LX OLIMPIADA FIZYCZNA

ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

Rozwiązania zadań I stopnia należy przesyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminie do 15 listopada b.r.. O kwalifikacji do zawodów II stopnia będzie decydować suma punktów uzyskanych za rozwiązania zadań.
Szczegóły dotyczące regulaminu oraz organizacji Olimpiady można znaleźć na stronie internetowej `www.kgof.edu.pl`.

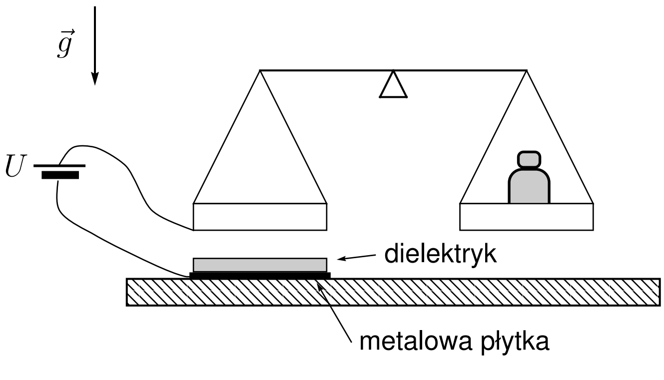
Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić: imię, nazwisko i adres autora pracy, nazwę i adres szkoły, klasę oraz imię i nazwisko nauczyciela fizyki. Do pracy należy dołączyć kopertę zaadresowaną do siebie.

ZADANIA TEORETYCZNE

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

Zadanie T1.

Tomek posiada wagę laboratoryjną, ale zgubił do niej odważniki. Postanowił pod szalką umieścić metalową płytkę o promieniu r (równym promieniowi denka szalki) i podłączyć szalkę i płytkę do źródła o regulowanym napięciu (patrz rysunek). Aby nie dochodziło do zwarcia, Tomek przykleił do górnej powierzchni płytki warstwę dielektryka o grubości d_1 ($d_1 \ll r$) i stałej dielektrycznej ϵ_w. Gdy waga jest w położeniu równowagi, odległość między spodem szalki a dielektrykiem wynosi d_2 ($d_2 \ll r$).



Jakie powinno być napięcie U, aby waga była w równowadze, gdy na drugiej szalce leży przedmiot o masie m? Podaj liczbową wartość U dla $r = 5\mathrm{cm}$, $d_1 = d_2 = 1\,\mathrm{mm}$, $m = 1\,\mathrm{g}$, $\epsilon_w = 3$.

Szalki są metalowe, a ich dno jest płaskie. Płytka pod szalką jest przymocowana do podłoża. Przyspieszenie ziemskie $g = 9,8\,\mathrm{m/s}$, przenikalność elektryczna próżni $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}\mathrm{F/m}$.

Zadanie T2.
W maszynie parowej woda o temperaturze początkowej $t_0 = 20^{\mathrm{o}}\mathrm{C}$ jest podgrzewana do temperatury $t_1 = 120^{\mathrm{o}}\mathrm{C}$, przy czym jej ciśnienie wzrasta do wartości $p_1 = 2,0 \cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$. W temperaturze t_1 i ciśnieniu p_1 zachodzi przemiana wody w parę. Powstała para przesuwa tłok, a następnie jest wypuszczana do otoczenia o ciśnieniu $p_0 = 1,0 \cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$. Oblicz maksymalną sprawność tej maszyny w dwóch przypadkach:

a) para przesuwająca tłok ma stale ciśnienie p_1, a potem jest wypuszczana do atmosfery;

b) maszyna pracuje dwuetapowo: najpierw para przesuwa tłok jak w pkt. a), a następnie przesuwając tłok (ten sam lub inny – zależnie od rozwiazań konstrukcyjnych) ulega adiabatycznemu rozprężeniu aż osiągnie temperaturę $t_w = 100^{\mathrm{o}}\mathrm{C}$, po czym wylatuje do atmosfery.

Ciepło parowania wody temperaturze t_1 (i pod ciśnieniem p_1) wynosi $q_1 = 2,2 \cdot 10^6\,\mathrm{J/kg}$, ciepło właściwe wody jest równe $c_w = 4,2 \cdot 10^3\,\mathrm{J/(kg \cdot K)}$, ciepło właściwe pary wodnej przy stałym ciśnieniu $c_p = 2,0 \cdot 10^3\,\mathrm{J/(kg \cdot K)}$. Parę wodną potraktuj jako gaz doskonały. Uniwersalna stała gazowa jest równa $R = 8,3\,\mathrm{J/(mol \cdot K)}$.

Zadanie T3.
Kulka o promieniu R, poruszająca się z prędkością v po poziomej podłodze, uderza w krawędź progu o wysokości h (patrz rysunek). Zderzenie jest doskonale sprężyste i trwa bardzo krótko.
Jaki warunek (lub warunki) powinno spełniać v, aby kulka po uderzeniu w próg "wskoczyłańa znajdującą się za nim część podłogi, nie zderzając się powtórnie z krawędzią progu? Pomiń tarcie i opór powietrza.
Sprawdź, czy ten warunek jest spełniony dla następujacych wartości parametrów:

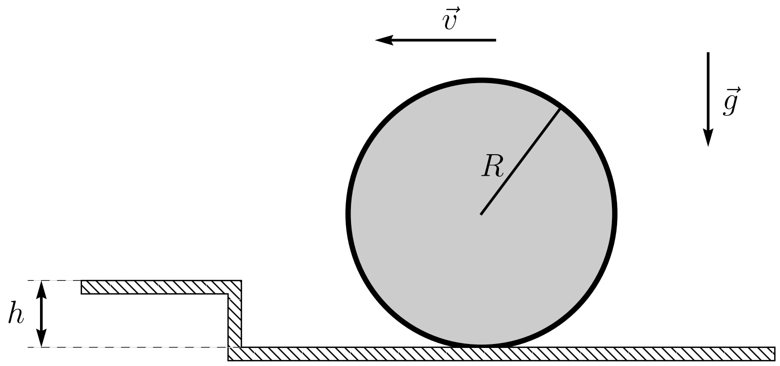
a) $R = 0,02\,\mathrm{m}$, $h = R/2$, $v = 1\,\mathrm{m/s}$;

b) $R = 0,02\,\mathrm{m}$, $h = R/4$, $v = 3\,\mathrm{m/s}$;

c) $R = 0,02\,\mathrm{m}$, $h = R/8$, $v = 0,5\,\mathrm{m/s}$;

d) $R = 0,04\,\mathrm{m}$, $h = R/16$, $v = 0,3\,\mathrm{m/s}$.

Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,8\,\mathrm{m/s^2}$. Prędkość $\vec{v}$ jest prostopadła do krawędzi progu.
Uwaga: Gdy $h < R$, wygodnie jest wprowadzić kąt α, taki że $h = R\,(1 - \cos\alpha)$.



Zadanie T4. NUMERYCZNE.

Statek piracki wystrzelił z armaty (falkonetu) w kierunku statku przeciwnika żelazną kulę o promieniu $r = 2,5\,\mathrm{cm}$. Zaraz po opuszczeniu lufy kula miała prędkość $v = 300\,\mathrm{m/s}$ skierowaną pod kątem α do poziomu. Następnie kula poruszała się w powietrzu, a jedynymi siłami na nią działającymi były: stała siła grawitacji oraz siła oporu powietrza skierowana w kierunku przeciwnym do kierunku poruszania się kuli, o wartości proporcjonalnej do kwadratu prędkości

$$\vec{F}_R = -\frac{1}{2}\,\kappa\,S\,\rho_p\,v^2\,\frac{\vec{v}}{v},$$

gdzie $\vec{v}$ jest prędkością kuli, a κ – stałym współczynnikiem oporu aerodynamicznego, który dla kuli w przybliżeniu jest równy $0,45$. S jest powierzchnią rzutu obiektu (kuli) na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu, ρ_p – gęstością powietrza.

Posługując się komputerem (np. wykorzystując znany ci język programowania lub arkusz kalkulacyjny) lub programowalnym kalkulatorem, wyznacz kąt, przy którym zasięg strzału jest największy. Zastosuj poniższy schemat:

1. Zaproponuj dla tego problemu i uzasadnij schemat różnicowy oparty na metodzie Eulera (patrz PRZYKŁAD) lub innej metodzie numerycznej.
2. Wykreśl tory dla $\alpha = 30°$, $\alpha = 45°$, oraz $\alpha = 60°$.
3. Wykreśl zależność zasięgu od kąta i na tej podstawie oszacuj kąt α_{max}, dla którego zasięg jest największy. Podaj ten zasięg.

Przyjmij gęstość żelaza $\rho_{\mathrm{Fe}} = 7900\mathrm{kg/m^3}$ i powietrza $\rho_{\mathrm{p}} = 1,2\mathrm{kg/m^3}$ przyspieszenie ziemsie $g = 9,8\,\mathrm{m/s^2}$. Punkt upadku kuli znajduje się na tej samej wysokości, co punkt jej wystrzelenia. Pomiń krzywiznę Ziemi.

PRZYKŁAD
Algorytm różnicowy wykorzystujący schemat Eulera dla jednowymiarowego problemu spadku swobodnego z warunkami początkowymi $y(0) = h$ oraz $v(0) = 0$ jest następujący:
Dla małego Δt, równania ruchu przybliżamy przez

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = v, \tag{1}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{m} = -g. \tag{2}$$

Stąd algorytm ma nastepującą postać:

- Inicjalizacja: $y_0 = h, v_0 = 0$.
- Krok algorytmu: dopóki $y_n > 0$, powtarzaj

$$y_{n+1} = y_n + v_n \Delta t\,, \tag{3}$$

$$v_{n+1} = v_n - g\Delta t\,. \tag{4}$$

Powyższy schemat należy uogólnić na przypadek dwuwymiarowy i uwzględnić konkretną postać siły wystepującej w rozważanym zagadnieniu.

Teoretycznie dla odpowiednio małego Δt, uzyskane w ten sposób rozwiązanie numeryczne dowolnie dokładnie przybliża rozwiązanie wyjściowego zagadnienia. Jednak komputer (lub kalkulator) przeprowadza obliczenia ze skończoną dokładnością i zbyt mała wartość Δt może być przyczyną dużych błędów.
W praktyce długość kroku czasowego Δt można ustalić np. żądając, by po zmniejszeniu jej dwukrotnie, zmiany szukanych parametrów były w granicach z góry założonej dokładności (np. 1%). Poprawność schematu możesz sprawdzić na przykładzie rzutu ukośnego bez oporu.

ZADANIA DOŚWIADCZALNE

Przesłać należy rozwiązania dwóch (i tylko dwóch) dowolnie wybranych zadań doświadczalnych. Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 40 punktów.

Zadanie D1.
Siły oporów ruchu mogą mieć złożoną postać. Zbadaj, który związek najlepiej opisuje ruch roweru (z rowerzystą) jadącego po równej, twardej nawierzchni:

a) siła oporu nie zależy od prędkości $F_{op}(v) = C$,

b) siła oporu jest proporcjonalna do prędkości $F_{op}(v) = A\,v$,

c) siła oporu jest proporcjonalna do kwadratu prędkości $F_{op}(v) = B\,v^2$.

Wyznacz odpowiednią stałą dla zakresu prędkości $0 - 20\,\mathrm{km/h}$.

Możesz użyć:

- roweru z prędkościomierzem,
- kamery (np. w telefonie komórkowym),
- taśmy mierniczej,
- stopera.

Uwaga: Podczas pomiarów pamiętaj o bezpieczeństwie rowerzysty i innych osób.

Zadanie D2.
2. Woda jest przezroczysta w widzialnym zakresie widma, ale już w bliskiej podczerwieni silnie absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne. Mając do

dyspozycji:

- wysokie naczynie szklane (menzurkę, wazon) z wodą,
- linijkę,
- pilot od telewizora,
- aparat cyfrowy oraz program do obróbki zdjęć,

zbadaj zależność natężenia światła I_t wysyłanego przez podczerwoną diodę pilota i przechodzącego przez wodę od grubości warstwy wody L. Wyznacz współczynnik α we wzorze

$$I_t = I_0 \mathrm{e}^{-\alpha L}.$$

Uwaga: w typowym aparacie cyfrowym stosuje się korekcję skali natężenia - można przyjąć, że rejestrowana do pliku wartość sygnału $I_{\mathtt{PLIK}}$ jest związana z natężeniem światła padającego na piksel matrycy $I_{\mathtt{PIKSEL}}$ formułą

$$I_{\mathtt{PLIK}} = I_{\mathtt{PIKSEL}}^{0,7}.$$

Zadanie D3.
Plastikowa rura może działać jak „dźwiękowód”. Zbadaj, jak wygląda transmisja takiego „dźwiękowodu” w funkcji częstości fali akustycznej. Transmisja T jest zdefiniowana jako stosunek natężenia dźwięku na wyjściu $A_{\mathtt{out}}$ do natężeniu dźwięku na wejściu $A_{\mathtt{in}}$ „dźwiękowodu”:

$$T(\omega) = \frac{A_{\mathtt{out}}}{A_{\mathtt{in}}}$$

Masz do dyspozycji:

- komputer z kartą dźwiękową połączoną do głośnika i mikrofonu,
- programy komputerowy `Generator` pozwalający wysyłać na wyjście karty dźwiękowej dowolne przebiegi napięcia
- program komputerowy `Oscyloskop` pozwalający odczytywać przebiegi napięcia na wejściu mikrofonowym karty dźwiękowej,
- plastikową rurę (np. kanalizacyjną) o średnicy ok. $5\,\mathrm{cm}$ i długości ok. $2\,\mathrm{m}$.