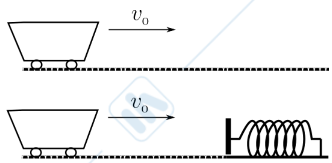
Problema 1

Un carrello di massa $m = 500$ kg si muove su una guida orizzontale rettilinea con coefficiente di attrito dinamico $\mu_d = 0.2$. La velocità all'istante iniziale è $v_0 = 5.6$ m/s.

1. In quanto tempo si arresta il carrello?
2. Che distanza percorre?

Supponiamo che, dopo aver percorso la distanza $d = 5.00$ m sulla guida con attrito dalla posizione occupata all'istante iniziale, il carrello incontri un respingente costituito da una molla orizzontale, di costante elastica $k = 5.8 \cdot 10^3$ N/m.

3. Calcolare la compressione massima del respingente, trascurando l'attrito nella regione di compressione



Problema 2

Una bobina di rame di lunghezza totale L ignota e sezione $S = 0.500$ mm^2 è collegata ad un generatore di forza elettromotrice $\mathcal{E} = 9.00V$ e resistenza interna trascurabile. La bobina è inizialmente immersa in $m = 1.00$ kg di una miscela al 50% di acqua e ghiaccio in equilibrio alla temperatura di 0 °C in un calorimetro di rame di massa $M = 200g$, e il circuito è tenuto aperto da un interruttore. All'istante iniziale si chiude il circuito e si osserva che tutto il contenuto del calorimetro evapora in due ore.

1. Calcolare il calore necessario alla fusione completa del ghiaccio.
2. Calcolare il calore necessario, dopo la fusione completa, a portare il sistema alla temperatura di ebollizione (si assuma a 100 °C)
3. Si calcoli infine la lunghezza L della bobina.

(Si trascuri ogni dispersione di calore all'esterno del sistema bobina+calorimetro+acqua; resistività del rame $\rho = 1.68 \cdot 10^{-8}\ \Omega\,$m; calore specifico del rame $c_R = 387$ J/(kg K); calore specifico dell'acqua $c_A = 4186$ J/(kg K); calore latente di evaporazione dell'acqua: $\lambda_E = 2.27 \cdot 10^6$ J/kg; calore latente di fusione dell'acqua $\lambda_F = 3.34 \cdot 10^5$ J/kg)

Problema 3

Una zattera di area di superficie $S = 8.0$ m^2 galleggia sulla superficie di un lago, immersa per il 30% del suo spessore verticale.

1. Calcolare la densità ρ_Z del materiale di cui è fatta la zattera;

se sul fondo della zattera viene appesa una zavorra di alluminio di massa $M_{Al} = 2700$ kg, si osserva che la zattera affonda completamente sotto il pelo dell'acqua e rimane in equilibrio.

2. Calcolare lo spessore d verticale della zattera.

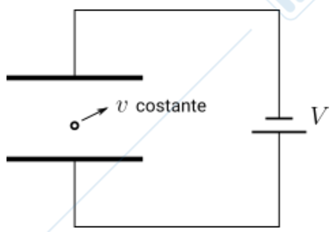
Si assuma la densità dell'acqua pari a $\rho = 1.0$ g/cm^3 e dell'alluminio pari a $\rho_{Al} = 2.7$ g/cm^3.

Problema 4

Un granello di polvere di massa $m = 1.0$ mg si trova nello spazio interno ad un condensatore piano le cui armature hanno superficie di area $S = 240$ cm^2 e distanza reciproca $d = 12$ cm; il condensatore ha le armature in posizione orizzontale e il granello si sta muovendo a velocità costante sotto l'azione della gravità e del campo elettrostatico nel condensatore.

Il condensatore è mantenuto alla differenza di potenziale $V = 250$ kV, con l'armatura inferiore al potenziale maggiore. Trascurando ogni effetto di bordo, determinare:

1. la carica presente su ciascuna armatura;
2. modulo, direzione e verso campo elettrico nel condensatore;
3. la carica elettrica del granello di polvere.



Soluzione problema 1

1. La forza d'attrito ha modulo: $F_d = \mu_d mg$ ed è costante e uniforme. Se Δt è l'intervallo di tempo necessario per l'arresto, il moto è uniformemente accelerato con accelerazione
$$a = -\mu_d g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-v_0}{\Delta t} \implies \Delta t = \frac{v_0}{\mu_d g} = 2.9 \text{ s.}$$
2. La forza d'attrito è una forza dissipativa. Dal teorema dell'energia cinetica:
$$F_d \Delta x = K_f - K_i = -\frac{1}{2}mv_0^2 \implies \Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_d g} = 8.0 \text{ m}$$
Equivalentemente dalla formula per il moto uniformemente accelerato $2a\Delta x = v_f^2 - v_i^2 = -v_0^2$.
3. Dopo aver percorso d, $K = \frac{1}{2}mv_0^2 - F_d d$. L'energia deve trasformarsi tutta in energia potenziale elastica nello stato di massima compressione x
$$\frac{1}{2}kx^2 = K \implies x = \sqrt{\frac{2K}{k}} = 1.0 \text{ m}$$

Soluzione problema 2

1. $Q_1 = 0.5m\lambda_F = 1.67 \cdot 10^5$ J. Il recipiente rimane a $T = 0$ °C e non assorbe calore.
2. $Q_2 = (c_R M + c_A m)(T_2 - T_1)$. Per $T_2 = 100$ °C, $T_1 = 0$ °C, si ha $Q_2 = 4.26 \cdot 10^5$ J.
3. Per evaporare completamente $Q_3 = \lambda_E m = 2.27 \cdot 10^6$ J. Il recipiente rimane a $T = 100$ °C e non assorbe calore. Calore totale assorbito dal sistema: $Q_{TOT} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2.86 \cdot 10^6$ J fornito da effetto Joule:
$$Q = \frac{\mathcal{E}^2}{R}\Delta t \ , \quad R = \frac{\rho L}{S} \implies L = \frac{\mathcal{E}^2 \Delta t S}{\rho Q_{TOT}} = 6.06 \text{ m}$$

Soluzione problema 3

1. Volume zattera: $V_Z = Sd$; volume immerso: $V_i = Sx$, $x = 0.30d$. Equilibrio tra peso e spinta di Archimede:
$$\rho_Z(Sd)g = \rho(Sx)g \implies \rho_Z = \rho x/d = 0.30\rho = 0.30 \text{ g/cm}^3 \ .$$
2. $M_{Al} = \rho_{Al} V_{Al}$ e $V_{Al} = 1.0$ m^3. All'equilibrio:
$$[\rho_Z(Sd) + \rho_{Al}V_{Al}]\, g = \rho(Sd + V_{Al})g \implies d = \frac{(\rho_{Al} - \rho)V_{Al}}{(\rho - \rho_Z)S} = 30 \text{ cm} \ .$$

Soluzione problema 4

1. Capacità condensatore piano: $C = \epsilon_0 S/d$. Carica: $Q = CV = 4.4 \cdot 10^{-7}$ C;
2. $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = 2.1 \cdot 10^6$ V/m; il campo ha direzione e verso in cui il potenziale diminuisce, ortogonale alle superfici equipotenziali che nel condensatore sono piani orizzontali, per cui è diretto in verticale e verso l'alto.
3. v costante $\implies F = mg - qE = 0 \implies q = mg/E = 4.7 \cdot 10^{-12}$ C