Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO AIF OLIMPIADI

32ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2018

Gara di 1° livello

Martedì 12 Dicembre 2017

Soluzione

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

L'energia potenziale gravitazionale dell'oggetto è $U = mgh$. Quando l'oggetto sale, questa energia aumenta a un tasso $dU/dt = mg\,dh/dt = mgv$. Poiché la velocità è costante, l'energia cinetica non varia, e dunque, la potenza W che occorre fornire deve essere come minimo uguale a quella necessaria per aumentare l'energia potenziale:

$$W = \frac{dU}{dt} = mgv \approx 100\,\mathrm{W}\,.$$

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

Tra quelle citate, energia cinetica, massa, energia potenziale, lavoro e potenza sono grandezze scalari, mentre accelerazione, spostamento, quantità di moto, velocità e peso sono vettoriali. L'unica coppia costituita da una grandezza scalare e una vettoriale è pertanto la E.

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

La parete fissa che riflette le onde acustiche può essere interpretata come un ricevitore che riemette istantaneamente il suono alla frequenza ricevuta. Questa, per effetto Doppler, a causa del moto della sorgente, è data da

$$f' = f\,\frac{u}{u-v}\,.$$

Ancora per effetto Doppler, ma questa volta a causa del moto del rivelatore sul carrello, la frequenza ricevuta sarà

$$f'' = f'\,\frac{u+v}{u} \quad\Rightarrow\quad f'' = f\,\frac{u+v}{u-v}\,.$$

Alternativamente, si può pensare che, analogamente a quanto succede in ottica, nella riflessione da una superficie piana si formi una "immagine" della sorgente al di là della parete, cioè che le onde provengano da un "carrellino virtuale" che si muove verso quello reale con velocità v. Siamo dunque in una situazione in cui sorgente e rivelatore sono entrambi in moto rispetto al mezzo di propagazione, e la formula che si applica è la E.

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

Poiché l'unica forza che compie lavoro sul corpo è $\vec{F}$ (peso e forza normale sono ortogonali allo spostamento e comunque hanno risultante nulla), utilizzando il teorema dell'energia cinetica (detto anche "delle forze vive"), si ha che

$$-Fd = 0 - \frac{1}{2}mv^2 \quad\Rightarrow\quad d = \frac{mv^2}{2F}\,.$$

Per il secondo carrello basta sostituire $2m$ e $3v$ rispettivamente ad m e v. Detta d' la distanza percorsa dal carrello B si ha quindi

$$d' = \frac{2m(3v)^2}{2F} = \frac{18\,mv^2}{2F} = 18\,d\,.$$

QUESITO n. 5. – RISPOSTA ⇒ E

Il periodo del segnale (ricavabile ad esempio dalla distanza tra due massimi) è pari a quattro quadretti. Poiché sulla scala dei tempi un quadretto corrisponde a 0.5 ms il periodo è $T = 2.0\,\mathrm{ms}$ e di conseguenza la frequenza è $\nu = 1/T = 500\,\mathrm{Hz}$.

QUESITO n. 6. – RISPOSTA ⇒ C

Le leggi orarie delle due palle, nel loro moto verticale lungo l'asse z, positivo verso l'alto, sono

$$z_1(t) = h_0 - v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$z_2(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

essendo h_0 l'altezza della terrazza rispetto al livello della strada e v_0 il modulo della velocità iniziale.

Nell'istante t_1 in cui le altezze sono uguali, cioè per $2v_0 t_1 = h_0$ ovvero per $t_1 = h_0/(2v_0)$ si ha

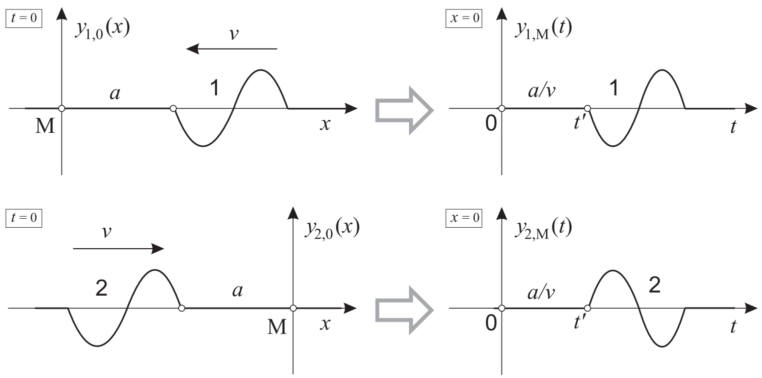
$$z_1(t_1) = z_2(t_1) = \frac{h_0}{2} - \frac{1}{2} g \frac{h_0^2}{4v_0^2} = \frac{h_0}{2}\left(1 - \frac{h_0 g}{4v_0^2}\right) = 3.4\,\mathrm{m}\,.$$

Alternativamente: se ci si mette in un sistema di riferimento in caduta libera, inizialmente fermo, le due palle si muovono di moto rettilineo uniforme con velocità v_0. Poiché la loro distanza iniziale è h_0, si incontrano nell'istante $t_1 = h_0/(2v_0)$. Ovviamente, l'incontro avviene nel centro di massa del sistema, che inizialmente è alla quota $h_0/2$ e nell'istante t_1 si trova alla quota $h = h_0/2 - (1/2) g t_1^2$. Si ritrova quindi il risultato precedente.

QUESITO n. 7. – RISPOSTA ⇒ C

Si può osservare che la configurazione è caratterizzata da una simmetria centrale attorno al punto M, che si mantiene durante il moto perché i due impulsi viaggiano alla stessa velocità (la velocità delle onde su una fune dipende solo dalle caratteristiche del mezzo di propagazione). Di conseguenza in ogni istante gli spostamenti $y_{1,\mathrm{M}}(t)$ e $y_{2,\mathrm{M}}(t)$ che ciascun impulso, singolarmente, produrrebbe sul punto M sono opposti: $y_{1,\mathrm{M}}(t) = -y_{2,\mathrm{M}}(t)$; essi appaiono quindi in controfase ad ogni istante. Per il principio di sovrapposizione, lo spostamento risultante $y_\mathrm{M}(t) = y_{1,\mathrm{M}}(t) + y_{2,\mathrm{M}}(t)$ sarà allora nullo in ogni istante. Il grafico corretto è dunque C.

La situazione è rappresentata con maggior dettaglio dalla figura seguente, in cui si mostrano separatamente i due impulsi: in alto, l'impulso 1 è quello che si muove da destra verso l'origine fissata nel punto M; in basso, il 2, quello che proviene da sinistra.



AIF – Olimpiadi di Fisica 2018 Gara di 1° livello – 12 Dicembre 2017

Materiale elaborato dal Gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica

e-mail: `segreteria@olifis.it`

WEB: `www.olifis.it`

NOTA BENE

Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

Quesito n. 37. – Risposta ⇒ C

Il potenziale di una carica puntiforme Q, in un punto a distanza d dalla sorgente, è $Q/(4\pi\varepsilon_0 d)$. Per il principio di sovrapposizione, il potenziale di una distribuzione di cariche è la somma algebrica dei potenziali di ciascuna sorgente. Nella situazione considerata, detto ℓ il lato del quadrato, il potenziale è quindi

$$V = V_\mathrm{A} + V_\mathrm{B} + V_\mathrm{C} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\ell} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\ell} - \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\ell\sqrt{2}} = 2.3\times10^4\ \mathrm{V}\,.$$

Quesito n. 38. – Risposta ⇒ A

Per la legge di Lorentz una carica q di massa m che entra in un un campo magnetico $\vec{B}$ con velocità $\vec{v}$ perpendicolare al campo subisce una forza di modulo $F = qvB$, per effetto della quale si muove di moto uniforme su un arco di circonferenza di raggio R, perpendicolare al campo. In assenza di altre forze, dalla seconda legge della dinamica si ha

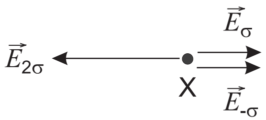
$$qvB = ma = \frac{mv^2}{R} \quad \text{da cui} \quad R = \frac{mv}{qB}\,.$$

Dato che il raggio è direttamente proporzionale sia alla massa che alla velocità, raddoppiando entrambe il raggio quadruplica. L'alternativa corretta è quindi la A.

Quesito n. 39. – Risposta ⇒ C

Il campo elettrico generato da una distribuzione di carica piana e uniforme σ è un vettore avente modulo $|\sigma|/(2\varepsilon_0)$, direzione perpendicolare alla distribuzione e verso rivolto verso questa se è negativa, in verso opposto nel caso contrario.

La figura mostra i campi generati nel punto X da ciascuna distribuzione. Per il principio di sovrapposizione, il campo elettrico risultante è la somma vettoriale dei campi generati dalle singole sorgenti. Come si può vedere, in questo caso il campo risultante è nullo.



Quesito n. 40. – Risposta ⇒ B

Trascurando l'altezza dell'orbita della sonda sulla superficie lunare, il periodo del moto è $T = 2\pi R/v$.

Sapendo che la forza centripeta è data dalla forza di attrazione gravitazionale (cioè dal peso della sonda)

$$F_\mathrm{c} = \frac{mv^2}{R} = mg_\mathrm{L} \quad \text{da cui} \quad v = \sqrt{R\,g_\mathrm{L}} \quad \text{e risulta quindi} \quad T = \frac{2\pi R}{\sqrt{R\,g_\mathrm{L}}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g_\mathrm{L}}} = 6.5\times10^3\ \mathrm{s}\,.$$

Nei grafici a sinistra essi sono "fotografati" nella posizione iniziale descritta nel testo; sia $t = 0$ questo istante. Gli impulsi sono quindi descritti dallo spostamento, $y_{1,0}(x)$ e $y_{2,0}(x)$ rispettivamente, dei punti della fune in funzione della posizione x.

Nei grafici a destra invece, gli spostamenti $y_{1,\mathrm{M}}(t)$ e $y_{2,\mathrm{M}}(t)$ che ciascuno di essi, singolarmente, produrrebbe nel punto M, sono rappresentati in funzione del tempo t.

Poiché i due impulsi sono inizialmente equidistanti da M, a distanza a, e viaggiano alla stessa velocità v, arriveranno in M nello stesso istante, $t' = a/v$. Come si può vedere, in ogni istante i due spostamenti sono opposti: $y_{1,\mathrm{M}}(t) = -y_{2,\mathrm{M}}(t)$ come detto sopra.

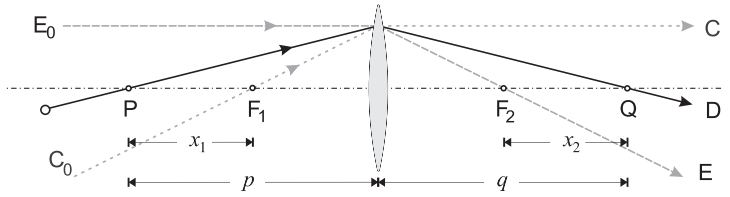
Quesito n. 8. – Risposta ⇒ D

L'equazione di stato dei gas perfetti è $pV = nRT$, dove n è la quantità di materia espressa in moli ed R la costante dei gas. Riarrangiando in modo opportuno i termini, questa equazione può essere scritta nella forma $T/V = p/(nR)$, dalla quale si vede che il rapporto T/V è direttamente proporzionale a p, essendo il rapporto $1/(nR)$ costante per una data massa di gas. Il grafico corretto è quindi D.

Quesito n. 9. – Risposta ⇒ D

Trattandosi di una lente biconvessa, e quindi convergente, il raggio A è da escludersi perché si potrebbe avere solo con una lente divergente; analogamente va escluso il raggio B che non viene deflesso dalla lente, cosa che – per una lente sottile – avviene solo per i raggi passanti per il centro.

Il raggio E passa per il fuoco F_2, quindi il corrispondente raggio incidente (chiamiamolo E_0) dovrebbe essere parallelo all'asse ottico; il raggio C è parallelo all'asse ottico, quindi il corrispondente raggio incidente (C_0) dovrebbe passare per il fuoco F_1. Poiché il raggio incidente che stiamo considerando è compreso tra C_0 ed E_0, per continuità il raggio uscente deve essere compreso tra C ed E, e quindi è D.



Soluzioni alternative:

Il raggio parte da un punto P dell'asse ottico a distanza dalla lente $p > f$. Dopo essere stato deflesso, intersecherà l'asse nel punto Q a una distanza q dalla lente data dalla legge dei punti coniugati

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

Ricavando q si trova: $q = fp/(p-f)$ che è un valore positivo finito. Le alternative A, B e C sono quindi sbagliate. Dato che $p > f$, si ha anche che

$$q = \frac{fp}{p-f} > \frac{fp}{p} = f\,.$$

L'alternativa corretta è quindi l'unica con $q > f$, cioè la D.

Alla stessa conclusione si arriva usando l'equazione di Newton dei punti coniugati: $x_1 x_2 = f^2$, dove x_1 e x_2 sono le lunghezze dei segmenti (orientati) PF_1 e $\mathrm{F}_2\mathrm{Q}$; se x_1 è positivo e finito anche x_2 deve esserlo.

Si osserva infine che in figura è rappresentato il caso particolare $p = q = 2f$ ovvero $x_1 = x_2 = f$.

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

Nelle condizioni descritte nel problema il momento delle forze esterne agenti sul sistema (composto dalla ragazza e dalla piattaforma) è nullo e di conseguenza il momento angolare totale si conserva ed è nullo perché il sistema è inizialmente fermo. Quando la ragazza si mette in moto a velocità v lungo il perimetro della piattaforma, il suo momento angolare, rispetto all'asse di rotazione della piattaforma, è MRv. Quello della piattaforma è opposto e vale, in modulo, $I\omega$. Uguagliando i moduli dei due momenti si ricava la velocità di rotazione della piattaforma

$$\omega = \frac{MRv}{I}\,.$$

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

In un liquido di densità ρ, ad una profondità h rispetto alla superficie, la pressione P è

$$P = P_0 + \rho g h$$

dove P_0 è la pressione alla superficie e g è l'accelerazione di gravità. La pressione quindi dipende linearmente sia dalla densità sia dalla profondità.

Si può notare che, ovviamente, non esistono liquidi con densità nulla: la densità minima è quella dell'idrogeno liquido, che è circa 0.07 volte la densità dell'acqua.

QUESITO n. 12. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{C}}$

La velocità di un'onda è legata alla lunghezza d'onda λ e al periodo T dalla relazione $v = \dfrac{\lambda}{T}$, mentre è indipendente dall'ampiezza dell'onda. La velocità è quindi:

$$v = \frac{\lambda}{T} = 3.6\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

QUESITO n. 13. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{B}}$

L'efficienza di un trasformatore è definita come il rapporto tra la potenza trasferita al circuito secondario e quella nel circuito primario. Se l'efficienza è il 100 % le due potenze sono uguali, indipendentemente dal numero di spire dei due circuiti.

QUESITO n. 14. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{E}}$

Poiché l'espansione avviene a pressione costante, il lavoro compiuto dal gas è $p\Delta V$. Per lo stesso motivo, dall'equazione di stato dei gas perfetti si ricava $p\Delta V = nR\,\Delta T$.

Le alternative errate rappresentano: A il lavoro di un gas in una trasformazione isocora, B il lavoro compiuto dal gas in una trasformazione isotermica, C il calore assorbito dal gas in una trasformazione isobara, D un'espressione dimensionalmente scorretta.

QUESITO n. 15. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Non si ha luce riflessa se i due raggi riflessi sono in opposizione di fase tra loro, ovvero se lo sfasamento tra di essi è un multiplo dispari di π radianti: $\Delta\varphi = (2k+1)\,\pi$ rad dove k è un numero intero.

Nella riflessione sulla superficie di separazione tra due mezzi, se l'indice di rifrazione del secondo mezzo è maggiore di quello del primo, la luce subisce uno sfasamento di π rad; in questo caso dunque in entrambe le riflessioni la luce subisce una tale variazione di fase e quindi lo sfasamento tra i due raggi riflessi resta dovuto solo alla differenza di cammino; questa è pari a $2s$ per cui, per un'incidenza normale, $\Delta\varphi = 2\pi(2s/\lambda')$ dove $\lambda' = \lambda/n_1$ è la lunghezza d'onda della luce nello spessore della pellicola.

AIF – Olimpiadi di Fisica 2018 Gara di 1° livello – 12 Dicembre 2017

QUESITO n. 32. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{A}}$

Ciascuna lampadina dissipa una potenza $P_0 = 60\,\mathrm{W}$ quando è collegata a una differenza di potenziale $V_0 = 220\,\mathrm{V}$. In questa condizione, detta R la resistenza di una lampadina, la corrente che passa attraverso la lampadina è $I_0 = V_0/R$ e $P_0 = V_0^2/R = I_0^2 R$.

Quando le lampadine sono collegate in serie, in ciascuna di esse scorre una corrente

$$I_1 = \frac{V_0}{3R} = \frac{1}{3} I_0 \quad \text{e pertanto la potenza dissipata è} \quad P_1 = I_1^2 R = \frac{1}{9} P_0 = 6.7\,\mathrm{W}\,.$$

In alternativa, si può osservare che quando le lampadine sono collegate in serie la resistenza equivalente è $3R$ e dunque la potenza totale è $P_\mathrm{T} = V_0^2/(3R) = P_0/3$. Per simmetria ciascuna lampadina dissipa $P_\mathrm{T}/3 = P_0/9$.

Come si vede la potenza di ciascuna lampadina è molto minore della potenza nominale di 60 W. La potenza infatti non è una proprietà intrinseca della lampadina, ma dipende dalle condizioni d'uso.

QUESITO n. 33. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{B}}$

Dalla tabella fornita in allegato al testo della prova si ricava che il calore latente di fusione dell'acqua vale $\lambda_\mathrm{f} = 3.335\times10^5\,\mathrm{J\,kg^{-1}}$. Dalla relazione $Q = \lambda_\mathrm{f}\,m$, dove Q è il calore fornito e m la massa, si ottiene $Q = 1.0\,\mathrm{MJ}$.

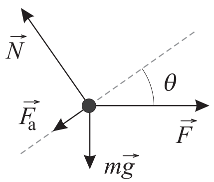
QUESITO n. 34. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{E}}$

In questo urto, le uniche forze impulsive sono quelle che si esercitano tra le due automobili. Rispetto al sistema formato dalle due automobili, queste forze sono interne, pertanto la quantità di moto totale del sistema "si conserva", nel senso che il suo valore immediatamente dopo lo scontro è uguale a quello che si ha immediatamente prima. Nell'urto si ha semplicemente un trasferimento di quantità di moto da un'automobile all'altra, per cui la variazione della quantità di moto delle due auto è, in modulo, la stessa.

QUESITO n. 35. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{C}}$

Poiché il blocco si muove, l'attrito è dinamico e il suo modulo è quindi $F_\mathrm{a} = \mu N$, dove N è il modulo della forza normale che il piano esercita sul blocco. Poiché lungo la direzione ortogonale al piano c'è equilibrio, deve valere la relazione

$$N = F\,\mathrm{sen}\,\theta + mg\cos\theta\,.$$



QUESITO n. 36. – RISPOSTA ⇒ $\boxed{\text{B}}$

Per la legge di Snell, si ha $\mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{B}/\mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{a} = v_\mathrm{B}/c$, dove v_B è la velocità di propagazione delle onde nel mezzo B e abbiamo tenuto conto del fatto che la velocità della luce nell'aria è con ottima approssimazione uguale a quella nel vuoto c. Da qui si ricava immediatamente

$$v_\mathrm{B} = \frac{\mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{B}}{\mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{a}}\,c = 2.1\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

Alternativamente, scrivendo la legge di Snell nella forma $n_2\,\mathrm{sen}\,\alpha_2 = n_1\,\mathrm{sen}\,\alpha_1$ (dove n è l'indice di rifrazione) e ricordando che per l'aria $n = 1$, si ha $n_\mathrm{B} = \mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{a}/\,\mathrm{sen}\,\alpha_\mathrm{B}$. Tenendo conto del fatto che $n_\mathrm{B} = c/v_\mathrm{B}$, si ottiene lo stesso risultato.

Quesito n. 28. – Risposta ⇒ B

Dalla tabella dei valori delle costanti ricaviamo che la carica elementare vale $e = 1.60218 \times 10^{-19}$ C e che la velocità della luce è $c = 2.9979 \times 10^8 \, \mathrm{m\,s^{-1}}$. Pertanto

$$m = 30.7 \frac{\mathrm{GeV}}{c^2} = 30.7 \frac{10^9 \cdot 1.60218 \times 10^{-19}\,\mathrm{C\,V}}{(2.9979 \times 10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}})^2} = 5.47 \times 10^{-26}\,\mathrm{J\,s^2\,m^{-2}} = 5.47 \times 10^{-26}\,\mathrm{kg}\,.$$

Alternativamente, siccome nella tabella delle costanti le masse dell'elettrone, del protone e del neutrone sono date sia in chilogrammi sia in multipli di eV/c^2, si può effettuare la conversione delle unità con una semplice proporzione. Scegliendo ad esempio il protone, e indicando con m la massa della particella, si può scrivere:

$$\frac{m}{m_\mathrm{p}}\,[\text{in kg}] = \frac{m}{m_\mathrm{p}}\,[\text{in GeV}/c^2] \quad \Rightarrow \quad m\,[\text{in kg}] = m_\mathrm{p}\,[\text{in kg}]\,\frac{m}{m_\mathrm{p}}\,[\text{in GeV}/c^2]$$

$$m = 1.67262 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg}\,\frac{30.7\,\mathrm{GeV}/c^2}{0.93827\,\mathrm{GeV}/c^2} = 5.47 \times 10^{-26}\,\mathrm{kg}\,.$$

Quesito n. 29. – Risposta ⇒ E

L'energia interna è una funzione di stato per cui in un ciclo essa non varia: $\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} = 0$ da cui $\Delta U_{31} = -\Delta U_{12} - \Delta U_{23}$.

La prima trasformazione è isoterma e quindi $\Delta U_{12} = 0$ perché in un gas perfetto U è funzione solo della temperatura; nella seconda trasformazione, per il primo principio, $\Delta U_{23} = Q_{23}$ perché non variando il volume il lavoro scambiato con l'esterno è nullo. Si ottiene quindi $\Delta U_{31} = -Q_{23} = 40\,\mathrm{J}$.

Quesito n. 30. – Risposta ⇒ C

La forza centripeta è proporzionale al rapporto v^2/R. Nel primo caso la forza aumenta di un fattore 4, nel secondo aumenta di un fattore 2, nel terzo aumenta di un fattore 8, nel quarto e nel quinto diminuisce.

Pertanto l'aumento massimo è richiesto nel terzo caso.

Quesito n. 31. – Risposta ⇒ C

Una bilancia "pesapersone" misura il modulo della forza normale $\vec{N}$ che essa esercita sulla persona che vi sale sopra, ma per comodità la scala riporta il valore di N/g, con g pari all'accelerazione di gravità del luogo dove ci si trova e dunque la misura è espressa direttamente in chilogrammi.

Quando l'ascensore è fermo, la forza normale equilibra il peso della persona, dunque $N = mg$ e il valore riportato sulla bilancia (80 kg) corrisponde effettivamente alla massa della persona. Quest'ultima non dipende dallo stato di moto, e dunque ha lo stesso valore anche quando l'ascensore accelera. L'alternativa corretta è dunque la C.

Quando l'ascensore accelera, quello che cambia è solo l'indicazione della bilancia, che non corrisponde più alla massa della persona. Per imprimere alla persona un'accelerazione verso l'alto, la bilancia deve esercitare una forza $\vec{N}'$ di modulo maggiore: $N' = mg' > mg$, dove $g' = g + a$ è l'accelerazione di gravità "apparente" nel riferimento dell'ascensore. Quindi, in questa situazione, la bilancia indica un valore $m' = N'/g = mg'/g > m$; il contrario, ovviamente, avviene quando l'ascensore accelera verso il basso.

In questi casi dunque la bilancia appare "starata" esattamente come succede se questa viene portata in una località con una diversa accelerazione di gravità(2).

(2) Curiosità: in Italia, per Decreto Ministeriale, le bilance sensibili al valore di g usate nelle attività commerciali devono essere tarate e certificate sulla base del valore esistente nella provincia in cui operano (v. tabella 3 del D.M.19.05.1999).

La condizione cercata è quindi

$$2\pi \frac{2s}{\lambda'} = 2\pi n_1 \frac{2s}{\lambda} = (2k+1)\,\pi \quad \Rightarrow \quad s = (2k+1)\,\frac{\lambda}{4n_1}\,.$$

Il minimo spessore si ha evidentemente per $k = 0$, ed è quindi $\lambda/(4n_1) = 113\,\mathrm{nm}$.

Quesito n. 16. – Risposta ⇒ D

Affinché il blocco B non scivoli, occorre che il peso sia equilibrato dalla forza di attrito $\vec{F}_\mathrm{a}$ esercitata su di esso dal blocco A; in modulo: $F_\mathrm{a} = mg$, dove m indica la massa di B. L'intensità che la forza di attrito statico può avere ha un limite superiore dato da: $F_\mathrm{a,max} = \mu N$, dove N è l'intensità della forza normale tra i due blocchi. Nella situazione in cui il blocco B non scivola, il peso e la forza d'attrito, come detto, si equilibrano, e dunque $\vec{N}$ è la risultante delle forze che agiscono su B. Dalla seconda legge della dinamica abbiamo allora: $N = ma$. La condizione $F_\mathrm{a} < F_\mathrm{a,max}$ diventa quindi

$$mg < \mu ma \quad \Rightarrow \quad a > g/\mu\,.$$

Si può notare che le altre alternative possono essere scartate anche sulla base di considerazioni diverse, senza fare calcoli. La A e la B non sono dimensionalmente corrette; la C non dipende dal coefficiente d'attrito e dunque implica che il blocco B potrebbe rimanere sospeso senza cadere anche per $\mu = 0$, cioè in assenza di attrito; analogamente per la B e la E nel caso di accelerazione nulla, in particolare con il sistema fermo.

Quesito n. 17. – Risposta ⇒ B

In assenza di atmosfera non c'è attrito, dunque l'unica forza che compie lavoro sul corpo è la forza di gravità. Per il teorema dell'energia cinetica, la variazione di questa è allora uguale al lavoro compiuto dal peso nel tratto di caduta s

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = mg_\mathrm{p}\,s \quad \Rightarrow \quad v^2 = v_0^2 + 2g_\mathrm{p}\,s = 2g_\mathrm{p}\,s \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2g_\mathrm{p}\,s} = 16\,\mathrm{m\,s^{-1}}\,.$$

essendo $v_0 = 0$ la velocità iniziale.

Di fatto la stessa relazione può essere scritta utilizzando il principio di conservazione dell'energia meccanica, interpretando il termine $mg_\mathrm{p}\,s$ come energia potenziale, posto lo zero di questa nel punto terminale del medesimo tratto s.

Quesito n. 18. – Risposta ⇒ E

Nel modello di Bohr gli stati sono caratterizzati da un unico numero quantico n. Dallo stato $n = 4$ l'elettrone può tornare direttamente allo stato fondamentale oppure può passare per uno stato con n minore dal quale può raggiungere lo stato fondamentale direttamente oppure con altre transizioni a cascata. Le transizioni possibili sono quindi 6:

$$\begin{aligned} &4 \to 3, \quad 4 \to 2, \quad 4 \to 1 \\ &3 \to 2, \quad 3 \to 1 \\ &2 \to 1 \end{aligned}$$

Quesito n. 19. – Risposta ⇒ D

Nel primo contatto la carica q si ripartisce in egual misura sulle due sferette, dato che queste sono identiche. Il secondo contatto avviene quindi tra la sferetta 2 che ha carica q e la 3 che ha carica $q/2$; la carica totale $3q/2$ si ripartisce di nuovo in misura uguale, ovvero $3q/4$ su ciascuna. Allontanata la sferetta 3 restano le cariche $q_1 = q/2$ e $q_2 = 3q/4$ e la forza di repulsione, detta d la distanza tra le due, ha modulo

$$F' = k\frac{q_1\,q_2}{d^2} = k\frac{3q^2}{8\,d^2}\,.$$

Poiché inizialmente era

$$F = k\frac{q^2}{d^2} \quad \text{allora} \quad \frac{F'}{F} = \frac{3}{8} \quad \Rightarrow \quad F' = \frac{3}{8}\,F\,.$$

QUESITO n. 20. – RISPOSTA ⇒ D

Per una forza costante la seconda legge della dinamica può essere scritta, in modulo, nella forma

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

dove $\Delta p = m\,\Delta v$ è il modulo della variazione di quantità di moto. Dunque, a parità di Δp, l'intensità della forza è inversamente proporzionale all'intervallo di tempo; pertanto, per dimezzare quest'ultimo occorre raddoppiare la forza.

QUESITO n. 21. – RISPOSTA ⇒ E

Un aumento dell'angolo fa aumentare la componente della forza peso parallela al piano $P \operatorname{sen}\theta$. Dato che il corpo si muove a velocità costante, la forza F deve equilibrare questa componente e deve quindi aumentare in modulo.

Il lavoro è $\vec{F}\cdot\vec{s}$, essendo $\vec{s}$ lo spostamento AB. Poiché $F = P \operatorname{sen}\theta$ e $s = h/\operatorname{sen}\theta$, dove h è la variazione d'altezza, risulta $\mathcal{L} = Ph$ e dunque rimane invariato a parità di h.

Alternativamente si può osservare che, siccome la velocità è costante, l'energia cinetica non varia e di conseguenza il lavoro totale fatto sul corpo dev'essere nullo. Si ha quindi, indicando con $\mathcal{L}_P = -\Delta U$ il lavoro fatto dal peso e con $\mathcal{L}_F$ quello della forza: $\mathcal{L}_F = -\mathcal{L}_P = \Delta U$. Poiché la variazione di energia potenziale gravitazionale è la stessa nei due casi, anche il lavoro è lo stesso.

QUESITO n. 22. – RISPOSTA ⇒ D

L'alternativa A è errata perché se l'interruttore fosse aperto il voltmetro segnerebbe zero.

L'alternativa B è errata perché se la pila fosse completamente scarica il voltmetro darebbe una misura nulla.

L'alternativa C è errata perché se la resistenza della bobina fosse piccola circolerebbe una grande corrente che sarebbe misurata dall'amperometro.

L'alternativa D è corretta infatti se la bobina è spezzata, il circuito è aperto e non circola corrente, mentre il voltmetro misura la d.d.p. ai capi della bobina, ovvero la f.e.m. della pila.

Infine anche l'alternativa E è errata perché se il circuito è correttamente configurato, circola una corrente, qualunque sia la quantità di liquido presente nel recipiente.

QUESITO n. 23. – RISPOSTA ⇒ D

Detta f la frazione del campione che sopravvive dopo 100 anni, dopo 200 anni la frazione rimasta sarà f^2. Poiché 200 anni è il tempo di dimezzamento, $f^2 = 1/2$ e dunque $f = 1/\sqrt{2} \approx 7/10$.

Più formalmente, la legge del decadimento radioattivo si esprime comunemente attraverso la funzione esponenziale di base e, come[1]

$$N(t) = N_0\, e^{-t/\tau}$$

dove N_0 è il numero di nuclidi dell'elemento radioattivo presenti al tempo $t = 0$, $N(t)$ quello dei nuclidi rimasti al tempo t e τ è la *vita media*. Questa è legata al *tempo di dimezzamento*, t_d; infatti, per la definizione di quest'ultimo, risulta $N(t_d) = N_0/2$.

(1) È interessante osservare che la descrescita esponenziale di un fenomeno non è necessariamente legata alla costante "e": qualunque base β si adotti, la stessa funzione può essere espressa come

$$N(t) = N_0\, \beta^{-t/\tau_\beta} \quad \text{dove il significato di } \tau_\beta \text{ è dato dalla relazione} \quad N(\tau_\beta) = N_0/\beta\,.$$

In particolare per $\beta = 2$, la costante τ_β è appunto il tempo di dimezzamento.

AIF – Olimpiadi di Fisica 2018 Gara di 1° livello – 12 Dicembre 2017

Da qui si ricava

$$e^{-t_d/\tau} = \frac{1}{2} \quad\Rightarrow\quad \frac{t_d}{\tau} = \ln 2 \quad\Rightarrow\quad \tau = \frac{t_d}{\ln 2}\,.$$

Sostituendo

$$N(t) = N_0\, e^{-t/\tau} = N_0\, e^{-\ln 2\, t/t_d} = N_0\, 2^{-t/t_d}\,.$$

Nel caso in esame, con i tempi espressi in anni,

$$\frac{N(100)}{N_0} = 2^{-100/200} = 2^{-1/2} \approx 0.7$$

QUESITO n. 24. – RISPOSTA ⇒ A

In un liquido la distanza media fra le molecole è dell'ordine di grandezza delle dimensioni della molecola stessa. Ciò avviene perché ogni molecola è soggetta alla forza esercitata dalle altre molecole: a distanze minori delle dimensioni della molecola cresce rapidamente la repulsione e ciò determina la separazione minima fra molecole vicine, mentre a distanze maggiori prevale l'attrazione e ciò determina la separazione massima.

Nella fase aeriforme invece le molecole sono libere di allontanarsi le une dalle altre e per questo motivo si muovono in tutto lo spazio disponibile. Questo porta ad una diminuzione del numero di molecole per unità di volume e dunque della densità. L'alternativa corretta è dunque la A.

La velocità media delle particelle è legata alla temperatura, e dunque non cambia nelle due situazioni considerate (alternative B e E errate); anche la massa e le dimensioni delle molecole rimangono invariate in tutti gli stati di aggregazione, per cui anche le alternative C e D sono errate.

QUESITO n. 25. – RISPOSTA ⇒ D

In questo caso non conviene calcolare la potenza richiesta come rapporto tra lavoro fornito e intervallo di tempo, ma come prodotto della forza per la velocità:

$$W = F\,v = 9.0 \times 10^4\,\mathrm{W}\,.$$

Questo è il valore minimo di potenza che il motore deve erogare in un caso ideale con perdite trascurabili.

Si noti che le alternative A e C potevano essere scartate a priori perché il joule è l'unità di misura del lavoro e non della potenza.

QUESITO n. 26. – RISPOSTA ⇒ C

Si indica con $\Phi(t)$ il flusso magnetico concatenato con l'anello, cioè calcolato sulla superficie di area A delimitata dall'anello, all'istante t. Per la legge di Faraday-Neumann, la forza elettromotrice indotta, $\mathcal{E}_I$, è la derivata cambiata di segno di tale flusso, fatta rispetto al tempo: $\mathcal{E}_I = -d\Phi(t)/dt$.

Poiché il campo è uniforme e l'anello è perpendicolare a esso, $\Phi(t) = A\,B(t)$; pertanto

$$|\mathcal{E}_I| = \left|\frac{d\,A\,B(t)}{dt}\right| = A\,\alpha = 10\,\mathrm{mV}\,.$$

In questo caso particolare, poiché il flusso magnetico varia linearmente nel tempo, la derivata coincide con il rapporto incrementale e dunque la f.e.m. indotta si trova anche come

$$|\mathcal{E}_I| = \left|\frac{\Delta[A\,B(t)]}{\Delta t}\right| = \frac{A\,\alpha\Delta t}{\Delta t} = A\,\alpha \quad \text{come sopra.}$$

QUESITO n. 27. – RISPOSTA ⇒ B

Dal momento del rilascio, rispetto a terra, la moneta effettua un moto parabolico. La componente orizzontale della velocità si mantiene costante, pertanto, detta v la velocità iniziale del treno (e quindi della moneta) e Δt il tempo di caduta della moneta, la moneta percorre, nel verso di moto del treno, una distanza

$$\Delta s = v\Delta t = 1.0\,\mathrm{m}\,.$$