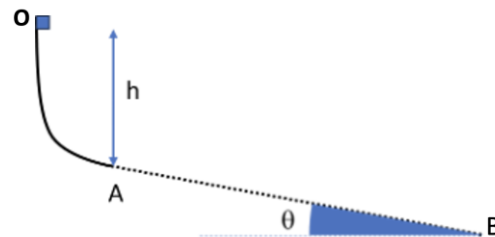


Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 26 Gennaio 2024
Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 1

Un corpo di massa $m = 280$ g soggetto alla forza di gravità viene fatto scendere lungo una guida senza attrito, partendo dal punto iniziale O con una velocità $v_0 = 0.780$ m/s. Dopo essere sceso di un'altezza $h = 30.0$ cm, il corpo prosegue il suo moto lungo un piano inclinato di un angolo $\theta = 10.0^\circ$ e di lunghezza $AB = 120$ cm, caratterizzato da un coefficiente d'attrito dinamico $\mu_d = 0.550$. Calcolare:

- la velocità con la quale il corpo raggiunge il punto A;
- la distanza l dal punto A in cui il corpo si ferma lungo il piano;
- il valore del coefficiente di attrito dinamico necessario perché il corpo, dopo avere raggiunto il punto A, prosegua il suo moto lungo il piano con una velocità costante;
- nel caso descritto nel punto 3, il valore dell'energia meccanica del corpo nel punto B e il lavoro fatto dalla forza di attrito nel tratto tra A e B.



Esercizio 2

Un piccolo frigorifero ha una porta avente dimensione frontale $b \times h = 50.0$ cm x 20.0 cm. Dopo un certo tempo che il frigorifero resta aperto, ovvero a contatto con l'ambiente esterno, l'aria all'interno del frigorifero raggiunge la temperatura $T_1 = 20.0^\circ\text{C}$ e la pressione ambiente $p_0 = 1.00$ atm. Poi si chiude il frigorifero, e dopo un po' la temperatura interna raggiunge il valore di equilibrio $T_2 = 4.00^\circ\text{C}$. Assumendo che non vi sia ingresso d'aria quando il frigorifero è chiuso, e trattando l'aria come un gas perfetto, si calcoli:

- la pressione finale raggiunta dall'aria all'interno del frigorifero chiuso, ovvero quando essa è alla temperatura di equilibrio T_2 ;
- se, in seguito, si volesse aprire di nuovo la porta del frigorifero, quale forza minima si dovrebbe applicare perpendicolarmente alla porta? (si assuma che non ci sia alcun tipo di attrito)
- Infine, si tiri fuori dal freezer ($T_0 = -18.0^\circ\text{C}$) un cubetto di ghiaccio di massa $m = 20.0$ g e si assuma di porlo immediatamente nel frigorifero che si trova alla temperatura costante $T_2 = 4.00^\circ\text{C}$. Assumendo che dopo un certo tempo tutto il ghiaccio si scioglie, si calcoli il calore totale assorbito dalla massa m .

Si ricorda che il calore latente di fusione del ghiaccio è $\lambda = 333.5$ J/g, il calore specifico del ghiaccio è $c_{gh} = 2000$ J/kg x K e quello dell'acqua è $c_{acq} = 4186$ J/kg x K. Si assuma che la temperatura del frigorifero sia costante durante il processo.

Esercizio 3

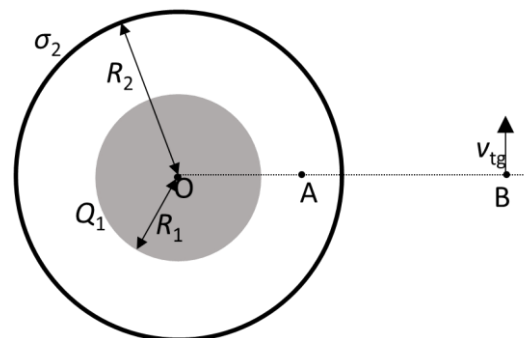
Considerare il sistema di cariche costituito da una sfera piena conduttrice con carica $Q_1 = 3.00 \cdot 10^{-9}$ C e raggio $R_1 = 4.00$ cm e un guscio sferico isolante concentrico alla sfera, avente densità di carica superficiale $\sigma_2 = 1.80 \cdot 10^{-9}$ C/m² e raggio $R_2 = 8.00$ cm.

- Calcolare il campo elettrico nei tre punti O, A, B, dove O è il punto centrale del sistema, A è a una distanza $r_A = (R_1 + R_2)/2$ e infine B è a una distanza $r_B = 2 \cdot R_2$.

A un certo istante, una particella di carica $q = -3.00 \cdot 10^{-5}$ C e massa $m = 2.10 \cdot 10^{-6}$ kg viene lasciata libera di muoversi nel punto B con velocità iniziale v_{tg} verso l'alto (si veda figura).

- Si calcoli v_{tg} affinché la particella descriva un moto circolare uniforme e si calcoli il periodo T di questo moto.
- Supponendo invece che la particella in B venga lasciata libera di muoversi con velocità iniziale nulla, si calcoli la velocità v_f con la quale arriva sul guscio sferico (a distanza R_2 da O).

Considerare trascurabile la forza di gravità.



Soluzioni

Esercizio 1

1. Per calcolare la velocità nel punto A si applica la conservazione dell'energia meccanica:

$$\frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 + mgh$$

$$v_A = (v_0^2 + 2g h)^{1/2} = 2.55 \text{ m/s}$$

2. Per calcolare la distanza l dal punto A al quale il corpo si ferma, possiamo applicare l'equazione di conservazione dell'energia meccanica in presenza di forze non conservative o il teorema delle forze vive; considerando che l'energia cinetica finale è zero (condizione di arresto del corpo), si ha:

$$-\frac{1}{2} m v_A^2 = (mg \sin \theta - \mu_d mg \cos \theta) l$$

dove $mg \sin \theta$ è la componente della forza peso lungo il piano e $\mu_d N = \mu_d mg \cos \theta$ è il modulo della forza di attrito dinamico. Dalla relazione segue:

$$l = -v_A^2 / (2 * (g \sin \theta - \mu_d g \cos \theta)) = 90.0 \text{ cm}$$

Essendo $l < AB$, il corpo si ferma lungo il piano prima di arrivare in B.

Allo stesso risultato si arriva considerando le forze che agiscono sul corpo e che determinano un'accelerazione costante lungo il piano pari a:

$$a = g (\sin \theta - \mu_d \cos \theta) = -3.61 \text{ m/s}^2$$

La lunghezza l percorsa dal corpo si ottiene invertendo la formula

$$v_A^2 - v_0^2 = 2 l a$$

3. Perché il corpo, dopo avere raggiunto il punto A, prosegua il suo moto lungo il piano con una velocità costante, la risultante delle forze agenti sul corpo deve essere nulla, dunque, lungo il piano inclinato, si deve annullare la somma delle forze:

$$mg \sin \theta - \mu_d mg \cos \theta = 0$$

da cui:

$$\mu_d = \sin \theta / \cos \theta = 0.176$$

4. L'energia meccanica del corpo nel punto B è data dalla sola energia cinetica, ed essendo $v_B = v_A$:

$$E = \frac{1}{2} m v_B^2 = 0.910 \text{ J}$$

Il lavoro fatto dalla forza di attrito nel tratto AB:

$$L_{\text{att}} = -\mu_d mg \cos \theta AB = -0.571 \text{ J}$$

Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 26 Gennaio 2024
Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 2

1) Quando si richiude il frigorifero, l'aria al suo interno si raffredda, passando da T_1 a T_2 . Si tratta, in buona approssimazione, di una trasformazione a volume costante e numero di moli costante, quindi la pressione diminuirà secondo la legge dei gas perfetti rispetto a quella iniziale ($p_0 = p_1$):

$$p_2 = p_1 \times (T_2/T_1) = 1 \text{ atm} \times (277.15 \text{ K} / 293.15 \text{ K}) = 0.945 \text{ atm}$$

2) Per aprire la porta del frigorifero bisogna applicare una forza, verso l'esterno, superiore alla forza minima che controbilancia la forza dovuta alla differenza di pressione tra interno ed esterno. La profondità del frigorifero non importa, in quanto conta solo la superficie rettangolare, A , della dimensione frontale. Il modulo della forza minima da applicare è:

$$F = (p_1 - p_2) \times A = (1 - 0.945) \text{ atm} \times (0.5 \times 0.2) \text{ m}^2 = 0.055 \text{ atm} \times 0.1 \text{ m}^2 = 557 \text{ N}$$

3) Ci sono tre processi da considerare.

Innanzitutto, il ghiaccio deve raggiungere la temperatura di 0°C , assorbendo il calore

$$Q_1 = m \times c_{gh} \times (0 - (-18))^\circ\text{C} = 720 \text{ J}$$

Poi tutto il ghiaccio resta a 0°C e fonde, diventando acqua, assorbendo il calore

$$Q_2 = m \times \lambda = 6670 \text{ J}$$

Infine, la massa m di acqua deve raggiungere la temperatura di equilibrio del frigorifero di $T_2=4^\circ\text{C}$, assorbendo il calore:

$$Q_3 = m \times c_{acq} \times (4 - (0))^\circ\text{C} = 335 \text{ J}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 7725 \text{ J}$$

Esame scritto di Fisica per Scienze Biologiche – 26 Gennaio 2024
Proff. De Gasperis, De Luca, Graziani, Maoli, Schneider

Esercizio 3

- 1) Il campo elettrico è radiale e diretto verso l'esterno in quanto sia Q_1 che σ_2 sono positivi. Considerando che nella sfera conduttrice le cariche si distribuiscono sulla superficie creando quindi un altro guscio sferico, si può calcolare il campo elettrico con il principio di sovrapposizione. Sfruttando la proprietà che all'interno di ogni guscio sferico il campo associato al guscio è nullo mentre all'esterno è uguale al campo di una carica puntiforme posta al centro del guscio, si ottengono per i punti indicati i seguenti valori per il modulo del campo:

$$E_O = 0$$

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{R_A^2} = 7.49 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$$

$$E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + \sigma_2 \cdot 4\pi R_2^2}{R_B^2} = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$$

- 2) Il moto circolare è associato a una forza centripeta che in questo caso è dovuta alla forza elettrica tra la particella e il sistema di gusci sferici: $\frac{mv_{tg}^2}{R_B} = |q|E_B$

$$\text{Si trova: } v_{tg} = \sqrt{\frac{|q|E_B R_B}{m}} = 50.2 \text{ m/s}$$

$$\text{Per il periodo si ha: } T = \frac{2\pi R_B}{v_{tg}} = 20.0 \text{ ms}$$

- 3) Per trovare la velocità finale si usa la conservazione dell'energia meccanica:

$$v_f = \sqrt{\frac{2q}{m} [V(R_B) - V(R_2)]} = 71.1 \text{ m/s}$$

$$\text{dove } [V(R_B) - V(R_2)] = \frac{Q_1 + \sigma_2 \cdot 4\pi R_2^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_2} \right) = -177 \text{ V}$$