LXVI OLIMPIADA FIZYCZNA — ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

Rozwiązania zadań I stopnia należy przesyłać 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.

Krótka informacja na temat poprawnej redakcji rozwiązań zadań Olimpiady Fizycznej

Zadania powinny być rozwiązane jasno, przejrzyście 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 odręcznie – 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 sugestię 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.

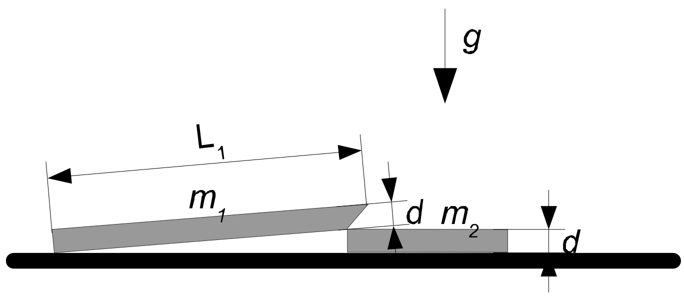
CZĘŚĆ II (termin wysyłania rozwiązań — 18 listopada 2016 r.)

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^{o}. 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.

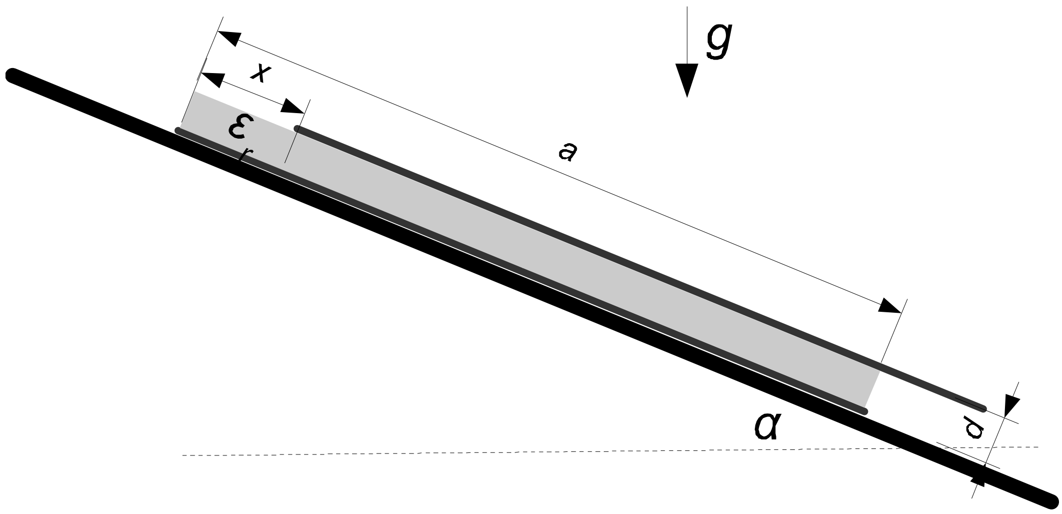
Wyznacz końcową prędkość drugiej deski.

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 $P_\mathrm{R} - P_\mathrm{C}$ 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 $P_\mathrm{G} = 3\,\mathrm{kW}$, $P_\mathrm{R} = 1{,}5\,\mathrm{kW}$, $t_\mathrm{w} = 35\,^\circ\mathrm{C}$, $t_\mathrm{z} = -20\,^\circ\mathrm{C}$, $t_\mathrm{ot} = -10\,^\circ\mathrm{C}$, $p_\mathrm{ot} = 10^5$ Pa. Uniwersalna stała gazowa $R = 8{,}3\,\mathrm{J/(mol{\cdot}K)}$.

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

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

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

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