

Olimpiadi di Fisica 2019

Gara di 1° livello

Mercoledì 12 Dicembre 2018

Soluzione

QUESITO n. 1. – RISPOSTA ⇒ **B**

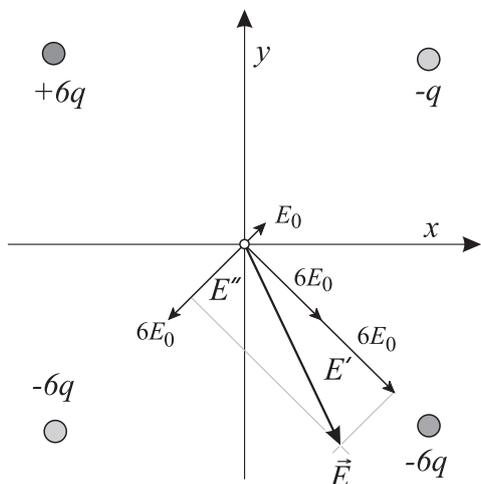
Nel moto circolare uniforme l'accelerazione è diretta verso il centro della circonferenza, che è nella direzione del punto B.

QUESITO n. 2. – RISPOSTA ⇒ **A**

La velocità della luce in un mezzo è $v = c/n$ per cui, se n è lo stesso, v non varia.

Poiché nel passaggio tra due mezzi la frequenza f della radiazione non varia e la lunghezza d'onda si ottiene come $\lambda = v/f$, anche la lunghezza d'onda non cambia.

QUESITO n. 3. – RISPOSTA ⇒ **D**



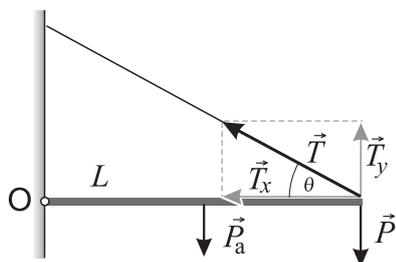
Per risolvere il quesito ci si riferisce alla figura a fianco.

Il campo generato dalla carica $-q$ ha modulo $E_0 = kq/a^2$. Poiché le cariche sono equidistanti dal centro del quadrato, i campi elettrici prodotti dalle due cariche opposte $+6q$ e $-6q$ hanno la stessa direzione e lo stesso verso, modulo $6E_0$ e il modulo della loro somma vale $E' = 12E_0 = 12kq/a^2$. Il modulo della somma dei campi elettrici prodotti dalle altre due cariche, pari alla differenza dei moduli in quanto i vettori hanno uguale direzione e verso opposto, vale $E'' = 5E_0 = 5kq/a^2$.

\vec{E}' e \vec{E}'' sono tra loro perpendicolari e dunque il modulo E del campo elettrico al centro del quadrato vale

$$E = \sqrt{E'^2 + E''^2} = 13 \frac{kq}{a^2}.$$

QUESITO n. 4. – RISPOSTA ⇒ **D**



Dato che l'asta è in equilibrio, la risultante dei momenti rispetto al punto O deve essere nulla:

$$LT \sin \theta - LP - \frac{L}{2} P_a = 0 \quad \text{da cui} \quad T = \frac{P + \frac{1}{2} P_a}{\sin \theta}.$$

QUESITO n. 5. – RISPOSTA ⇒ **B**

Trascurando il moto disordinato delle cariche libere nei conduttori metallici, la cui velocità media è nulla, ogni carica libera q è trascinata dalla sbarra a velocità \vec{v} nel campo magnetico \vec{B} ortogonale alla velocità e risente quindi della forza di Lorentz $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$.

In conseguenza di ciò, in regime stazionario, le distribuzioni di cariche opposte che si sono formate ai due estremi generano lungo la sbarra un campo elettrico, entrante in figura, la cui forza annulla in ogni punto quella di Lorentz:

$$q\vec{E} = -\vec{F}_m \quad \Rightarrow \quad E = vB.$$

Tra gli estremi della sbarra si avrà quindi una d.d.p. $V = E\ell = v\ell B = 0.024 \text{ V}$.

QUESITO n. 6. – RISPOSTA ⇒ **D**

Il peso della tuta dell'astronauta sulla Terra è, in modulo, $P = G\frac{Mm}{R^2}$, dove M è la massa della Terra, R il suo raggio e m è la massa della tuta.

Sul pianeta il peso della tuta, in modulo, è invece

$$P' = G\frac{1/10 Mm}{(1/2 R)^2} = 0.4 P.$$

QUESITO n. 7. – RISPOSTA ⇒ **E**

Il rendimento η di una macchina termica è definito come $\eta = \mathcal{L}/Q_2$.

Per il primo principio della termodinamica, poiché in un ciclo l'energia interna del sistema non varia, il calore Q_2 che il sistema assorbe dalla sorgente calda (a temperatura T_2) è uguale alla somma del lavoro prodotto nel ciclo e del calore ceduto alla sorgente fredda (a temperatura T_1). Dunque $Q_2 = \mathcal{L} + |Q_1| = 2000 \text{ J}$ e il rendimento risulta $\eta = 0.25$, ovvero il 25%.

Si può osservare che il rendimento di una macchina ideale di Carnot tra le medesime temperature ($T_2 = 327^\circ\text{C} = 600 \text{ K}$; $T_1 = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$) sarebbe

$$\eta_C = (T_2 - T_1)/T_2 = 0.33 = 33\%$$

ma questo rappresenta il rendimento massimo che una macchina termica *reale* operante tra le due temperature date potrebbe avere, non quello della particolare macchina considerata nel quesito.

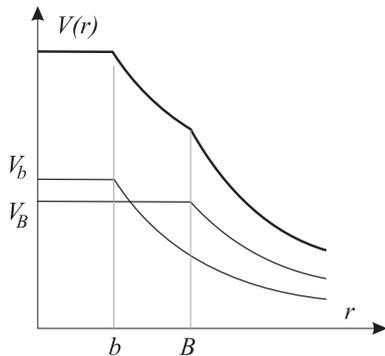
QUESITO n. 8. – RISPOSTA ⇒ **E**

Affinché la massa non cada è necessario che la forza di attrito statico sia opposta al peso. Nel caso limite, il valore della forza di attrito è pari μN , dove N è la forza normale esercitata dalla superficie del cilindro sulla massa. In questo caso la forza risultante è la forza normale, quindi centripeta, per cui:

$$\mu m\omega^2 R = mg \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{g}{\omega^2 R}.$$

Si può anche ragionare per esclusione: l'alternativa A si scarta perché in assenza di attrito l'oggetto cadrebbe a causa della forza di gravità; le alternative B e D sono dimensionalmente scorrette. Le due rimaste dimensionalmente danno un numero puro, come deve essere μ ; poi basta pensare ad una rotazione sempre più lenta, con ω che tende a 0: occorrerà certamente un attrito maggiore.

QUESITO n. 9. – RISPOSTA \Rightarrow **B**



In tutti i punti interni ad un singolo guscio sferico con carica positiva il potenziale è uniforme mentre nei punti esterni decresce come $1/r$ man mano che ci si allontana dalla superficie. Dunque, se un guscio è carico positivamente, il suo potenziale è massimo in tutti i punti del guscio sia quelli interni sia quelli sulla superficie.

Inoltre, il potenziale elettrostatico è una grandezza additiva, per cui il potenziale, nel caso di due gusci, si calcola sommando il potenziale di ciascun guscio.

In figura sono rappresentati sia gli andamenti dei potenziali dei due gusci, $V_B(r)$ e $V_b(r)$, nel caso $Q/B < q/b$, sia il potenziale $V(r)$ somma dei due.

Se $r \leq b$ entrambi i potenziali sono uniformi e assumono i valori massimi ($V_b = kq/b$ e $V_B = kQ/B$). In ogni altra regione il valore di V è sempre più piccolo.

QUESITO n. 10. – RISPOSTA \Rightarrow **C**

In un moto l'accelerazione è negativa quando la velocità v decresce e quindi, nel grafico, nei tratti in cui la concavità della curva è rivolta verso il basso. Nei tratti A ed E la velocità aumenta e l'accelerazione è positiva, nei tratti B e D la velocità rimane costante e l'accelerazione è nulla. L'unico tratto con accelerazione negativa è il tratto C.

QUESITO n. 11. – RISPOSTA \Rightarrow **D**

Una persona in acqua galleggia con la maggior parte del suo corpo immersa; questo significa che la densità media del corpo umano è di poco inferiore a quella dell'acqua (10^3 kg m^{-3}). Considerando che questa differenza è piccola, la massa complessiva degli amici immersi deve avvicinarsi a 10^3 kg .

Se la massa media degli amici è dell'ordine di 70 kg , occorrono 14 persone per arrivare alla massa d'acqua spostata.

QUESITO n. 12. – RISPOSTA \Rightarrow **E**

L'energia potenziale della noce di cocco rispetto alla sommità della molla vale $E = mgh$. L'energia di una molla, di costante elastica k e compressa di Δx è $E' = \frac{1}{2} k\Delta x^2$.

Se tutta l'energia potenziale gravitazionale della noce di cocco viene trasferita alla molla, la costante elastica risulta

$$k = \frac{2mgh}{\Delta x^2} = 3.92 \times 10^4 \text{ N m}^{-1}.$$

Nel calcolo della variazione di energia potenziale, si è trascurata la compressione Δx della molla perché è pari allo 0.5% dell'altezza h . Se si tenesse conto anche di questa, si troverebbe comunque lo stesso risultato entro i limiti dell'approssimazione fatta.

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

La densità è definita come rapporto tra massa e volume, e non dipende dallo stato di moto né dalle forze tra le particelle. Il fatto che nello stato gassoso la distanza media sia grande ha come conseguenza che, a parità di massa, il volume occupato è maggiore e dunque la densità è minore.

Le dimensioni e la massa delle singole molecole sono uguali nei due stati e quindi non causano la differenza di densità.

QUESITO n. 14. – RISPOSTA ⇒ **D**

Il lavoro \mathcal{L} sviluppato dal motore con una potenza P in un tempo Δt vale $\mathcal{L} = P\Delta t = F\Delta x$ da cui

$$\Delta x = \frac{P\Delta t}{F} = 4 \text{ m.}$$

QUESITO n. 15. – RISPOSTA ⇒ **B**

Aperto il tappo del circuito refrigerante la pressione diventa uguale a quella atmosferica e dunque diminuisce. La temperatura di ebollizione è una funzione crescente della pressione e di conseguenza anche la temperatura di ebollizione si abbassa.

QUESITO n. 16. – RISPOSTA ⇒ **C**

Quando il sasso è caduto di $h = 20 \text{ m}$, la variazione di energia potenziale gravitazionale si è trasformata in energia cinetica, E_c .

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = mgh = 196 \text{ J.}$$

QUESITO n. 17. – RISPOSTA ⇒ **B**

Affinché l'immagine sia reale, la lente deve essere convergente e la distanza tra fuoco e lente deve essere minore della distanza tra oggetto e lente. Poiché quest'ultima resta invariata, la nuova distanza focale deve essere minore della precedente.

Si dimostra che la distanza focale di una lente sottile è legata all'indice di rifrazione del materiale n e ai raggi di curvatura R_1 e R_2 delle due superfici dalla cosiddetta *equazione del costruttori di lenti*

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right). \quad \text{Si vede che } f \text{ diminuisce aumentando } n.$$

QUESITO n. 18. – RISPOSTA ⇒ **E**

Le alternative B e D si scartano subito perché non sono corrette dimensionalmente. Per procedere nell'analisi delle restanti alternative, si indichino con d la distanza da calcolare, con t_1 il tempo che il segnale impiega a raggiungere il sensore in acqua, con t_2 il tempo che il segnale impiega a raggiungere il sensore in aria. Dato che il suono arriva prima al sensore in acqua, $u > v$ e $t_1 < t_2$, si può scrivere

$$t = t_2 - t_1 = \frac{d}{v} - \frac{d}{u} \quad \text{da cui} \quad d = \frac{uv}{u - v} t.$$

Soluzione alternativa

Come detto sopra le alternative B e D si possono scartare; la C non comprende la velocità u e quindi non può essere corretta (il ritardo deve dipendere da entrambe le velocità). Se fosse $u = v$, i due segnali arriverebbero simultaneamente per qualsiasi valore di d ; infatti invertendo la relazione data in E si ottiene proprio

$$t = \frac{u - v}{uv} d = 0 \quad \text{mentre, invertendo la A, si otterrebbe} \quad t = \frac{d}{u} + \frac{d}{v} = t_1 + t_2 \quad \text{che è errata.}$$

QUESITO n. 19. – RISPOSTA ⇒ **C**

In un trasformatore ideale i termini resistivi sono trascurabili e il flusso disperso è nullo per cui il flusso magnetico concatenato ad ogni spira del circuito primario e del secondario (Φ_0) è lo stesso. Indicando con il punto la derivata temporale delle grandezze, le equazioni dei due circuiti si scrivono

$$\mathcal{E}_1 = -L_1 \dot{I}_1 = -\dot{\Phi}_1 = -N_1 \dot{\Phi}_0; \quad \mathcal{E}_2 = -\dot{\Phi}_2 = -N_2 \dot{\Phi}_0 \quad \Rightarrow \quad \mathcal{E}_2 = \frac{N_2}{N_1} \mathcal{E}_1 \quad \Rightarrow \quad N_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} N_1 = 16.$$

QUESITO n. 20. – RISPOSTA ⇒ **B**

Dato che il filo è inestensibile e di massa trascurabile come quella della puleggia, le tensioni ai suoi capi T_1 e T_2 sono uguali; di conseguenza, le alternative D ed E sono errate.

Intuitivamente si può dire che accelera verso il basso il blocco dei due che ha la componente del peso parallela al piano più grande in modulo. Dato che

$$P_{1\parallel} = m_1 g \sin 45^\circ = 118 \text{ N} \quad \text{e} \quad P_{2\parallel} = m_2 g \sin 60^\circ = 127 \text{ N},$$

accelera verso il basso il blocco di massa m_2 .

QUESITO n. 21. – RISPOSTA ⇒ **D**

L'energia elettrica liberata dal riscaldatore per effetto Joule, essendo $\Delta t = 150 \text{ s}$, vale

$$E = P\Delta t = Ri^2\Delta t = 6.75 \times 10^3 \text{ J}.$$

QUESITO n. 22. – RISPOSTA ⇒ **A**

La quantità di moto del sistema si conserva dato che la risultante delle forze esterne in questo caso è nulla.

L'energia cinetica può essere scritta come somma dell'energia del c.d.m. più le energie cinetiche dei due carrelli relative al c.d.m. L'energia cinetica del c.d.m. non varia nell'urto, dato che non varia la quantità di moto. Invece, dopo l'urto, cambiano le energie cinetiche dei due carrelli relative al c.d.m., che si annullano dato che i due carrelli rimangono agganciati e si muovono alla stessa velocità del c.d.m. Quindi, complessivamente, l'energia cinetica diminuisce.

L'energia meccanica coincide in questo caso con quella cinetica e dunque neppure questa si conserva.

QUESITO n. 23. – RISPOSTA ⇒ **B**

Per la legge di Biot-Savart, le linee del campo magnetico generato da un filo rettilineo percorso da corrente sono circonferenze perpendicolari al filo e con il centro sul filo. La loro intersezione col piano del disegno è costituita da due punti simmetrici rispetto al filo. Per la regola della mano destra, l'orientazione delle linee è tale da risultare uscente dal foglio nella parte al di sopra del filo (pallini), ed entrante al di sotto (crocette). La risposta corretta è quindi la B.

QUESITO n. 24. – RISPOSTA ⇒ **B**

Per definizione $R = V/I$ dove V è la d.d.p. ai capi del resistore e I è la corrente che l'attraversa. Per determinare V il voltmetro va collegato in parallelo al resistore (circuiti D ed E errati) mentre la corrente I si misura ponendo l'amperometro in serie al medesimo resistore (A e C errati). Così facendo l'amperometro misura proprio la corrente che circola in R perché il voltmetro è ideale, mentre il fatto che l'amperometro sia ideale è ininfluenza in questo circuito.

QUESITO n. 25. – RISPOSTA ⇒ **C**

Le due forze costituiscono una coppia di azione-reazione e dunque hanno la stessa intensità.

QUESITO n. 26. – RISPOSTA ⇒ **D**

Poiché il diametro del pallone raddoppia, il suo volume aumenta di un fattore 8 e dunque la variazione del volume è $\Delta V = 7V$. In questa trasformazione la pressione dell'atmosfera resta costante e dunque il lavoro fatto sull'aria circostante dal pallone che si espande è

$$\mathcal{L} = p\Delta V = 7pV.$$

QUESITO n. 27. – RISPOSTA ⇒ **E**

L'energia di un fotone E è legata alla frequenza f della radiazione dall'equazione $E = hf$ dove h è la costante di Planck (alternativa E).

In altro modo, l'unità di misura della pendenza del grafico è data dal rapporto delle unità di misura delle due grandezze, in questo caso $\text{JHz}^{-1} = \text{Js}$.

QUESITO n. 28. – RISPOSTA ⇒ **E**

L'alternativa A è errata perché la legge dello spostamento $s(t)$ mostra un moto accelerato con accelerazione positiva mentre nel corrispondente grafico della velocità $v(t)$ è decrescente e dunque l'accelerazione è negativa.

Se la velocità è costante allora lo spostamento è una funzione lineare del tempo (alternativa B errata) e viceversa (alternative C e D errate).

Ragionando per esclusione resta la E; questa infatti è corretta in quanto rappresenta legge oraria e legge di velocità di un moto uniformemente accelerato, con velocità iniziale negativa e accelerazione positiva.

In altro modo, ricordando che $v(t) = ds(t)/dt$, si trova l'alternativa corretta discutendo la relazione che lega il grafico di una funzione a quello della sua derivata.

QUESITO n. 29. – RISPOSTA ⇒ **B**

Siano i_1, i_2 e i_3 le correnti misurate dai rispettivi amperometri. I resistori sono in parallelo dunque la d.d.p. ai loro capi è identica; usando anche la legge nei nodi si ha il sistema

$$\begin{cases} R_2 i_2 = R_3 i_3 \\ i_1 = i_2 + i_3. \end{cases} \quad \text{Risolvendo il sistema si ottiene} \quad \begin{cases} i_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} i_1 = 6 \text{ A} \\ i_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} i_1 = 4 \text{ A}. \end{cases}$$

QUESITO n. 30. – RISPOSTA ⇒ **B**

Le forze che agiscono sull'oggetto sono la forza peso, che è diretta verticalmente, e la resistenza dell'aria, che ha direzione opposta alla velocità. La componente orizzontale dell'accelerazione è quindi diretta verso sinistra e la componente orizzontale della velocità diminuisce: per questo, prima di toccare terra, la componente orizzontale della velocità sarà certamente minore di 20 m s^{-1} . Questo esclude le alternative C, D, E.

La A non può essere corretta perché il segno della componente orizzontale della velocità non si può invertire. Infatti, nell'istante in cui essa si annullasse, la velocità sarebbe diretta verticalmente: da quel momento l'oggetto procederebbe nella stessa direzione. L'alternativa corretta è quindi la B.

QUESITO n. 31. – RISPOSTA ⇒ **C**

La legge dei punti coniugati per uno specchio concavo si scrive $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$.

In questo caso $f = 20 \text{ cm}$ mentre $p = 10 \text{ cm}$. Si ricava prima q e poi l'ingrandimento G :

$$q = \frac{fp}{p-f} = -20 \text{ cm}; \quad G = \left| \frac{q}{p} \right| = \left| \frac{f}{f-p} \right| = 2.$$

Quindi l'immagine è virtuale, si forma dietro lo specchio e ha un diametro che è 2 volte più grande del neo, cioè di 1.0 cm .

QUESITO n. 32. – RISPOSTA ⇒ **D**

Poiché l'entropia è una funzione di stato, la somma delle tre variazioni di entropia deve annullarsi.

Nell'adiabatica reversibile, non essendoci scambio di calore, la variazione di entropia è nulla e dunque deve essere

$$\begin{aligned} \Delta S_{12} + \Delta S_{23} &= 0 \quad \text{da cui} \\ \Delta S_{12} = -\Delta S_{23} &\Rightarrow \frac{\Delta S_{12}}{\Delta S_{23}} = -1. \end{aligned}$$

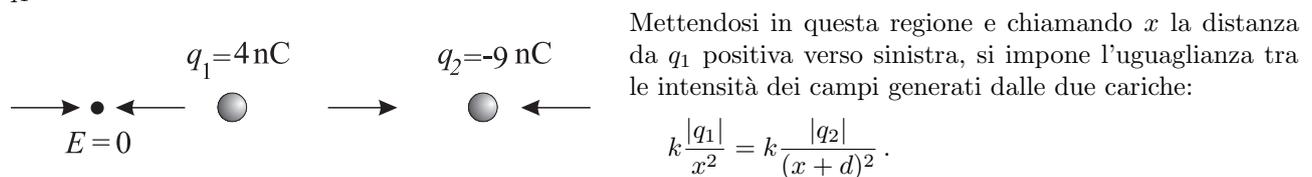
QUESITO n. 33. – **RISPOSTA** ⇒ **D**

I punti delle linee nodali sono quelli per cui le onde arrivano in opposizione di fase. Per quelli sulla prima linea nodale la differenza di cammino è pari a mezza lunghezza d'onda; per quelli sulla seconda è pari a $3/2$ della lunghezza d'onda e così via.

Dunque $d = 3\lambda/2$ per cui la lunghezza d'onda è $\lambda = 2d/3 = 3.0 \text{ cm}$.

QUESITO n. 34. – **RISPOSTA** ⇒ **E**

Nei punti in cui il campo risultante è nullo, i campi generati da q_1 e q_2 devono essere uguali e opposti. Affinché i campi abbiano la stessa direzione, i punti si devono trovare sulla retta passante per le cariche. Affinché abbiano verso opposto, i punti non si possono trovare sul segmento tra le due cariche (il campo risultante è rivolto verso destra). Le alternative B e C sono errate. Inoltre, affinché il campo generato da q_1 abbia lo stesso modulo del campo generato da q_2 , i punti devono trovarsi più vicini a q_1 rispetto a q_2 , e quindi nella regione a sinistra di q_1 : l'alternativa A è da escludere.



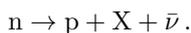
Cercando una soluzione $x > 0$, questa si trova subito estraendo la radice quadrata

$$\frac{x}{\sqrt{|q_1|}} = \frac{x+d}{\sqrt{|q_2|}} \quad \text{da cui} \quad x = \frac{\sqrt{|q_1|}}{\sqrt{|q_2|} - \sqrt{|q_1|}} d = 2 \text{ m}.$$

In maniera più diretta si può dedurre il risultato tenendo conto che, se i due campi devono essere uguali in modulo, il rapporto tra le distanze del punto da q_2 e da q_1 deve essere $\sqrt{9/4} = 3/2$.

QUESITO n. 35. – **RISPOSTA** ⇒ **B**

I valori dei numeri atomici e di massa dicono che il nucleo di sodio è formato da 11 protoni e 13 neutroni, mentre quello di magnesio da 12 protoni e 12 neutroni. La reazione può dunque essere vista come:



Per la conservazione della carica, X deve avere carica negativa, e questo esclude le alternative A, C ed E; le alternative possibili sono dunque il muone e l'elettrone.

Poiché la reazione è spontanea la massa dei prodotti di reazione non può superare la massa del neutrone, e questo esclude l'ipotesi del muone, come si può vedere nella Tavola delle Costanti. L'alternativa corretta è quindi la B. La reazione è un normale *decadimento beta negativo*.

QUESITO n. 36. – **RISPOSTA** ⇒ **C**

Indicando con K e U rispettivamente l'energia cinetica e l'energia potenziale, per la conservazione dell'energia meccanica tra il punto 1 e il punto 2 si può scrivere

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

Poiché il carrello parte da fermo $K_1 = 0$ quindi $4Rmg = \frac{1}{2}mv^2 + 2Rmg$

da cui si ricava che il modulo della forza centripeta F_c nel punto 2 vale $F_c = \frac{mv^2}{R} = 4mg$.

Nel punto 2 la forza centripeta è la risultante tra la forza di gravità \vec{P} e la forza \vec{N} esercitata dalla guida sul carrello, forze dirette tutte verso il centro della parte circolare della guida. Si può quindi scrivere:

$$F_c = P + N \quad \text{da cui} \quad N = 3mg$$

QUESITO n. 37. – RISPOSTA ⇒ **B**

La temperatura: infatti l'osservazione mostra che, mettendo a contatto due corpi a temperatura diversa, essi raggiungono una temperatura di equilibrio intermedia tra le due iniziali; quindi una certa quantità di energia termica è passata spontaneamente dal corpo più caldo a quello più freddo.

QUESITO n. 38. – RISPOSTA ⇒ **C**

La cassa acquista un'energia potenziale gravitazionale $E = mgd$, mentre lo studente compie un lavoro $\mathcal{L} = Fd$. Sostituendo i valori si ottiene $E = 0.441$ kJ e $\mathcal{L} = 0.540$ kJ; quindi l'energia potenziale acquistata dalla cassa è circa 0.99 kJ in meno del lavoro fatto dallo studente.

La restante parte del lavoro potrebbe invece essere dissipata o utilizzata per aumentare l'energia cinetica della cassa.

QUESITO n. 39. – RISPOSTA ⇒ **B**

Poiché il filo resta teso e l'angolo θ non varia, la sfera si muove rigidamente con il supporto. Ad essa sono applicate due forze: la tensione \vec{T} del filo e il peso $m\vec{g}$ per cui la risultante \vec{R} non può essere nulla né essere rivolta verso destra. Poiché l'accelerazione è $\vec{a} = \vec{R}/m$ l'unica alternativa che può essere corretta è la B.

QUESITO n. 40. – RISPOSTA ⇒ **B**

La potenza media $\langle P \rangle$ non dipende dalla fase. Infatti la potenza $P(t)$ trasferita istantaneamente dall'onda è una funzione periodica; la sua media fatta su un periodo non può dipendere dalla scelta della fase che corrisponde a una semplice traslazione temporale.

Matematicamente è come dire che l'integrale fatto per calcolare la media temporale su un periodo

$$\langle P \rangle = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} P(t) dt \quad \text{è indipendente dall'istante } t.$$

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>	
<p>MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA</p>	