

**Zadanie 1**

Piłka uderza w poziomą podłogę pod kątem  $\alpha$  z prędkością  $v_0$ . Współczynnik tarcia piłki o podłogę jest równy  $\mu$ . W jakiej odległości od miejsca pierwszego uderzenia piłka ponownie uderzy w podłogę?

Podaj wartości liczbowe dla  $\alpha = 45^\circ$ ,  $v_0 = 10 \text{ m/s}$  w dwóch przypadkach:  $\mu = 0,1$  i  $\mu = 0,8$ .

Piłka nie obraca się przed zderzeniem. Czas zderzenia jest bardzo krótki, a w trakcie zderzenia ugięcie piłki jest zanedbywalnie małe w porównaniu z jej promieniem. Piłka jest idealnie sprężysta, tzn. w przypadku, gdy nie obracając się uderza pionowo w podłogę, zderzenie jest idealnie sprężyste. Grubość powłoki piłki jest bardzo mała w porównaniu z promieniem. Powłoka nie ulega odkształceniu stycznemu. Masa powietrza w piłce jest zanedbywalnie mała w porównaniu z masą jej powłoki. Pomiń opory aerodynamiczne.

Przyspieszenie ziemskie  $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ , a moment bezwładności sfery o promieniu  $R$  i masie  $m$  względem osi przechodzącej przez jej środek  $I = (2/3)mR^2$ .

**Zadanie 2**

Kuliste naczynie składa się ze współśrodkowych, cienkich, metalowych sfer o promieniach  $r_2$  i  $r_1$  (gdzie  $r_2 > r_1$ ) między którymi jest próżnia (patrz rys.). Zewnętrzna sfera jest podzielona płaszczyzną na dwie części, z których mniejsza ma powierzchnię  $S_3$ . W wewnętrznej sferze umieszczono mieszaninę wody o masie  $m_W$  i lodu o masie  $m_L$ . Większa część zewnętrznej powłoki naczynia ma stałą temperaturę  $t_2$ , a mniejsza – stałą temperaturę  $t_3$  ( $t_2$  i  $t_3$  są temperaturami w skali Celsjusza).

Po jakim czasie lód ulegnie całkowitemu roztopieniu?

Podaj wynik liczbowy dla  $r_1 = 0,04 \text{ m}$ ,  $r_2 = 0,08 \text{ m}$ ,  $S_3 = 0,03 \text{ m}^2$ ,  $m_W = 0,1 \text{ kg}$ ,  $m_L = 0,1 \text{ kg}$ ,  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_3 = 10^\circ\text{C}$ .

Powierzchnie sfer są doskonale czarne. Pojemność cieplną naczynia można zaniechać. Przyjmij, że lód jest stale w stanie równowagi termodynamicznej z wodą. Ciśnienie wewnątrz wewnętrznej sfery jest stale równe ciśnieniu normalnemu.

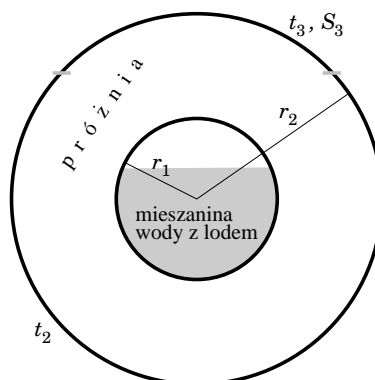
Ciepło topnienia lodu wynosi  $q = 334 \text{ kJ/kg}$ , stała Stefana-Boltzmannna  $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ , ciepło właściwe wody  $c_W = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , ciepło właściwe lodu  $c_L = 2,1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , temperatura topnienia lodu w warunkach normalnych  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ .

**Zadanie 3**

Cienki, jednorodny pierścień o masie  $m$  i promieniu  $r$  spoczywa na poziomym blacie stołu. Pierścień jest zrobiony z jednego zwoju drutu, którego opór na jednostkę długości wynosi  $\lambda$ . Pod blatem znajduje się współosiowy z pierścieniem solenoid.

Zależność od czasu  $t$  natężenia prądu płynącego w solenoidzie jest dana wzorem

$$I_s = \begin{cases} 0 & \text{dla } t < 0, \\ I_0 \frac{t}{T} & \text{dla } 0 \leq t < T, \\ I_0 & \text{dla } t \geq T, \end{cases} .$$



(gwarantuje to odpowiedni układ elektroniczny, do którego solenoid jest podłączony).

a) Znajdź największą wartość  $I_0$  ( $= I_{0m}$ ), dla której pierścień jeszcze nie podskoczy ponad blat.

b) Zakładając, że  $I_0 \gg I_{0m}$  (patrz punkt a)), wyznacz wysokość, na jaką podskoczy pierścień.

W rozwiązaniu uwzględnij następujące informacje:

(i) gdy pierścień jest umieszczony (współosiowo z solenoidem) na niewielkiej wysokości  $z$  nad blatem, a prąd płynący w solenoidzie ma natężenie  $I_s$ , to z bardzo dobrym przybliżeniem strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez pierścień jest dany wzorem  $\Phi = (a - bz) I_s$ , gdzie  $a, b$  są dodatnimi stałymi;

(ii) w każdym punkcie pole magnetyczne pochodzące od pierścienia można pominąć w porównaniu z polem pochodzącym od solenoidu;

(iii) można pominąć wpływ ruchu pierścienia na natężenie płynącego w nim prądu;

(iv) parametr  $T$  jest na tyle mały, że droga przebyta przez pierścień do chwili  $t = T$  jest pomijalnie mała;

(v) blat jest niemagnetyczny i nieprzewodzący, a solenoid jest nieruchomy;

(vi) efekty związane z promieniowaniem oraz opór aerodynamiczny powietrza można pominąć.

Podaj wartości liczbowe szukanych wielkości dla  $m = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ ,  $r = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,9 \cdot 10^{-2} \Omega/\text{m}$ ,  $a = 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{A}^{-1}$ ,  $b = 10^{-2} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$ ,  $T = 10^{-3} \text{ s}$ ,  $I_0 = 10 \text{ A}$ ,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  (przyspieszenie ziemskie).