



Associazione
per l'Insegnamento
della Fisica



Olimpiadi di Fisica

2021

35^a Edizione

Gara da 1° Livello
Martedì 26 gennaio 2021

Soluzione

QUESITO n. 1. – RISPOSTA \Rightarrow D

L'energia cinetica di un oggetto di massa m che si muove alla velocità di modulo v è $\frac{1}{2}mv^2$. Poiché l'oggetto in questione cade in un campo approssimativamente uniforme (nei pressi della superficie lunare) la sua velocità è data da

$$v = v_0 + g t \quad (\text{indipendentemente dalla massa}).$$

Essendo $v_0 = 0$, l'energia cinetica diventa, in funzione del tempo t ,

$$E_c = \frac{1}{2} m g^2 t^2$$

il cui andamento grafico è parabolico col vertice in 0 e con la concavità in alto.

Per chi fosse interessato, un video documenta l'esperimento; la qualità dell'epoca è piuttosto scarsa ma sufficiente a mostrare la caduta sincrona dei due oggetti. Lo si trova in <https://youtu.be/KIHs15muVYM>

QUESITO n. 2. – RISPOSTA \Rightarrow D

Un sistema lasciato libero di evolvere tende sempre a stati di energia potenziale minore; di conseguenza per $r = r_2$ (minimo di energia potenziale) si avrà un punto di equilibrio. Per valori di r diversi, il sistema tende spontaneamente a portarsi verso r_2 e quindi per $r < r_2$ la distanza tra le molecole tende a crescere e quindi la forza sarà repulsiva, mentre per $r > r_2$ tende a decrescere e quindi la forza sarà attrattiva.

Si ricorda anche che in un grafico di energia potenziale in funzione della distanza r , la componente radiale della forza è data dalla pendenza della curva cambiata di segno ($F = -dU/dr$) per cui laddove l'energia potenziale decresce la forza è positiva e quindi repulsiva, mentre dove l'energia potenziale cresce la forza è attrattiva.

QUESITO n. 3. – RISPOSTA \Rightarrow B

La diffrazione consiste in una deviazione di un'onda rispetto alla propagazione rettilinea, ad esempio in un allargamento dei fronti d'onda al di là di un'apertura, allargamento che risulta apprezzabile se la larghezza dell'apertura è confrontabile con la lunghezza d'onda, come nel caso mostrato in B.

Nella A è mostrata la riflessione da parte di uno specchio sferico, nella C un'onda stazionaria, nella D la riflessione totale e nella E la rifrazione.

QUESITO n. 4. – RISPOSTA \Rightarrow D

Poiché nel generatore c'è una caduta di potenziale pari a $\Delta V_0 = rI$, la potenza assorbita dal dispositivo è $W = I \Delta V = I(\mathcal{E} - \Delta V_0)$; quindi in un intervallo Δt il dispositivo assorbe un'energia pari a

$$W \Delta t = I(\mathcal{E} - rI) \Delta t = 15.6 \text{ J}.$$

QUESITO n. 5. – RISPOSTA \Rightarrow B

Tenendo conto che l'energia cinetica è nulla sia all'inizio che alla fine del sollevamento, le forze applicate devono fare un lavoro pari alla variazione di energia potenziale del blocco, cioè $\mathcal{L} = mgh = Ph = 300 \text{ J}$.

Distinguendo il lavoro della forza trainante da quello della forza d'attrito si ha

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_f + \mathcal{L}_a = Ph \quad \Rightarrow \quad \mathcal{L}_a = Ph - \mathcal{L}_f = -100 \text{ J}.$$

La forza d'attrito compie ovviamente un lavoro negativo.

QUESITO n. 6. – RISPOSTA \Rightarrow A

Il tempo di volo dei proiettili dipende dall'altezza della torre e dalla componente verticale della velocità iniziale, che in questo caso è nulla; esso è quindi uguale per entrambi i proiettili: Δt .

La distanza percorsa dai proiettili nel tempo di volo è data invece dalla componente orizzontale della velocità iniziale $s_k = v_k \Delta t$ con $k = 1, 2$ ed è quindi proporzionale alla componente orizzontale della velocità iniziale; risulta allora

$$\frac{s_1}{v_1} = \frac{s_2}{v_2} \quad \Rightarrow \quad s_2 = \frac{v_2}{v_1} s_1.$$

La distanza richiesta è quindi $s_2 - s_1 = \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) s_1 = 30 \text{ m}$.

QUESITO n. 7. – RISPOSTA \Rightarrow B

Invertendo la legge oraria del moto in orizzontale si ricava il tempo di volo che deve essere uguale a quello del moto in verticale con velocità iniziale nulla; dunque

$$\Delta t = \frac{s_k}{v_k} \quad (k = 1, 2) \quad \Rightarrow \quad h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{s_k}{v_k} \right)^2 = 44 \text{ m}.$$

QUESITO n. 8. – RISPOSTA \Rightarrow E

Dalla figura si deduce che le onde arrivano alle due fenditure in controfase e tali sono anche nei punti dell'asse di $F_1 F_2$, dato che le distanze percorse oltre la barriera sono uguali; perciò, in questi punti, si ha interferenza distruttiva e l'ampiezza dell'onda è 0, anche considerando una uguale diminuzione di ampiezza.

QUESITO n. 9. – RISPOSTA \Rightarrow D

Poiché l'attrito è trascurabile, la componente orizzontale della risultante delle forze esterne è nulla; dunque la componente orizzontale della quantità di moto si conserva.

Detto v' il modulo della velocità finale del sistema blocco-proiettile si ha

$$mv = (M + m) v' \quad \Rightarrow \quad v' = \frac{m}{M + m} v.$$

QUESITO n. 10. – RISPOSTA \Rightarrow E

L'unità proposta misura il campo elettrico, che può anche essere espresso in N C^{-1} . Infatti

$$\text{V m}^{-1} = (\text{J C}^{-1}) \text{m}^{-1} = \text{N m C}^{-1} \text{m}^{-1} = \text{N C}^{-1}$$

Alternativamente, utilizzando le unità fondamentali (kg, m, s, A), $\text{V m}^{-1} = \text{kg m s}^{-3} \text{A}^{-1}$ si ha

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">A</div> $\text{J V}^{-1} = \text{s A}$	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">C</div> $\text{N A}^{-1} \text{m}^{-1} = \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">B</div> $\text{J C} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-1} \text{A}$	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">D</div> $\text{N m}^2 \text{C}^{-2} = \text{kg m}^3 \text{s}^{-4} \text{A}^{-2}$
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">E</div> $\text{N C}^{-1} = \text{kg m s}^{-3} \text{A}^{-1}$	

QUESITO n. 11. – RISPOSTA \Rightarrow B

Poiché i poli disposti sotto al foglio sono entrambi nord, la configurazione che si ottiene è simile a quella delle linee del campo elettrico formato da due cariche puntiformi positive uguali, dunque è la B.

Le linee del campo magnetico in realtà non sono sul piano orizzontale del foglio di carta, ma si svolgono nello spazio tridimensionale; ciascuna linea esce dal polo nord di un magnete, rientra nel polo sud dello stesso magnete, prosegue all'interno del magnete e si chiude su se stessa.

Ciascun pezzettino di limatura è un piccolo ago magnetico che si orienta come la linea di campo che in quel punto interseca il piano orizzontale; nell'insieme la limatura delinea le componenti orizzontali del campo magnetico nei punti del piano.

QUESITO n. 12. – RISPOSTA \Rightarrow D

L'affermazione 1 è vera perché in una compressione adiabatica reversibile non c'è scambio di calore e dunque il lavoro fatto dalla forza che comprime il gas va ad aumentare l'energia interna del gas quindi la sua temperatura.

L'affermazione 2 è falsa perché, come detto, in una trasformazione adiabatica non c'è scambio di calore ($\delta Q = 0$) e dunque, se la trasformazione è reversibile, non può esserci variazione di entropia in quanto $dS = \delta Q/T$.

Infine, l'affermazione 3 è vera; infatti per una trasformazione adiabatica

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(V_2/V_1)}.$$

Dai valori ricavati dal grafico ($p_1 = 30 \text{ kPa}$, $V_1 = 5 \text{ dm}^3$, $p_2 = 80 \text{ kPa}$, $V_2 = 2.5 \text{ dm}^3$) si ottiene

$$\gamma \approx 1.4 = \frac{7}{5}.$$

Il valore $7/5$ della costante adiabatica γ è caratteristico dei gas biatomici.

In conclusione l'alternativa corretta è la D.

In alternativa, per decidere in merito all'affermazione 3, si poteva procedere anche per via diretta, ipotizzando che fosse vera, e che quindi fosse $\gamma = 7/5$.

Allora, dall'equazione dell'adiabatica scritta sopra e dai valori ottenuti dal grafico si ricava ad esempio

$$p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma p_1 = 79 \text{ kPa} \quad \text{che è compatibile con il valore di } 80 \text{ kPa} \text{ mostrato dal grafico.}$$

QUESITO n. 13. – RISPOSTA \Rightarrow A

L'equazione di stato dei gas perfetti determina la temperatura assoluta negli stati iniziale e finale

$$nRT_1 = p_1 V_1, \quad nRT_2 = p_2 V_2.$$

$$\text{Ne segue che } nR\Delta T = p_2 V_2 - p_1 V_1 \quad \Rightarrow \quad n = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{R\Delta T} = 0.12 \text{ mol}.$$

QUESITO n. 14. – RISPOSTA \Rightarrow A

Si deve ritenere che il tempo richiesto sia quello tra il momento del lancio e il momento in cui il pallone torna alla stessa altezza. Il moto parabolico (o balistico) della palla è descritto da due componenti indipendenti dell'equazione di moto da cui risulta che in orizzontale il moto è uniforme mentre in verticale è uniformemente accelerato.

Per avere il tempo di volo basta considerare la componente verticale dell'equazione di moto o la corrispondente legge oraria

$$y(t) = y_0 + v_{y,0} t - \frac{1}{2} g t^2.$$

Il tempo si determina imponendo che $y(t) = y_0$ da cui

$$t = 2 \frac{v_{y,0}}{g}$$

che è massimo quando è massima la componente verticale della velocità iniziale $v_{y,0}$, ovvero nel caso del diagramma A.

QUESITO n. 15. – RISPOSTA \Rightarrow [C]

Per determinare la composizione del campione, per ciascuno dei 4 elementi dati occorre verificare che tutte le righe siano presenti nello spettro in esame.

Si vede facilmente che l'elemento P non può essere nel campione poiché mancano le prime due righe da sinistra verso destra.

Tutte le righe degli elementi Q e R sono presenti nel campione, mentre per l'elemento S manca la seconda riga e il doppietto di righe a destra è spostato rispetto a quello del campione.

In conclusione la miscela è composta dai gas Q e R.

QUESITO n. 16. – RISPOSTA \Rightarrow [B]

Essendo all'esterno del pianeta, il peso di un oggetto di massa m è dato da

$$P = G \frac{mM}{r^2}$$

dove M è la massa del pianeta e r la distanza tra il satellite e il centro del pianeta. Pertanto il prodotto tra il peso e la distanza dal centro al quadrato assume un valore costante.

$$Pr^2 = GmM.$$

Detti P_1, r_1 e P_2, r_2 il peso e la distanza dal centro nei due casi, si deduce che

$$P_1 r_1^2 = P_2 r_2^2 \Rightarrow r_2 = r_1 \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} = 5.67 \times 10^6 \text{ m}$$

essendo $r_1 = R$ pari al raggio del pianeta.

QUESITO n. 17. – RISPOSTA \Rightarrow [D]

In un campo magnetico uniforme la risultante delle forze magnetiche che agiscono su ogni spira del solenoide percorsa da corrente è nulla (alternative A, B e C errate).

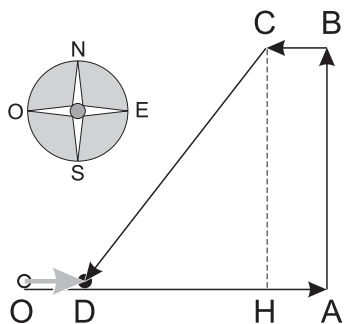
Il solenoide percorso da corrente è assimilabile a un magnete; osservando in figura il verso in cui scorre la corrente, si deduce che tale magnete presenta il polo nord in basso e il polo sud in alto. Poiché un magnete tende ad allinearsi lungo le linee di campo magnetico, con il polo nord nel verso di \vec{B} , il momento risultante non è nullo e tende a far ruotare il solenoide in senso antiorario.

NOTA: nella realtà l'avvolgimento di un solenoide è elicoidale e la corrente ha anche una piccola componente assiale che dà luogo anche ad una forza magnetica perpendicolare al foglio con verso entrante.

QUESITO n. 18. – RISPOSTA \Rightarrow [B]

La potenza è data dal prodotto scalare tra forza trainante e velocità $W = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv$ dato che i vettori sono concordi. Poiché il corpo si muove a velocità costante il peso è uguale in modulo alla forza trainante e quindi è

$$P = mg = \frac{W}{v} \Rightarrow m = \frac{W}{vg} = 0.5 \text{ kg}.$$

QUESITO n. 19. – RISPOSTA \Rightarrow [B]

Lo spostamento è il vettore che congiunge la posizione iniziale O con la posizione finale D, come in figura.

Per determinare la posizione finale va calcolata la lunghezza del segmento DA. Poiché lo studente ritorna sul primo percorso, condotta da C la perpendicolare al tratto OA, il triangolo DHC è rettangolo con ipotenusa $\overline{CD} = 2.5 \text{ km}$ e cateto $\overline{CH} = 2 \text{ km}$; il cateto DH è quindi di lunghezza pari a 1.5 km e il punto D si trova a 2 km da A e quindi a est di O.

Il modulo dello spostamento è quindi $\overline{OD} = \overline{OA} - \overline{DA} = 0.5 \text{ km}$. La risposta corretta è pertanto la B.

Sommando la lunghezza dei vari tratti si ricava la lunghezza del percorso totale dello studente (7.5 km) che non rappresenta lo spostamento (la risposta E è errata!).

QUESITO n. 20. – RISPOSTA \Rightarrow **A**

Le tre forze sono tangenti alle rispettive circonferenze, ossia perpendicolari ai rispettivi raggi nel loro punto di applicazione. Il momento meccanico generato dalle due forze orizzontali ha verso uscente (dà luogo ad una rotazione in verso antiorario), quello generato dalla terza forza è opposto. Il modulo τ del momento risultante vale quindi

$$\tau = 2Fr + F\frac{r}{2} - Fr = \frac{3}{2}Fr.$$

QUESITO n. 21. – RISPOSTA \Rightarrow **D**

Se il voltmetro è ideale si può trascurare la corrente che lo attraversa; allora i due resistori sono in serie, quindi la corrente nel circuito è data da

$$I = \frac{\Delta V}{R_1 + R_2}$$

dove $\Delta V = 60 \text{ V}$ è la differenza di potenziale fornita dal generatore, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$. La differenza di potenziale ΔV_1 misurata dal voltmetro è quella ai capi del resistore R_1 . Pertanto

$$\Delta V_1 = IR_1 = \Delta V \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 40 \text{ V}.$$

QUESITO n. 22. – RISPOSTA \Rightarrow **C**

Grazie alla simmetria sferica e al teorema di Gauss si dimostra che il campo elettrico generato da un guscio sottile di raggio a , uniformemente carico, è nullo al suo interno e, per $r > a$ ha direzione radiale e intensità

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Per il principio di sovrapposizione si può ottenere il campo elettrico, nelle tre zone determinate dai due gusci, sommando le espressioni dei campi radiali dovuti ai due gusci e si ottiene:

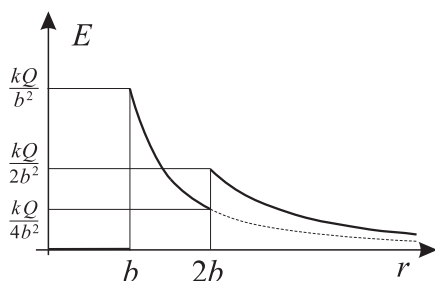
per $r < b$, cioè all'interno del guscio piccolo, il campo è nullo;

per $b < r < 2b$, cioè nell'intercapedine tra i due gusci, il campo è

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

mentre per $r > 2b$, cioè all'esterno del sistema dei due gusci, il campo è

$$E = k \frac{2Q}{r^2}.$$



Il grafico dell'intensità del campo in funzione della distanza del centro è mostrato in figura.

Si noti che, in questa schematizzazione di gusci di spessore nullo, per $r = b$ e $r = 2b$ il campo presenta una discontinuità.

Il valore massimo del campo si ha quindi in prossimità del guscio più piccolo, nella sua parte esterna, e vale (*)

$$E = k \frac{Q}{b^2}.$$

(*) Più precisamente si dovrebbe dire che questo è il limite del modulo del campo elettrico quando il punto considerato si avvicina al guscio di raggio b ; per lo stesso motivo questo valore non rappresenta propriamente un "massimo" ma semmai un "estremo superiore" dei valori che E assume al di fuori del guscio.

QUESITO n. 23. – RISPOSTA \Rightarrow B

Le forze che agiscono si sommano in modo che la loro risultante non sia nulla ma che sia parallela al piano su cui viaggia il carrellino e orientata verso sinistra, ossia in verso opposto al moto, poiché il carrellino sta rallentando. L'unico diagramma di corpo libero che soddisfa queste caratteristiche è il B.

Il diagramma A corrisponde a una risultante non nulla, ma orientata verso destra. Il diagramma C si esclude perché la risultante delle forze è nulla. D ed E si escludono perché, avendo una componente verticale non nulla, la risultante non è parallela alla direzione del moto.

QUESITO n. 24. – RISPOSTA \Rightarrow D

La velocità v dell'onda è legata alla sua lunghezza d'onda λ e alla sua frequenza f dalla relazione

$$v = \lambda f.$$

La frequenza è una caratteristica intrinseca della sorgente e quindi dell'onda e, a differenza della velocità, non dipende dalle caratteristiche del mezzo di propagazione. Dunque nella relazione precedente f è una costante e la lunghezza d'onda è direttamente proporzionale alla velocità: al raddoppiare di questa, raddoppia anche λ .

QUESITO n. 25. – RISPOSTA \Rightarrow A

Indicate con R_1 e R_2 rispettivamente le resistenze da $6\,\Omega$ e da $10\,\Omega$ in figura, si osserva che il parallelo R_p delle resistenze R_1 ed R è in serie con la resistenza R_2 ; la resistenza equivalente del circuito, R^* , vista ai capi della batteria di f.e.m. \mathcal{E} è quindi

$$R^* = R_p + R_2 \quad \text{da cui} \quad R_p = R^* - R_2 = \frac{\mathcal{E}}{I} - R_2 = 2\,\Omega$$

dove I è la corrente erogata dalla batteria.

$$\text{Essendo} \quad \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R} \quad \text{si ha} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{3}\,\Omega^{-1} \quad \Rightarrow \quad R = 3\,\Omega$$

Più formalmente

$$R^* = R_p + R_2 = \frac{R_1 R}{R_1 + R} + R_2 \quad \text{per cui} \quad \mathcal{E} = R^* I = \left(\frac{R_1 R}{R_1 + R} + R_2 \right) I$$

Risolvendo rispetto a R

$$(R_1 + R)\mathcal{E} = (R_1 R + R_1 R_2 + R_2 R) I \quad \Rightarrow \quad [\mathcal{E} - (R_1 + R_2) I] R = R_1(R_2 I - \mathcal{E})$$

$$R = \frac{R_1(R_2 I - \mathcal{E})}{\mathcal{E} - (R_1 + R_2) I} = 3\,\Omega.$$

QUESITO n. 26. – RISPOSTA \Rightarrow D

Si tratta di un fenomeno di trasmissione del calore per conduzione e la legge di Fourier ci consente di determinare il valore della potenza richiesta. Ovviamente il calore fluisce dall'interno più caldo all'esterno più freddo; la differenza di temperatura è $\Delta T = 20\,^\circ\text{C}$.

Indicata con A la superficie del muro, $A = 15\,\text{m}^2$, e con $L = 0.3\,\text{m}$ il suo spessore, l'equazione dà

$$P = \frac{k A \Delta T}{L} = 600\,\text{W}.$$

QUESITO n. 27. – RISPOSTA \Rightarrow D

Poiché l'automobile frenando si arresta completamente, la sua energia cinetica varia di

$$\Delta E_c = E_{c,\text{fin}} - E_{c,\text{in}} = -\frac{1}{2} m v^2. \quad \text{Quindi, essendo} \quad \Delta E_c = -3 \times 10^5\,\text{J}, \quad \text{si ha}$$

$$v^2 = \frac{-2 \Delta E_c}{m} = 400\,\text{m}^2\,\text{s}^{-2} \quad \Rightarrow \quad v = 20\,\text{m s}^{-1} = 72\,\text{km/h}.$$

QUESITO n. 28. – RISPOSTA \Rightarrow A

La 1 è corretta perché il termometro a infrarossi riceve l'energia irradiata dal corpo e trasportata a distanza dai raggi infrarossi.

La 2 è falsa perché c'è trasferimento di energia anche tramite i raggi infrarossi.

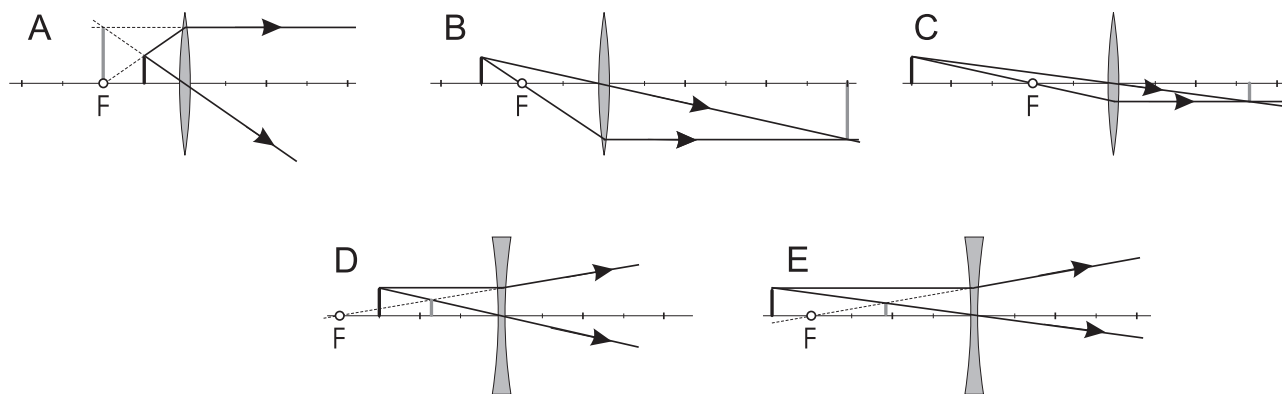
La 3 è falsa perché l'energia portata dai raggi infrarossi viene misurata direttamente attraverso un rivelatore di radiazione elettromagnetica senza che sia necessario attendere l'equilibrio termico.

QUESITO n. 29. – RISPOSTA \Rightarrow B

Indicate con i pedici “c” ed “a” le grandezze fisiche legate al moto del ciclista e dell'automobilista, si osserva che negli intervalli di tempo dati i due veicoli hanno la stessa variazione di velocità, $\Delta v_c = \Delta v_a = \Delta v$.

Pertanto il rapporto delle accelerazioni medie risulta

$$\frac{a_c}{a_a} = \frac{\Delta v / \Delta t_c}{\Delta v / \Delta t_a} = \frac{\Delta t_a}{\Delta t_c} = \frac{1}{2}.$$

QUESITO n. 30. – RISPOSTA \Rightarrow C

Come illustrato negli schemi riportati sopra, nell'alternativa A l'oggetto si trova tra la lente e il fuoco e l'immagine è virtuale.

Nell'alternativa B l'oggetto si trova tra il fuoco e il doppio del fuoco e l'immagine prodotta è reale e ingrandita mentre nell'alternativa C l'oggetto si trova oltre il doppio della distanza focale e l'immagine prodotta è reale e rimpicciolita e risponde quindi alla richiesta del quesito.

Infine, le alternative D ed E sono errate perché una lente divergente produce sempre un'immagine virtuale.

Per una soluzione formale si fa riferimento alla legge dei punti coniugati nella forma tradizionale, dove p , q danno le posizioni di oggetto e immagine ed f è la focale della lente.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad q = \frac{fp}{p-f}.$$

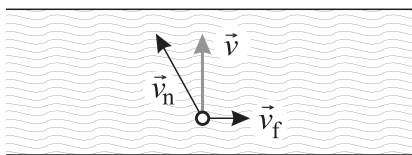
Si vede subito che per $p < f$ (alternativa A) o per $f < 0$ (alternative D e E) risulta $q < 0$ per cui l'immagine è virtuale.

Negli altri due casi l'immagine è reale e si calcola l'ingrandimento che, in valore assoluto, è pari a

$$G = \frac{h'}{h} = \frac{q}{p} = \frac{f}{p-f}.$$

L'immagine reale è più piccola dell'oggetto per $G < 1$; essendo adesso $p > f$ si ha che

$$\frac{f}{p-f} < 1 \quad \text{per} \quad f < p-f \quad \Rightarrow \quad p > 2f \quad \text{come nel caso C.}$$

QUESITO n. 31. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

Il nuotatore deve fare in modo che la sua velocità, \vec{v} , nel sistema di riferimento del terreno, sia perpendicolare alla sponda del fiume.

La velocità \vec{v} è data dalla somma vettoriale della velocità del nuotatore \vec{v}_n relativa alla corrente del fiume e della velocità \vec{v}_f di trascinamento della corrente stessa. Dunque \vec{v}_n deve avere una componente parallela alla corrente, uguale in modulo alla velocità di questa e di verso opposto.

Poiché quest'ultima è metà della velocità che il nuotatore può sostenere in acqua ferma, l'angolo rispetto alla perpendicolare deve essere pari a $\arcsin(1/2) = 30^\circ$.

QUESITO n. 32. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

Ciascun fermaglio verrà polarizzato in modo da mostrare il polo opposto a quello del magnete nell'estremità più vicina a questo, e il polo omologo in quella più lontana; dunque il fermaglio di sinistra avrà il polo sud in alto e quello nord in basso, e viceversa quello di destra.

Si osserva che i poli in basso nei due fermagli sono opposti tra loro; per questo si attraggono e di conseguenza i fermagli non sono allineati con i fili di cotone.

QUESITO n. 33. – RISPOSTA \Rightarrow **A**

La velocità di propagazione della luce in un mezzo, come per tutte le onde e.m., dipende dall'indice di rifrazione: $v = c/n$. D'altra parte $v = \lambda/T = \lambda f$ per cui

$$\lambda = \frac{c}{nf} = 4.51 \times 10^{-7} \text{ m} = 451 \text{ nm}.$$

QUESITO n. 34. – RISPOSTA \Rightarrow **E**

Nel brevissimo intervallo di tempo in cui il bambino si stacca dalla giostra si possono trascurare gli effetti dei momenti delle forze esterne che sono finiti per cui il momento angolare totale L del sistema costituito dal bimbo e dalla giostra si conserva. Quindi $L_i = L_f$, cioè

$$(I + mR^2)\omega = mvR + I\omega_f \quad \Rightarrow \quad \omega_f = \frac{(I + mR^2)\omega - mvR}{I}.$$

QUESITO n. 35. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

Le temperature assolute, iniziale e finale, sono rispettivamente $T_0 = 433 \text{ K}$ e $T_1 = 513 \text{ K}$.

Il valore quadratico medio della quantità di moto delle molecole è

$$p_{q.m.} = m v_{q.m.} = m \sqrt{3 \frac{kT}{m}} = \sqrt{3m kT},$$

e come la velocità quadratica media è proporzionale alla radice quadrata della temperatura assoluta; sarà quindi

$$\frac{\Delta p_{q.m.}}{p_{q.m.,0}} = \frac{\sqrt{T_1} - \sqrt{T_0}}{\sqrt{T_0}} = \sqrt{\frac{T_1}{T_0}} - 1 = 0.0885 \approx 9\%.$$

In alternativa, ricordando che se

$$y = x^\alpha \quad \text{allora} \quad \frac{\delta y}{y} = \alpha \frac{\delta x}{x},$$

si può ottenere la variazione relativa della $p_{q.m.}$ da quella della temperatura che, in percentuale, è

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{80}{433} = 18\%. \quad \text{Quindi si ottiene} \quad \frac{\Delta p_{q.m.}}{p_{q.m.,0}} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta T}{T_0} = 9\%.$$

QUESITO n. 36. – RISPOSTA \Rightarrow D

In presenza del campo elettrico esterno il conduttore si polarizza in modo da raggiungere una condizione di potenziale uniforme. Poiché sulle due facce della lastra si formano due distribuzioni di cariche uniformi e opposte, il campo esterno non viene alterato.

Pertanto, dette $d_{01} = 2\text{ cm}$ e $d_{23} = 3\text{ cm}$ le distanze dei punti in esame dalle facce della lastra, e ricordando che $\Delta V = -\vec{E} \cdot \vec{\Delta s}$:

$$V_1 - V_0 = E d_{01} \quad V_2 - V_1 = 0 \quad V_3 - V_2 = E d_{23}$$

Per cui, sommando membro a membro,

$$V_3 - V_0 = V_3 = E (d_{01} + d_{23}) = 20\text{ V}.$$

QUESITO n. 37. – RISPOSTA \Rightarrow B

Detta x_0 la lunghezza di riposo della molla, le relazioni tra allungamento $x - x_0$ e il modulo F della forza applicata e quella tra allungamento ed energia potenziale elastica E accumulata, sono rispettivamente

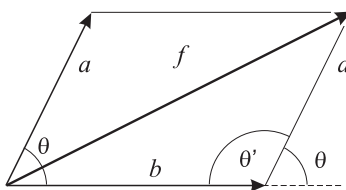
$$F = k(x - x_0) \quad \text{e} \quad E = \frac{1}{2} k(x - x_0)^2$$

Dividendo membro a membro risulta

$$\frac{E}{F} = \frac{1}{2} (x - x_0) \quad \Rightarrow \quad x_0 = x - \frac{2E}{F} = 25\text{ cm}.$$

QUESITO n. 38. – RISPOSTA \Rightarrow E

La risultante delle due forze applicate nel punto ha modulo compreso fra un valore minimo di 1 N, se le due forze agiscono nella stessa direzione ma in verso opposto, e un valore massimo di 7 N, se le due forze agiscono nella stessa direzione e nello stesso verso. Solo la forza di 9 N è al di fuori di questi limiti e quindi non può equilibrare le forze date.



In modo più formale, se a è il modulo della prima forza (3 N), b il modulo della seconda forza (4 N), θ l'angolo minore compreso tra le due ed f il modulo della risultante, si ha che

$$f^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta' = a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta \quad (\text{Teorema di Carnot})$$

$$\text{con } 0 \leq \theta \leq \pi \quad \text{ovvero} \quad -1 \leq \cos \theta \leq 1.$$

Di conseguenza

$$a^2 + b^2 - 2ab \leq f^2 \leq a^2 + b^2 + 2ab \quad \Rightarrow \quad |a - b| \leq f \leq a + b$$

e in questo caso $1\text{ N} \leq f \leq 7\text{ N}$ come detto sopra.

QUESITO n. 39. – RISPOSTA \Rightarrow B

Le direzioni dei vari tratti di percorso, rispetto alla normale alle superfici, sono determinate dalla legge della rifrazione (legge di Snell); nel passaggio dal mezzo k al mezzo $k + 1$ si ha

$$n_k \sin \alpha_k = n_{k+1} \sin \alpha_{k+1}.$$

Mettendo in sequenza tutte le rifrazioni, se il primo e l'ultimo mezzo sono uguali come in questo caso (aria), si deduce facilmente che la direzione iniziale e quella finale del raggio devono essere parallele. Infatti

$$n_0 \sin \alpha_0 = n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 = \dots = n_N \sin \alpha_N.$$

$$\text{Se } n_N = n_0 \quad \Rightarrow \quad \alpha_N = \alpha_0.$$

Questo limita la scelta alle alternative B e D che differiscono per come è orientato il percorso nel vetro. Poiché l'indice di rifrazione dell'aria è approssimativamente uguale ad 1 mentre quello del vetro è maggiore di 1, nel passaggio aria-vetro il raggio deve avvicinarsi alla normale; l'alternativa corretta è quindi la B.

QUESITO n. 40. – RISPOSTA ⇒ D

Innanzitutto si deve stimare il numero di caratteri di cui è composta l'opera; si possono seguire più vie, per esempio una delle due seguenti.

I tre versi iniziali hanno una media di 34 caratteri/verso; l'estrapolazione, per quanto azzardata, dà una stima corretta dell'ordine di grandezza del numero di caratteri: circa 500 mila, pari a $N \approx 0.5 \text{ GB}$ (*).

In altro modo, ricordando che i versi sono tutti endecasillabi e stimando che ogni sillaba abbia in media 2.5 caratteri, cui vanno sommati gli spazi bianchi (5-6) e un carattere di ritorno a capo per ogni verso, si arriva allo stesso ordine di grandezza.

La densità di immagazzinamento dei dati del disco SSD è $\delta = \frac{256 \times 10^9 \text{ B}}{(40 \times 20 \times 2) \text{ mm}^3} = 1.6 \times 10^8 \text{ B mm}^{-3}$.

Il volume occupato è quindi $V = \frac{N}{\delta} \approx 3 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ dell'ordine di 0.001 mm^3 ,

pari a quello di un cubetto il cui spigolo è un decimo di millimetro.

(*) Qui si usa la notazione convenzionale per gigabyte (GB), pari a 10^9 byte; tuttavia, anche se questo non ha alcun effetto in questo caso, secondo una raccomandazione del S.I. la memoria del disco SSD si dovrebbe scrivere come 256 GiB (gibibyte) dove $1 \text{ GiB} = 2^{30} \text{ B}$ ovvero esattamente uguale a $1\,073\,741\,824 \text{ B} = 1\,024^3 \text{ B}$. (cfr. "The international System of Units", 9^e édition 2019, p. 143).

Materiale elaborato dal Gruppo

	PROGETTO OLIMPIADI <i>Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica</i> e-mail: segreteria@olifis.it WEB: www.olifis.it	
---	--	---

NOTA BENE

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.

Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del		MINISTERO DELL'ISTRUZIONE
---	---	----------------------------------