

**Olimpiadi di Fisica**  
**2014****Soluzioni**GARA DI 1° LIVELLO  
MERCOLEDÌ 11 DICEMBRE 2013**QUESITO n. 1. – RISPOSTA** ⇒ **C**

Per definizione, l'accelerazione media è  $a_m = \Delta v / \Delta t = 2.0 \text{ m s}^{-2}$  dove  $\Delta v$  è la variazione di velocità (che nel nostro caso vale  $14 \text{ km/h} = 3.9 \text{ m s}^{-1}$ ) e  $\Delta t$  il tempo in cui questa avviene.

**QUESITO n. 2. – RISPOSTA** ⇒ **D**

In un ciclo la variazione di energia interna è nulla e dunque le quantità di calore e di lavoro scambiate con l'ambiente sono uguali in modulo. Poiché il lavoro è dato dalla misura dell'area ( $\mathcal{A}$ ) compresa entro il grafico del ciclo, si tratta semplicemente di trovare il ciclo che presenta un'area maggiore tra i cinque proposti.

Scartando subito il ciclo C che chiaramente ha l'area più piccola di tutti (ad es. si vede facilmente che la sua area è minore di quella del ciclo E), per gli altri abbiamo che, in unità di quadretti,

$$\mathcal{A}(A) = 6q, \quad \mathcal{A}(B) = 5.25q, \quad \mathcal{A}(E) = 4.5q.$$

Si nota inoltre che il ciclo D si può scomporre in un rettangolo di area  $6q$  più un'ulteriore superficie, per cui la sua area è certamente maggiore di  $6q$ .

**QUESITO n. 3. – RISPOSTA** ⇒ **A**

L'indice di rifrazione dell'aria è praticamente uguale (entro 3 parti su 10000) a quello del vuoto, e minore di quello di qualunque vetro, per qualunque valore di lunghezza d'onda (almeno nel visibile). Ne segue che la luce, passando dall'aria al vetro, si avvicina alla normale, e se ne allontana quando passa dal vetro all'aria. Le alternative B e D descrivono in modo errato sia l'ingresso della luce nel prisma, sia l'uscita, e possono quindi essere scartate.

Nell'alternativa C il raggio rosso segue un possibile percorso corretto, mentre quello violetto è sbagliato sia in entrata sia in uscita, per i motivi visti sopra; in ogni caso, quando la luce passa dall'aria al vetro o viceversa, non accade mai che, per effetto della dispersione, alcune componenti si avvicinino alla normale e altre se ne allontanino.

Le uniche figure che rispettano le leggi della rifrazione sono la A e la E. Per discriminare tra queste, bisogna tener conto del fatto che l'indice di rifrazione della luce nel vetro diminuisce all'aumentare della lunghezza d'onda. Come conseguenza di ciò, il rosso, cui corrisponde una lunghezza d'onda maggiore del violetto, viene deviato di meno sia quando la luce entra nel prisma che quando ne esce; dunque l'alternativa E è errata.

**QUESITO n. 4. – RISPOSTA** ⇒ **D**

Per la conservazione dell'energia del sistema,  $qV_i = qV_f + K_f$ , dove  $K$  è l'energia cinetica e si è tenuto conto del fatto che  $K_i = 0$ . Da qui

$$K_f = q(V_i - V_f) = 10 \text{ mJ}.$$

**QUESITO n. 5. – RISPOSTA** ⇒ **D**

L'andamento mostrato dal grafico è rettilineo per entrambe le molle, quindi esse seguono la legge di Hooke. La costante elastica è definita come  $k = F/\Delta\ell$  dove  $F$  è la forza di richiamo e  $\Delta\ell$  è l'allungamento; si vede dal grafico che a parità di allungamento la molla B richiede una forza pari a  $3/2$  quella richiesta dalla molla A, quindi questo è anche il rapporto fra le costanti elastiche.

**QUESITO n. 6. – RISPOSTA** ⇒ **B**

Per la seconda legge della dinamica,  $R = ma$ . In questo caso è richiesta la risultante delle forze agenti sul blocco da 5 kg e dunque è questo il valore di  $m$  da usare nella formula precedente. Risulta  $R = 9.0\text{ N}$ .

**QUESITO n. 7. – RISPOSTA** ⇒ **E**

La larghezza della figura di diffrazione dipende dal rapporto tra  $a$  e  $\lambda$ . In particolare, si dimostra che i minimi si trovano in direzioni che, rispetto alla direzione del massimo centrale, formano angoli  $\theta_n$  che soddisfano la relazione

$$a \sin \theta_n = \pm n\lambda \quad \text{dove } n = 1, 2, \dots \Rightarrow \sin \theta_n = \pm \frac{n\lambda}{a}$$

Se si raddoppia  $\lambda$  e contemporaneamente si dimezza  $a$ , il rapporto  $\lambda/a$  diventa quattro volte più grande e tutta la figura si allarga nella stessa proporzione.

**QUESITO n. 8. – RISPOSTA** ⇒ **E**

La relazione tra lunghezza  $\ell$  di una corda e l'angolo al centro corrispondente in una circonferenza di raggio  $R$  è, come noto, data da

$$\ell = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{che, per angoli piccoli (espressi in radianti) si approssima come } \ell = \alpha R \quad \text{da cui } R = \frac{\ell}{\alpha}$$

Il diametro della moneta è  $d \approx 0.023\text{ m}$  mentre l'angolo di 1 secondo d'arco, pari a  $1/3600$  di grado, in radianti vale

$$\alpha = 2\pi \frac{1/3600}{360} = 4.85 \mu\text{rad} \Rightarrow R = \frac{d}{\alpha} = 4796\text{ m} \approx 5\text{ km}.$$

*NOTA: Il diametro della moneta è quello nominale, fornito ufficialmente dalla Banca Centrale Europea.*

**QUESITO n. 9. – RISPOSTA** ⇒ **C**

Dato che la forza è nella direzione dello spostamento  $d$  dell'automobilina, il lavoro compiuto è  $L = Fd = 7.5\text{ J}$ , dove  $F$  è il valor medio dell'intensità della forza. Questo lavoro viene immagazzinato nella molla sotto forma di energia potenziale elastica.

**QUESITO n. 10. – RISPOSTA** ⇒ **D**

Per un gas perfetto la pressione  $P$  vale

$$P = \frac{nRT}{V}$$

dove  $n$  rappresenta il numero di moli del gas,  $R$  la costante universale dei gas perfetti,  $V$  il volume occupato dal gas e  $T$  la sua temperatura assoluta. Poiché  $T_1 = 293\text{ K}$  e  $T_2 = 343\text{ K}$  e poiché il volume non varia, si ha  $\Delta P = nR\Delta T/V$ , e di conseguenza

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 17\%.$$

**QUESITO n. 11. – RISPOSTA** ⇒ **E**

Al momento del distacco la velocità dello *stuntman* non ha componenti verticali (v. figura) e quindi il tempo  $\Delta t$  che il motociclista impiega ad abbassarsi di  $h$  è  $\Delta t = \sqrt{2h/g}$ . In questo intervallo di tempo deve spostarsi orizzontalmente di una distanza almeno pari a  $L = 3.2\text{ m}$ , quindi la sua velocità al distacco dev'essere almeno pari a  $v = L\sqrt{g/(2h)} = 10\text{ m s}^{-1}$ .

**QUESITO n. 12. – RISPOSTA** ⇒ **B**

L'energia  $\Delta E$  utilizzata in un intervallo di tempo  $\Delta t$  è legata alla potenza  $P$  della lampadina dalla relazione  $\Delta E = P\Delta t$  da cui otteniamo

$$\Delta t = \Delta E/P = 0.1\text{ s}.$$

**QUESITO n. 13. – RISPOSTA** ⇒ **C**

Se l'oggetto non si muove vuol dire che la risultante delle forze applicate è nulla. Le forze verticali sono il peso e la reazione vincolare che si equilibrano. Le forze orizzontali sono soltanto la forza  $F$  e l'attrito, la cui somma deve essere nulla. La forza di attrito ha quindi la stessa direzione e intensità della forza  $F$  e verso contrario.

**QUESITO n. 14. – RISPOSTA** ⇒ **B**

Poiché il blocco è fermo all'inizio e alla fine, il teorema dell'energia cinetica ci assicura che il lavoro fatto da tutte le forze che agiscono sul sistema "blocco più carrucola" è nullo. Le forze che compiono lavoro sono: la forza  $\vec{F}$ , il peso del blocco e l'attrito; abbiamo quindi (con ovvio significato dei simboli):

$$L_F + L_P + L_A = 0.$$

Poiché  $L_P = -Ph$ , abbiamo  $L_A = -L_F + Ph = -40\text{ J}$ .

**QUESITO n. 15. – RISPOSTA** ⇒ **E**

Quando la spira entra nel campo magnetico, il flusso magnetico concatenato con essa aumenta e, per la legge di Faraday–Neumann, si ha una f.e.m. indotta nella spira stessa che determina un picco di corrente. Quando la spira è all'interno, il flusso è costante e la corrente è nulla. Quando esce, il flusso diminuisce e si ha una corrente indotta in senso opposto al precedente.

**QUESITO n. 16. – RISPOSTA** ⇒ **C**

La potenza media di una forza è il lavoro fatto per unità di tempo, pari anche al prodotto scalare della forza per la velocità del suo punto di applicazione.

Nel nostro caso, dato che la massa viene sollevata a velocità costante, la forza applicata è in modulo pari al peso dell'oggetto  $mg$  e dunque la potenza media  $P$  è

$$P = mg \Delta h/\Delta t = 4.9\text{ kW}.$$

**QUESITO n. 17. – RISPOSTA** ⇒ **B**

Il Sole è elettricamente neutro, perciò il numero di elettroni che lo compongono è uguale al numero di protoni. Inoltre, essendo  $m_p \gg m_e$  gli elettroni non contribuiscono sostanzialmente alla massa del Sole che dipende quindi solo dal numero di protoni e di neutroni (genericamente detti "nucleoni").

Tenendo poi conto che la massa del protone e quella del neutrone sono approssimativamente uguali, il numero di nucleoni ammonta a

$$N = M_S/m_p \approx 10^{57}.$$

Poiché i neutroni sono in numero decisamente minore dei protoni, essendo il Sole formato in gran parte di idrogeno, questo è l'ordine di grandezza cercato.

Più precisamente, dato che per ogni 1000 atomi, 909 sono di H, 90 di He e 1 di altri elementi più pesanti (es. carbonio 12), i protoni sono circa 1095 contro circa 186 neutroni che, essendo poco meno del 15% del totale dei nucleoni, possono essere trascurati nella stima fatta sopra.

**QUESITO n. 18.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  B

Su un piano inclinato, indipendentemente dalla presenza o meno di attrito, l'accelerazione  $a$  è costante. Per un moto rettilineo uniformemente accelerato vale la relazione

$$v_f^2 - v_i^2 = 2a \Delta s. \quad (1)$$

Infatti, si può dimostrare che, se l'accelerazione è costante, la velocità media in un intervallo è uguale alla media aritmetica delle velocità istantanee all'inizio e alla fine dell'intervallo stesso:

$$\Delta s / \Delta t = (v_f + v_i) / 2.$$

D'altra parte, dalla definizione di accelerazione (valore medio e istantaneo coincidono, per una grandezza costante), abbiamo:

$$a \Delta t = v_f - v_i.$$

Moltiplicando membro a membro queste due formule si ottiene immediatamente la (1).

Nel nostro caso  $v_i = 0$  e quindi  $v_f = \sqrt{2a \Delta s} = 3.4 \text{ m s}^{-1}$ .

**QUESITO n. 19.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  B

Il peso di un oggetto è l'attrazione gravitazionale che la Terra esercita su di esso. L'intensità della forza gravitazionale esercitata da un corpo a simmetria sferica (come, con buona approssimazione, è la Terra) è identica a quella che si avrebbe se tutta la massa di tale corpo fosse concentrata nel suo centro (questo risultato è una conseguenza del teorema di Gauss). Ad un'altezza dal suolo pari a due raggi terrestri, la distanza dell'oggetto dal centro della Terra triplica, quindi l'attrazione esercitata dalla Terra si riduce ad  $1/9$ , per la legge di gravitazione universale.

**QUESITO n. 20.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D

La variazione di quantità di moto è pari all'impulso della forza; indicando con  $\langle f \rangle$  il valor medio dell'intensità della forza frenante, nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  in cui agisce, si ha

$$|\Delta(mv)| = \langle f \rangle \Delta t \quad \Rightarrow \quad \langle f \rangle = \frac{mv}{\Delta t} = 1.2 \times 10^5 \text{ N}.$$

**QUESITO n. 21.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  C

Scegliendo come verso positivo il verso orario per la corrente, la legge di Kirchhoff delle maglie si scrive

$$RI + \frac{Q}{2C} - \frac{Q}{C} = 0 \quad \Rightarrow \quad I = \frac{Q}{2RC} = 40 \text{ mA}.$$

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

Durante la transizione di fase la temperatura rimane costante (al valore  $T_f$  della figura). In questo periodo di tempo, la sostanza che fonde assorbe 72 kJ di calore. Il calore latente di fusione  $\lambda$ , ovvero il calore necessario per fondere 1 kg di sostanza, è quindi  $\lambda = 24 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Consultando la tabella si vede che l'oggetto è di piombo.

**QUESITO n. 23. – RISPOSTA** ⇒ D

Il moto di caduta libera di un grave in due dimensioni può essere considerato come la sovrapposizione di due moti rettilinei: uno, uniforme, lungo una direzione orizzontale, e uno, uniformemente accelerato, lungo la verticale. I due moti sono completamente indipendenti tra loro; ne segue che il tempo di caduta non dipende dalla componente orizzontale della velocità iniziale. Se scegliamo un sistema di riferimento con l'asse  $y$  orientato verso l'alto e con l'origine al suolo, la legge oraria del moto verticale della pallina bianca sarà:

$$y(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 .$$

La pallina arriverà a terra ( $y = 0$ ) in un tempo  $t_b = \sqrt{2h/g}$ .

Per la pallina nera il tempo risulterà invece  $t_n = \sqrt{8h/g} = 2t_b$ . Dunque  $t_n/t_b = 2$ .

**QUESITO n. 24. – RISPOSTA** ⇒ A

Se non ci sono altri elementi ottici, l'immagine reale prodotta da una lente convergente si forma sempre ad una distanza dalla lente superiore alla distanza focale, come mostrato nella figura a lato. Le alternative B e C sono quindi errate perché la relazione di cui si parla ha senso solo per  $q > f$ ; da questo punto di vista le rimanenti alternative sono invece plausibili, perché i grafici sono dati solo oltre la linea verticale che evidentemente corrisponde alla lunghezza focale della lente.

Al variare della posizione dell'oggetto il raggio parallelo all'asse ottico resta fisso e di conseguenza resta fisso anche il corrispondente raggio rifratto, che passa per il fuoco. Di conseguenza il rapporto  $S/(q - f)$  tra l'altezza dell'immagine e la sua distanza dal fuoco è costante (alternativa A corretta, D ed E errate).

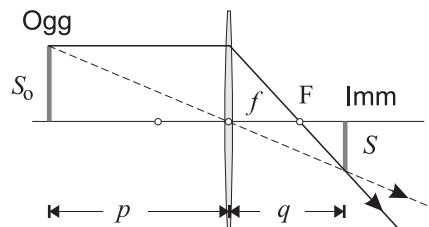
Volendo approfondire, si può notare che, usando la legge dei punti coniugati e la relazione

$$\frac{S}{S_o} = \frac{q}{p} \quad (1)$$

(dove  $S$  indica il valore assoluto della dimensione trasversale dell'immagine, prescindendo dal fatto che è capovolta, ed  $S_o$  la dimensione trasversale dell'oggetto) si dimostra facilmente che vale la relazione:

$$S = \frac{S_o}{f}(q - f) \quad \text{con } q > f .$$

Si noti che, diversamente da quanto potrebbe sembrare a prima vista, la relazione (1) non esprime una proporzionalità tra  $S$  e  $q$  (alternativa C) in quanto  $p$  non è costante.

**QUESITO n. 25. – RISPOSTA** ⇒ D

Se si trascura la resistenza dell'aria, l'energia meccanica si conserva durante il moto. Abbiamo quindi:

$$mgh_0 + \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_f^2$$

dove  $m$  è la massa della palla,  $v_f$  la sua velocità finale e  $h_0$  l'altezza del punto di lancio della palla. Da questa relazione ricaviamo

$$h_0 = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2g} = 9.2 \text{ m} .$$

Se  $h$  è l'altezza della studentessa, il terrapieno ha un'altezza  $h_0 - h = 7.5 \text{ m}$ .

**QUESITO n. 26. – RISPOSTA** ⇒ A

Ciascuno dei due automobilisti vede l'altro avvicinarsi con una velocità  $v$  in modulo uguale a  $v_1 + v_2 = 50 \text{ m s}^{-1}$ . Il tempo cercato è quindi dato da  $t = d/v = 8.0 \text{ s}$ .

**QUESITO n. 27. – RISPOSTA** ⇒ **D**

Usando il teorema di Carnot, si ricava immediatamente che il modulo della risultante di due forze  $F_1$  e  $F_2$  (o più in generale di due vettori) è dato dalla relazione

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

dove  $\alpha$  è l'angolo tra le due forze. Il modulo della risultante decresce quindi monotonamente con l'angolo  $\alpha$ . Poiché in A tale angolo è di  $90^\circ$ , in B di  $180^\circ$ , in C e in E di  $135^\circ$  e in D di  $45^\circ$  ne segue che il modulo maggiore si ha in D.

Alternativamente si possono determinare le componenti orizzontale e verticale della risultante nei vari casi e calcolarne il modulo; tutti i valori si intendono espressi in newton.

	Comp. orizz.	Comp. vert.	Modulo
<b>A</b>	6	-4	$\sqrt{52} = 7.21$
<b>B</b>	-2	0	2
<b>C</b>	$3\sqrt{2} - 4$	$-3\sqrt{2}$	$\sqrt{52 - 24\sqrt{2}} = 4.25$
<b>D</b>	$-3\sqrt{2}$	$3\sqrt{2} + 4$	$\sqrt{52 + 24\sqrt{2}} = 9.27$
<b>E</b>	$6 - 2\sqrt{2}$	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{52 - 24\sqrt{2}} = 4.25$

**QUESITO n. 28. – RISPOSTA** ⇒ **C**

La figura mostra che i massimi dell'onda B sono spostati da quelli dell'onda A di un tratto pari ad un quarto di lunghezza d'onda. In termini di fase, poiché una lunghezza d'onda corrisponde ad una variazione di fase di  $360^\circ$ , la differenza di fase fra le due onde è di  $90^\circ$ .

**QUESITO n. 29. – RISPOSTA** ⇒ **B**

La velocità istantanea in un grafico posizione-tempo è rappresentata dal coefficiente angolare della retta tangente alla curva del moto. Questo esclude i grafici A e C in cui la pendenza è costante e quello E in cui la pendenza diminuisce. In D la pendenza (e con essa la velocità) aumenta in valore algebrico ma diminuisce in modulo. In B la pendenza (positiva) aumenta.

**QUESITO n. 30. – RISPOSTA** ⇒ **D**

Poiché le sfere sono piccole rispetto alla loro distanza possono essere trattate come cariche puntiformi e quindi la forza elettrostatica è proporzionale al prodotto  $Q_1Q_2$  delle due cariche.

Portando a contatto le due sferette, esse si divideranno in maniera uguale - poiché sono identiche - la carica totale  $Q_T = Q_1 + Q_2$ , acquistando ciascuna una carica  $Q' = Q_T/2$ . Il prodotto tra le cariche diventerà quindi

$$Q'^2 = \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{4} \quad \text{e l'intensità } F' \text{ della forza risulterà } F' = \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{4Q_1Q_2} F = 36 \text{ mN.}$$

**QUESITO n. 31. – RISPOSTA** ⇒ **C**

Lo ione risente della forza di Lorentz  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ , dove  $q$  rappresenta la carica dello ione,  $\vec{v}$  la sua velocità e  $\vec{B}$  il campo magnetico. Considerando che la velocità dello ione è perpendicolare al campo magnetico, la carica elettrica vale

$$q = \frac{F}{vB} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Nota: le alternative A e B si possono escludere subito in quanto rappresentano una frazione della carica elementare.

**QUESITO n. 32.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A

Nel conduttore metallico vale la legge di Ohm, quindi in ogni caso c'è proporzionalità fra corrente e d.d.p. (questo esclude subito le alternative D ed E).

Nei metalli la resistività aumenta con la temperatura. Di conseguenza, la resistenza del conduttore sarà maggiore alla temperatura  $T_2$ ; quindi, a parità di d.d.p., la corrente risulterà minore.

**QUESITO n. 33.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D

Dal grafico si ricava che il periodo dell'onda è  $T = 0.05$  s. La frequenza è  $f = \frac{1}{T} = 20$  Hz.

**QUESITO n. 34.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D

Occorre ricordare che l'energia meccanica del sistema  $E$  si conserva se, in assenza di forze dissipative, come in questo caso, il lavoro delle forze esterne è nullo,  $\vec{p}$  si conserva se è nulla la risultante delle forze esterne,  $\vec{L}$  si conserva se si annulla il momento risultante delle forze esterne.

Nel nostro caso, sui corpi A e B agiscono le seguenti forze: i rispettivi pesi, le reazioni normali esercitate dal piano d'appoggio, la reazione vincolare esercitata dal perno attorno a cui ruota A e le forze elastiche esercitate dalla molla. Queste ultime possono essere considerate forze interne al sistema in esame, mentre tutte le altre sono forze esterne, perché sono esercitate da corpi che non appartengono al sistema stesso. Poiché non ci sono forze dissipative, e le forze esterne non compiono lavoro, l'energia meccanica del sistema si conserva (affermazione 1 corretta).

Poiché le reazioni normali esercitate dal piano d'appoggio equilibrano i pesi dei due corpi, la risultante delle forze esterne è la reazione vincolare esercitata dal perno, e quindi non è nulla. Di conseguenza, la quantità di moto non si conserva (affermazione 2 errata).

Infine, si conserva anche il momento angolare, perché la reazione vincolare del perno ha momento nullo rispetto al polo scelto, e i momenti delle altre forze esterne si annullano due a due (affermazione 3 corretta).

**QUESITO n. 35.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D

Per definizione il rendimento è  $\eta = W/Q_a$  dove  $W$  e  $Q_a$  sono il lavoro sviluppato e il calore assorbito.

In un ciclo di Carnot si dimostra che il rendimento si può esprimere anche con  $\eta = 1 - T_1/T_2$  dove  $T_1$  e  $T_2$  sono rispettivamente la temperatura assoluta della sorgente fredda e della sorgente calda, cioè 323 K e 573 K.

Si ha quindi che

$$Q_a = \frac{W}{\eta} = \frac{W}{1 - T_1/T_2} = \frac{W T_2}{T_2 - T_1} = 14 \text{ kJ}.$$

**QUESITO n. 36.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A

Osserviamo preliminarmente che le affermazioni 2 e 3 sono tra loro contraddittorie (se la velocità raddoppia, l'energia cinetica quadruplica) e quindi l'alternativa E può essere scartata a priori.

Nell'effetto fotoelettrico l'energia cinetica massima degli elettroni emessi  $e$ , di conseguenza, la loro velocità massima, dipendono solo dall'energia del fotone assorbito ( $\mathcal{E} = hf$ ) e dunque solo dalla frequenza della radiazione incidente (affermazioni 2 e 3 false).

Il numero di elettroni emessi nell'unità di tempo,  $n_e$ , è invece direttamente proporzionale al numero di fotoni incidenti nell'unità di tempo,  $n_f$ , che a sua volta è direttamente proporzionale all'intensità del fascio,  $I$ . Di conseguenza, raddoppiando  $I$  raddoppia  $n_e$  (affermazione 1 corretta).

**QUESITO n. 37.** – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E

Consideriamo il sistema formato dai due carrelli. Poiché la risultante delle forze esterne (i pesi e le reazioni normali) è nulla, la quantità di moto totale del sistema si conserva nell'urto. Possiamo quindi scrivere:

$$(m_1 + 9m_1)v = m_1 v_0 \quad \Rightarrow \quad v = \frac{1}{10} v_0$$

dove  $v$  indica la velocità dei due carrelli dopo l'urto.

**QUESITO n. 38. – RISPOSTA** ⇒ **A**

Se si trascurano le dispersioni, tutto il calore ceduto dal piombo viene assorbito dall'acqua, fino al raggiungimento dell'equilibrio termico. Se indichiamo con  $t_{Pb}$ ,  $t_a$  e  $t$  rispettivamente la temperatura iniziale del piombo, dell'acqua e la temperatura di equilibrio, con  $c_{Pb}$  e  $c_a$  il calore specifico del piombo e dell'acqua e con  $m_a$  la massa dell'acqua, allora si ha:

$$c_{Pb} m (t_{Pb} - t) = c_a m_a (t - t_a) \quad \text{da cui si ricava} \quad t = \frac{c_{Pb} m t_{Pb} + c_a m_a t_a}{c_{Pb} m + c_a m_a} = 21^\circ\text{C}.$$

**QUESITO n. 39. – RISPOSTA** ⇒ **B**

Indichiamo con A il sistema costituito dal cubetto di ghiaccio a  $0^\circ\text{C}$  e con B quello costituito dalla bevanda. Quando li mettiamo a contatto termico immergendo A in B, inizia un trasferimento di calore che termina soltanto quando i due sistemi hanno raggiunto la stessa temperatura. All'inizio di questo trasferimento, B si raffredda mentre A subisce un cambiamento di stato mantenendo costante la sua temperatura. In questa fase, B trasferisce ad A  $\lambda_f m_A = 3.34 \text{ kJ}$  di calore ( $\lambda_f$  indica il calore latente di fusione del ghiaccio). Da questo momento in poi, A comincia a riscaldarsi mentre B continua a raffreddarsi.

Se invece il sistema A è costituito inizialmente da 10 g di acqua (liquida) a  $0^\circ\text{C}$ , appena mettiamo a contatto i due sistemi si ha subito la seconda fase, in cui A si riscalda.

I due metodi non sono quindi equivalenti (alternativa E errata): dal punto di vista del risultato finale, mettere del ghiaccio nella bevanda equivale a mettere la stessa quantità di acqua in una bevanda già raffreddata per effetto della fusione del ghiaccio. È vero che la bibita rimane fresca più a lungo, però non perché il ghiaccio fonde lentamente, ma perché essa raggiunge una temperatura più bassa (alternativa A errata): per accelerare questo processo, si può mescolare con un cucchiaino, ma il risultato finale non cambia. Mescolando, si ottiene anche l'effetto di rendere più omogeneo il riscaldamento, ma lo stato di equilibrio che si raggiunge è sempre lo stesso (alternativa D errata). Infine, con il ghiaccio il trasferimento di calore dall'ambiente al sistema costituito da A e B non diminuisce (alternativa C errata), ma al contrario aumenta leggermente, perché aumenta un po' la differenza di temperatura tra sistema e ambiente. Questo piccolo riscaldamento aggiuntivo è però ampiamente compensato dalla grande quantità di energia che il ghiaccio assorbe per la sua fusione.

**QUESITO n. 40. – RISPOSTA** ⇒ **D**

Osserviamo preliminarmente che le alternative A e B possono essere scartate a priori poiché i suoni udibili sono quelli con frequenze comprese nell'intervallo tra circa 20 Hz e circa 20 kHz.

L'interferenza costruttiva si genera nei punti per i quali la differenza della loro distanza dalle due sorgenti è pari ad un numero intero,  $n$ , di lunghezze d'onda.

Il punto P è equidistante dalle due sorgenti, e quindi si ha un massimo d'interferenza corrispondente a  $n = 0$ . Nel punto R si ha  $n = 1$ , quindi la differenza di cammino vale una lunghezza d'onda:  $L_1R - L_2R = \lambda$ , e la frequenza  $f$  è

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{L_1R - L_2R} = 1.1 \text{ kHz} \quad \text{dove } v \text{ è la velocità del suono.}$$

*Materiale elaborato dal Gruppo*



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica*  
 e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it) - Tel. 0732 1966045  
 WEB: [www.olifis.it](http://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.