

Folimpiadi di Fisica 2020

Gara di 1° livello

giovedì 12 dicembre 2019

Soluzione

QUESITO n. 1. – RISPOSTA ⇒ D

La palla cade per azione della gravità e si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato con accelerazione g . Dato che $v(t) = gt$, la velocità finale si raggiunge dopo il tempo

$$t_{\text{volo}} = \frac{v_{\text{fin}}}{g} \approx 2 \text{ s.}$$

QUESITO n. 2. – RISPOSTA ⇒ B

In condizioni di equilibrio, all'interno di un conduttore il campo elettrico è nullo, quindi $E(P_2) = 0$.

Il sistema presenta una simmetria sferica, cioè invarianza per qualunque rotazione attorno al punto centrale; di conseguenza, anche la carica si distribuisce sul guscio rispettando la simmetria sferica e pure il campo elettrostatico ha la stessa simmetria ed è quindi radiale. È quindi possibile applicare il teorema di Gauss per determinarne l'intensità: a distanza r_1 dal centro il campo è quello di una carica puntiforme posta al centro e pari alla somma di tutte le cariche entro una sfera di raggio r_1 . In questo caso la carica è solo la Q e dunque il campo è semplicemente

$$E(P_1) = kQ/r_1^2.$$

QUESITO n. 3. – RISPOSTA ⇒ C

Poiché le due onde hanno la stessa lunghezza d'onda e frequenza, lo stesso sarà vero per l'onda risultante. Infatti la perturbazione avrà la stessa periodicità delle onde iniziali sia nel tempo che nello spazio. Di conseguenza, anche la velocità resta invariata. Perciò sono da escludere le alternative A, B, D ed E e l'unica possibile è la C. Si può svolgere il calcolo esplicito utilizzando le formule di prostaferesi o i fasori.

Con l'uso delle formule di prostaferesi:

L'equazione di un'onda sinusoidale che viaggia nella direzione x positiva a velocità v può essere scritta come:

$$y(x, t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi ft + \phi\right)$$

dove la velocità di propagazione è $v = \lambda f$. La sovrapposizione di due onde di uguale ampiezza, che viaggiano nella stessa direzione e verso, sfasate di $\pi/2$ rad, si scrive come

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) = A \sin \theta + A \sin \theta' \quad \text{con} \quad \theta = 2\pi x/\lambda - 2\pi ft + \phi \quad \text{e} \quad \theta' = \theta + \pi/2$$

$$\Rightarrow y(x, t) = 2A \sin\left(\frac{\theta + \theta'}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta - \theta'}{2}\right) = 2A \sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = A\sqrt{2} \sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right).$$

In definitiva la somma delle due onde risulta

$$y(x, t) = A\sqrt{2} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi ft + \phi + \frac{\pi}{4}\right)$$

da cui appare che l'onda risultante ha la stessa lunghezza d'onda, frequenza e velocità, e un'ampiezza diversa.

Con l'uso dei fasori:

Fissato il valore di x , si può definire un vettore $\vec{y}(t)$ (detto *fasore*), di modulo A , che ruota in un piano cartesiano con velocità angolare $\omega = 2\pi f$, tale che la funzione $y(x, t)$ rappresenti una delle sue due componenti ortogonali.

Le due onde saranno rappresentate da due fasori, \vec{y}_1 e \vec{y}_2 , con lo stesso modulo A , che formano un angolo di $\pi/2$ rad e ruotano con la stessa velocità angolare ω . La loro somma è dunque un fasore che ruota con la stessa velocità angolare e un'ampiezza diversa data in questo caso (in cui le onde sono sfasate di $\pi/2$ rad = 90°) da $A\sqrt{2}$, che rappresenta quindi un'onda che ha la stessa lunghezza d'onda e velocità ma diversa ampiezza.

QUESITO n. 4. – RISPOSTA \Rightarrow **C**

Poiché il sistema è vincolato a ruotare attorno all'asse verticale, il momento angolare è sempre diretto verticalmente.

La forza che agisce sulla massa ha momento nullo rispetto al centro di rotazione dunque il momento angolare si conserva. Poiché l'asta ha massa trascurabile, anche il suo momento angolare lo è; risulta quindi

$$L_{\text{in}} = L_{\text{fin}} \quad \Rightarrow \quad mr^2\omega + mr^2\omega = mr^2\omega' + m(r/2)^2\omega' \quad \Rightarrow \quad \omega' = \frac{8}{5}\omega.$$

QUESITO n. 5. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

In una traiettoria circolare l'accelerazione è diretta verso il centro (centripeta) e pari a $v^2/R = \omega^2 R$ dove v è il modulo della velocità del corpo e ω la velocità angolare. La forza risultante è quindi anch'essa centripeta e, in questo caso, coincide con la forza di Lorentz che il campo magnetico esercita sulla particella carica in moto.

$$F_L = F_c \quad \Rightarrow \quad qvB = q\omega RB = m\omega^2 R \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\omega m}{q} = \frac{2\pi f m}{q}.$$

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

In un grafico posizione-tempo, cioè nel grafico della funzione $s(t)$, la pendenza in un punto rappresenta la velocità istantanea del corpo.

Dunque nel tratto OP la velocità è costante e non nulla e di conseguenza l'accelerazione è nulla; nel successivo tratto PQ la posizione rimane costante e dunque sia la velocità che l'accelerazione sono nulle.

L'alternativa corretta è quindi la C.

QUESITO n. 7. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

La lente è convergente in quanto produce un'immagine reale invertita. Il rapporto delle altezze dell'oggetto, h , e dell'immagine, h' , è pari al rapporto delle loro distanze dal centro della lente, rispettivamente p e q :

$$\frac{h}{h'} = \frac{p}{q} \quad \Rightarrow \quad q = p \frac{h'}{h}.$$

Dall'equazione dei punti coniugati per le lenti sottili si ha

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{p} + \frac{h}{h'p} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{h'}{h+h'} p = 200 \text{ mm}.$$

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

Il kWh è una misura dell'energia; le alternative A, B, E vanno quindi scartate essendo errata l'unità di misura.

Essendo $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$, risulta

$$92 \text{ kWh} = 3.3 \times 10^8 \text{ J}.$$

QUESITO n. 9. – RISPOSTA ⇒ **B**

Si consideri una delle due masse. Su di essa agiscono due forze, il peso mg e la tensione della fune T . All'equilibrio $T = mg$.

Poiché si trascurano sia la massa del filo che eventuali attriti con le carrucole, la tensione è uniforme lungo tutto il filo.

QUESITO n. 10. – RISPOSTA ⇒ **D**

Per un conduttore ohmico la relazione tra la potenza P dissipata per effetto Joule e la corrente I è $P = I^2 R$, dove R è la resistenza del conduttore. La relazione tra P e I è dunque una proporzionalità quadratica diretta. Il grafico corretto è D.

QUESITO n. 11. – RISPOSTA ⇒ **C**

L'accelerazione del veicolo è diretta verso il centro e ha modulo $a_c = v^2/r$. Per il secondo principio della dinamica la risultante deve essere diretta come l'accelerazione e avere modulo $F_r = m a_c$.

Poiché l'unica forza che agisce parallelamente al terreno è l'attrito F_a tra le gomme e l'asfalto, si ha:

$$F_a = \frac{mv^2}{r} = 2.02 \times 10^3 \text{ N} \quad \text{essendo} \quad v = 28 \text{ km/h} = 7.78 \text{ m s}^{-1}.$$

Si può notare che questo è il valore della forza necessaria a far percorrere al veicolo la traiettoria circolare senza sbandare e non dipende dal coefficiente d'attrito; naturalmente deve risultare inferiore al valore massimo della forza d'attrito nel tratto ghiacciato che è dato da

$$F_{a,\max} = \mu_g mg = 2.35 \times 10^3 \text{ N}.$$

QUESITO n. 12. – RISPOSTA ⇒ **A**

Una bilancia pesapersona elettronica misura il modulo della forza normale \vec{N} che essa esercita e indica per la massa il valore del rapporto tra i moduli di \vec{N} e dell'accelerazione di gravità.

La bilancia restituisce il valore corretto della massa solo se è ben tarata, si trova a riposo in un sistema di riferimento inerziale e la persona rimane ferma sopra di essa.

Infatti, in tal caso, proiettando le forze lungo un asse verticale diretto verso l'alto, si può scrivere

$$N - mg = 0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{N}{g}.$$

Se la bilancia segna un valore più alto di quello che segna quando si trova a riposo, significa che essa esercita una forza normale di modulo N' superiore a mg e quindi

$$N' - mg > 0.$$

Poiché non ci sono altre forze che agiscono sulla persona, dal secondo principio della dinamica, la componente verticale a dell'accelerazione si scrive

$$N' - mg = ma > 0.$$

La componente verticale dell'accelerazione è quindi positiva e, poiché è stato scelto l'asse diretto verso l'alto, questo significa che l'accelerazione è diretta verso l'alto.

La risposta non dipende dalla velocità dell'ascensore.

Si può identificare l'alternativa corretta anche con un argomento più qualitativo. Per il principio di relatività, la bilancia segna lo stesso valore della massa in tutti i casi in cui l'ascensore si muove di moto rettilineo uniforme. Si possono quindi immediatamente escludere le alternative D ed E. Se il valore indicato è cambiato, significa che l'ascensore è soggetto a un'accelerazione. La velocità è però irrilevante; perciò, se fosse corretta l'alternativa B, sarebbe corretta anche la C ed essendo unica l'alternativa corretta, entrambe possono essere escluse. L'unica rimanente è perciò l'alternativa A.

QUESITO n. 13. – **RISPOSTA** \Rightarrow E

Le temperature tra cui opera il motore sono $T_1 = 363\text{ K}$ e $T_2 = 773\text{ K}$. Il massimo rendimento possibile tra queste temperature sarebbe $\eta = 1 - T_1/T_2 = 0.53$ (teorema di Carnot). Il motore citato nella notizia ha un rendimento impossibile date le temperature, per cui si tratta di una *fake news*.

QUESITO n. 14. – **RISPOSTA** \Rightarrow E

Per il terzo principio della dinamica le forze \vec{F}_c e \vec{F}_z hanno la stessa intensità.

Dal secondo principio scritto nella forma

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

discende che, poiché entrambe le forze agiscono per lo stesso tempo Δt , il modulo della variazione di quantità di moto che provocano è lo stesso.

La riga che riassume queste considerazioni è la riga E della tabella.

QUESITO n. 15. – **RISPOSTA** \Rightarrow A

L'energia cinetica media delle molecole è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta. 40°C corrispondono a 313 K , 355°C a 628 K , circa il doppio. L'energia cinetica media sarà dunque approssimativamente il doppio di quella iniziale.

QUESITO n. 16. – **RISPOSTA** \Rightarrow D

Nel sistema di riferimento solidale col trattore, la velocità periferica del bordo delle ruote anteriori e posteriori deve essere la stessa:

$$v_a = v_p \quad \Rightarrow \quad \omega_a r_a = \omega_p r_p \quad \Rightarrow \quad \frac{\omega_a}{\omega_p} = \frac{r_p}{r_a}.$$

Utilizzando un righello, dalla figura si ricava

$$\frac{r_p}{r_a} = \frac{4}{3} \quad \text{dunque} \quad \frac{\omega_a}{\omega_p} = \frac{4}{3}.$$

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

Dopo 6 h decade $1/2$ dei nuclidi, e quindi ne resta $1/2$. Dopo altre 6 h decade $1/2$ dei nuclidi rimanenti, quindi $1/4$ di quelli iniziali, poi $1/8$ e infine $1/16$. In totale dunque decade

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} = \frac{15}{16} \quad \text{dei nuclidi inizialmente presenti.}$$

Alternativamente: dopo 6 h rimane $\frac{1}{2}$ dei nuclidi ... dopo 24 h rimane

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$$

dei nuclidi, quindi quelli decaduti sono $15/16$ di quelli iniziali.

QUESITO n. 18. – **RISPOSTA** \Rightarrow E

Tutte e tre le azioni proposte fanno sì che si generi una variazione del flusso magnetico concatenato con la bobina e questo genera una forza elettromotrice indotta nella bobina. Perciò l'alternativa corretta è la E.

QUESITO n. 19. – RISPOSTA \Rightarrow B

Detto T il periodo dell'onda, $t = 1/(4f) = T/4$; si tratta quindi di trovare la posizione della corda dopo un quarto di periodo. Dopo mezzo periodo la corda si trova nella posizione di massima elongazione simmetrica rispetto alla posizione iniziale, mentre dopo un quarto di periodo si trova a metà strada tra queste posizioni cioè nella posizione di equilibrio. Quindi l'alternativa corretta è la B.

Più esplicitamente, ogni punto oscilla sinusoidalmente e poiché per $t = 0$ lo spostamento dalla posizione di equilibrio è massimo, questo si esprime come

$$y(t) = y_{\max} \cos(2\pi f t) \quad \text{con} \quad f = \frac{1}{T}.$$

Dunque per $t = 1/(4f) = T/4$ si ha

$$y(T/4) = y_{\max} \cos(\pi/2) = 0$$

e la corda risulta nella posizione di equilibrio.

QUESITO n. 20. – RISPOSTA \Rightarrow A

Si pone a zero l'energia potenziale gravitazionale nel punto A dove il convoglio ha energia meccanica $E_A = \frac{1}{2}mv_A^2$.

Nel punto B della traiettoria la sua energia meccanica è $E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh$. Trascurando l'attrito, l'energia si conserva e, dall'uguaglianza di E_A e E_B , si ricava

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 2gh}.$$

QUESITO n. 21. – RISPOSTA \Rightarrow C

Il valore medio dell'energia cinetica delle particelle (atomi o molecole) è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta. Durante il riscaldamento della sostanza allo stato solido, il calore fornito fa aumentare la temperatura e di conseguenza l'energia cinetica delle particelle.

Durante la fusione la temperatura resta costante e questo fa capire che l'energia cinetica media delle particelle non varia. Al termine di questa fase, quando tutta la sostanza è allo stato liquido, la temperatura riprende ad aumentare, e con essa l'energia cinetica.

Durante la fusione quella che aumenta grazie all'apporto di calore è l'energia potenziale di legame fra le particelle.

QUESITO n. 22. – RISPOSTA \Rightarrow A

L'urto tra C e B è tra due carrelli di massa uguale di cui uno, B, è inizialmente fermo; quindi, subito dopo, C è fermo e B ha la stessa velocità iniziale di C. L'urto di B con A è tra due carrelli di massa notevolmente diversa, e poiché B ha massa minore torna indietro con velocità $v' < v$; dopo l'urto A si muove verso sinistra e B verso destra urtando di nuovo C e cedendogli tutta l'energia. Alla fine A va verso sinistra, B è fermo e C va verso destra con velocità $v_C = v'$.

Le alternative C, D ed E sono quindi errate perché la velocità finale di C è sicuramente non nulla; anche la B è errata perché la velocità finale di C è minore di quella iniziale v . Quindi l'alternativa corretta è A.

Per fare il calcolo esplicito occorre imporre la conservazione dell'energia e della quantità di moto nella sequenza di urti. Dato che alla fine il carrello B è di nuovo fermo, la conservazione vale tra gli stati iniziali e finali dei carrelli A e C:

$$\begin{cases} v^2 = v_C^2 + 9v_A^2 \\ v = v_C + 9v_A. \end{cases}$$

Sottraendo membro a membro la prima equazione dal quadrato della seconda, si ottiene $v_A = -v_C/4$, da cui, sostituendo nella seconda equazione, si ottiene

$$v_C = -4v/5 = -0.8v \quad \text{e} \quad v_A = v/5 = 0.2v.$$

QUESITO n. 23. – RISPOSTA \Rightarrow **B**

La superficie emetterà sicuramente fotoelettroni se illuminata da una luce i cui fotoni hanno energia superiore a quella dei fotoni della luce verde.

L'energia di un fotone è $E = hf$, dove h è la costante di Planck e f la frequenza. Tra le alternative, la luce blu è l'unica con frequenza più alta e quindi con fotoni più energetici di quelli della luce verde.

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

Visto che l'asta è in equilibrio, la forza risultante e il momento risultante devono essere entrambi nulli. Le forze che agiscono sull'asta sono il peso \vec{P} e le due tensioni \vec{T}_1 e \vec{T}_2 . Poiché l'asta è omogenea, il peso si può pensare applicato nel suo centro geometrico.

Per il calcolo dei momenti si può scegliere un polo arbitrario. Per trovare la tensione \vec{T}_2 del secondo filo conviene scegliere come polo l'estremità dell'asta dove è agganciato il primo filo. Infatti, con questa scelta il momento della tensione \vec{T}_1 del primo filo è nullo, mentre quello della forza peso e della tensione \vec{T}_2 hanno verso opposto. Perciò si può scrivere, per i moduli M_P e M_2 dei due momenti non nulli,

$$M_P - M_2 = 0.$$

Il punto di applicazione del peso si trova a distanza $L/2$ dal polo scelto, quello della tensione \vec{T}_2 a distanza $2/3 L$ dal polo. L'equazione che esprime l'equilibrio dei momenti diventa quindi

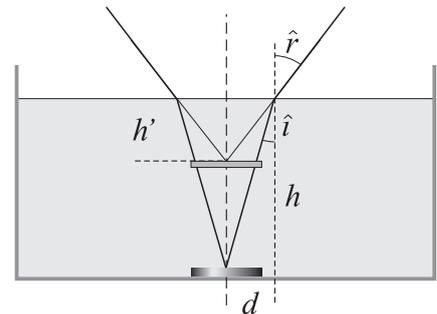
$$P \frac{1}{2} L - T_2 \frac{2}{3} L = 0 \quad \Rightarrow \quad T_2 = \frac{3}{4} P.$$

QUESITO n. 25. – RISPOSTA \Rightarrow **C**

Per individuare la posizione dell'immagine si considerano i raggi che escono dall'acqua quasi verticali, cioè con un angolo \hat{r} molto piccolo.

Essi risulteranno dalla rifrazione di raggi emessi con un angolo \hat{i} ancora più piccolo che attraversano la superficie dell'acqua a una distanza $d \ll h$ dalla verticale sul centro della moneta (in figura gli angoli sono rappresentati molto più grandi per chiarezza).

Per la legge della rifrazione $\sin \hat{r} = n_a \sin \hat{i}$, dove n_a è l'indice di rifrazione dell'acqua.



Per angoli piccoli, questa relazione si può approssimare a

$$\text{tg } \hat{r} = n_a \text{tg } \hat{i}.$$

Detta h la profondità della moneta e h' la profondità dell'immagine, vale quindi

$$\frac{d}{h'} = n_a \frac{d}{h} \quad \text{da cui} \quad h' = \frac{h}{n_a} = 90 \text{ cm}.$$

QUESITO n. 26. – RISPOSTA \Rightarrow **D**

Dato che i due resistori sono collegati in serie, la caduta di tensione nella seconda resistenza, pari a 6 V, è 1.5 volte la d.d.p. ai capi della prima resistenza. Dato che i due resistori sono attraversati dalla stessa corrente, e poiché seguono la prima legge di Ohm, la caduta di tensione su ciascuno di essi è direttamente proporzionale alla resistenza; perciò quella del secondo resistore sarà 1.5 volte quella del primo resistore, cioè 150 Ω .

Più esplicitamente, se ai capi del resistore $R_1 = 100 \Omega$ c'è una caduta di tensione ΔV_1 allora, per la prima legge di Ohm, esso viene attraversato da una corrente $I = \Delta V_1 / R_1$.

Essendo i due resistori in serie, anche quello incognito è attraversato della stessa corrente; la caduta di tensione ai suoi capi è $\Delta V_2 = \Delta V - \Delta V_1$.

La resistenza del resistore incognito è quindi

$$R_2 = \frac{\Delta V_2}{I} = R_1 \frac{\Delta V - \Delta V_1}{\Delta V_1} = 150 \Omega.$$

QUESITO n. 27. – RISPOSTA ⇒ E

Poiché a fermare il corpo è l'azione di una sola forza costante, questa deve essere diretta nella direzione della velocità iniziale e opposta a essa. Per questo nel tratto d il moto è rettilineo uniformemente accelerato.

Tutte e tre le espressioni sono ammissibili per il modulo F della forza. Si riportano qui tre giustificazioni; sono possibili anche giustificazioni diverse basate sulle proprietà del moto uniformemente accelerato o sul secondo principio della dinamica.

La prima espressione si può ottenere usando il teorema dell'energia cinetica

$$\vec{F} \cdot \vec{d} = \Delta K$$

dove \vec{d} è il vettore spostamento. Ricordando che \vec{F} e \vec{d} hanno verso opposto, si ottiene

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

La seconda espressione si può ricavare notando che il corpo si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato, con accelerazione opposta alla velocità, per cui, preso per positivo il verso iniziale del moto

$$d = vt + \frac{1}{2}at^2 = vt - \frac{1}{2}\frac{F}{m}t^2.$$

Quando il corpo ha percorso il tratto d , l'oggetto si ferma e $0 = v + at = v - Ft/m$ da cui $v = Ft/m$. Sostituendo sopra si ricava

$$d = \frac{Ft^2}{2m} \quad \text{da cui} \quad F = \frac{2md}{t^2}.$$

Infine, dal secondo principio della dinamica si può dedurre che

$$\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = -\frac{m\vec{v}}{t}$$

da cui, passando ai moduli, si ottiene la terza espressione.

QUESITO n. 28. – RISPOSTA ⇒ D

La molla si allunga di $\Delta l = 0.5$ m e acquista un'energia $U = 15$ J. Sapendo che

$$U = \frac{1}{2}k\Delta l^2 \quad \Rightarrow \quad k = \frac{2U}{\Delta l^2} = 120 \text{ N m}^{-1}.$$

QUESITO n. 29. – RISPOSTA ⇒ A

Un conduttore è caratterizzato dal fatto che una piccola parte degli elettroni sono liberi di muoversi. Quando la pallina si avvicina all'asta, per induzione, delle cariche negative si spostano nella parte più vicina all'asta. Al contatto, una parte di queste cariche, spinte dal campo elettrico delle cariche positive dell'asta, passa all'asta e quindi la pallina si carica positivamente, perdendo elettroni.

QUESITO n. 30. – RISPOSTA ⇒ B

È ragionevole supporre che ormai circa metà della popolazione mondiale sia dotata di smartphone. Infatti, le più accurate stime recenti danno valori tra 3 e 5 miliardi di smartphone attivi (fonte: GSMA Intelligence).

Uno smartphone ha uno spessore di poco inferiore al centimetro da cui, impilandoli, si ottiene un'altezza

$$h \approx 10^{-2} \text{ m} \cdot 4 \times 10^9 = 4 \times 10^7 \text{ m}.$$

QUESITO n. 31. – RISPOSTA ⇒ E

Perpendicolarmente al piano inclinato agiscono la forza \vec{F} , la componente perpendicolare della forza peso $mg \cos \theta$ e la reazione normale di modulo N dovuta al piano: le tre forze si fanno equilibrio per cui

$$N = F + mg \cos \theta.$$

Lungo il piano agisce la componente parallela della forza peso $mg \sin \theta$ diretta in basso, e la forza dovuta all'attrito statico il cui valore massimo è pari a $\mu N = \mu(F + mg \cos \theta)$, diretta in alto.

Il blocco rimane fermo se $F_a = mg \sin \theta \leq \mu(F + mg \cos \theta)$, quindi se

$$F \geq (mg/\mu)(\sin \theta - \mu \cos \theta) = F_{\min}.$$

Si può osservare che risulta sempre $F_{\min} > 0$. Infatti in assenza della forza \vec{F} il blocco scivola e questo accade quando la componente parallela al piano del suo peso è maggiore del modulo della forza d'attrito massima, cioè per

$$mg \sin \theta > \mu mg \cos \theta \quad \Rightarrow \quad \sin \theta - \mu \cos \theta > 0 \quad \Rightarrow \quad F_{\min} > 0.$$

QUESITO n. 32. – RISPOSTA ⇒ D

Il terzo metodo sicuramente funziona perché si fa dilatare solo la manopola e quindi se ne aumenta sia il diametro esterno che quello interno staccandola dal tubo di acciaio.

Funziona però anche il primo metodo, perché, scaldando sia la manopola che il tubo, la manopola si dilata di più del tubo dato che il coefficiente di dilatazione termica dell'acciaio è minore di quello della manopola; quindi si ottiene anche in questo modo il risultato di staccare la parte esterna di plastica dal tubo.

Invece, raffreddando sia la manopola che il tubo (secondo metodo proposto), diminuiscono sia il diametro interno della manopola che quello esterno del tubo; però, visto che il coefficiente di dilatazione della manopola è più grande di quello dell'acciaio, la manopola tende a stringersi di più attorno al tubo, andando così a bloccare ancora più saldamente i due componenti.

QUESITO n. 33. – RISPOSTA ⇒ D

Poiché la sorgente del suono (l'automobile) è in moto rispetto al mezzo in cui si propaga il suono (l'aria) mentre l'osservatore (il pedone) è a riposo rispetto all'aria, la frequenza del suono viene modificata per effetto Doppler, secondo la legge

$$f_p = f_c \frac{1}{1 - v/V} \Rightarrow \frac{f_p}{f_c} = \frac{1}{1 - v/V}$$

dove v è la velocità della sorgente rispetto all'aria e V la velocità del suono in aria.

Si deduce immediatamente che $f_p/f_c > 1$. Questo esclude le alternative A, B e C.

Un'automobile nei pressi di un attraversamento pedonale dovrebbe viaggiare a velocità moderata (< 50 km/h) e comunque certamente inferiore alla metà della velocità del suono pari a circa $330 \text{ m s}^{-1} \approx 1200$ km/h per cui, essendo $v/V < 1/2$, si ha $1 - v/V > 1/2$ e quindi

$$\frac{f_p}{f_c} = \frac{1}{1 - v/V} < 2$$

L'alternativa corretta è quindi la D.

QUESITO n. 34. – RISPOSTA ⇒ C

Il lavoro che occorre fare è pari alla differenza fra le energie potenziali alle due distanze. Posto $q_1 = -9 \mu\text{C}$, $q_2 = +4 \mu\text{C}$; $r_f = 2$ m, $r_i = 1$ m, l'aumento è pari a

$$k_{\text{es}} q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right) = 0.162 \text{ J}$$

Si osservi che il lavoro è positivo perché, aumentando la distanza, le due cariche sono meno legate e quindi aumenta l'energia potenziale.

QUESITO n. 35. – RISPOSTA ⇒ B

La potenza istantanea P di una forza \vec{F} applicata a un corpo che si muove a velocità \vec{v} è data dal prodotto scalare $\vec{F} \cdot \vec{v}$, pari a Fv se i due vettori sono paralleli e concordi come in questo caso.

Poiché la potenza risulta costante nel tempo, il lavoro fatto è

$$\mathcal{L} = P \Delta t = F v \Delta t = 720 \text{ J}.$$

Naturalmente, poiché il modulo della velocità non cambia, la forza \vec{F} non può essere l'unica che agisce sul carrello.

QUESITO n. 36. – RISPOSTA ⇒ A

Se si trascurano gli attriti, l'unica forza che agisce sulla palla in volo è la forza peso, che è diretta verticalmente. Di conseguenza, la componente orizzontale della velocità rimane invariata, pari a quella iniziale $v_{0,x} = v_0 \cos \theta$ essendo v_0 il modulo della velocità iniziale e θ l'angolo tra la velocità iniziale e il piano orizzontale.

Poiché si trascura l'effetto frenante dell'aria, si può utilizzare la conservazione dell'energia meccanica e porre

$$K_{\text{ini}} + U_{\text{ini}} = K_{\text{fin}} + U_{\text{fin}}$$

che, tenuto conto che nel punto di massima altezza la velocità è orizzontale, quindi $v_y = 0$, e fissando pari a 0 l'energia potenziale nel punto di partenza, si scrive esplicitamente

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_{0,x}^2 + m g h_{\text{max}} \quad \Rightarrow \quad h_{\text{max}} = \frac{1}{2g} (v_0^2 - v_{0,x}^2) = \frac{v_{0,y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = 1.2 \text{ m}.$$

Soluzione alternativa

Le componenti della velocità iniziale sono $v_{0,x} = v_0 \cos \theta$ e $v_{0,y} = v_0 \sin \theta$ per cui la legge oraria lungo l'asse y verticale, diretto verso l'alto e con origine nel punto del calcio, è

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

e la velocità lungo la stessa direzione è data da

$$v_y(t) = v_{0,y} - g t.$$

Quando la palla raggiunge la massima altezza, $v_y(t) = 0$ e ciò accade dopo un tempo $t_{\text{max}} = v_{0,y}/g$. La massima altezza raggiunta è quindi

$$h_{\text{max}} = v_{0,y} t_{\text{max}} - \frac{1}{2} g t_{\text{max}}^2 = \frac{v_{0,y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = 1.2 \text{ m}.$$

QUESITO n. 37. – RISPOSTA ⇒ C

Per la legge dei nodi (conservazione della carica), la somma delle correnti entranti nel nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti. Nel nodo entrano due correnti per un totale di 8 A e ne esce una di 5 A, per cui la corrente nel ramo dell'amperometro sarà di 3 A uscente dal nodo.

QUESITO n. 38. – RISPOSTA ⇒ D

La velocità di propagazione di un'onda su una corda tesa è data da $V = \sqrt{T/\mu}$, dove T è il modulo della tensione e μ la densità lineare, cioè il rapporto tra la massa e la lunghezza della corda.

Nel caso esaminato le corde sono identiche e dunque la velocità delle onde è proporzionale alla radice quadrata della tensione. Ne segue che

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{\sqrt{2T}}{\sqrt{T}} = \sqrt{2}.$$

QUESITO n. 39. – RISPOSTA ⇒ **A**

Si considerino due assi ortogonali x e y rispettivamente orizzontale e verticale. Poiché il moto è a velocità costante, la somma delle forze è nulla, quindi, detta \vec{F}_a la forza di attrito e \vec{N} la reazione normale

$$\begin{cases} F_x - F_a = 0 \\ F_y + N - Mg = 0 \end{cases}$$

da cui si deduce che $N = Mg - F_y$ ed è quindi certamente minore del peso $Mg = 68.6 \text{ N}$.

Perciò l'unica alternativa corretta è la A.

Volendo trovare il valore numerico, tenuto conto che $F_y = F_x \operatorname{tg} \theta$ e che $F_a = \mu N$, la prima equazione del sistema diventa

$$\frac{F_y}{\operatorname{tg} \theta} = \mu N = \mu (Mg - F_y) \quad \text{da cui segue} \quad F_y = \frac{\mu \operatorname{tg} \theta}{1 + \mu \operatorname{tg} \theta} Mg \quad \text{e quindi}$$

$$N = Mg - F_y = \frac{Mg}{1 + \mu \operatorname{tg} \theta} = 56.9 \text{ N}.$$

QUESITO n. 40. – RISPOSTA ⇒ **D**

In un passaggio di stato che avviene a temperatura T costante, la variazione di entropia ΔS del sistema vale

$$\Delta S = Q/T$$

dove Q è il calore scambiato dal sistema, positivo se assorbito, negativo se ceduto.

Tra quelli elencati, i passaggi da liquido a solido e da gas a liquido avvengono cedendo calore, per cui $Q < 0$ e quindi $\Delta S < 0$. La diminuzione di entropia è possibile perché il sistema non è isolato.

Materiale elaborato dal Gruppo

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

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.

<p>Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del</p>	
--	--