

OLIMPIADI DI FISICA 2000

14 Dicembre 1999

Soluzione del QUESTIONARIO

QUESITO n. 1. – RISPOSTA \Rightarrow [C]

L'energia potenziale è data da $U(h) = mgh$ dove h è l'altezza rispetto al suolo, positiva verso l'alto, e avendo scelto questo come livello di riferimento per l'energia.

Per un corpo che cade da un'altezza h_0 partendo da fermo, la posizione rispetto al suolo è data da $h(t) = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$.

L'energia potenziale varia quindi nel tempo secondo la relazione

$$U(t) = mg(h_0 - \frac{1}{2}gt^2).$$

Il grafico relativo è una parabola con la concavità verso il basso, quindi la curva più adatta è la C.

QUESITO n. 2. – RISPOSTA \Rightarrow [E]

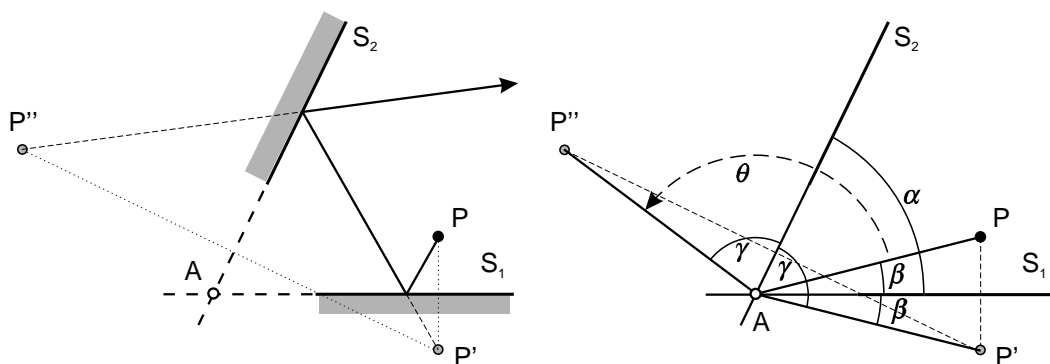
Per rispondere a questa domanda è opportuno tracciare qualche raggio proveniente dall'orologio per capire che cosa vede Pinocchio dopo la doppia riflessione.

Si consideri che cosa accade, per esempio, al numero 3 del quadrante dell'orologio. Nel caso A, Pinocchio vede il 3 sulla destra del quadrante, come se guardasse direttamente l'orologio. Lo stesso accade per le situazioni B e C.

Per capire invece che cosa si vede nei casi D ed E, basta immaginare che cosa accade al numero 12. Nella situazione D il 12 si vede in alto, mentre nella situazione E si vede in basso anziché in alto per cui il quadrante appare capovolto.

Una soluzione più impegnativa, ma più sintetica ed elegante, consiste nel dimostrare preliminarmente che l'immagine di un punto rispetto ad una doppia riflessione su due piani corrisponde ad una semplice traslazione se i due piani sono paralleli oppure ad una rotazione attorno alla retta intersezione dei piani se questi sono incidenti; sia la traslazione che la rotazione dipendono solo dalla posizione relativa dei piani e non dal punto considerato, cosicché quello che si dimostra per un punto vale per anche un oggetto esteso.

Nelle figure seguenti è mostrato il caso di piani incidenti; l'angolo di rotazione θ è pari al doppio dell'angolo tra i piani stessi α : infatti si verifica facilmente che $\theta + \beta = \alpha + \gamma$ e che $\alpha = \gamma - \beta$; da queste si ricava subito $\theta = 2\alpha$.



Nei casi B, C e D i piani degli specchi sono paralleli e dunque l'immagine dell'orologio è semplicemente traslata rispetto all'oggetto: quindi l'orologio si vede nel modo consueto.

Nei casi A ed E i piani degli specchi sono perpendicolari e l'immagine dell'orologio è ruotata di 180° ; tuttavia nel primo caso la rotazione è attorno a un asse verticale e quindi l'orologio appare in posizione normale mentre nel secondo la rotazione è attorno a un asse orizzontale e l'orologio appare capovolto.

QUESITO n. 3. – RISPOSTA \Rightarrow D

Evidentemente la risposta esatta è la D, perché sul piatto della bilancia, già equilibrata con il bicchiere contenente il liquido, si aggiunge un corpo di massa 10.0 g il cui peso dovrà essere equilibrato con un peso uguale sull'altro piatto.

Si può notare che le nuove forze che si generano immergendo il corpo nel liquido, sono tutte coppie opposte (azione-reazione) di forze interne, escluso appunto il peso del corpo aggiunto; per esempio alla spinta di Archimede che l'acqua esercita sul corpo si contrappone una forza uguale e contraria del corpo sull'acqua.

QUESITO n. 4. – RISPOSTA \Rightarrow D

Per tutti i satelliti di uno stesso pianeta, il rapporto T^2/R^3 è costante (terza legge di Keplero). Perciò, indicando con R , T , R_1 e T_1 il raggio e il periodo di rivoluzione, rispettivamente per il primo e per il secondo satellite, avremo:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T^2}{R^3} \quad \text{da cui} \quad T_1 = T \sqrt{\left(\frac{R_1}{R}\right)^3}$$

che, con i dati del problema, fornisce $T_1 = 32$ ore.

QUESITO n. 5. – RISPOSTA \Rightarrow B

La distanza fra la prima e la seconda stazione è nota con un'incertezza assoluta di 0.5 km, in base alla sua cifra meno significativa.

Questo fatto rende trascurabili le incertezze sulle due distanze successive che sono più piccole di uno o due ordini di grandezza e determina la precisione con cui può essere espressa la lunghezza totale L del percorso del treno:

$$L = [(648 \pm 0.5) + (64.8 \pm 0.05) + (6.48 \pm 0.005)] \text{ km} \approx 719 \text{ km}$$

QUESITO n. 6. – RISPOSTA \Rightarrow B

La forza di gravità compie un lavoro $L = mas$ dove m è la massa della capsula, a l'accelerazione di caduta libera sulla Luna ed s la distanza percorsa in caduta libera durante l'allunaggio. L'energia cinetica dell'astronave varia della stessa quantità:

$$\Delta E = \frac{1}{2} m (v_{\text{fin}}^2 - v_{\text{in}}^2) = mas \quad \text{da cui si ha} \quad v_{\text{fin}} = \sqrt{v_{\text{in}}^2 + 2as}$$

Sostituendo i dati si trova 4.1 m s^{-1} .

QUESITO n. 7. – RISPOSTA \Rightarrow A

Per un gas perfetto $V/T = K$ con K costante. Si tratta di una relazione di proporzionalità diretta che ha, come rappresentazione grafica sul piano $V - T$, un tratto della semiretta uscente dall'origine.

Naturalmente ha senso tracciare il grafico solo entro i limiti di validità della legge di stato dei gas perfetti e non in prossimità dello zero assoluto.

QUESITO n. 8. – RISPOSTA \Rightarrow [B]

Il cubo cavo immerso è in equilibrio indifferente per cui il suo peso è pari alla spinta di Archimede; indicando con d la densità del materiale e con d_a quella dell'acqua

$$d \left(\ell^3 - \frac{4}{3} \pi r^3 \right) g = d_a \ell^3 g \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt[3]{\frac{3(1 - d_a/d)}{4\pi}} \ell$$

ove d_a/d è l'inverso della densità relativa del materiale.

Sostituendo i valori si trova $r = 2.0$ cm.

QUESITO n. 9. – RISPOSTA \Rightarrow [E]

La differenza di temperatura tra gli estremi MN certamente dipende dalla differenza di temperatura tra gli estremi XY perché è nulla (o diversa da zero) quando quella è nulla (o diversa da zero): l'affermazione 1 è quindi errata.

La differenza di temperatura tra gli estremi MN dipende anche dallo spessore dello strato perché si annulla quando M ed N coincidono ed è pari alla differenza di temperatura tra gli estremi XY quando M coincide con X ed N con Y: anche l'affermazione 2 è errata.

Poiché tra le possibili risposte non è contemplato il caso che le tre affermazioni siano tutte errate, si deduce che solo la 3 è corretta.

Naturalmente si può ottenere la risposta anche direttamente, ricavando l'espressione della differenza di temperatura tra M ed N, in questo modo.

In condizioni stazionarie, il flusso di calore Φ attraverso i due tipi di materiale è lo stesso ed è dato da $\Phi = k A (\Delta T / \Delta x)$ dove k è la conducibilità termica di ciascun materiale, A la sezione e $(\Delta T / \Delta x)$ il gradiente di temperatura che pure dipende dal materiale. La differenza di temperatura è dunque determinata da

$$\Delta T = \frac{\Phi}{k A} \Delta x$$

Per le due parti esterne, dello stesso materiale si ha

$$\Delta T_{XM} = \frac{\Phi}{k A} \Delta x_{XM} \quad \text{e} \quad \Delta T_{NY} = \frac{\Phi}{k A} \Delta x_{NY}$$

Sommando membro a membro si ricava la differenza di temperatura tra M ed N che vale

$$\Delta T_{MN} = \Delta T_{XY} - \frac{\Phi}{k A} (\Delta x_{XM} + \Delta x_{NY}) = \Delta T_{XY} - \frac{\Phi}{k A} (\Delta x_{XY} - \Delta x_{MN})$$

La differenza di temperatura tra M ed N dipende allora dallo spessore dello strato MN e dalla differenza di temperatura tra X e Y: le affermazioni 1 e 2 sono quindi errate.

La differenza di temperatura, invece, non dipende dalla posizione dello strato MN lungo il conduttore XY e quindi la terza affermazione è corretta.

QUESITO n. 10. – RISPOSTA \Rightarrow [D]

In un grafico velocità-tempo l'accelerazione è data dalla pendenza del grafico; perciò si riconosce che il moto è composto da quattro fasi con accelerazione costante e che l'accelerazione massima (in modulo) è quella relativa all'intervallo $10 \text{ s} < t < 12.5 \text{ s}$ ove risulta

$$|a| = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \left| \frac{-20}{2.5} \right| = 8 \text{ m s}^{-2}$$

QUESITO n.11. – RISPOSTA \Rightarrow D

Poiché l'intensità della luce è proporzionale al quadrato dell'ampiezza dell'onda luminosa, il rapporto delle ampiezze è 2.

Di conseguenza quando le due onde sono in fase l'ampiezza dell'onda risultante è 3 volte l'ampiezza minore, mentre nel caso in cui le due onde incidenti sono in controfase l'ampiezza risultante è uguale a quella minore.

Ne segue allora che il rapporto tra la massima intensità (onde in fase) e la minima intensità (onde in controfase) è 9:1.

QUESITO n.12. – RISPOSTA \Rightarrow E

L'accuratezza nella determinazione della velocità V dipende da quelle date dalle misure di spazio e tempo:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta t}{t}$$

Poiché la distanza campione s è nota con errore di misura trascurabile, ($\Delta s \ll s$) si può scrivere:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} \quad \text{da cui} \quad \Delta t = \frac{\Delta V}{V} t = \frac{\Delta V}{V} \frac{s}{V} \approx \frac{1}{100} \frac{0.003}{0.3} = 0.0001 \text{ s}$$

QUESITO n.13. – RISPOSTA \Rightarrow C

Imponendo che ad ogni istante la funzione che descrive l'onda luminosa vari con continuità attraverso la superficie che separa i due mezzi, si ottiene che la frequenza dell'onda incidente e dell'onda rifratta devono essere sempre uguali.

Dalle relazioni $v = c/n = \lambda f$ segue che ad ogni passaggio della luce da un mezzo ad un altro con indice di rifrazione diverso variano sia v che λ .

QUESITO n.14. – RISPOSTA \Rightarrow E

Dal fatto che la velocità del pallone dopo l'urto è uguale, in modulo, a quella prima dell'urto si deduce che nell'urto l'energia cinetica del pallone si conserva. Perciò il lavoro compiuto dal pallone sulla parete (pari alla variazione di energia del pallone) è nullo.

QUESITO n.15. – RISPOSTA \Rightarrow D

Elettroni e protoni hanno carica elettrica uguale in valore assoluto e ; se sono accelerati da differenze di potenziale uguali in valore assoluto, acquistano la stessa energia cinetica $K = e |\Delta V|$. L'alternativa C è quindi errata mentre la D è esatta.

Evidentemente le altre alternative sono errate. Infatti a parità di energia cinetica, gli elettroni - avendo massa minore - hanno una velocità maggiore (alternativa B errata). E sempre a parità di energia cinetica, il rapporto tra la quantità di moto degli elettroni $q = m v$ e quella dei protoni $Q = M V$ vale

$$\frac{q}{Q} = \frac{V}{v} < 1 \quad (\text{alternative A ed E errate}).$$

QUESITO n.16. – RISPOSTA \Rightarrow [A]

Lo spostamento compiuto si ottiene dalle componenti delle posizioni finale e iniziale; detti \vec{r}_0 e \vec{r}_1 i vettori che definiscono le posizioni iniziale e finale della particella, risulta infatti

$$\vec{s} = \vec{\Delta r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0 = \hat{i} + 3\hat{j}.$$

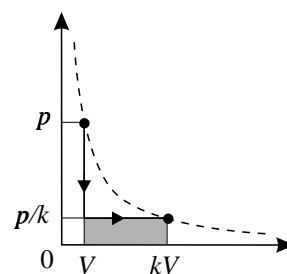
Quindi il lavoro, in termini delle componenti di forza e spostamento, risulta:

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_x s_x + F_y s_y = 2 \times 1 + 1 \times 3 = 5 \quad (\text{in unità arbitrarie}).$$

QUESITO n.17. – RISPOSTA \Rightarrow [C]

Se la temperatura finale è uguale a quella iniziale l'energia interna del gas non varia. Per il primo principio della termodinamica, indicando con Q il calore (*positivo se assorbito dal gas*) e con \mathcal{L} il lavoro (*positivo se fatto dal gas*) scambiati, si ha $\Delta U = Q - \mathcal{L} = 0$.

Ne segue che, in questo caso, il calore scambiato è pari al lavoro fatto; quest'ultimo si determina facilmente come l'area compresa tra il grafico della trasformazione e l'asse orizzontale nel piano (p, V) , come indicato in figura.



Dall'equazione di stato dei gas perfetti, ($pV = nRT$ con $n = 1$), essendo i punti iniziale e finale sulla stessa isoterma, e detti p' e V' la pressione e il volume finali, si ha

$$pV = p'V' = \frac{p}{k}V' \quad \Rightarrow \quad V' = kV$$

Il lavoro è dunque

$$\mathcal{L} = (k-1)V\frac{p}{k} = \left(1 - \frac{1}{k}\right)pV = \left(1 - \frac{1}{k}\right)RT$$

QUESITO n.18. – RISPOSTA \Rightarrow [E]

Il campo magnetico \vec{B} prodotto da una corrente I che percorre un lungo filo rettilineo, in un punto P ad una distanza d dal filo, secondo la legge di Biot-Savart, vale

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

ed è tangente alla circonferenza passante per P , perpendicolare e coassiale al filo stesso. Il verso del campo magnetico è antiorario se la corrente esce dal piano contenente la circonferenza, orario nel caso contrario.

Da ciò segue che nel caso in questione i campi magnetici prodotti dalle due correnti nel punto P sono entrambi diretti perpendicolarmente al piano della figura e sono concordi, poiché le correnti hanno verso opposto. Il vettore risultante ha modulo

$$B = \frac{\mu_0 I}{\pi d} \quad \text{ed è uscente dal piano della figura.}$$

QUESITO n. 19. – RISPOSTA \Rightarrow C

La sferetta, muovendosi in aria, incontra una resistenza proporzionale alla velocità $\vec{R} = -k \vec{v}$ e raggiunge una velocità costante (*velocità limite* \vec{v}_{lim}) proporzionale alla forza \vec{F} che la sollecita. Infatti l'equazione di moto è $\vec{F} + \vec{R} = m\vec{a}$ che al limite ($\vec{v} = \vec{v}_{\text{lim}}$ costante; $\vec{a} = 0$) diventa

$$\vec{F} - k \vec{v}_{\text{lim}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v}_{\text{lim}} = \vec{F}/k.$$

Fissiamo ora un asse di riferimento verticale orientato verso il basso, rispetto al quale scriviamo le equazioni del moto della sferetta. Indicando con V la velocità limite con cui la sferetta cade in aria sotto l'azione della sola forza peso, si ha

$$mg = kV \quad \Rightarrow \quad k = mg/V.$$

La condizione che, in presenza di una forza aggiuntiva F verso l'alto, la sferetta sale con velocità $2V$ si esprime dicendo

$$-F + mg = -2kV = -2mg \quad \Rightarrow \quad F = 3mg.$$

Se a questo punto la forza F si dimezza, la sferetta raggiungerà una velocità limite V' ottenibile da

$$-\frac{3}{2}mg + mg = kV' \quad \Rightarrow \quad V' = -\frac{mg}{2k} = -\frac{1}{2}V.$$

Possiamo concludere che, sotto l'azione della nuova forza, la sferetta si muoverà verso l'alto con una velocità di modulo $V/2$.

Nella soluzione si è dato per sottinteso che la forza di Archimede sulla sferetta fosse trascurabile; tuttavia allo stesso risultato si perviene se si sostituisce – in ogni relazione ove compare – al posto della sola forza peso ($p = mg$) la risultante della forza peso con la spinta di Archimede, $p' = mg - f_a$.

QUESITO n. 20. – RISPOSTA \Rightarrow A

Sulle armature dei due condensatori è presente la stessa quantità di carica elettrica ($q_1 = q_2$), pertanto $C_1 V_1 = C_2 V_2$. In condizioni stazionarie si ha inoltre $V_1 + V_2 = V = 30\text{ V}$, poiché la corrente è nulla.

Risolviendo il sistema delle due equazioni in V_1 e V_2 si ricava

$$V_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} V = 12\text{ V} \quad \text{e} \quad V_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V = 18\text{ V}.$$

QUESITO n. 21. – RISPOSTA \Rightarrow C

Trascurando la capacità termica del recipiente e le perdite di calore, il calore ceduto dalla massa d'acqua più calda viene interamente assorbito dalla massa d'acqua più fredda. In formule

$$c m_1 (t_f - t_1) = c m_2 (t_2 - t_f).$$

La temperatura di equilibrio vale dunque

$$t_f = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = 30^\circ\text{C}.$$

QUESITO n. 22. – RISPOSTA \Rightarrow B

La tensione del filo è uguale in ogni punto in quanto sia la puleggia che i dinamometri, avendo massa trascurabile, non richiedono alcuna forza per essere accelerati; quindi i dinamometri daranno la stessa indicazione.

Visto che la massa di 1 kg è più leggera dell'altra e quindi sale, la tensione del filo deve superare il peso (10 N) della stessa. Ne segue che l'unica scelta possibile è la **B**.

Si può ottenere lo stesso risultato in modo più formale. Indichiamo con m_1 ed m_2 le due masse e con T il modulo comune delle tensioni \vec{T}_1 e \vec{T}_2 applicate ai dinamometri e misurata da questi.

Le equazioni di moto delle masse sono dunque

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{T}_1 + m_1 \vec{g}$$

$$m_2 \vec{a}_2 = \vec{T}_2 + m_2 \vec{g}$$

in cui tutti i vettori hanno direzione verticale e inoltre $\vec{a}_1 = -\vec{a}_2$; infatti poiché il filo è inestensibile le due accelerazioni hanno uguale modulo e versi opposti (se una massa sale l'altra deve scendere).

Scegliamo allora un asse di riferimento verticale orientato verso l'alto, indichiamo con a il modulo comune delle due accelerazioni e riscriviamo le equazioni di moto delle due masse:

$$\begin{aligned} m_1 a &= T - m_1 g \\ m_2 a &= m_2 g - T \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g,$$

in cui, sostituendo i valori dati dal testo, si ottiene:

$$T = \frac{40}{3} \text{ N}.$$

QUESITO n. 23. – RISPOSTA \Rightarrow C

Si osserva facilmente che allontanando l'oggetto dalla lente l'immagine (reale) prodotta da questa ha dimensioni sempre più piccole; le prime due alternative sono dunque da scartare.

Secondo l'alternativa **D** l'oggetto verrebbe portato sul piano focale e dunque la sua immagine si formerebbe all'infinito; in queste condizioni non è possibile definire un "ingrandimento".

Infine anche l'alternativa **E** è da scartare in quanto un oggetto posto tra il fuoco e la lente produce un'immagine *virtuale* e non reale.

La risposta corretta può essere trovata anche in modo diretto, ricordando che le posizioni dell'oggetto, dell'immagine e del fuoco della lente sono in relazione, secondo la legge dei punti coniugati

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

mentre l'ingrandimento è definito come $G = q/p$.

Eliminando q tra le due equazioni si ricava

$$G = \frac{f}{p - f}$$

La condizione che, spostando l'oggetto di un tratto Δp , l'immagine sia ingrandita due volte rispetto al caso precedente si scrive

$$2G = \frac{f}{p + \Delta p - f}$$

da cui, dividendo membro a membro,

$$2(p + \Delta p - f) = p - f \quad \Rightarrow \quad \Delta p = \frac{f - p}{2} = -10 \text{ cm}$$

L'oggetto deve venire spostato di 10 cm verso la lente.

QUESITO n. 24. – RISPOSTA \Rightarrow C

A un oggetto *lanciato*, che si muove liberamente, è applicata solo la forza di gravità che è proporzionale alla sua massa; di conseguenza l'accelerazione dell'oggetto è esattamente quella *di gravità*, costante.

Le alternative A ed E sono da scartare perché sicuramente l'accelerazione non è mai nulla; la D e la B pure perché la forza di gravità (e quindi l'accelerazione) è sempre verticale e diretta verso il basso.

QUESITO n. 25. – RISPOSTA \Rightarrow E

Poiché l'indice di rifrazione di un mezzo è definito come $n = c/v$ dove c indica la velocità della luce nel vuoto e v la velocità della luce nel mezzo, si ha $n_{\text{vet}} > n_{\text{acq}} > n_{\text{aria}}$.

Per la legge di Snell ($n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$) un raggio di luce che passa da un mezzo ad un altro, avente indice di rifrazione maggiore, viene deviato verso la normale alla superficie di separazione dei due mezzi nel punto in cui essa viene attraversata dal raggio.

Analizzando la traiettoria del raggio si deduce allora che $n_1 > n_2$ e che $n_3 > n_2$. Inoltre, confrontando le direzioni iniziale e finale del raggio, si osserva che nel passaggio dal mezzo 2 al mezzo 3, il raggio è più deviato che nel passaggio dal mezzo 2 al mezzo 1 (reciprocità del cammino ottico). Si può concludere, allora, che $n_3 > n_1 > n_2$: il mezzo 1 è acqua, il mezzo 2 è aria, il mezzo 3 è vetro.

QUESITO n. 26. – RISPOSTA \Rightarrow C

Le resistenze R_{BC} e R_{BD} sono collegate in parallelo tra loro, quindi possono essere sostituite dalla resistenza equivalente

$$R_1 = \frac{R_{BC} R_{BD}}{R_{BC} + R_{BD}} = 1.5 \, \Omega.$$

La resistenza R_1 a sua volta è collegata in serie con la resistenza R_{AB} , quindi si pone

$$R_2 = R_1 + R_{AB} = 3 \, \Omega.$$

Infine la resistenza equivalente R_2 è collegata in parallelo con la resistenza R_{AC} , e la resistenza complessiva del circuito “vista” dalla batteria è

$$R_3 = \frac{R_2 R_{AC}}{R_2 + R_{AC}} = 1.5 \, \Omega.$$

La corrente elettrica I erogata dalla batteria vale dunque $I = V/R_3 = 4 \, \text{A}$.

QUESITO n. 27. – RISPOSTA \Rightarrow C

La componente verticale delle velocità iniziali delle due palle è identica: infatti, detta V_0 la velocità iniziale della palla B,

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha = 5 \, \text{m s}^{-1}$$

Tale componente determina sia la stessa altezza massima raggiunta dalle due palle, che il comune tempo di volo che risulta

$$t_{\text{volo}} = 2 V_{0y} / g.$$

Notare che i valori delle masse potrebbero servire solo per determinare il rapporto tra le energie cinetiche finali delle due palle, uguali a quelle iniziali; tale rapporto risulta pari a

$$\frac{m_B}{m_A} \left(\frac{v_B^2}{v_A^2} \right) = 2$$

QUESITO n. 28. – RISPOSTA \Rightarrow [B]

All'equilibrio termico l'energia cinetica media delle molecole dei due gas è uguale ed è

$$\langle K \rangle = \frac{1}{2} m_H \langle v_H^2 \rangle = \frac{1}{2} m_O \langle v_O^2 \rangle$$

Il valore quadratico medio della velocità è la radice quadrata di $\langle v^2 \rangle$ e quindi il rapporto richiesto risulta

$$\frac{\sqrt{\langle v_H^2 \rangle}}{\sqrt{\langle v_O^2 \rangle}} = \sqrt{\frac{m_O}{m_H}} = \sqrt{16} = 4$$

QUESITO n. 29. – RISPOSTA \Rightarrow [E]

Una volta svitata la lampadina Q, la resistenza del parallelo di R ed S aumenta, e aumenta quindi la resistenza di tutto il circuito.

Come conseguenza di ciò, diminuisce la corrente e quindi tutte le lampadine sono meno luminose di prima, in particolare la lampadina P. Le due lampadine R ed S sono percorse da una corrente che è la metà di quella che attraversa P e perciò sono entrambe meno luminose di P.

QUESITO n. 30. – RISPOSTA \Rightarrow [C]

Essendo $\Delta E = h\nu$, dalle relazioni ovvie

$$E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1) \Rightarrow \nu_{31} = \nu_{32} + \nu_{21} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

si vede immediatamente che a sommarsi non sono i valori delle lunghezze d'onda delle radiazioni emesse in ciascuna transizione bensì i loro reciproci. La prima affermazione non è corretta.

La seconda affermazione è corretta poiché a dislivello energetico minore corrisponde un'emissione di radiazione di frequenza minore.

Le frequenze dello spettro ultravioletto sono maggiori di quelle dello spettro visibile. Perciò se λ_{31} è la lunghezza d'onda di una radiazione nell'ultravioletto, λ_{21} che corrisponde ad una transizione tra due livelli energetici più vicini, può essere una lunghezza d'onda dello spettro visibile. La terza affermazione è corretta.

QUESITO n. 31. – RISPOSTA \Rightarrow [D]

Indicando con \vec{V} la velocità della barca rispetto all'acqua, la componente di \vec{V} parallela alla corrente è $V \sin \theta$ mentre la componente perpendicolare alle sponde è $V \cos \theta$.

Il moto della barca è perpendicolare alle sponde solo se la componente parallela di \vec{V} compensa la velocità v_a dell'acqua del fiume:

$$V \sin \theta = v_a \Rightarrow \sin \theta = \frac{v_a}{V} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ.$$

La velocità rispetto alle sponde risulta $V \cos \theta = 8.7 \text{ km/h}$.

QUESITO n. 32. – RISPOSTA \Rightarrow C

La potenza emessa da un corpo nero dipende dalla superficie e dalla temperatura assoluta secondo la legge di Stefan-Boltzmann $P = \sigma S T^4$ con σ costante universale.

Nella seconda situazione la superficie si riduce ad un quarto della precedente mentre la temperatura assoluta passa da 400 K a 600 K.

Ponendo ora $P' = \sigma S' T'^4$, e dividendo membro a membro, si ricava

$$P' = \frac{S'}{S} \left(\frac{T'}{T} \right)^4 P = \frac{1}{4} \left(\frac{600}{400} \right)^4 P = 1.27 P$$

QUESITO n. 33. – RISPOSTA \Rightarrow A

L'energia E di un fotone di lunghezza d'onda λ vale $E = h\nu = hc/\lambda$, dove h è la costante di Planck e c la velocità della luce nel vuoto.

Se una radiazione che colpisce l'occhio ha una potenza W , il numero N di fotoni al secondo che arrivano all'occhio, con i dati del quesito, è

$$N = \frac{W}{E} = \frac{W \lambda}{h c} \approx 5.$$

QUESITO n. 34. – RISPOSTA \Rightarrow C

Per far salire a velocità costante (e quindi senza variazione di energia cinetica) il corpo lungo il piano inclinato dovrà essere esercitata una forza \vec{F} , parallela al piano inclinato, uguale in modulo alla somma fra la componente parallela al piano del peso del corpo e la forza di attrito.

Quindi, indicando con α l'angolo che il piano inclinato forma con l'orizzontale, con m la massa del corpo e con μ il coefficiente di attrito:

$$F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Dai dati rappresentati in figura si ottiene che $\sin \alpha = 3/5$ e $\cos \alpha = 4/5$; allora, se ℓ è la lunghezza del piano inclinato:

$$L = F\ell = mg\ell(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 2.3 \times 10^4 \text{ J} = 23 \text{ kJ}.$$

QUESITO n. 35. – RISPOSTA \Rightarrow D

La differenza di potenziale V tra le lamine A e B produce un campo elettrico $E = V/h$, verticale, uniforme, e diretto verso il basso il quale esercita sulla carica della prima sferetta una forza $F = -eE$, diretta verticalmente verso l'alto, che si contrappone alla forza di gravità dando una risultante nulla (poiché la sferetta è ferma in equilibrio). Dunque $mg = eE$.

Sostituendo la sferetta e cambiando segno alla carica su di essa, la forza elettrica vale ora $F' = -F = eE$, cioè diretta verso il basso; questa adesso si somma alla forza di gravità, accelerando la sferetta verso il basso. Si ha, pertanto,

$$Ma = Mg + eE = Mg + mg \quad \Rightarrow \quad a = \frac{m+M}{M} g.$$

QUESITO n. 36. – RISPOSTA \Rightarrow C

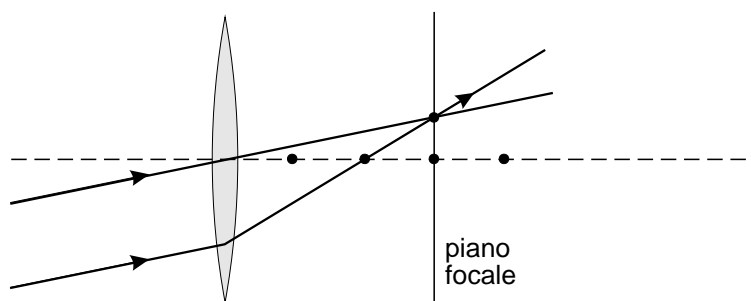
Il periodo delle oscillazioni di un corpo sospeso a una molla dipende solo dalla massa del corpo e dalla costante della molla secondo la nota relazione $T = 2\pi \sqrt{m/k}$; le oscillazioni avvengono attorno alla posizione in cui il corpo si pone quando il suo peso è equilibrato dalla forza elastica della molla. Questa posizione dipende evidentemente dall'accelerazione di gravità, mentre il periodo, e quindi anche la frequenza di oscillazione, ne sono indipendenti.

Quindi le due frequenze, sulla Terra e sulla Luna, sono uguali e il loro rapporto vale 1.

QUESITO n. 37. – RISPOSTA \Rightarrow C

Un fascio di raggi paralleli viene focalizzato da una lente convergente in un punto del piano focale, cioè del piano perpendicolare all'asse ottico passante per il fuoco (questo si deduce dalla legge dei punti coniugati $1/p + 1/q = 1/f$ ponendo $p \rightarrow \infty$).

Tra gli infiniti possibili raggi paralleli a quello dato conviene scegliere quello che passa per il centro della lente che, per simmetria, non viene deflesso. L'intersezione di questo raggio con quello dato individua il piano focale, come mostrato in figura.

**QUESITO n. 38. – RISPOSTA \Rightarrow B**

Nell'esplosione del proiettile agiscono solo forze interne e quindi la quantità di moto del sistema si conserva.

Tenendo conto della misura dell'angolo θ , le due componenti della quantità di moto del proiettile prima della rottura sono

$$mV_x = 30 \text{ kg m s}^{-1}; \quad mV_y = -40 \text{ kg m s}^{-1}.$$

Dopo la rottura la quantità di moto del primo frammento ha solo componente orizzontale

$$m_1 V_{1,x} = m_1 V_x = 30 \text{ kg m s}^{-1}.$$

Di conseguenza il secondo frammento deve avere una quantità di moto con la sola componente verticale: $m_2 V_{2,y} = mV_y$. La velocità di questo è quindi verticale, verso il basso e con modulo

$$V_2 = |mV_y/m_2| = 1000 \text{ m s}^{-1}.$$

QUESITO n. 39. – RISPOSTA \Rightarrow C

I semi, cadendo attraverso il forellino, lasciano il carrello con velocità orizzontale identica a quella del carrello; non esercitando nessuna forza sul carrello lungo la direzione del suo moto, non ne modificano la velocità.

QUESITO n. 40. – RISPOSTA \Rightarrow A

Un riferimento che trasla con il centro della Terra può essere considerato inerziale, con buona approssimazione per periodi brevi rispetto ad un anno.

Nel moto circolare uniforme, studiato rispetto a tale riferimento, l'accelerazione è centripeta e quindi la risultante delle forze agenti sul satellite deve essere diretta verso il pianeta.

Fra le alternative proposte, l'unica che rispetta questa condizione è la risposta A.

L'alternativa C può ritenersi corretta in un riferimento solidale col satellite; trattandosi di un riferimento non inerziale occorre infatti tenere conto anche delle cosiddette *forze apparenti*, in questo caso di quella centrifuga. In ogni caso la forza di gravitazione è presente e quindi l'alternativa B è da scartare.

Una componente di forza tangente all'orbita (alternative D ed E) è da escludersi poiché, compiendo lavoro, farebbe variare l'energia cinetica del satellite e di conseguenza il modulo della velocità.

————— ■ —————

Materiale elaborato dal gruppo

**PROGETTO OLIMPIADI**

c/o Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova
Via Marzolo 8, 35131 PADOVA

Comunicare con la Segreteria via fax o e-mail:

fax: 049.827.7275

e-mail: olifis@no.sctrade.it

Solo per comunicazioni urgenti, telefonare al n. 041.584.0462