

**QUESITO n. 1. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

L'energia  $Q$  necessaria per riscaldare il piombo è data da  $Q = cm\Delta T = 0.26 \text{ kJ}$  dove  $c$  è il calore specifico del piombo,  $m$  la massa e  $\Delta T$  la variazione di temperatura.

**QUESITO n. 2. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

Nel tratto DE la velocità è costante, dunque l'accelerazione è nulla. Per la seconda legge della dinamica anche la risultante delle forze applicate al corpo è nulla.

**QUESITO n. 3. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

Nel caso di due fili rettilinei paralleli percorsi da correnti elettriche  $I_1$  e  $I_2$ , posti a distanza  $d$ , su un tratto di lunghezza  $\ell$  di uno qualunque dei due fili si esercita una forza

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d} \ell.$$

Questa forza è attrattiva nel caso di correnti concordi, e repulsiva nel caso contrario. Considerando i due lati della spira paralleli al filo, la forza agente sul lato più vicino sarà quindi  $F_1 = \mu_0 I I' c / (2\pi a)$  diretta verso destra, mentre quella sul lato più lontano è  $F_2 = \mu_0 I I' c / (2\pi b)$  diretta verso sinistra.

Sui tratti della spira perpendicolari al filo agiscono forze uguali in modulo e direzione ma di verso opposto per cui la loro risultante è nulla. Più precisamente, nella posizione in cui si trova la spira il campo magnetico generato dal filo rettilineo è perpendicolare alla spira e ha verso entrante. Nel lato superiore la corrente scorre verso sinistra e dunque la forza è parallela al filo rettilineo e diretta verso il basso; nel lato inferiore la corrente scorre verso destra e la forza è rivolta verso l'alto.

Essendo  $F_1 > F_2$ , perché  $a < b$ , la forza risultante agente sulla spira è

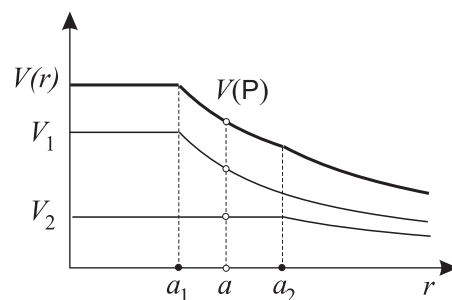
$$\frac{\mu_0 I I' c}{2\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \quad \text{diretta verso destra.}$$

**QUESITO n. 4. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

Il potenziale di un guscio sferico di raggio  $R$  e carica  $Q$ , ponendo uguale a zero il suo valore a distanza infinita, è uguale a  $kQ/r$  all'esterno del guscio, ed è costante e pari a  $kQ/R$  in tutti i punti interni.

Nel punto P dunque il potenziale prodotto dal guscio esterno vale  $V_2 = kq_2/a_2$ , mentre quello prodotto dal guscio interno vale  $V_1 = kq_1/a$ . Per il principio di sovrapposizione, i due contributi si sommano:  $V = V_1 + V_2$ .

In figura i grafici dei due potenziali separati (nel caso  $q_1 > q_2$ ) e la loro somma.



**QUESITO n. 5. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E**

Poiché la configurazione dei due impulsi presenta una simmetria centrale rispetto al punto P, gli spostamenti generati separatamente in P dai due impulsi sono opposti ad ogni istante. Per il principio di sovrapposizione l'effetto è nullo e il punto P non oscilla.

Si può anche osservare che due impulsi sinusoidali, come quelli mostrati in figura, di uguale lunghezza d'onda e uguale ampiezza che si sovrappongono muovendosi in verso opposto a velocità uguali in modulo, generano onde stazionarie; in ogni punto la loro relazione di fase temporale determina l'ampiezza dell'oscillazione: nel punto P (dove gli impulsi risultano opposti ad ogni istante, come visto sopra) si forma un nodo dell'onda stazionaria.

**QUESITO n. 6. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  C**

La corrente nel filo è pari alla quantità di carica che, per unità di tempo, passa sulla linea di raccolta. In un tempo  $\Delta t$  la superficie interessata ha lunghezza  $v \Delta t$  e area  $av \Delta t$ .

La carica raccolta è quindi

$$\Delta q = av \sigma \Delta t \quad \Rightarrow \quad I = \Delta q / \Delta t = av \sigma.$$

Soluzione alternativa: si può trovare la risposta con un'analisi dimensionale, sapendo che

$$[a] = [L], \quad [v] = [L][T]^{-1}, \quad [\sigma] = [Q][L]^{-2} \quad \text{e} \quad [I] = [Q][T]^{-1}.$$

Le cinque alternative danno rispettivamente

$$\text{A: } [\sigma a / v] = [Q][L]^{-2} [L] [L]^{-1} [T] = [L]^{-2} [T] [Q]$$

$$\text{B: } [\sigma v / a] = [Q][L]^{-2} [L] [T]^{-1} [L]^{-1} = [L]^{-2} [T]^{-1} [Q]$$

$$\text{C: } [av \sigma] = [L] [L] [T]^{-1} [Q] [L]^{-2} = [Q] [T]^{-1} = [I]$$

$$\text{D: } [\sigma av^2] = [Q][L]^{-2} [L] [L]^2 [T]^{-2} = [L] [T]^{-2} [Q]$$

$$\text{E: } [av / \sigma] = [L] [L] [T]^{-1} [Q]^{-1} [L]^2 = [L]^4 [T]^{-1} [Q]^{-1}$$

**QUESITO n. 7. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

Nella trasformazione  $2 \rightarrow 3$   $\mathcal{L} = 0$  perché il volume è costante. Poiché il lavoro nel ciclo è la somma dei lavori nelle singole trasformazioni, si ha

$$\mathcal{L}_{\text{ciclo}} = \mathcal{L}_{12} + \mathcal{L}_{23} + \mathcal{L}_{31} \quad \Rightarrow \quad \mathcal{L}_{12} = \mathcal{L}_{\text{ciclo}} - \mathcal{L}_{31} = 30 \text{ J}.$$

Nella trasformazione isoterma  $1 \rightarrow 2$   $\Delta U = 0$  perché in un gas perfetto l'energia interna è funzione solo della temperatura. Applicando il primo principio a questa trasformazione si ottiene allora

$$Q_{12} = \mathcal{L}_{12} + \Delta U_{12} = 30 \text{ J}.$$

Si noti che per rispondere alla domanda non è necessario sapere che la trasformazione  $3 \rightarrow 1$  è adiabatica e quindi  $Q_{31} = 0$ . Se però si vuole completare la tabella occorre tenere conto di questa informazione, come pure del fatto che la variazione di energia interna nell'intero ciclo è nulla. La tabella completa è riportata qui a fianco.

	$Q$	$\mathcal{L}$	$\Delta U$
$1 \rightarrow 2$	+30 J	+30 J	0
$2 \rightarrow 3$	-20 J	0	-20 J
$3 \rightarrow 1$	0	-20 J	+20 J
Ciclo	+10 J	+10 J	0

**QUESITO n. 8. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

Il blocco non si muove verticalmente, quindi le forze verticali agenti sul blocco (peso e forza normale) si equilibrano. La forza risultante è allora la tensione  $\vec{T}$  del filo (il cui valore si legge sul dinamometro). È questa la responsabile dell'accelerazione (centripeta):

$$T = mv^2/r = 107 \text{ N}.$$

**QUESITO n. 9. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

In un ciclo di Carnot le quantità di calore scambiate con i due termostati sono proporzionali alle rispettive temperature assolute  $|Q_f|/Q_c = T_f/T_c$  dove  $Q_f$  è il calore ceduto al termostato freddo alla temperatura  $T_f$  e  $Q_c$  è il calore sottratto al termostato caldo alla temperatura  $T_c$ . Ne segue che

$$|Q_f| = \frac{T_f}{T_c} Q_c = 750 \text{ J}.$$

**QUESITO n. 10. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  B**

Poiché non ci sono momenti esterni, il momento angolare del sistema formato dai due dischi si conserva, quindi, posto  $I_0$  il momento d'inerzia di un disco e  $\omega$  la velocità angolare finale, avremo

$$I_0 \omega_0 = 2I_0 \omega \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{1}{2} \omega_0$$

e questo determina direttamente l'energia cinetica finale che vale

$$E = \frac{1}{2} (2I_0) \omega^2 = \frac{1}{2} E_0.$$

**QUESITO n. 11. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

Quando una molla di costante elastica  $k$  viene compressa (o allungata) di un tratto  $x$  rispetto alla sua posizione di equilibrio, immagazzina un'energia potenziale elastica  $U = \frac{1}{2} kx^2$ . Poiché non c'è attrito, nel corso del moto l'energia meccanica  $E = K + U$  (dove  $K$  è l'energia cinetica) si conserva

$$K + U = K_0 + U_0 = \frac{1}{2} kx_0^2$$

Il massimo valore dell'energia cinetica si avrà quindi quando l'energia potenziale avrà il suo valore minimo che è nullo; quindi

$$K_{\max} = \frac{1}{2} kx_0^2 = 0.6 \text{ J}.$$

**Soluzione alternativa:** si può osservare che la risultante delle forze agenti sul blocco è la forza elastica, e che dunque il moto del blocco è un moto armonico, in cui il massimo valore dell'energia cinetica è uguale al valore massimo dell'energia potenziale elastica.

**QUESITO n. 12. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  C**

Le forze esterne agenti sull'auto sono la forza peso, la reazione vincolare normale esercitata dall'asfalto e la forza di attrito esercitata sulle ruote. Quest'ultima è responsabile della deviazione dell'auto dal moto rettilineo mentre le prime due si equilibrano. Venendo a mancare l'attrito la risultante delle forze sarà nulla e quindi, trascurando eventuali rotazioni su se stessa, l'auto si muoverà di moto rettilineo uniforme nella direzione della velocità che aveva al momento dell'arrivo in P, cioè lungo la retta tangente in questo punto alla circonferenza.

**QUESITO n. 13. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

Per risolvere il quesito è necessario applicare il teorema di Gauss. Sia  $\rho$  la densità di carica del cilindro. Per calcolare il campo elettrico in un punto P interno al cilindro a distanza  $r$  dall'asse ( $r < R$ ) si consideri una superficie gaussiana cilindrica  $S$  con asse coincidente con l'asse del cilindro, raggio  $r$  e altezza  $h$ . Per questioni di simmetria il campo elettrico avrà una direzione radiale, e sarà costante in tutti i punti della superficie laterale del cilindro  $S$ . Il flusso sarà quindi  $\Phi(E) = 2\pi r h E(r)$ , essendo nullo il flusso sulle basi di  $S$ . La carica  $Q$  all'interno della superficie  $S$  è  $Q = \rho \pi r^2 h$ . Per il teorema di Gauss

$$2\pi r h E(r) = \frac{\rho \pi r^2 h}{\varepsilon_0} \quad \text{da cui segue} \quad E(r) = \frac{\rho}{2\varepsilon_0} r.$$

Questo mostra che all'interno del cilindro il campo è direttamente proporzionale a  $r$ , e quindi si possono escludere i casi B, D ed E.

Il campo elettrico in un punto esterno P a distanza  $r > R$  può essere determinato allo stesso modo; il flusso sarà ancora  $\Phi(E) = 2\pi r h E(r)$ , mentre questa volta la carica è  $Q = \rho \pi R^2 h$ , per cui il campo elettrico è

$$E(r) = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0} \frac{1}{r}.$$

Questo mostra che all'esterno del cilindro il campo elettrico è inversamente proporzionale alla distanza dall'asse. In definitiva l'unico grafico che mostra correttamente l'andamento del campo elettrico sia all'interno che all'esterno è quello in A.

---

**QUESITO n. 14. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

L'angolo limite dipende dal rapporto tra gli indici di rifrazione dei mezzi delimitati dalla superficie considerata; infatti per la legge di Snell

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{con} \quad \theta_1 = \theta_{\text{lim}} \quad \text{e} \quad \theta_2 = 90^\circ \quad \Rightarrow \quad \sin \theta_{\text{lim}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Il secondo mezzo (2) ha indice di rifrazione dato ( $n_2 = 1.5 = 3/2$ ) mentre quello del primo si ricava dalla prima rifrazione, essendo  $n_{\text{aria}} = 1$  con ottima approssimazione.

$$n_{\text{aria}} \sin 60^\circ = n_1 \sin 30^\circ \quad \Rightarrow \quad n_1 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3} \quad \text{da cui} \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \Rightarrow \quad \theta_{\text{lim}} = \arcsin \frac{\sqrt{3}}{2} = 60^\circ.$$

---

**QUESITO n. 15. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  C**

Nel punto più alto della traiettoria, essendo il moto in una dimensione, la velocità della palla è nulla, e lo è quindi anche la forza d'attrito. In questo punto l'unica forza agente sul corpo è il peso e di conseguenza l'accelerazione è indipendente dalla massa e pari a  $g$ .

---

**QUESITO n. 16. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E**

L'interferenza è costruttiva solo se la differenza fra i due cammini è un multiplo intero della lunghezza d'onda.

Nel caso D l'interferenza è distruttiva perché la differenza fra i cammini è mezza lunghezza d'onda; negli altri casi la differenza fra i due cammini non viene posta in relazione con la lunghezza d'onda, quindi non si può dire se l'interferenza sarà **sempre** costruttiva.

---

**QUESITO n. 17. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E**

Dal grafico si vede che ad una forza  $F$  nulla corrisponde una lunghezza di 10 cm, che è quindi la lunghezza della molla a riposo. Sempre dal grafico si deduce che alla forza di 1 N corrisponde una lunghezza della molla di 50 cm ossia un allungamento  $x = 40$  cm. Per la legge di Hooke la costante elastica è  $k = F/x = 2.5 \text{ N m}^{-1}$ .

---

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

Secondo il primo principio della dinamica gli unici corpi soggetti a forza risultante nulla sono quelli fermi o che si muovono di moto rettilineo uniforme. Tra i corpi presi in considerazione l'unico in moto rettilineo uniforme è la bicicletta. Il satellite si muove di moto circolare uniforme, quindi è soggetto ad un'accelerazione centripeta. Di conseguenza la forza risultante non può essere nulla (in questo caso, si tratta dell'attrazione gravitazionale della Terra). L'auto in frenata è soggetta ad un'accelerazione non nulla e quindi è soggetta ad una forza risultante diversa da zero, in verso opposto a quello della velocità.

**QUESITO n. 19. – RISPOSTA** ⇒ D

Sull'asta agiscono la forza  $\vec{F}_S$  esercitata dal filo fissato in S, la forza  $\vec{F}_T$  esercitata dal filo in T e la forza peso  $\vec{P}$ .

L'asta è in equilibrio, pertanto è nulla sia la risultante delle forze applicate su di essa sia la risultante dei momenti delle forze. Considerando la geometria del sistema, e calcolando i momenti rispetto al baricentro, si ha

$$F_S + F_T - P = 0 \quad (1) \quad \text{e} \quad F_S \ell_S - F_T \ell_T = 0 \quad (2)$$

dove  $\ell_S$  ed  $\ell_T$  sono rispettivamente le distanze di S e T dal baricentro.

Dalla (1) si ricava che il peso dell'asta è pari alla somma delle due tensioni (affermazione 1 vera).

Dalla (2) si ricava che

$$\ell_T = \frac{F_S}{F_T} \ell_S = \frac{2}{3} \ell_S \quad (\text{affermazione 2 falsa}).$$

Anche l'affermazione 3 è falsa. Infatti dalla (2) si ricava che il baricentro si trova a  $2/5$  della lunghezza dell'asta dalla parte di T e dunque non coincide con il punto X. Nella situazione descritta da questo caso la forza peso e la tensione dell'unico filo, applicate in punti diversi, farebbero ruotare l'asta.

**QUESITO n. 20. – RISPOSTA** ⇒ B

La velocità quadratica media  $v_{\text{qm}}$  è la radice quadrata della media dei quadrati delle velocità di traslazione delle molecole di un gas ed è legata alla temperatura assoluta dalla relazione  $\frac{1}{2} m v_{\text{qm}}^2 = \frac{3}{2} kT$ , essendo  $k$  la costante di Boltzmann.

I due gas hanno la stessa temperatura, quindi le velocità quadratiche medie sono inversamente proporzionali alla radice quadrata delle masse delle rispettive molecole. A temperatura ambiente entrambi i gas sono costituiti da molecole biatomiche, quindi il rapporto tra le masse molecolari è uguale al rapporto tra le masse atomiche:

$$\frac{v_{\text{qm}}(\text{H}_2)}{v_{\text{qm}}(\text{O}_2)} = \sqrt{\frac{m(\text{O}_2)}{m(\text{H}_2)}} = \sqrt{\frac{m(\text{O})}{m(\text{H})}}.$$

Poiché  $m(\text{O}) = 16 \text{ u}$  (dove u indica l'unità di massa atomica) e  $m(\text{H}) = 1 \text{ u}$ , il rapporto tra le masse vale 16, e dunque:

$$v_{\text{qm}}(\text{H}_2) = 4 v_{\text{qm}}(\text{O}_2) = 4 v.$$

**QUESITO n. 21. – RISPOSTA** ⇒ C

Posto  $v_0 = 2.0 \text{ m s}^{-1}$  la velocità del treno nell'istante del rilascio della moneta (che è anche la componente orizzontale della velocità della moneta per tutta la caduta), avremo che durante il tempo di caduta  $t_0 = 0.50 \text{ s}$ , il punto H avanza di un tratto pari a  $v_0 t_0 + \frac{1}{2} a t_0^2$  mentre la moneta di un tratto  $v_0 t_0$ . Il punto H sopravanza il punto di atterraggio della moneta di una quantità pari a  $\frac{1}{2} a t_0^2 = 0.10 \text{ m}$ .

**QUESITO n. 22. – RISPOSTA** ⇒ C

Dall'equazione di stato dei gas perfetti (o equivalentemente dalla legge di Boyle) si ricava immediatamente che per una trasformazione isoterma  $pV = k$ , dove  $k$  è una costante.

È noto inoltre che il volume è inversamente proporzionale alla densità:  $V = m/\delta$  dove  $m$  è la massa totale del gas. La legge pressione-densità è quindi del tipo:

$$p \frac{m}{\delta} = k \quad \Rightarrow \quad p = \frac{k}{m} \delta.$$

La legge rappresenta quindi una proporzionalità diretta.

**QUESITO n. 23. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E**

Per un'onda stazionaria non si può parlare propriamente di velocità. È vero che essa si può pensare prodotta dalla sovrapposizione di due onde con la stessa frequenza e la stessa ampiezza che si propagano in senso opposto, ma la velocità  $v$  di queste onde dipende dalla tensione  $T$  della corda, dalla sua lunghezza  $L$  e dalla sua massa  $M$ :  $v = \sqrt{TL/M}$ . Nessuna di queste grandezze dipende dal tempo, e quindi la velocità delle onde che sovrapponendosi formano l'onda stazionaria è costante.

In un'onda stazionaria su una corda con entrambe le estremità fisse (come quella di una chitarra), in tutta la corda dev'essere contenuto un numero intero  $n$  di mezze lunghezze d'onda:  $L = n\lambda/2$ , e quindi anche la lunghezza d'onda non varia col tempo.

Periodo  $T$  e frequenza  $\nu$  sono legati a lunghezza d'onda e velocità dalla relazione:  $\nu = 1/T = v/\lambda$  e quindi anche queste grandezze sono costanti. L'ampiezza è legata all'energia immagazzinata nella corda vibrante (quest'ultima è direttamente proporzionale al quadrato dell'ampiezza). L'energia diminuisce col tempo, in parte per attrito, in parte per emissione di onde sonore; di conseguenza l'ampiezza diminuisce gradualmente.

**QUESITO n. 24. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  C**

La massa della moneta da 0.01 € è dell'ordine del grammo. 100 € sono costituiti da 10 000 monetine da un centesimo, quindi la massa complessiva del sacchetto è dell'ordine della decina di chilogrammi, e il peso corrispondente sarà di qualche centinaio di newton.

Per la precisione, la massa di una monetina da un centesimo di euro è 2.30 g, quindi la massa complessiva del sacchetto è di 23.0 kg e il peso risulta 226 N.

**QUESITO n. 25. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

L'energia cinetica massima dei fotoelettroni è data dalla differenza tra l'energia posseduta dai fotoni della radiazione incidente,  $h\nu$  ( $h$  è la costante di Planck e  $\nu$  è la frequenza della radiazione), e il lavoro di estrazione. È chiaro quindi che se la frequenza della radiazione incidente è la stessa e il lavoro di estrazione è minore, l'energia cinetica massima dei fotoelettroni è maggiore; da ciò segue che la prima proposizione è vera. A maggior ragione anche la seconda proposizione è vera. La terza proposizione invece è falsa in quanto l'emissione avviene solo se la frequenza della radiazione incidente è maggiore di un valore di soglia, caratteristico del materiale. L'alternativa corretta è quindi la D.

**QUESITO n. 26. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  A**

Considerando il sistema formato dai tre carrellini, poiché le forze esterne hanno risultante nulla la quantità di moto totale si conserva e il suo valore finale deve quindi essere pari a  $Q = mv$  verso destra (direzione assunta come positiva). Questo esclude le alternative B, C, D che hanno rispettivamente  $Q = 0.2mv$  verso destra,  $Q = 0$ ,  $Q = 0.2mv$  verso destra.

Inoltre essendo l'urto elastico si deve conservare anche l'energia del sistema, in questo caso esclusivamente cinetica. Questa inizialmente vale  $\frac{1}{2}mv^2$ ; nell'alternativa A l'energia cinetica finale ha questo stesso valore, mentre nell'alternativa E vale  $2.1mv^2$ .

**Soluzione alternativa:** poiché X e Y hanno la stessa massa e Y è fermo, nell'urto elastico tra i due l'energia cinetica e la quantità di moto si trasferiscono integralmente dal primo al secondo carrellino: X si ferma e Y si muove con la stessa velocità che aveva X. Quando Y urta Z, essendo nota la velocità finale di Z ( $0.4v$  verso destra), basta considerare la conservazione della quantità di moto

$$mv = mv_Y + (4m)(0.4v) \quad \Rightarrow \quad v_Y = -0.6v.$$

Quindi Y ritorna indietro. Infine Y urta X che è fermo e gli trasferisce energia e quantità di moto: Y si ferma e X si muove verso sinistra con velocità  $-0.6v$  cioè  $0.6v$  verso sinistra.

Si noti che la velocità finale di Z dopo l'urto con Y si ricava dalla conservazione della quantità di moto e dell'energia cinetica: il quesito si poteva risolvere anche senza conoscere questo dato (ovviamente, al prezzo di calcoli sensibilmente più laboriosi).

**QUESITO n. 27. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  B**

L'accelerazione di un corpo sulla superficie di un pianeta di massa  $M$  e raggio  $R$  vale  $a = GM/R^2$  ove  $G$  è la costante di gravitazione universale. Poiché la massa di un corpo sferico, a parità di densità media, è direttamente proporzionale a  $R^3$ , si deduce che  $a$  è direttamente proporzionale a  $R$ . Quindi raddoppiando  $R$  l'accelerazione raddoppia:  $g_X = 2g$ .

**QUESITO n. 28. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  E**

Tutte e tre le alternative comportano una variazione nel tempo del flusso del campo magnetico attraverso l'avvolgimento e quindi, per la legge di Faraday-Neumann-Lenz, la generazione di una forza elettromotrice.

**QUESITO n. 29. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

In un intervallo di tempo  $\Delta t$  un motore con una potenza massima  $W$  può erogare al massimo un'energia  $E_{\max} = W \Delta t$ . Se questa energia viene spesa interamente per sollevare il corpo, andrà ad incrementare la sua energia potenziale gravitazionale di una quantità  $\Delta U = mg \Delta h = P \Delta h$ , dove  $P$  indica il peso del corpo. Questo potrà quindi venir sollevato al massimo di un'altezza

$$\Delta h = \frac{W \Delta t}{P} = 24 \text{ m}.$$

**QUESITO n. 30. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

Detta  $R^*$  la resistenza equivalente di un circuito (puramente resistivo) la potenza dissipata è  $W = \mathcal{E}^2/R^*$ ; il circuito che dissipa più potenza è quindi quello di resistenza equivalente minore.

Il calcolo delle resistenze equivalenti è immediato per i primi quattro circuiti costituiti da semplici serie o paralleli di resistenze uguali:

$$R_A^* = R; \quad R_B^* = \frac{1}{2} R; \quad R_C^* = 3R; \quad R_D^* = \frac{1}{4} R.$$

Per il quinto circuito formato da tre rami in parallelo si ha

$$\frac{1}{R_E^*} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{7}{3R} \quad \Rightarrow \quad R_E^* = \frac{3}{7} R. \quad \text{Dunque la minima resistenza equivalente è } R_D^*.$$

È possibile rispondere anche senza calcolare esplicitamente le cinque resistenze equivalenti, osservando che se in un ramo si aggiunge una resistenza in serie allora la resistenza equivalente di quel ramo è maggiore di quella iniziale e la resistenza equivalente dell'intero circuito aumenta, mentre se ad un ramo si aggiunge una resistenza in parallelo la resistenza equivalente dei due rami è minore di quella di ogni ramo e la resistenza equivalente del circuito diminuisce. Questo basta per dire che

$$R_C^* > R_A^* > R_B^* > R_D^* \quad \text{e che} \quad R_E^* > R_{3p} > R_D^*$$

dove  $R_{3p}$  è la resistenza equivalente di un circuito (non presente) con tre resistori uguali in parallelo.

Si arriva così alla medesima risposta.

**QUESITO n. 31. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  D**

In assenza di resistenza dell'aria, la freccia, come ogni "grave", descrive una parabola nel campo di gravità uniforme. Se dunque la velocità iniziale è orizzontale, la freccia colpisce un punto del bersaglio al di sotto del centro a distanza  $h$  da questo.

Il tempo di volo  $t$  si ricava dallo spostamento verso il basso della freccia durante il volo: poiché la velocità iniziale della freccia,  $v_0$ , è orizzontale,  $t = \sqrt{2h/g}$ . Lungo la direzione orizzontale il moto è rettilineo e uniforme con velocità  $v_0$ , per cui (indicando con  $d$  la distanza del bersaglio)

$$v_0 = \frac{d}{t} = d \sqrt{\frac{g}{2h}} = 63 \text{ m s}^{-1}.$$

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

L'indice di rifrazione assoluto  $n$  di un mezzo è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto  $c$  e la velocità della luce  $v$  nel mezzo. Quindi  $v = c/n = 1.3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . Si osservi che l'alternativa E va scartata a priori in quanto la velocità è maggiore della velocità della luce nel vuoto.

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

Se si ricorda che  $1 \text{ V m}^{-1}$  è l'unità di misura del campo elettrico e che questo è, per definizione, una forza per unità di carica (e dunque si può misurare anche in  $\text{N C}^{-1}$ ) si trova direttamente l'alternativa corretta.

Soluzione alternativa: per confrontare le unità di misura è necessario ricondurle tutte a prodotti di potenze delle unità fondamentali: il metro (m) per la lunghezza, il chilogrammo (kg) per la massa, il secondo (s) per il tempo e l'ampere (A) per la corrente elettrica. Serve qui ricordare le unità di forza, di lavoro e di carica elettrica:

$$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}; \quad \text{J} = \text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}; \quad \text{C} = \text{A s}$$

dove, per brevità si è omissso il valore numerico 1 (per es.  $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$ ). Ricordando poi che una d.d.p. rappresenta un lavoro per unità di carica elettrica si trova  $\text{V} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}$ .

Per l'unità data nel testo e per le cinque alternative si possono quindi scrivere queste equivalenze

$$\begin{array}{lll} \text{V m}^{-1} & = (\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}) \text{m}^{-1} & = \text{kg m s}^{-3} \text{A}^{-1} \\ \text{A: J V}^{-1} & = (\text{kg m}^2 \text{s}^{-2})(\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1})^{-1} & = \text{A s} \\ \text{B: J C}^{-1} & = (\text{kg m}^2 \text{s}^{-2})(\text{A s})^{-1} & = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1} \\ \text{C: N A}^{-1} \text{m}^{-1} & = (\text{kg m s}^{-2}) \text{A}^{-1} \text{m}^{-1} & = \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1} \\ \text{D: N m}^2 \text{C}^{-2} & = (\text{kg m s}^{-2}) \text{m}^2 (\text{A s})^{-2} & = \text{kg m}^3 \text{A}^{-2} \text{s}^{-4} \\ \text{E: N C}^{-1} & = (\text{kg m s}^{-2})(\text{A s})^{-1} & = \text{kg m s}^{-3} \text{A}^{-1} \end{array}$$

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

Le onde sonore sono delle oscillazioni nella materia, che si propagano a causa delle proprietà elastiche del mezzo. In un fluido, queste oscillazioni avvengono nella direzione di propagazione dell'onda: si tratta quindi di onde longitudinali (alternativa B errata), e di conseguenza per esse non si può parlare di polarizzazione (alternativa E errata). Nel vuoto, non ci sono particelle che possono oscillare, e quindi non ci sono onde sonore (alternativa D errata).

La luce è un'onda elettromagnetica, ovvero un'oscillazione di campi elettrici e magnetici concatenati le cui direzioni sono perpendicolari alla direzione di propagazione: si tratta quindi di un'onda trasversale (alternativa A errata), e come tale può essere polarizzata. Poiché i campi elettrici e magnetici possono esistere anche nel vuoto, la luce si può propagare nel vuoto, come è immediato constatare ad esempio se si pensa che sulla Terra ci arriva la luce del Sole e delle altre stelle.

Ogni onda che si propaga, di qualunque tipo, trasporta energia. In definitiva, l'unica caratteristica comune, tra quelle elencate nelle alternative di risposta, è proprio questa.

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

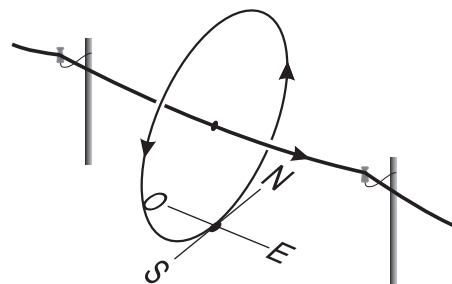
Poiché il circuito è acceso da molto tempo, si può ritenere a regime. Nel ramo con il condensatore dunque non circola corrente; di conseguenza la tensione è tutta ai capi del condensatore, e sarà uguale a quella che si ha nel ramo collegato in parallelo, cioè quello che contiene la resistenza da  $200 \Omega$ . La tensione  $V'$  su questo ramo è

$$V' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V = 4.0 \text{ V} \quad \text{dove è stato posto} \quad R_1 = 100 \Omega \quad \text{e} \quad R_2 = 200 \Omega.$$



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

Le linee di campo prodotte da una corrente che scorre in un filo rettilineo indefinito sono circonferenze su piani perpendicolari al filo e aventi per centro un punto del filo. Assimilando il caso in esame a questa situazione, si deduce che il campo in un punto al di sotto della linea è orizzontale e, per la regola della mano destra (o altra analoga), è diretto verso nord.

**QUESITO n. 37. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  [C]**

Dato che la velocità con cui il blocco sale è costante, la forza applicata è, in modulo,  $F = mg$  ed il lavoro fatto dalla gru  $\mathcal{L} = Fh = mgh$ . Ne segue

$$m = \frac{\mathcal{L}}{gh} = 245 \text{ kg}.$$

Soluzione alternativa: si può osservare che, siccome l'energia cinetica del blocco è costante, il lavoro fatto dalla gru va tutto ad incrementare l'energia potenziale:  $\mathcal{L} = \Delta U = mgh$ .

**QUESITO n. 38. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  [E]**

L'aggiunta di sale all'acqua pura ne innalza il punto di ebollizione. Il fenomeno è chiamato *innalzamento ebullioscopico*.

Nelle situazioni in cui la pentola ha il coperchio, risulta rallentata la dispersione nell'ambiente del vapore acqueo prodotto e di conseguenza aumenta la pressione nella parte superiore della pentola. L'ebollizione si verifica quando la pressione di vapore saturo è uguale alla pressione esterna; quindi, se quest'ultima aumenta, l'ebollizione avverrà quando la pressione di vapore saturo raggiunge un valore più alto. Poiché la pressione di vapore saturo è funzione crescente della temperatura, risulta in definitiva che aumentando la pressione esterna aumenta la temperatura di ebollizione.

Nella situazione considerata nell'alternativa E sono presenti sia il sale sia il coperchio e dunque, tra le cinque alternative, è quella che ha il più alto punto di ebollizione.

Da notare che la pressione di vapor saturo e la temperatura di vapor saturo non dipendono dalla quantità di liquido presente in forma liquida e pertanto le alternative A e C sono equivalenti (ed errate).

**QUESITO n. 39. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  [B]**

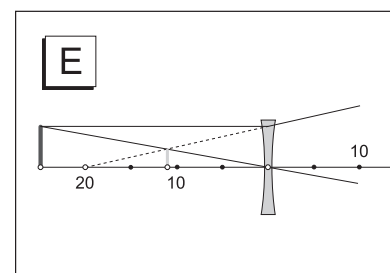
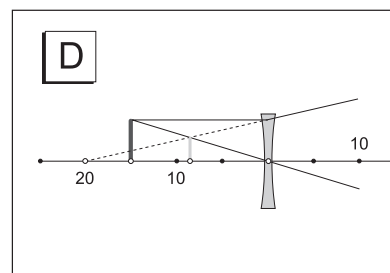
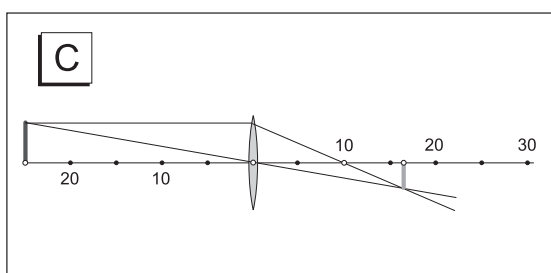
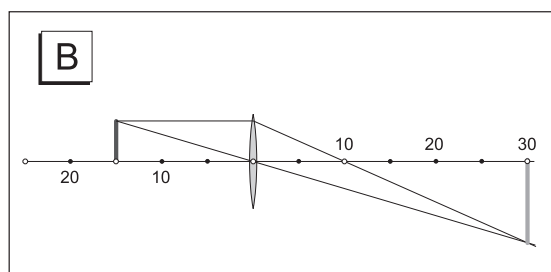
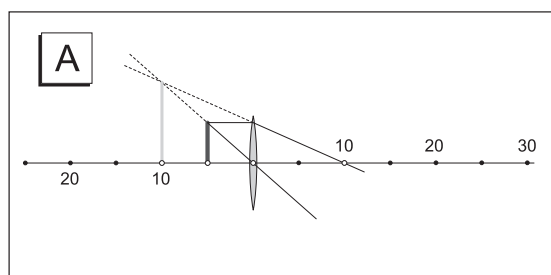
In una reazione nucleare si conserva sia la carica elettrica (espressa in unità di cariche elementari dal numero in basso) sia il numero di massa, cioè il numero di nucleoni (ovvero protoni e neutroni, espresso dal numero in alto). Affinché la reazione sia bilanciata la particella X deve essere neutra e avere numero di massa zero. Tra le alternative fornite solamente il fotone soddisfa questi requisiti.

Tutte le altre particelle citate hanno carica elettrica. Inoltre il protone ha numero di massa  $A = 1$  e la particella  $\alpha$  ha  $A = 4$ .

**QUESITO n. 40. – RISPOSTA  $\Rightarrow$  [A]**

Una lente divergente forma sempre immagini virtuali ma rimpicciolite, e questo esclude le alternative D ed E. Una lente convergente forma immagini virtuali (che sono sempre ingrandite) solo quando la distanza tra la sorgente e la lente è minore della distanza focale. L'unico caso che risponde alla domanda è quello considerato nell'alternativa A.

Di seguito sono riportati gli schemi ottici delle cinque alternative; in ciascuna l'oggetto è disegnato in nero, la sua immagine in grigio più scuro se è reale o più chiaro se è virtuale.



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.