Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić: imię, nazwisko i adres autora pracy, nazwę i adres szkoły, klasę oraz imię i nazwisko nauczyciela fizyki. Do pracy należy dołączyć kopertę zaadresowaną do siebie.

Zadania teoretyczne

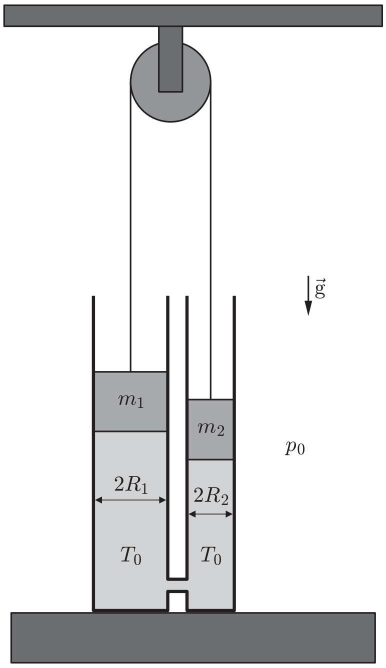
Przesłać należy rozwiązania trzech (i tylko trzech) dowolnie wybranych zadań teoretycznych. Za każde z trzech zadań można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

T1. Dwa pionowo ustawione cylindry o promieniach wewnętrznych odpowiednio R_1 oraz R_2 zamknięte są od góry szczelnymi, mogącymi się swobodnie przesuwać tłokami. Cylindry połączone są rurką, a w ich wnętrzu znajduje się gaz doskonały o molowym cieple właściwym przy stałej objętości równym C_V. Tłoki połączone są linką przerzuconą przez bloczek (patrz rysunek 7).

Początkowo układ jest w równowadze mechanicznej i termodynamicznej, przy czym liczba moli gazu wynosi n, jego temperatura – T_0, a linka jest napięta.

- Ile ciepła należy dostarczyć do gazu, aby jego temperatura wzrosła o ΔT?
- O ile przesuną się przy tym tłoki?

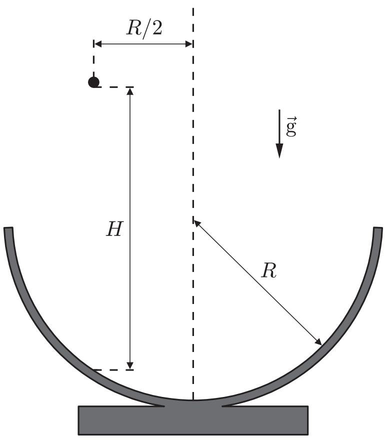
Przyjmij, że gaz nie oddaje ciepła cylindrom, tłokom, rurce ani otoczeniu. Gaz jest tak podgrzewany, że jego temperatura w obu cylindrach jest stale taka sama i zmienia się bardzo powoli. Pomiń tarcie. Na zewnątrz układu znajduje się powietrze o ciśnieniu p_0. Masy cylindrów wynoszą odpowiednio m_1 oraz m_2. Przyspieszenie ziemskie wynosi g.



Rys. 7

Podaj wartości liczbowe szukanych wielkości dla $\Delta T = 10$ K, $C_V = \frac{5}{2}R$, $R_1 = 0{,}05$ m, $R_2 = 0{,}03$ m, $m_1 = 5$ kg, $m_2 = 1$ kg, $n = 0{,}05$ mol, $T_0 = 300$ K, $p_0 = 10^5$ Pa, g $= 9{,}81$ m/s^2. Uniwersalna stała gazowa $R = 8{,}3$ J/(mol $\cdot$ K).

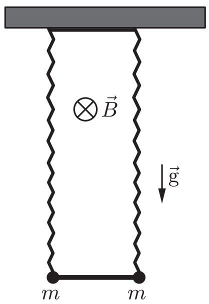
T2. Małą kulkę puszczono swobodnie z pewnej wysokości do wnętrza kulistej czaszy o promieniu R (patrz rysunek 8). Odległość punktu, z którego puszczono kulkę, od osi czaszy wynosi $R/2$. Po czterokrotnym odbiciu się od wnętrza czaszy, kulka powróciła do miejsca z którego została puszczona. Jaka była początkowa wysokość H kulki nad miejscem jej pierwszego odbicia?



Rys. 8

Odbicia są doskonale spężyste. Pomiń opór powietrza i ruch obrotowy kulki. Przyspieszenie ziemskie wynosi g.

T3. Na dwóch identycznych, metalowych sprężynach o współczynnikach sprężystości k wiszą dwa identyczne ciężarki o masie m każdy. Sprężynki znajdują się w odległości l od siebie, a ich dolne końce połączone są sztywnym, metalowym prętem o pomijalnie małej masie. Sprężynki połączone są w punkcie zawieszenia przewodem elektrycznym. Cały układ znajduje się w prostopadłym do jego płaszczyzny jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B (patrz rysunek 9). Całkowity opór elektryczny obwodu wynosi R.



Rys. 9

Wyznacz stosunek ciepła wytwarzanego w obwodzie w trakcie jednego drgania do energii mechanicznej układu, jeśli w chwili początkowej ciężarki spoczywają w odległościach odpowiednio z_1 oraz z_2 poniżej ich położenia równowagi, gdzie:

- $z_1 = d$, $z_2 = d$;
- $z_1 = -d$, $z_2 = d$;
- $z_1 = 0$, $z_2 = d$.

Dla każdego z rozpatrywanych przypadków opisz ruch układu po bardzo długim czasie.

Pole magnetyczne wytwarzane przez obwód jest pomijalnie małe w porównaniu z B. Pomiń też opór powietrza i masy sprężyn. Przyjmij, że sprężyny pozostają stale pionowe ($d \ll l$), nie wyginają się, a ich rozmiary poprzeczne (szerokość nawinięcia) są małe w porównaniu z d. Załóż, że ciepło wydzielane w obwodzie w trakcie jednego drgania jest bardzo małe w porównaniu z energią mechaniczną układu (ale całkowite ciepło wydzielone po rozpatrywanym w drugim poleceniu bardzo długim czasie jest porównywalne z tą energią).

Dla każdego z rozpatrywanych przypadków podaj wartość liczbową szukanego współczynnika dla $B = 0{,}05$ T, $l = 0{,}2$ m, $R = 0{,}1$ Ω, $k = 100$ N/m, $m = 0{,}1$ kg, $d = 0{,}01$ m.

T4 (numeryczne). Rozważmy ośrodek optyczny o współczynniku załamania zależnym od współrzędnej y

$$n(x, y) = n_0 + by^2,$$

gdzie $n_0 = 10$, $b = -10\ \frac{1}{\text{m}^2}$. Będziemy rozważali bieg promieni światła w płaszczyźnie (x, y).

a) Przedstaw na wykresie biegi promieni, które wylatują z punktu $x = 0$, $y = 0$ dla kątów α_0, jakie te promienie tworzą z osią y w punkcie początkowym, równych $10°$, $20°$, $30°$, $45°$, $50°$, $55°$, $65°$, $70°$, $75°$, $80°$, $85°$, $86°$, $87°$, $88°$, $89°$, $90°$. Skalę i wielkość wykresu dobierz tak, by był na nim widoczny przebieg każdego z wymienionych promieni, z wyjątkiem odpowiadającego $\alpha_0 = 90°$, od punktu początkowego aż do przecięcia z osią $y = 0$.

b) Czy na podstawie wykresu z punktu a) można przyjąć, że dla pewnego zakresu kątów α_0 promienie ogniskują się w przybliżeniu w jednym miejscu (ognisku)? Jeśli tak, podaj położenie tego ogniska.

Wskazówka: Z prawa załamania wynika, że w rozważanym przypadku kąt, jaki promień tworzy promień z osią y, jest wyznaczony przez współrzędną y i warunki początkowe. Na tej podstawie można określić schemat postępowania pozwalający wyznaczyć bieg promienia:

- ustawiamy „foton” w punkcie początkowym;
- przesuwamy „foton” o małą odległość d zgodnie z kierunkiem promienia;
- na podstawie prawa załamania wyznaczamy w nowym położeniu nowy kierunek promienia.

Punkty 1 i 2 powtarzamy, aż nasz foton osiągnie oczekiwane miejsce. Odległość d powinna być tak dobrana, aby jej zmniejszenie nie powodowało widocznej na rysunku zmiany biegu promienia.

Uwaga: Prawo załamania nie zawsze jednoznacznie określa dalszy bieg promienia, bo $\sin\theta = \sin(\pi - \theta)$ – np. w przypadku odbicia sinus kąta padania jest równy sinusowi kąta załamania i dalszy bieg promienia wyznaczamy na podstawie dodatkowych rozważań.