

OLIMPIADI DI FISICA 2001

21 Dicembre 2000

Soluzione del QUESTIONARIO

QUESITO n. 1. – RISPOSTA \Rightarrow D

L'energia necessaria per portare la massa m di una sostanza con calore specifico c dalla temperatura T_0 alla temperatura $T_0 + \Delta T$ è data da

$$E = cm\Delta T.$$

Perciò, in questo caso, $E = 167.2 \text{ kJ}$.

QUESITO n. 2. – RISPOSTA \Rightarrow B

I due punti hanno la stessa velocità angolare e sono a una distanza dall'asse di rotazione una doppia dell'altra. Pertanto, usando la relazione $v = \omega r$, si ha

$$\frac{v_P}{v_Q} = \frac{\omega r_P}{\omega r_Q} = \frac{2r_Q}{r_Q} = 2.$$

QUESITO n. 3. – RISPOSTA \Rightarrow A

L'allungamento della molla è $\Delta x = 20 \text{ mm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$. Se la costante elastica è k , la forza esercitata dalla molla ha modulo $F = k\Delta x = 8.0 \text{ N}$.

QUESITO n. 4. – RISPOSTA \Rightarrow E

Le attività dei due nuclidi, cioè il numero totale di disintegrazioni per unità di tempo, sono indipendenti; quindi all'istante iniziale l'attività della miscela è data da $A_{0\text{misc}} = 2 A_0$.

Invece all'istante richiesto, cioè dopo 48 anni (pari a due volte il tempo di dimezzamento del campione X e tre volte il tempo di dimezzamento del campione Y) si ha

$$A_{1\text{misc}} = (1/2)^2 A_0 + (1/2)^3 A_0 = (3/8) A_0.$$

QUESITO n. 5. – RISPOSTA \Rightarrow E

Nel S.I. il volt è l'unità di misura della d.d.p. la quale è definita come rapporto tra la variazione di energia potenziale elettrostatica di una certa carica e la carica stessa, ovvero come lavoro necessario per spostare una carica unitaria da un punto a un altro, contro la forza del campo elettrico; perciò un volt è il rapporto fra l'unità di energia (joule) e quella di carica (coulomb).

QUESITO n. 6. – RISPOSTA \Rightarrow D

Utilizzando la definizione di rendimento nel caso della macchina di Carnot si può impostare la relazione

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{E}{Q_{\text{ass}}}$$

indicando con Q_{ass} l'energia termica (calore) assorbita. Da questa immediatamente si ottiene $E = 6 \text{ kJ}$.

QUESITO n. 7. – RISPOSTA \Rightarrow D

La potenza P che esprime l'energia termica che attraversa la parete nell'unità di tempo è data dall'espressione

$$P = k \frac{A \Delta T}{s},$$

dove k rappresenta il coefficiente di conducibilità termica, A la superficie della parete, s il suo spessore e ΔT la differenza di temperatura tra le due facce della parete. Sostituendo in tale espressione i valori numerici forniti nel quesito, si ottiene $P = 600 \text{ W}$.

QUESITO n. 8. – RISPOSTA \Rightarrow B

Il moto della cassa è rettilineo uniforme dato che le due componenti della velocità (orizzontale e verticale) sono costanti. La distanza tra il punto di caduta e il punto X, pari allo spostamento laterale, si determina immediatamente se si ricava prima il tempo di caduta t , in funzione dell'altezza iniziale h :

$$t = \frac{h}{v_v} \quad \Rightarrow \quad D = v_o t = \frac{v_o}{v_v} h = 50 \text{ m}.$$

QUESITO n. 9. – RISPOSTA \Rightarrow A

Se il blocchetto è in equilibrio, il dinamometro esercita su esso una forza data, in modulo, dal peso del blocchetto diminuito della spinta idrostatica la quale, a parità di volume immerso e quindi di liquido spostato, è determinata dalla densità del liquido stesso ma non dalla profondità, se – come di consueto – si assume che il liquido sia incompressibile (quindi la prima affermazione è vera, la terza è falsa).

Per il terzo principio ciò vale, a parte il segno, anche per la forza del blocchetto sul dinamometro e quindi per il suo allungamento (non è quindi vero che il dinamometro misuri la spinta idrostatica, se si esclude il caso particolare in cui la densità del blocchetto sia doppia di quella del liquido).

Notare che se il liquido fosse comprimibile, la sua densità aumenterebbe con la profondità e con essa anche la spinta di Archimede; la lettura del dinamometro dipenderebbe allora dalla profondità h del blocchetto ma la terza affermazione sarebbe comunque falsa perché in tal caso il valore letto sul dinamometro diminuirebbe all'aumentare della profondità h .

QUESITO n. 10. – RISPOSTA \Rightarrow B

In un grafico velocità-tempo, lo spazio percorso dall'oggetto è numericamente pari all'area compresa tra la curva e l'asse delle ascisse. Nel quesito in questione la distanza massima viene raggiunta dal carrello nell'istante di inversione della velocità, cioè dopo 2.5 secondi. L'area compresa tra la curva e l'asse delle ascisse nei primi 2.5 secondi del moto vale 1 m.

QUESITO n.11. – RISPOSTA \Rightarrow D

La pressione del mercurio in due punti posti nei due rami del tubo alla stessa quota è uguale. Considerando i punti posti alla quota $h_0 = 0.38\text{ m}$ sopra il piano (vedere figura) si può osservare che la pressione nel ramo di sinistra è dovuta all'ossigeno, mentre quella del ramo di destra dipende dal dislivello della colonna di mercurio e dall'atmosfera sovrastante.

Detta h l'altezza sul piano della colonna di mercurio sul ramo di destra del tubo, e indicando con p_o e p_a le pressioni dell'ossigeno e dell'atmosfera, si ha quindi

$$p_o = p_a + \rho g \Delta h = p_a + \rho g(h - h_0) \quad \Rightarrow \quad \frac{p_o}{p_a} = 1 + \frac{\rho g(h - h_0)}{p_a} \approx 3.$$

QUESITO n.12. – RISPOSTA \Rightarrow A

In ciascuno dei due rami del parallelo la caduta di potenziale ai capi di ogni resistenza è direttamente proporzionale al valore di questa. Le due resistenze che hanno un estremo coincidente con il nodo P valgono metà delle resistenze presenti successivamente nei rispettivi rami. Quindi, indipendentemente dalla corrente di ramo, i punti R e S si trovano allo stesso potenziale.

Formalmente, indicando con V la f.e.m. della batteria e con V_{RQ} e R_{RQ} la d.d.p. e la resistenza tra i punti R e Q (e analogamente tra gli altri punti del circuito) si ha

$$\begin{aligned} V_{RQ} &= V \frac{R_{RQ}}{R_{PR} + R_{RQ}} = \frac{2}{3} V = 8\text{ V} \\ V_{SQ} &= V \frac{R_{SQ}}{R_{PS} + R_{SQ}} = \frac{2}{3} V = 8\text{ V} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad V_{RS} = V_{RQ} - V_{SQ} = 0\text{ V}.$$

QUESITO n.13. – RISPOSTA \Rightarrow D

In assenza di attrito, la legge oraria di un grave è quadratica rispetto al tempo e simmetrica rispetto all'istante in cui il grave raggiunge il punto più alto; in particolare quando la palla torna a terra, la sua velocità è opposta rispetto a quella iniziale. Così dall'espressione $v(t) = gt + v_0$ imponendo $v(t) = -v_0$ si ottiene un'equazione che porta alla soluzione $t = -2v_0/g = 3\text{ s}$.

Notare che, qualunque sia la scelta del verso positivo sull'asse verticale la velocità iniziale e l'accelerazione di gravità hanno comunque verso (e quindi segno) opposto.

QUESITO n.14. – RISPOSTA \Rightarrow D

L'energia di un fotone è proporzionale alla frequenza ν della luce; detta h la costante di proporzionalità (costante di Planck) e c la velocità della luce

$$E = h\nu = hc/\lambda \quad \text{essendo} \quad \lambda\nu = c.$$

QUESITO n.15. – RISPOSTA \Rightarrow D

A parità di orientamento e di area della superficie esposta alla radiazione di una sorgente luminosa puntiforme, la potenza luminosa raccolta varia come $1/r^2$, perciò

$$P_2 = P_1(r_1/r_2)^2 = 160 \text{ unità} (1/4)^2 = 10 \text{ unità}.$$

QUESITO n.16. – RISPOSTA \Rightarrow B

L'energia cinetica acquistata dagli elettroni nel percorso dal catodo all'anodo è $K = eV$ dove e è il valore della carica elementare e V quello della differenza di potenziale acceleratrice. Se si quadruplica V , si quadruplica di conseguenza anche l'energia cinetica K . Dalla relazione fra energia cinetica e velocità ($K = \frac{1}{2}mv^2$) si ottiene immediatamente che la velocità raddoppia.

QUESITO n.17. – RISPOSTA \Rightarrow C

Se il sistema viene raffreddato, a causa del maggior coefficiente di dilatazione termica lineare del duraluminio, il bullone si restringe più del dado e quindi la presa meccanica che blocca il dado al bullone si allenta.

L'alternativa B è errata perché avviene il processo opposto, cioè il bullone si espande di più del dado e quindi il blocco meccanico si rafforza. Le alternative A e D non risolvono il problema o potrebbero risolverlo solo parzialmente e/o con maggiore difficoltà poiché è assai difficile inserire il grasso nella filettatura bloccata e perché i colpi del martello possono deformare il dado ed il bullone.

QUESITO n.18. – RISPOSTA \Rightarrow C

I punti per i quali la risposta del rivelatore è massima sono quelli in cui le onde emesse dalle due fenditure raggiungono il rivelatore in fase. Perché questo avvenga occorre che la differenza di cammino delle due onde sia un multiplo intero della lunghezza d'onda, e questo capita *la prima volta* per $\Delta\ell = \lambda$.

La risposta esatta è dunque la C e non la E che esprime la condizione per un generico punto di massimo.

QUESITO n.19. – RISPOSTA \Rightarrow C

La forza \vec{R} responsabile dell'accelerazione verso il basso dell'ascensore è data dalla risultante della forza peso \vec{P} con la forza applicata dal cavo \vec{T} .

In formule, $\vec{R} = \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$ da cui, passando alle rispettive componenti verticali,

$$R = P - T = ma \quad \Rightarrow \quad T = P - R = m(g - a) = 8800 \text{ N}.$$

QUESITO n.20. – RISPOSTA \Rightarrow A

Una semplice analisi dimensionale consente di scegliere la risposta giusta tra le alternative presentate.

Le dimensioni fisiche di g , sono $[L T^{-2}]$; quelle di ρ $[M L^{-3}]$; quelle di h e di λ semplicemente $[L]$.

Le dimensioni delle espressioni date risultano quindi, nell'ordine: $[L T^{-1}]$ (che sono proprio quelle di una velocità), $[T^{-1}]$, $[L^{1/2} T^{-1}]$, $[M^{1/2} L^{-1/2} T^{-1}]$, $[M^{-1/2} L^2 T^{-1}]$.

QUESITO n.21. – RISPOSTA \Rightarrow A

Quando il raggio di luce, penetrato nel vetro, incontra nuovamente una faccia del prisma si ha una riflessione totale dal momento che l'angolo di incidenza (45°) è maggiore del cosiddetto *angolo limite*; infatti per quel tipo di vetro, avente indice di rifrazione $n = 1.5$, l'angolo limite vale

$$\alpha_{\text{lim}} = \arcsin(1/n) = 41.8^\circ.$$

Incontrando la seconda faccia del prisma la situazione si ripresenta identica e dunque il diagramma corretto è il primo.

QUESITO n. 22. – RISPOSTA \Rightarrow A

L'energia cinetica media delle molecole di un gas è proporzionale alla temperatura assoluta T (per esempio, nel caso di gas monoatomico è $\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT$).

Nel caso del problema la temperatura assoluta passa da $T_0 = 293 \text{ K}$ a $T_1 = 673 \text{ K}$ e quindi si moltiplica per un fattore 2.3. Per la proporzionalità ricordata, anche l'energia si moltiplica per lo stesso fattore. L'alternativa A è quella più prossima a tale valore.

QUESITO n. 23. – RISPOSTA \Rightarrow E

All'equilibrio la tensione della cordicella si oppone alla risultante fra il peso P e la forza F provocata dalla corrente d'aria. Poiché questa risultante è allineata con la cordicella stessa, si ha che $\tan \theta = F/P$.

QUESITO n. 24. – RISPOSTA \Rightarrow C

La legge di Snell può essere scritta $n_a \sin \theta_a = n_m \sin \theta_m$ dove gli angoli sono misurati fra la normale e i raggi, indipendentemente dal verso in cui questi procedono, e gli indici indicano rispettivamente l'aria e il mezzo.

Essendo allora $\theta_a = 38^\circ$, $\theta_m = 20^\circ$, e considerando $n_a = 1$, si ottiene $n_m = 1.8$.

QUESITO n. 25. – RISPOSTA \Rightarrow C

Rispetto all'asse di rotazione (fulcro) il peso P_1 dell'oggetto e il peso P_2 dell'asta provocano momenti di segno opposto. Detti b_1 e b_2 i bracci delle due forze, la somma vettoriale dei momenti ha per modulo:

$$|\vec{M}_1 + \vec{M}_2| = M_1 - M_2 = P_1 b_1 - P_2 b_2 = 1.4 \text{ N m}.$$

QUESITO n. 26. – RISPOSTA \Rightarrow D

Leggendo direttamente il grafico è possibile ottenere il periodo delle oscillazioni della particella e anche dell'onda: $T = 20 \mu\text{s}$. Da questo si ottiene la lunghezza d'onda: essendo $\lambda = vT$ si ha $\lambda = 0.10 \text{ m}$.

QUESITO n. 27. – RISPOSTA \Rightarrow C

La resistenza del parallelo è $R^* = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = 3 \Omega$, perciò la potenza dissipata complessivamente è $P = V^2 / R^* = 48 \text{ W}$.

In alternativa, osservato che le due resistenze sono entrambe applicate alla stessa d.d.p. del generatore, si poteva scrivere la somma delle potenze dissipate da ciascuna

$$P = \frac{V^2}{R_1} + \frac{V^2}{R_2}$$

che, utilizzando ancora l'espressione di R^* , risulta ovviamente uguale alla precedente.

QUESITO n. 28. – RISPOSTA \Rightarrow D

Poiché la velocità della slitta è costante, la risultante delle forze applicate è nulla e dunque la forza di attrito è equilibrata dalla componente orizzontale della forza esercitata dalla fune: $F = P \cos \theta$, per cui $P = F / \cos \theta$.

QUESITO n. 29. – RISPOSTA \Rightarrow E

Poiché le cariche hanno segno opposto, possono essere subito esclusi i punti B, C e D in quanto in essi i campi dovuti alle due cariche hanno lo stesso verso e non possono quindi dare una risultante nulla.

Tra quelli esterni il campo totale può risultare nullo solo se la distanza dalla carica di valore assoluto doppio è maggiore dell'altra, quindi nel punto E.

Quantitativamente deve essere

$$E_1 = E_2 \quad \Rightarrow \quad k \frac{Q}{r_1^2} = k \frac{2Q}{r_2^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{r_2}{r_1} = \sqrt{2}.$$

QUESITO n. 30. – RISPOSTA \Rightarrow B

Le quantità scalari vengono abitualmente definite come quelle grandezze che sono completamente descritte dal solo *valore numerico*, mentre quelle vettoriali richiedono anche di specificarne *direzione* e *verso*.

Tra quelle presentate, sono dunque grandezze vettoriali la velocità, (\vec{v}), l'accelerazione, ($\vec{a} = d\vec{v}/dt$), la forza ($\vec{f} = m\vec{a}$) e la quantità di moto ($\vec{q} = m\vec{v}$) e il momento della quantità di moto ($\vec{L} = \vec{r} \times \vec{q}$, ove \times indica il prodotto vettoriale).

Tutte le altre (tempo, massa, densità, lavoro ed energia cinetica) sono grandezze scalari.

QUESITO n. 31. – RISPOSTA \Rightarrow C

In un grafico velocità-tempo, l'accelerazione istantanea dell'oggetto è numericamente data dalla pendenza della curva, quindi è positiva nei tratti ascendenti, negativa in quelli discendenti, nulla nei tratti orizzontali e costante nei tratti lineari. Le alternative D ed E sono errate perché ai tratti linearmente crescenti o decrescenti del grafico della velocità non corrispondono tratti orizzontali. Le alternative A e B sono errate perché il segno dell'accelerazione non corrisponde alle pendenze del grafico della velocità rispettivamente durante i rallentamenti della velocità e nei tratti di accelerazione e decelerazione dell'ascensore nel viaggio di ritorno.

QUESITO n. 32. – RISPOSTA \Rightarrow A

In un moto uniformemente accelerato, se la velocità varia dal valore v_0 al valore v_1 quando viene percorso uno spazio x con un'accelerazione a , vale la relazione $v_1^2 - v_0^2 = 2ax$.

Questa esprime il teorema delle forze vive per unità di massa; infatti il lavoro della forza che accelera il corpo è pari alla variazione di energia cinetica:

$$\mathcal{L} = \Delta K \quad \Rightarrow \quad m a x = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

Con i dati del quesito, risulta allora $a = -0.5 \text{ m s}^{-2}$.

QUESITO n. 33. – RISPOSTA \Rightarrow C

Il portello è sottoposto a due forze di verso opposto, dovute alle pressioni interna ed esterna, la cui risultante è verso l'esterno dato che la pressione della cabina è maggiore di quella atmosferica.

$$F = (p_{\text{int}} - p_{\text{est}}) S = 1.2 \times 10^5 \text{ N}.$$

QUESITO n. 34. – RISPOSTA \Rightarrow B

A parità di condizioni iniziale e finale, la variazione della quantità di moto del guidatore ($\Delta(m\vec{v})$) è sempre la stessa, in qualunque modo avvenga l'urto; le alternative D ed E sono quindi errate.

Anche l'alternativa C è da scartare subito perché la riduzione di velocità non è dovuta alla presenza dell'*airbag*.

La variazione della quantità di moto per unità di tempo (in termini infinitesimi $d(m\vec{v})/dt$) non è altro che la forza istantanea applicata al guidatore durante l'urto; lo scopo dell'*airbag*, aumentando la durata di decelerazione del guidatore stesso, è appunto quello di ridurre il valor medio di questa forza, e non certo di aumentarlo (alternativa A errata).

QUESITO n. 35. – RISPOSTA \Rightarrow B

Le sfere hanno massa uguale e velocità opposte; quindi anche le quantità di moto delle due sfere sono opposte ($\vec{q} = m\vec{v}$); dunque la quantità di moto totale è zero (affermazione 1 errata).

L'energia cinetica ($\frac{1}{2}mv^2$) non dipende dal segno di v ed è quindi uguale per le due sfere, per cui l'energia totale prima dell'urto è mv^2 (affermazione 2 esatta).

Infine, poiché si tratta di un urto elastico, l'energia cinetica si conserva ed è quindi diversa da zero (affermazione 3 errata).

QUESITO n. 36. – RISPOSTA \Rightarrow D

La capacità C di un condensatore è definita $C = Q/V$ dove Q è la carica presente su una piastra del condensatore e V la differenza di potenziale tra le due piastre. Sostituendo i valori numerici si osserva che l'alternativa D è l'unica che rispetta tale definizione.

QUESITO n. 37. – RISPOSTA \Rightarrow B

Quando il primo condensatore è stato caricato dalla batteria le sue armature si trovano alla differenza di potenziale $V_0 = 6\text{ V}$ e la carica vale $Q_0 = CV = 18\text{ }\mu\text{C}$.

Nello stato finale i due condensatori sono disposti in parallelo e dunque il sistema è equivalente a un unico condensatore avente la stessa carica iniziale e capacità $C = C_1 + C_2$. La differenza di potenziale finale ai capi dei due condensatori vale pertanto

$$V = Q_0/(C_1 + C_2) = 2\text{ V}.$$

In altro modo, si poteva dire che quando il commutatore viene posizionato nel punto B , la carica presente sul primo condensatore, per il principio di conservazione della carica, si ridistribuisce tra i due condensatori in modo tale che, raggiunto l'equilibrio, tra le armature di entrambi ci sia la stessa differenza di potenziale V .

Il problema si risolve impostando quindi il sistema

$$\begin{cases} V = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} \\ Q_1 + Q_2 = Q_0 \end{cases}$$

da cui si ricava $Q_1 = Q_0 C_1/(C_1 + C_2)$ e $Q_2 = Q_0 C_2/(C_1 + C_2)$ e per la differenza di potenziale ai capi dei due condensatori la stessa espressione data sopra.

QUESITO n. 38. – RISPOSTA \Rightarrow D

L'acqua, inizialmente liquida, viene portata all'ebollizione: la sua pressione e la sua temperatura aumentano mentre il volume rimane (press'a poco) costante; nel piano (p, V) questa fase è rappresentata da un tratto verticale, verso l'alto.

Successivamente l'espansione del vapore a pressione costante è rappresentata da un tratto orizzontale (verso destra), cui segue un'espansione adiabatica che nel grafico appare come un tratto curvo.

Infine la condensazione dell'acqua a pressione costante è di nuovo rappresentata da un tratto orizzontale percorso verso sinistra in quanto il volume diminuisce.

QUESITO n. 39. – RISPOSTA \Rightarrow C

Il grafico $v(t)$ del moto di un corpo può essere ottenuto da quello della legge oraria, $s(t)$, valutando la pendenza di questo, istante per istante (ovvero calcolando la derivata della funzione $s(t)$).

Si osserva immediatamente che l'alternativa esatta è la C in quanto è l'unica nella quale la parte centrale presenta una pendenza costante e diversa da zero che corrisponde, nel grafico dato, all'intervallo di tempo in cui la velocità si mantiene costante.

QUESITO n. 40. – RISPOSTA \Rightarrow B

Il valore dell'onda risultante in ogni punto è dato dalla somma algebrica dei valori delle onde P e Q considerati separatamente nello stesso punto. L'onda risultante avrà dunque un'ampiezza pari al modulo della differenza delle due ampiezze, cioè Y ; le alternative C, D ed E sono pertanto errate.

Inoltre l'onda risultante è sfasata di π radianti, ovvero mezzo periodo, rispetto all'onda P (onde in controfase) poiché assume valore massimo quando P assume valore minimo (alternative A e B rispettivamente errata e corretta).

————— • —————

Materiale elaborato dal gruppo

**PROGETTO OLIMPIADI**

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@hotmail.it