

LXVI OLIMPIADA FIZYCZNA — ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

Rozwiązania zadań I stopnia należy przysyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminach: część I — do 14 października b.r., część II — do 18 listopada b.r. O kwalifikacji do zawodów II stopnia będzie decydować suma punktów uzyskanych za rozwiązania zadań części I i II.

Przed wysłaniem rozwiązań prosimy o zarejestrowanie się na stronie internetowej <http://www.kgof.edu.pl/rejestracja>.

Szczegóły dotyczące regulaminu oraz organizacji Olimpiady można znaleźć na stronie internetowej <http://www.kgof.edu.pl>.

Krótką informacją na temat poprawnej redakcji rozwiązań zadań Olimpiady Fizycznej

Zadania powinny być rozwiązane jasno, przejrzysto i czytelnie. Każde zadanie powinno być rozwiązane na oddzielnej kartce papieru. Poszczególne etapy rozumowania należy opisać, a wszelkie zależności fizyczne, które nie są wprost podane w podręcznikach szkolnych – udowodnić. Należy również objaśnić wszelkie oznaczenia występujące w rozwiązaniach zadań. Rysunki mogą być wykonane odrębnie – muszą być jednak przejrzyste i czytelne oraz dobrze opisane w tekście.

Rozumowanie przedstawione w rozwiązaniach nie może zawierać luk logicznych. Każdy krok rozumowania powinien być zwięźle opisany, a przyjęte założenia – klarownie uzasadnione. Rozwlekłość jest uznawana za ujemną cechę pracy.

Rozwiązanie zadania teoretycznego powinno być poprzedzone analizą problemu poruszanego w zadaniu, a zakończone dyskusją wyników. Rozwiązania zadań teoretycznych powinny odnosić się do ogólnej sytuacji opisanej w treści, dane liczbowe (o ile zostały podane) powinny być podstawione dopiero do ostatecznych wzorów.

W zadaniach doświadczalnych należy wyraźnie rozgraniczyć części teoretyczną i doświadczalną. Część teoretyczna zadania doświadczalnego powinna zawierać analizę problemu wraz z wyprowadzeniem niezbędnych wzorów (o ile nie ma ich wprost w podręcznikach szkolnych) oraz sugestie metody doświadczalnej. Część doświadczalna powinna zawierać m.in. opis układu doświadczalnego ilustrowany rysunkiem, opis wykonanych pomiarów, wyniki pomiarów, analizę czynników mogących wpływać na wyniki (jak np. rozpraszanie energii lub opory wewnętrzne mierników), opracowanie wyników wraz z dyskusją niepewności pomiarowych. Wykresy do zadania doświadczalnego powinny być starannie wykonane, najlepiej na papierze milimetrowym. Ocenie podlegają wyłącznie elementy rozwiązania opisane w pracy. W zadaniach doświadczalnych osobno oceniana jest część teoretyczna i część doświadczalna.

W rozwiązaniach można posługiwać się dowolnym układem jednostek, chyba że tekst zadania mówi wyraźnie inaczej.

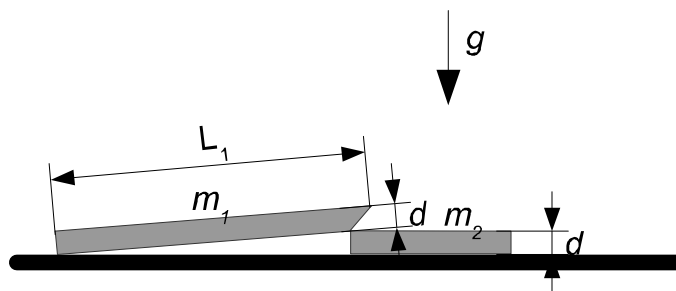
CZEŚĆ II (termin wysyłania rozwiązań — 18 listopada 2016 r.)

Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić identyfikator otrzymany w trakcie rejestracji oraz nazwisko i imię autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy podać adres e-mail autora pracy oraz nazwę i adres szkoły. Osoby, które chcą być poinformowane listownie o wynikach kwalifikacji, do pracy powinny dołączyć zaadresowaną do siebie kopertę z naklejonym znaczkiem.

ZADANIA TEORETYCZNE

Należy przesłać rozwiązania trzech (i tylko trzech) dowolnie wybranych zadań teoretycznych. Za każde z trzech zadań można otrzymać maksimum 20 punktów.

Zadanie T1



Rys. 1. Stan początkowy rozważanego układu desek. Rysunek nie uwzględnia faktu, że pierwsza deska jest długa.

Deska o masie m_1 , długości L_1 oraz grubości d , gdzie $L_1 \gg d$, ma jeden koniec ścięty pod kątem 45° . Deska ta jest początkowo oparta o drugą deskę o grubości również d i masie m_2 , spoczywającą na poziomym stole – tak jak przedstawiono to na rysunku.

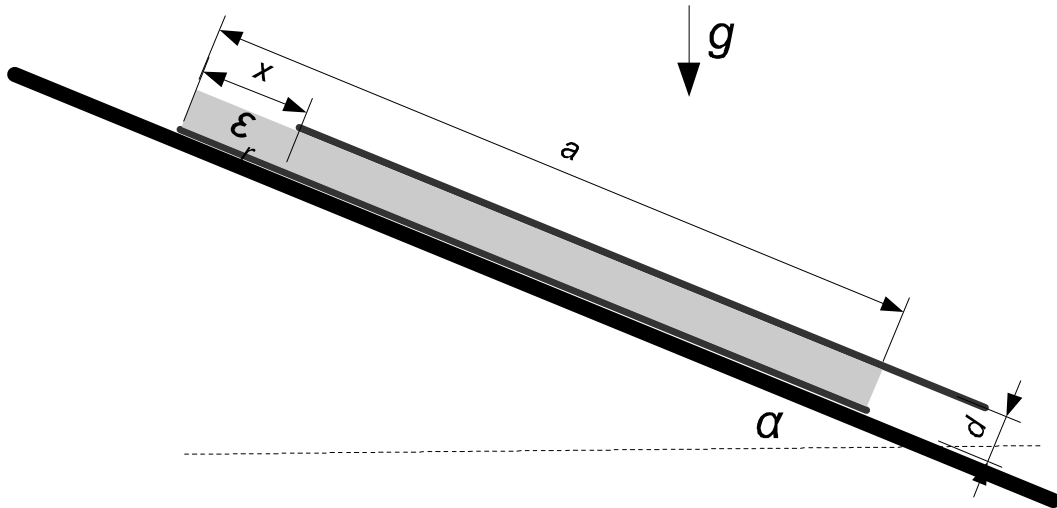
Wyznacz końcową prędkość drugiej deski.

Pomiń tarcie i inne opory ruchu.

Moment bezwładności cienkiego pręta o długości l i masie m względem osi prostopadłej do niego i przechodzącej przez jego środek masy wynosi $\frac{1}{12}ml^2$.

Zadanie T2

Kondensator płaski składa się z dwóch prostokątnych metalowych okładek o wymiarach $a \times b$, między którymi znajduje się jednorodny dielektryk o stałej dielektrycznej równej ϵ_r . Odległość między okładkami wynosi d , przy czym $d \ll a$ oraz $d \ll b$. Kondensator naładowano pewnym ładunkiem i położono na równi pochyłej o kącie nachylenia α , tak że krawędzie b są poziome. Górna okładka kondensatora nie jest przymocowana i może ślizgać się bez tarcia po dielektryku. W stanie równowagi ta okładka była przesunięta względem dolnej okładki i dielektryka o x , przy czym $x \gg d$ – patrz rysunek.



Rys. 2. Kondensator na równi pochyłej

Wiedząc, że masa górnej okładki wynosi m , wyznacz ładunek, którym był naładowany kondensator.

Pomiń możliwość przechylenia się górnej okładki dla $x > a/2$.

Dolna okładka i dielektryk są nieruchome względem równi.

Jako wskazówkę możesz wykorzystać rozwiązanie zadania 3. z finału LXV Olimpiady Fizycznej.

Zadanie T3

Część klimatyzatorów ma możliwość pracy w trybie grzania, gdy otoczenie budynku jest zimniejsze od jego wnętrza. W tym trybie klimatyzator działa jako pompa ciepła: pobiera ciepło z otoczenia, chłodząc powietrze na zewnątrz, i oddaje ciepło do ogrzewanego pomieszczenia, pobierając przy tym energię elektryczną (jego elementy wykonują w tym procesie pracę). Rozważmy pracujący w tym trybie klimatyzator, którego moc grzania wynosi P_G . W skali Celsjusza temperatura zewnętrznych elementów klimatyzatora (chłodnicy) wynosi t_z , a temperatura elementów wewnętrznych (grzałki) to t_w .

a) Wyznacz minimalną moc elektryczną P_C potrzebną do ogrzewania tego pomieszczenia przy założeniu największej teoretycznie możliwej efektywności.

b) Rzeczywista zużywana przez klimatyzator moc elektryczna P_R jest większa niż P_C . Przyjmijmy, że nadmiar mocy $P_R - P_C$ jest w całości zamieniany na ciepło i ogrzewa pomieszczenie (czyli jest częścią P_G). Wyznacz, jaka jest szybkość przepływu powietrza J przez zewnętrzny element klimatyzatora, przy założeniu, że to przepływające powietrze jest chłodzone od temperatury (w skali Celsjusza) otoczenia t_{ot} do temperatury zewnętrznych elementów klimatyzatora t_z . Ciśnienie zewnętrzne wynosi p_{ot} . Przyjmij, że powietrze jest gazem doskonałym o molowym cieple właściwym przy stałej objętości równym $\frac{5}{2}R$, gdzie R jest uniwersalną stałą gazową. Przez szybkość przepływu powietrza rozumiemy objętość powietrza wypływającego w jednostce czasu z zewnętrznego elementu klimatyzatora.

Wyznacz wartości liczbowe P_C oraz J dla $P_G = 3 \text{ kW}$, $P_R = 1,5 \text{ kW}$, $t_w = 35^\circ\text{C}$, $t_z = -20^\circ\text{C}$, $t_{ot} = -10^\circ\text{C}$, $p_{ot} = 10^5 \text{ Pa}$. Uniwersalna stała gazowa $R = 8,3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

Zadanie T4 – numeryczne

Jednym z klasycznych zagadnień mechaniki jest problem znalezienia krzywej najkrótszego spadku – brachistochrony. W tym zadaniu będziemy badali podobne zagadnienie dla ograniczonej klasy krzywych, ale z uwzględnieniem oporu powietrza.

Rozważmy ciało materialne mogące poruszać się bez tarcia po paraboli $y = ax^2 + bx + c$ od punktu $x = 0, y = 0$ do punktu $x = x_1, y = y_1$ (może to być np. koralik nanizany na drut). Ciało znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym o natężeniu g skierowanym przeciwnie do zwrotu osi y . Prócz grawitacji oraz siły reakcji więzów, gwarantującej, że ciało pozostaje na rozważanej paraboli, działa na nie siła oporu, skierowana przeciwnie do prędkości. Wartość tej siły wynosi

$$F_{\text{op}} = \beta v^2,$$

gdzie β jest stałą, a v – prędkością ciała. Początkowa prędkość ciała (w punkcie $(0, 0)$) jest równa 0.

Przyjmując $g = 10 \text{ m/s}^2$, $x_1 = 100 \text{ m}$, $y_1 = -1 \text{ m}$ i oznaczając przez m masę rozważanego ciała, wyznacz wartość parametru a , dla której czas przemieszczania się rozważanego ciała od $(0, 0)$ do (x_1, y_1) jest najkrótszy, dla $\beta/m = 0$, $\beta/m = 0,0001 \frac{1}{\text{m}}$, $\beta/m = 0,001 \frac{1}{\text{m}}$ oraz $\beta/m = 0,01 \frac{1}{\text{m}}$. Dla porównania wyznacz również czas przemieszczania się tego ciała od $(0, 0)$ do (x_1, y_1) po prostej (tzn. w przypadku $a = 0$).

Niepewność otrzymanych czasów nie powinna być większa niż 0,2 s.

Wskazówki

Długość fragmentu rozważanej paraboli od x do $x + \Delta x$, gdzie Δx jest małe, jest w przybliżeniu równa $\Delta s = \sqrt{1 + (y')^2} \Delta x$, gdzie y' jest pochodną y względem x .

Wartości parametrów b, c są określone przez a, x_1, y_1 .

Uwaga:

Rozwiązanie powinno zawierać:

- (i) wzory używane w rozwiązaniu wraz z wyprowadzeniem lub uzasadnieniem;
- (ii) opis zastosowanego algorytmu;
- (iii) opis kodu programu (lub np. arkusza kalkulacyjnego) użytego do rozwiązania wraz z sposobem zagwarantowania (lub sprawdzenia) właściwej dokładności wyników;
- (iv) tabelę wartości liczbowych, o których mowa w treści zadania (dla każdego β/m wartość a , minimalnego czasu, oraz czasu dla ruchu po prostej);
- (v) jakościowe omówienie otrzymanych wyników.

Nie jest dopuszczalne użycie programów do obliczeń symbolicznych lub gotowych programów wyznaczających poszukiwany czas po podaniu toru.

Dodatkowe wskazówki dotyczące rozwiązywania zadań numerycznych znajdziesz w treściach i rozwiązaniach zadań numerycznych z poprzednich olimpiad.

ZADANIA DOŚWIADCZALNE

Należy przesłać rozwiązania dwóch (i tylko dwóch) dowolnie wybranych zadań doświadczalnych. Za każde z zadań doświadczalnych można otrzymać maksymalnie 40 punktów.

Zadanie D1.

Jeśli magnes porusza się wewnątrz przewodzącej rury, to w materiale rury indukują się prądy wirowe. Powodują one powstanie siły działającej na magnes przeciwnie do kierunku ruchu. Wartość siły dana jest wzorem:

$$F = bv^\alpha,$$

gdzie v to prędkość magnesu względem rury, zaś b oraz α są pewnymi stałymi.

Mając do dyspozycji:

- rurę miedzianą o długości co najmniej 1 m,
- magnes neodymowy o średnicy mniejszej od średnicy wewnętrznej rury,
- długi, cienki drut miedziany w izolacji (np. emaliowany) z odizolowanymi końcówkami,
- oscyloskop,
- przewody i zaciski umożliwiające zestawienie układu pomiarowego,
- kilka obciążników wykonanych z niemagnetycznego materiału,
- wagę kuchenną,
- papier milimetrowy,
- linijkę, taśmę klejącą, plastelinę, karton,

wyznacz współczynnik α dla użytej rury miedzianej.

Uwagi:

1. Jeśli nie masz dostępu do oscyloskopu, możesz użyć komputera z kartą dźwiękową, gniazdem mikrofonowym i odpowiednim oprogramowaniem, tj. rejestratorem i graficznym analizatorem dźwięku, np. Audacity (<http://www.audacityteam.org/>).
2. Do wykonania doświadczenia możesz użyć typowej miedzianej rury hydraulicznej o średnicy np. 22 mm, dostępnej w sklepach budowlanych.
3. W rozwiązaniu podaj wymiary (długość, średnica zewnętrzna, grubość ścianki) użytej rury.

Zadanie D2.

Zależność oporu typowego opornika od temperatury można z dobrym przybliżeniem opisać wzorem:

$$R = R_0 (1 + \alpha(T - T_0)),$$

gdzie R to opór opornika, T to jego temperatura, R_0 to jego opór w temperaturze pokojowej, T_0 to wartość temperatury pokojowej, a α to pewna stała nazywana współczynnikiem temperaturowym opornika.

Mając do dyspozycji:

- cztery oporniki o jednakowym nominalnym oporze wynoszącym około 1 k Ω i mocy znamionowej z przedziału 0,5 W - 1,0 W,
- źródło prądu stałego o napięciu kilku woltów (zasilacz lub baterię),

- cyfrowy woltomierz o dokładności odczytu 3 cyfr znaczących,
- naczynie (np. garnek lub kubek) i wrzątek,
- termometr,
- szczelną torebkę foliową,
- przewody i zaciski umożliwiające zestawienie układu pomiarowego,

wyznacz jak najdokładniejszą metodą współczynnik temperaturowy jednego z użytych oporników.

Uwagi:

1. Jako woltomierza możesz użyć cyfrowego miernika uniwersalnego.
2. Jeżeli nie masz możliwości zdobycia oporników o podanych wartościach oporu, przed 31 października 2016 r. przyślij na adres KGOF zaadresowaną do siebie kopertę ze znaczkiem pocztowym.

Zadanie D3.

Mając do dyspozycji:

- przezroczystą, gładką, biurową taśmę klejącą,
- wskaźnik laserowy,
- biały, sztywny karton,
- plastelinę, linijkę, taśmę mierniczą, nożyczki,
- zaciemnione pomieszczenie,

wyznacz współczynnik załamania światła dla folii, z której wykonana jest użyta taśma klejąca. Na kartkę z rozwiązaniem naklej kawałek tej taśmy.

Uwagi:

1. Światło laserowe może być niebezpieczne dla wzroku. Nigdy nie kieruj wiązki lasera w stronę ludzi ani zwierząt.
2. Typowy wskaźnik laserowy emituje światło niespolaryzowane.