LXII OLIMPIADA FIZYCZNA — ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

Rozwiązania zadań I stopnia należy przesyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminach: część I — do 12 października b.r, część II — do 16 listopada b.r.. O kwalifikacji do zawodów II stopnia będzie decydować suma punktów uzyskanych za rozwiązania zadań części I i II.
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 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.

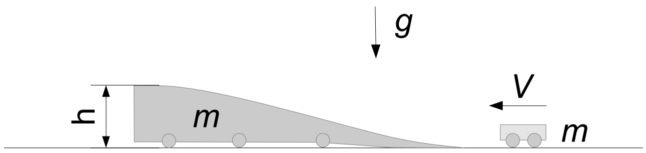
CZĘŚĆ II (termin wysyłania rozwiązań — 16 listopada 2012 r.)

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

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



Na poziomej podłodze znajdują się mały wózek o masie m oraz duża, początkowo spoczywająca pochylnia o takiej samej masie m i wysokości h (patrz rysunek).

a) Jaką prędkość v_0 należy nadać wózkowi, aby wtoczył się na górną, poziomą część pochylni i zatrzymał względem niej?

b) Zakładając, że wózkowi nadano prędkość $v > v_0$, wyznacz odległość d między nim a pochylnią w chwili uderzenia o podłogę.

Pomiń tarcie, opór powietrza oraz momenty bezwładności kółek wózka i pochylni. Wózek w trakcie wtaczania nie odrywa się od powierzchni pochylni.

Zadanie T2

W morzu, na głębokości h spoczywa wrak okrętu o masie m i średniej gęstości ρ. Postanowiono go wydobyć, przymocowując do niego, a następnie nadmuchując powietrzem specjalne balony. Wyznacz minimalną pracę, jaka należy wykonać, by nadmuchać te balony przy założeniu, że nadmuchiwane powietrze nie wymienia ciepła z otoczeniem.
Podaj wartość liczbową tej pracy dla $h = 100$ m, $m = 2000$ t, $\rho = 3{,}0$ g$/$cm^3.
Gęstość wody wynosi $\rho_w = 1{,}0$ g/cm^3, ciśnienie atmosferyczne tuż nad powierzchnią morza (skąd jest pobierane powietrze do nadmuchiwania balonów) – $p_0 = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa. Wrak leży na dnie nie będąc w nim zakopany ani też przyssany do niego. Balony znajdują się na głębokości wraku. Pomiń masę powłok balonów oraz gęstość powietrza (również sprężonego) w porównaniu z gęstością wody. Molowe ciepło właściwe powietrza przy stałej objętości wynosi $C_V = 21$ J/(K$\cdot$mol), przyspieszenie grawitacyjne – $g = 9{,}8$ m$/$s^2, uniwersalna stała gazowa – $R = 8{,}3$ J$/$(K$\cdot$mol).

Dla przemiany adiabatycznej zachodzi związek $pV^{\frac{C_V+R}{C_V}} = \mathrm{const}$.

Zadanie T3

Wewnątrz równomiernie naładowanej ładunkiem Q (gdzie $Q < 0$) sfery o promieniu R znajduje się równomiernie naładowana sfera o potencjale równym potencjałowi w nieskończoności i promieniu $R/2$. Obie sfery są współśrodkowe.
Z wewnętrznej sfery, stycznie do niej, wylatuje elektron (o ładunku $e < 0$). Jaka jest minimalna wartość początkowej energii kinetycznej elektronu E_0, przy której dotrze on do zewnętrznej sfery?

Przyjmij, że elektron porusza się z prędkością nierelatywistyczną.

Zadanie T4. NUMERYCZNE

Pozioma tarcza obraca się ze stałą prędkością kątową ω wokół pionowej osi. W odległości R od osi obrotu kładziemy na tarczy mały klocek o masie m, który w chwili początkowej nie porusza się względem układu inercjalnego, a ślizga się względem tarczy. Tarcie między klockiem a tarczą powoduje, że klocek zaczyna się poruszać. Możliwe są dwa przypadki:

a) po pewnym czasie klocek przestaje się ślizgać względem tarczy,

b) klocek stale ślizga się względem tarczy, oddalając się coraz bardziej od jej środka.

Wyznacz numerycznie przybliżoną wartość parametru $p = \frac{\mu g}{\omega^2 R}$ (gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, a μ – współczynnikiem tarcia) będącą graniczną wartością między przypadkiem a) oraz b).

Wykonaj wykresy toru klocka dla p mniejszego o 0,1 od wartości granicznej oraz większego o 0,1 od tej wartości.

Wskazówka:

Ruch układu można wyznaczyć numerycznie np. korzystając z różnicowej postaci równań ruchu:

$$
\begin{aligned}
x(t+\Delta t) &= x(t) + v_x(t)\,\Delta t, \\
y(t+\Delta t) &= y(t) + v_y(t)\,\Delta t, \\
v_x(t+\Delta t) &= v_x(t) + \frac{F_x(t)}{m}\Delta t, \\
v_y(t+\Delta t) &= v_y(t) + \frac{F_y(t)}{m}\Delta t.
\end{aligned}
$$

Uwaga:

Rozwiązanie powinno być napisane na papierze i zawierać opis sposobu rozwiązania oraz wyniki i wykresy. Nie jest konieczne załączanie kodu programu lub arkusza kalkulacyjnego. Dodatkowe informacje na temat zadań numerycznych można znaleźć w zadaniach numerycznych z poprzednich olimpiad oraz w rozwiązaniach tych zadań.

Rozwiązanie zadania 1

a) Ponieważ podłoga jest pozioma i nie występuje tarcie, pozioma składowa pędu jest zachowana

$$mv_0 = mv_1 + mv_1, \tag{1}$$

gdzie v_1 jest końcową prędkością wózka oraz pochylni w rozważanym przypadku. Ponieważ nie ma tarcia i oporów powietrza, energia mechaniczna jest zachowana, czyli

$$\frac{m}{2}v_0^2 = 2\frac{m}{2}v_1^2 + mgh. \tag{2}$$

Stąd

$$v_0 = 2\sqrt{gh}. \tag{3}$$

b) Niech V_2 będzie prędkością pochylni, a v_2 - prędkością wózka, gdy toczy się po górnej powierzchni pochylni. Zasady zachowania pędu i energii przyjmują postać

$$mv = mv_2 + mV_2, \tag{4}$$

$$\frac{m}{2}v^2 = \frac{m}{2}v_2^2 + \frac{m}{2}V_2^2 + mgh. \tag{5}$$

Podstawiając V_2 z równania (4) do równania (5) po prostych przekształceniach dostajemy

$$v_2^2 - vv_2 + gh = 0. \tag{6}$$

Stąd, wybierając rozwiązanie, w którym $v_2 > V_2$, otrzymamy

$$v_2 = \frac{v + \sqrt{v^2 - 4gh}}{2}, \ V_2 = \frac{v - \sqrt{v^2 - 4gh}}{2}. \tag{7}$$

Ruch wózka po oderwaniu się od pochylni jest rzutem poziomym z wysokości h z prędkością początkową v_2. Podczas takiego ruchu ruch poziomy i pionowy są od siebie niezależne. Ruch w pionie jest ruchem ze stałym przyspieszeniem g i zerową prędkością początkową, zatem

$$h = \frac{1}{2}gt_s^2, \tag{8}$$

gdzie t_s jest czasem spadania wózka. Stąd

$$t_s = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \tag{9}$$

W trakcie spadania wózek oraz pochylnia mają stałe prędkości poziome (równe odpowiednio v_2 i V_2). Zatem do momentu upadku wózek oddali się od pochylni o

$$d = (v_2 - V_2) \cdot t_s. \tag{10}$$

Czyli szukana odległość wynosi

$$d = \sqrt{\frac{2h}{g}(v^2 - 4gh)}. \tag{11}$$

Zauważmy, że to rozwiązanie ma sens tylko gdy $v > 2\sqrt{gh} = v_0$.

Punktacja zadania 1.

Zasada zachowania pędu w przypadku a) (wzór (1) lub wzór (4) – jeśli został wykorzystany do wyznaczenia v_0) – 1 pkt.

Zasada zachowania energii w przypadku a) (wzór (2) lub wzór (5) – jeśli został wykorzystany do wyznaczenia v_0) – 1 pkt.

Prędkość szukana w przypadku a) (wzór (3)) – 1 pkt.

Zasada zachowania pędu w przypadku b), gdy wózek toczy się po poziomej części pochylni (wzór (1)) – 1 pkt.

Zasada zachowania energii w przypadku b), gdy wózek toczy się po poziomej części pochylni (wzór (5)) – 1 pkt.

Prędkość wózka oraz pochylni gdy wózek toczy się po jej górnej części (wzór (7)) – 1 pkt.

Czas spadania wózka (wzór (9) lub wzór równoważny) – 1 pkt.

Przedstawienie sposobu wyznaczenia odległości, na jaką wózek oddali się od pochylni (wzór (10) albo wzór lub rozumowanie równoważne) – 1 pkt.

Wynik końcowy (wzór (9)) – 2 pkt.