alto nel piano della figura, si ha

$$\vec{v} = v\ \hat{\imath}\,; \quad \vec{B} = B\ \hat{\jmath} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = -e\vec{v}\times\vec{B} = -evB\ \hat{\imath}\times\hat{\jmath} = -evB\ \hat{k}\ ,$$

da cui la stessa risposta data sopra.

Quesito n. 13. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$

L'immagine di un oggetto fornita da uno specchio piano si forma alla stessa distanza dell'oggetto dallo specchio, dalla parte opposta dello specchio rispetto a quella dove si trova l'oggetto. Perciò la distanza della persona dall'immagine della palla è data dalla distanza della persona dallo specchio, pari a 5 m, più la distanza dell'immagine della palla dallo specchio, pari a 2 m.

Quesito n. 14. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$

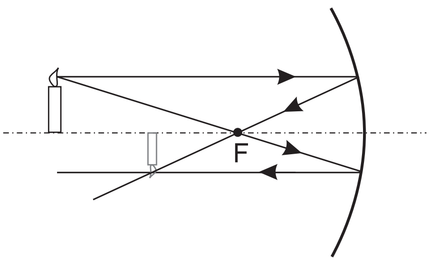
Il tempo di volo della pietra, lanciata a velocità v_0, è il doppio del tempo t_1 necessario ad arrivare e fermarsi nel punto più alto della traiettoria; dalla legge oraria della velocità si ha

$$v = v_0 - gt_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{v_0}{g_\mathrm{L}} \quad \text{Dunque} \quad t = 2t_1 = 2\frac{v_0}{g_\mathrm{L}}.$$

L'altezza raggiunta dalla pietra è $h = \dfrac{v_0^2}{2\,g_\mathrm{L}}$. Quando la pietra viene lanciata con velocità doppia,

$$t' = 2\frac{2v_0}{g_\mathrm{L}} = 2t \quad \text{e} \quad h' = \frac{4v_0^2}{2\,g_\mathrm{L}} = 4h$$

Quesito n. 15. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{D}}$



Alla risposta si può arrivare mediante una costruzione geometrica, mostrata in figura, tenendo conto che un raggio che incide sullo specchio parallelamente all'asse ottico viene riflesso verso il fuoco e, viceversa, un raggio che incide sullo specchio passando per il fuoco viene riflesso parallelamente all'asse.

Dunque i raggi riflessi convergono e formano un'immagine reale (capovolta e di dimensioni ridotte).

In modo alternativo, formale, nel caso di uno specchio sferico concavo di raggio R vale la legge dei punti coniugati con distanza focale $f = R/2 > 0$ (purché i raggi siano prossimi all'asse dello specchio)

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

Qui p e q sono rispettivamente la posizione dell'oggetto e dell'immagine. Risolvendo per q si ottiene

$$q = \frac{pf}{p-f} > 0 \quad \text{poiché } p > f.$$

L'immagine è quindi reale ed in essa convergono tutti i raggi uscenti dal punto dell'oggetto.

Quesito n. 16. – Risposta ⇒ B

Indicando con A il numero di massa del nucleo e con Z il numero atomico che rappresenta il numero di protoni presenti nel nucleo, si definiscono isotopi i nuclei che hanno il medesimo valore di Z e diversi valori di A.

Nel decadimento α viene espulsa dal nucleo una particella α formata da due protoni e due neutroni: il nucleo prodotto dal decadimento ha numero di massa $A' = A-4$ e numero atomico $Z' = Z-2$ dove A e Z si riferiscono al nucleo padre. Nel decadimento β^- un neutrone si trasforma in un protone mentre viene espulso dal nucleo un elettrone: il nucleo prodotto ha numero di massa $A' = A$ e numero atomico $Z' = Z + 1$.

In base a quanto detto per le diverse alternative si avranno:

A: $A' = A - 4$ e $Z' = Z - 1$
B: $A' = A - 4$ e $Z' = Z$
C: $A' = A - 1$ e $Z' = Z + 1$
D: $A' = A - 2$ e $Z' = Z + 1$
E: $A' = A - 1$ e $Z' = Z + 2$

Solo per l'alternativa B il nucleo finale è un isotopo di quello iniziale.

Quesito n. 17. – Risposta ⇒ C

Con buona approssimazione si può assumere che la resistenza cresca linearmente con la temperatura:

$$R(T) = R_0\,[1 + \alpha\,(T - T_0)] \quad \text{con} \quad R_0 = R(T_0)\,.$$

Un aumento di 100 °C della temperatura rispetto alla temperatura di 0 °C fa aumentare la resistenza di 40 Ω. Per un aumento della resistenza di 16 Ω è necessario quindi un aumento di temperatura pari a

$$\Delta T = \frac{16\,\Omega}{40\,\Omega} \cdot 100\,^\circ\mathrm{C} = 40\,^\circ\mathrm{C}\,.$$

Quesito n. 18. – Risposta ⇒ A

Nella caduta di un grave, trascurando la resistenza dell'aria, le componenti orizzontale e verticale del moto sono indipendenti, per cui basta analizzare solo il moto lungo la verticale. Orientando l'asse verso l'alto e fissando l'origine al livello dell'acqua si ha

$$a = -g, \quad z_0 = h, \quad z(2\,\mathrm{s}) = 0, \quad v_{z,0} = 0\,.$$

La legge oraria del moto è $z(t) = z_0 + v_{z,0}\,t - \frac{1}{2}g\,t^2\,.$ Risulta allora

$$h = \frac{1}{2}\,gt^2 \approx 20\,\mathrm{m}\,.$$

Quesito n. 19. – Risposta ⇒ C

Nel raffreddamento, il campione passa prima dallo stato gassoso a quello liquido e poi dallo stato liquido a quello solido. Durante le due transizioni di fase la temperatura resta costante. Possiamo quindi identificare la temperatura di condensazione (e quindi di vaporizzazione) in corrispondenza del primo tratto orizzontale a sinistra del grafico, a 120 °C e quella di solidificazione (e quindi di fusione) in corrispondenza del secondo tratto orizzontale del grafico a 70 °C.

Quesito n. 20. – Risposta ⇒ A

Le forze che agiscono sul blocco sono il peso e la forza normale. Scomponendo il peso lungo una direzione parallela al piano inclinato e una ad essa perpendicolare, si nota che la forza normale equilibra la componente perpendicolare del peso; la forza risultante è quindi la componente $\vec{F}$ del peso, mostrata nel testo, in figura.

$$F = mg \operatorname{sen}\alpha \approx 15\,\mathrm{N}\,; \quad \text{l'accelerazione è quindi} \quad a = \frac{F}{m} = g \operatorname{sen}\alpha = \frac{1}{2}\,g\,.$$

Poiché il blocco parte da fermo lo spazio percorso è

$$d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{g}{4}\,t^2 \approx 10\,\mathrm{m}\,.$$

Quesito n. 21. – Risposta ⇒ C

Nel caso A, ad interruttore aperto passa corrente nei resistori ma non nel condensatore; chiudendo il circuito il condensatore si carica, quindi l'amperometro ne misura la corrente, ma non è possibile in alcun modo vederne la scarica in quanto riaprendo l'interruttore non passa corrente nell'amperometro.

Nel caso B, nella situazione illustrata circola corrente solo nel resistore e il condensatore non si carica. Spostando il commutatore sull'altro contatto si chiude il circuito con il condensatore rimasto scarico; quindi non è possibile vedere né la carica né la scarica.

Nel caso C, nella situazione illustrata il condensatore si carica e spostando il commutatore si scarica con un passaggio di corrente misurata dall'amperometro; è quindi la configurazione necessaria per l'esperimento.

Nel caso D, nella situazione illustrata si carica il condensatore, ma spostando il commutatore sull'altro contatto non si ha alcuna scarica.

Nel caso E, si vede solo la fase di carica quando si chiude il circuito.

Quesito n. 22. – Risposta ⇒ D

Dette m la massa di un vagone e v_{fin} la velocità finale, poiché la quantità di moto si conserva si ha

$$mv = 6\,m\,v_{\mathrm{fin}} \quad \text{da cui} \quad v_{\mathrm{fin}} = \frac{v}{6}\,.$$

Quesito n. 23. – Risposta ⇒ D

Ciascuna corda ha la sua costante elastica e quindi esse formano un sistema elastico con costante k; infatti l'energia potenziale elastica della fionda quando le corde sono allungate di una lunghezza x si può scrivere come

$$U = \frac{1}{2}k_1x^2 + \frac{1}{2}k_2x^2 = \frac{1}{2}(k_1+k_2)x^2 = \frac{1}{2}kx^2\,.$$

Poiché tutta l'energia viene trasferita alla pietra, si ha

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{da cui} \quad v = \sqrt{\frac{k}{m}}x\,.$$

Quando l'estensione è $2x$ la velocità è dunque $2v$.

Quesito n. 24. – Risposta ⇒ B

Un bicchiere ha un volume di circa 20 cl cui corrisponde una massa m di 200 g. La massa molare dell'acqua è $M = 18\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$, quindi la quantità di sostanza è

$$n = \frac{m}{M} = 11.1\,\mathrm{mol}$$

Poiché in ogni molecola sono presenti 10 elettroni (2 negli atomi di idrogeno e 8 nell'ossigeno) e ogni mole contiene un numero di Avogadro di molecole, il numero di elettroni assorbiti è pari a

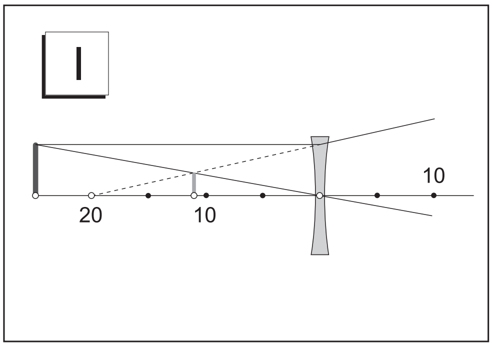
$$n_{\mathrm{e}} = 10\,N_{\mathrm{A}}\,n = 6.7\times10^{25} \approx 10^{26}\,.$$

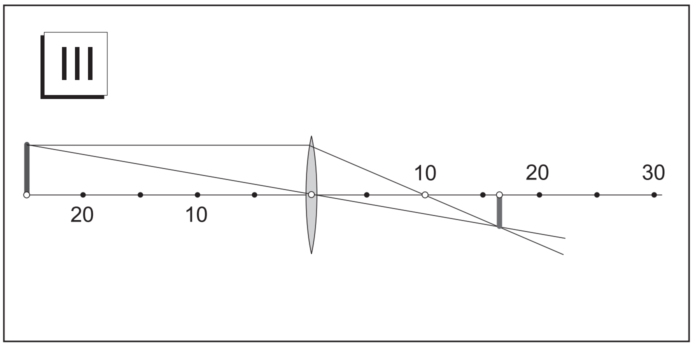
Quesito n. 25. – **Risposta** ⇒ C

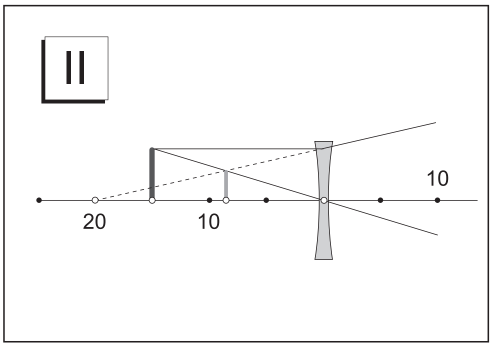
Se la lente è divergente l'immagine (virtuale) è sempre più piccola dell'oggetto: la prima e seconda prova verificano la richiesta (v. immagini I e II).

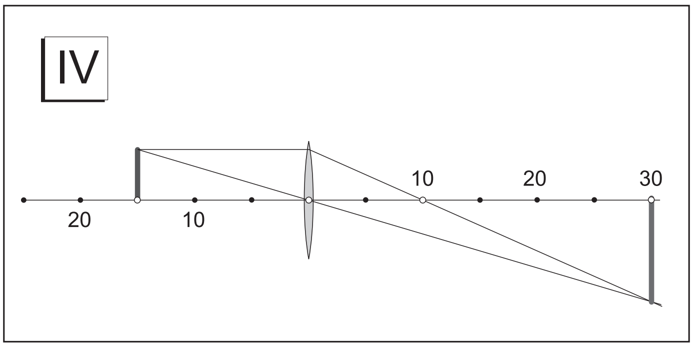
Se la lente è convergente si può avere un'immagine virtuale – quando l'oggetto si trova tra il fuoco e la lente – che è sempre di dimensioni maggiori dell'oggetto (immagine V), oppure un'immagine reale che ha dimensioni minori dell'oggetto se questo è posto a distanza maggiore di $2f$ dalla lente, come nella terza prova (III). Nella quarta prova (IV) l'immagine è reale e di dimensioni maggiori dell'oggetto.

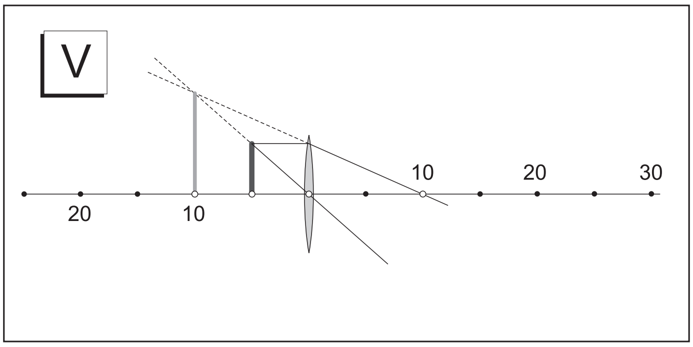
In definitiva in tre delle cinque prove si ha un'immagine di dimensioni ridotte rispetto all'oggetto.











Quesito n. 26. – **Risposta** ⇒ E

Il momento di inerzia, I, diminuisce perché la massa è maggiormente concentrata nelle vicinanze dell'asse di rotazione che è verticale e passa per il baricentro della pattinatrice (affermazione 1 errata).

Essendo trascurabili gli attriti, la risultante del momento delle forze è nulla. Dunque il momento angolare, $I\omega$, rimane costante (affermazione 3 vera).

La velocità angolare ω aumenta, $\omega' = \omega I/I'$, e di conseguenza l'energia cinetica $E = {}^1\!/_2\, I\omega^2$ aumenta: infatti

$$E' = \frac{1}{2} I'\omega'^{\,2} = \frac{1}{2} I'\omega^2 \left(\frac{I}{I'}\right)^2 = \frac{1}{2} I\omega^2 \left(\frac{I}{I'}\right) = E\left(\frac{I}{I'}\right) > E \quad \text{poiché} \quad I' < I \quad \text{(affermazione 2 errata).}$$

Quesito n. 27. – Risposta ⇒ D

Siano

- L il lavoro da compiere sul protone per spostarlo da T a S,
- e la carica del protone,
- $\Delta V = V(\mathsf{S}) - V(\mathsf{T})$ la differenza di potenziale tra T e S,
- ΔU la differenza di energia potenziale elettrica tra quando il protone si trova in S e quando si trova in T.

Allora si ha

$$L = \Delta U = e\,\Delta V \qquad \Rightarrow \qquad \Delta V = \frac{L}{e} = 4.0\,\mathrm{V}\,.$$

Quesito n. 28. – Risposta ⇒ E

In regime stazionario il calore trasferito per unità di tempo deve essere uguale nei due blocchi. Dette λ_1 e λ_2 le conducibilità termiche, L_1 e L_2 le due lunghezze, S la sezione dei due blocchi e T la temperatura della giunzione, si ha quindi:

$$\frac{\lambda_1 S(T_1 - T)}{L_1} = \frac{\lambda_2 S(T - T_2)}{L_2} \quad \text{da cui} \quad T = \frac{\lambda_1\,L_2\,T_1 + \lambda_2\,L_1\,T_2}{\lambda_2\,L_1 + \lambda_1\,L_2} = 44\,^\circ\mathrm{C}\,.$$

Quesito n. 29. – Risposta ⇒ C

Il moto è uniformemente accelerato (con accelerazione a) per cui

$$v = v_0 + a\,\Delta t \quad \text{e} \quad \Delta s = v_0\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a\,(\Delta t)^2$$

Ricavando a dalla prima e sostituendola nella seconda si ottiene

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta s = v_0\,\Delta t + \frac{1}{2}\,(v - v_0)\,\Delta t = \frac{v_0 + v}{2}\,\Delta t = 100\,\mathrm{m}\,.$$

Quesito n. 30. – Risposta ⇒ E

I massimi di interferenza si trovano lungo direzioni che, rispetto a quella del fascio incidente, formano angoli α_n che soddisfano la relazione:

$$d\,\mathrm{sen}\,\alpha_n = n\lambda$$

dove d è la distanza tra le fenditure, λ è la lunghezza d'onda della luce e n è un numero intero. Per piccoli angoli, si può approssimare $\mathrm{sen}\,\alpha_n \approx \tan\alpha_n = y_n/D$, dove y_n è la distanza del massimo n-simo da quello centrale e D è la distanza tra la lastra e lo schermo. Sostituendo questa relazione nella precedente si ottiene

$$y_n = n\frac{\lambda D}{d}\,;$$

dunque la distanza tra due massimi adiacenti è

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}\,.$$

Diminuendo D la distanza tra le frange diminuisce (alternativa A errata).

Se il fascio è collimato, aumentando la distanza tra la sorgente e la lastra esso resta collimato e non si ha nessun effetto sulla separazione delle frange (alternativa B errata).

Aumentando d la separazione tra le frange diminuisce (alternativa C errata).

La larghezza a delle singole fenditure non ha nessuna influenza sulla distanza tra le frange (alternativa D errata).

Sostituendo la luce verde con una luce rossa si aumenta λ e dunque aumenta Δy (alternativa E corretta).

Quesito n. 31. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{C}}$

La compressione adiabatica di un gas perfetto è caratterizzata dall'equazione $pV^\gamma = \text{cost}$, con $\gamma = c_p/c_V > 1$; dunque, indicando con l'indice 0 lo stato iniziale e con 1 quello finale, se

$$V_1 = V_0/3 \quad \text{allora} \quad p_1 = 3^\gamma p_0 > 3\,p_0\,.$$

Analizzando nei grafici i valori di p e V negli stati estremi delle tre trasformazioni, si osserva che solo nei grafici C e D questa condizione viene rispettata; tuttavia il grafico D rappresenta un ciclo costituito, in sequenza, da un'espansione a pressione costante, un raffreddamento a volume costante e infine una compressione adiabatica, diversamente da quanto enunciato nel testo.

Quesito n. 32. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{B}}$

Quando le due sfere vengono collegate con un filo metallico (la cui capacità si considera trascurabile) si ha un passaggio di cariche da una sfera all'altra che cessa presto e su ciascuna sfera, in situazione di equilibrio, c'è la stessa carica dato che le sfere sono identiche.

Indicando con F la forza che agisce inizialmente fra le due sfere, $F \propto \dfrac{|q_1\,q_2|}{r^2}$. Dopo aver collegato fra loro le sfere, la carica elettrica su ciascuna di esse è $q = \dfrac{q_1+q_2}{2} = 1 \times 10^{-6}\,\text{C}$ e la forza $F' \propto \dfrac{q^2}{r^2}$, da cui risulta

$$\frac{F'}{F} = \frac{q^2}{|q_1\,q_2|} = 0.125 \qquad \Rightarrow \qquad F' = 0.125\,\text{N}\,.$$

Quesito n. 33. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{E}}$

Le linee del campo magnetico prodotto da un filo rettilineo percorso da corrente sono circonferenze perpendicolari al filo e con centro su di esso.

Una corrente perpendicolare al piano del disegno e passante per Q produce dunque in O un campo magnetico nella direzione dell'asse y.

Una corrente passante per P parallelamente all'asse x produce in O un campo perpendicolare al piano del disegno.

Una corrente passante per P perpendicolarmente al piano del disegno produce in O un campo parallelo all'asse x. Per la regola della mano destra, il campo è orientato verso destra se la corrente ha verso uscente.

In modo più formale, applicando la legge di Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\,r}\hat{I} \times \hat{r}$$

dove $\hat{I}$ rappresenta il versore orientato come la corrente elettrica I e $\hat{r}$ il versore nel verso dal punto considerato ad O, e posto $B = \mu_0\,I/(2\pi r)$, il campo magnetico nei cinque casi proposti risulta:

A: $\hat{I} = -\hat{k}\,;\ \hat{r} = -\hat{\imath} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = B\,\hat{\jmath}$ (lungo l'asse y positivo);

B: $\hat{I} = \hat{k}\,;\ \hat{r} = -\hat{\imath} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = -B\,\hat{\jmath}$ (asse y negativo);

C: $\hat{I} = \hat{\imath}\,;\ \hat{r} = -\hat{\jmath} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = -B\,\hat{k}$ (perpendicolare entrante);

D: $\hat{I} = -\hat{k}\,;\ \hat{r} = -\hat{\jmath} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = -B\,\hat{\imath}$ (asse x negativo);

E: $\hat{I} = \hat{k}\,;\ \hat{r} = -\hat{\jmath} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = B\,\hat{\imath}$ (asse x positivo).

Quesito n. 34. – Risposta ⇒ $\boxed{\text{C}}$

La variazione di energia cinetica, $\Delta K = -K_{\text{ini}}$, è uguale al lavoro L compiuto dalla forza frenante.

Essendo la forza costante e il moto rettilineo, risulta

$$L = F\Delta s\,\cos 180° = -F\Delta s\,. \quad \text{Dunque} \quad F = \frac{K_{\text{ini}}}{\Delta s} = \frac{mv^2}{2\Delta s} = 7\,200\,\text{N}\,.$$

In modo alternativo, essendo la forza costante il moto è uniformemente accelerato e dunque segue le leggi orarie che in questo caso costituiscono un sistema di equazioni nelle incognite a e t, essendo note Δs, v_0 e $v(t) = 0$.

$$\begin{cases} \Delta s = s(t) - s_0 = v_0\, t + \dfrac{1}{2}\, a\, t^2 \\ v(t) = v_0 + a\, t \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} t = -\dfrac{v_0}{a} \\ a = -\dfrac{v_0^2}{2\Delta s} \end{cases}$$

Infine, dalla seconda legge della dinamica,

$$F = m\, |a| = \frac{m\, v_0^2}{2\Delta s}\,.$$

Quesito n. 35. – Risposta ⇒ B

In regime stazionario tutte le grandezze sono costanti nel tempo. In particolare, se si considerano due sezioni qualunque del condotto, la quantità di fluido contenuta nel volume delimitato dalle due sezioni resta costante. Questo è possibile se e solo se la portata in massa (cioè la massa che attraversa una sezione nell'unità di tempo) è la stessa in ogni sezione.

Il grafico corretto è dunque B.

Quesito n. 36. – Risposta ⇒ B

Si ha risonanza quando nel tubo si formano onde stazionarie; le condizioni da imporre sono che all'estremità chiusa del tubo si abbia un nodo e in quella aperta si abbia un ventre. Questo porta alla relazione tra le possibili lunghezze d'onda λ_n e la lunghezza del tubo:

$$L = (2n+1)\,\frac{\lambda_n}{4} \qquad (n = 0, 1, 2 \ldots)$$

dove $\lambda_0 = 4L$ è la lunghezza d'onda massima, legata alla frequenza fondamentale $f_0 = v/\lambda_0$.

Le lunghezze d'onda λ_n sono quindi i sottomultipli dispari di λ_0:

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{2n+1}$$

Di conseguenza le frequenze possibili sono

$$f_n = (2n+1)\, f_0 = \frac{2n+1}{4}\,\frac{v}{L} \qquad (n = 0, 1 \ldots)\,.$$

$$f_0 = 300\,\mathrm{Hz} \qquad \Rightarrow \qquad f_n = 300, 900, 1500, 2100, 2700 \ldots\ \mathrm{Hz}\,.$$

Di quelle elencate nel testo solo 2 frequenze danno luogo a risonanza.

Quesito n. 37. – Risposta ⇒ C

L'accelerazione dovuta alla forza applicata ha modulo $a = F/m = 5\,\mathrm{m\,s^{-2}}$, diretta verso Nord; in un intervallo di tempo $\Delta t = 6\,\mathrm{s}$ essa causa una variazione di velocità diretta verso Nord pari a $v_{\mathrm{N}} = a\,\Delta t = 30\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, che va sommata vettorialmente alla componente iniziale v_{E} diretta verso Est che rimane inalterata.

Il modulo della velocità risultante è

$$v = \sqrt{v_{\mathrm{E}}^2 + (a\,\Delta t)^2} = 50\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

Quesito n. 38. – Risposta ⇒ D

Poiché il filo è inestensibile, finché questo non si rompe, le due masse si muovono con uguale velocità e uguale accelerazione data da

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

Applicando la seconda legge della dinamica alla sola massa m_1 si determina la tensione T del filo

$$T = m_1\, a = \frac{m_1}{m_1 + m_2}\, F\,; \quad \text{questa non può superare il valore } T_{\max}\text{; dunque}$$

$$\frac{m_1}{m_1+m_2}\,F < T_{\max} \quad \Rightarrow \quad F < \frac{m_1+m_2}{m_1}\,T_{\max} = 36\,\mathrm{N}\,.$$

Quesito n. 39. – Risposta ⇒ B

Dall'espressione del modulo della forza di Lorentz agente su una carica q in moto con velocità $\vec{v}$ in un campo magnetico $\vec{B}$, ortogonale a $\vec{v}$, $F_\mathrm{L} = qvB$, si ottiene $B = F_L/\,(qv)$.

L'induzione magnetica ha quindi le dimensioni di una forza ($\dim F_\mathrm{L} = \mathsf{M\,L\,T^{-2}}$, come si può desumere dalla seconda legge di Newton) divisa per una carica ($\dim q = \mathsf{I\,T}$) e per una velocità ($\dim v = \mathsf{L\,T^{-1}}$).

Le dimensioni di $\vec{B}$ sono quindi

$$\dim B = \frac{\mathsf{M\,L\,T^{-2}}}{(\mathsf{I\,T})(\mathsf{L\,T^{-1}})} = \mathsf{M\,T^{-2}\,I^{-1}}\,.$$

Quesito n. 40. – Risposta ⇒ E

Il corpo è inizialmente in equilibrio: la forza di gravità e quella elettrostatica si bilanciano. Spostando il corpo, essendo uniformi sia il campo gravitazionale che quello elettrico, entrambe le forze mantengono lo stesso valore e la risultante resta nulla. Il corpo resta quindi in equilibrio nella nuova posizione.

Si può dire che la regione in cui il corpo viene spostato è di equilibrio indifferente.

Materiale elaborato dal Gruppo

PROGETTO OLIFIS

Segreteria dei Campionati Italiani di Fisica

E-mail: segreteria@olifis.it - WEB: www.olifis.it

I Campionati di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del

REPVBBLICA ITALIANA

MINISTERO dell'ISTRUZIONE e del MERITO