

Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 12 Febbraio 2024

Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 1

Un corpo di massa $m_1 = 700$ g è attaccato ad una molla di costante elastica $k = 41.0$ N/m e lunghezza a riposo $x_0 = 30.0$ cm ancorata alla sommità di un piano inclinato scabro di altezza $h = 60.0$ cm e angolo di inclinazione $\vartheta = 40.0^\circ$.



1. Sapendo che all'equilibrio la massa m_1 si trova ad una altezza $h/2$ dalla base del piano, determinare il modulo, la direzione e il verso della forza di attrito statico che agisce sul corpo m_1 .

All'istante $t = 0$, il corpo m_1 si stacca dalla molla. Sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra il corpo m_1 e il piano inclinato è $\mu_d = 0.320$, determinare:

2. la velocità con cui la massa m_1 raggiunge la base del piano inclinato.

Raggiunta la base del piano inclinato, la massa m_1 prosegue il suo moto sul piano orizzontale e urta elasticamente un corpo di massa m_2 che si trova fermo alla base di un secondo piano inclinato. In assenza di attrito sia per il piano orizzontale che per il secondo piano inclinato, calcolare:

3. il valore massimo che può avere la massa m_2 perché il corpo m_1 non risalga sul primo piano inclinato dopo l'urto;
4. l'altezza massima raggiunta sul secondo piano inclinato dalla massa m_2 dopo l'urto se $m_2 = 2 m_1$.

Esercizio 2

Un blocchetto di piombo di massa $m_{pb} = 1.40$ kg si trova in un recipiente di rame di massa $m_{cu} = 700$ g alla temperatura ambiente di $T_1 = 20.0^\circ\text{C}$. Ad un certo istante, due litri di piombo fuso (che si trovano alla temperatura di fusione di $T_2 = 327^\circ\text{C}$) vengono versati nel recipiente, e l'intero sistema rame+piombo raggiunge poi l'equilibrio termodinamico. Sapendo che la temperatura finale d'equilibrio è uguale alla temperatura di fusione del piombo T_2 e trascurando gli scambi di calore tra il recipiente e l'ambiente esterno, si trovi:

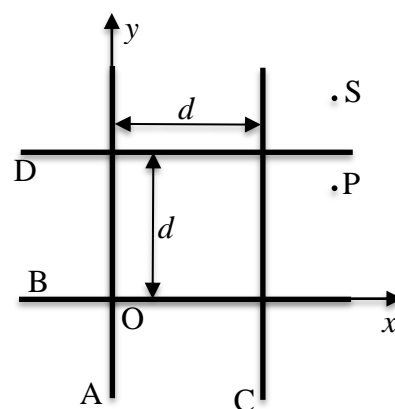
1. il calore che il blocchetto di piombo deve ricevere per raggiungere la temperatura T_2 ;
2. il calore totale ceduto dal piombo fuso al sistema recipiente+blocchetto, necessario per portarlo alla temperatura T_2 .
3. Determinare se il recipiente di rame fonde o no.
4. Calcolare la massa finale del piombo solido e del piombo fuso.

Si ricorda che il calore latente di fusione del piombo è $\lambda = 2.45 \times 10^4$ J/kg, il calore specifico del piombo è $c_{pb} = 128$ J/kg x K e la sua densità è 11.3×10^3 Kg/m³. Il calore specifico del rame è $c_{cu} = 387$ J/kg x K e la sua temperatura di fusione è 1083°C .

Esercizio 3

Quattro lamine di dimensioni praticamente infinite sono disposte parallelamente a due a due come in figura, con una distanza $d = 12.0$ cm tra le lamine di una coppia. Con riferimento alla figura, la lamina A e la lamina B hanno una densità di carica superficiale $\sigma_A = \sigma_B = 5.31 \cdot 10^{-9}$ C/m².

- a) Calcolare il valore di σ_C e σ_D sapendo che nel punto P il campo elettrico ha componenti: $E_P = (0, 1.20 \cdot 10^3)$ V/m.
- b) Considerando una particella con carica $q = 2.10 \cdot 10^{-5}$ C e massa $m = 6.30 \cdot 10^{-4}$ kg che parte da ferma dall'origine O, calcolare in che punto della lamina D arriva e con quale velocità (si supponga il punto di partenza leggermente all'interno del quadrato formato dalle quattro lamine).
- c) Calcolare le componenti del campo elettrico nel punto S.



Supporre il campo gravitazionale trascurabile.

Soluzioni

Esercizio 1

- 1) All'equilibrio, la risultante delle forze che agiscono sul corpo di massa m_1 è nulla. Quindi:

$$m_1 g \sin \theta + F_{s,att} - k \Delta x = 0$$

$$\text{dove } \Delta x = x - x_0 = h/(2 \sin \theta) - x_0 = 0.467 - 0.30 = 0.167 \text{ cm}$$

$$F_{s,att} = k \Delta x - m_1 g \sin \theta = 6.85 - 4.41 = 2.44 \text{ N}$$

La forza di attrito statico è diretta parallelamente al piano inclinato con verso dall'alto verso il basso.

- 2) Il piano inclinato è scabro, quindi la velocità della massa m_1 alla base del piano è ricavabile dalla conservazione dell'energia meccanica in presenza di forze non conservative:

$$E_{fin} - E_{in} = L_{att} = -\mu_d m_1 g \cos \theta h/(2 \sin \theta)$$

$$1/2 m_1 v^2 = m_1 g h/2 - \mu_d m_1 g \cos \theta h/(2 \sin \theta)$$

$$v = [g h (1 - \mu_d \cotg \theta)]^{1/2} = 1.91 \text{ m/s}$$

- 3) La massa m_1 percorre il piano orizzontale e urta con la massa m_2 ad una velocità v . Perché m_1 non risalga sul piano inclinato, è necessario che dopo l'urto abbia una velocità nulla o diretta verso destra, dunque $m_2 \leq m_1$.

- 4) Se $m_2 = 2 m_1$, dopo l'urto elastico, la massa m_2 avrà una velocità:

$$v_2 = 2 m_1 v / (m_1 + m_2) = 2 v/3 = 1.27 \text{ m/s}$$

e l'altezza massima raggiunta lungo il secondo piano inclinato è:

$$1/2 m_2 v_2^2 = m_2 g h_2$$

$$h_2 = v_2^2 / (2 g) = 8.27 \text{ cm}$$

Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 12 Febbraio 2024

Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 2

- 1) Quando il blocchetto di piombo raggiunge la sua temperatura di fusione T_2 , se riceverà una quantità di calore sufficiente inizierà a fondere. Qui si chiede però di considerare solo il calore necessario per raggiungere la temperatura di fusione, e non ancora di stabilire se esso inizierà a fondere o no.

Il calore che il blocchetto riceve è:

$$Q_1 = m_{Pb} \times c_{Pb} \times (327 - 20)^\circ\text{C} = 55014 \text{ J (positivo)}$$

- 2) Il calore ceduto dal piombo fuso farà raggiungere al blocchetto di piombo e al recipiente di rame la temperatura di equilibrio T_2 . Pertanto, blocchetto e rame assorbono il calore fornito dal piombo fuso. Il calore che il recipiente di rame deve ricevere per raggiungere T_2 è:

$$Q_2 = m_{Cu} \times c_{Cu} \times (327 - 20)^\circ\text{C} = 83166 \text{ J (positivo)}$$

Il calore ceduto dal piombo fuso al sistema recipiente+blocchetto per portarlo alla temperatura T_2 è quindi uguale e opposto a quello ricevuto dal sistema recipiente+blocchetto:

$$Q_3 = - (Q_1 + Q_2) = - 138180 \text{ J.}$$

- 3) Il recipiente di rame non può fondere, perché la sua temperatura di fusione (1083°C) non viene raggiunta. Il testo dice infatti che l'intero sistema rame+piombo raggiunge l'equilibrio termodinamico a una temperatura più bassa, T_2 .
- 4) Il piombo fuso cede calore Q_3 e tale perdita di calore potrebbe farlo solidificare, tutto o in parte, rimanendo sempre alla temperatura di equilibrio T_2 . Calcoliamo quale sarebbe il calore che dovrebbe cedere se solidificasse tutta la sua massa (corrispondente a due litri, ovvero $m' = \rho \times V = 11.3 \times 10^3 \times 2 = 22.6 \text{ kg}$):

$$Q' = m' \times \lambda = 554\,000 \text{ J (negativo)}$$

Tale quantità è, in modulo, superiore a Q_3 ; quindi, non tutto il piombo versato solidifica. Lo stato finale è costituito da una miscela di piombo solido e liquido (come si intuisce anche dal testo) alla temperatura T_2 . In particolare, la massa che solidifica in seguito alla cessione di Q_3 è:

$$m'' = Q_3 / \lambda = 5.6 \text{ Kg}$$

Il resto rimane fusa, e la sua massa è $22.6 - 5.6 = 17.0 \text{ Kg}$.

Alla parte solida va aggiunta la massa iniziale del blocchetto, che non riceve calore sufficiente per fondere, quindi $m_{sol} = 5.6 \text{ Kg} + 1.4 \text{ Kg} = 7 \text{ Kg}$.

Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 12 Febbraio 2024

Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 3

- a) Nella configurazione dell'esercizio in ogni punto dello spazio la componente x del campo è prodotta dalle lamine A e C, mentre la componente y è prodotta dalle lamine B e D.

Se nel punto P $E_x = 0$ le due lamine A e C devono costituire un doppio strato:

$$\sigma_C = -\sigma_A = -5.31 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$$

Imponendo il valore di $E_y(P)$, si ha:

$$\frac{\sigma_B - \sigma_D}{2\varepsilon_0} = E_y(P) \Rightarrow \sigma_D = \sigma_B - 2\varepsilon_0 E_y(P) = 5.31 \cdot 10^{-9} - 2400 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} = -15.93 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$$

- b) All'interno del quadrato il campo è costante: $E(P) = \left(\frac{\sigma_A}{\varepsilon_0}, \frac{2\sigma_A}{\varepsilon_0}\right)$; di conseguenza la particella parte con un'accelerazione doppia nella direzione y rispetto a quella nella direzione x , percorrendo quindi una distanza doppia a parità di tempo. Quando questa ha percorso in verticale la distanza d , avrà percorso solo una distanza $d/2$ in orizzontale incontrando la lamina D a metà del lato.

Per trovare la velocità si può utilizzare la conservazione dell'energia meccanica calcolando la differenza di potenziale con il principio di sovrapposizione tra due coppie di lamine parallele:

$$v = \sqrt{\frac{2q}{m} \left[\frac{\sigma_A d}{\varepsilon_0} + \frac{2\sigma_A d}{\varepsilon_0} \right]} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.1 \cdot 10^{-5} \cdot 5.31 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 0.12}{6.3 \cdot 10^{-4} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}} = 3.46 \text{ m/s}$$

Alternativamente si può calcolare l'accelerazione in ogni direzione $a = \left(\frac{q\sigma_A}{m\varepsilon_0}, 2\frac{q\sigma_A}{m\varepsilon_0}\right) = (20,40) \text{ m/s}^2$, la velocità finale nelle due componenti come due moti uniformemente accelerati tramite la formula $v = \sqrt{2as} = (1.55, 3.10) \text{ m/s}$, e infine la velocità come $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

- c) Nel punto S la componente x del campo elettrico è nulla come nel punto P, mentre la componente y è data da

$$E_y(S) = \frac{\sigma_B + \sigma_D}{2\varepsilon_0} = -600 \text{ V/m}$$