



LXII Olimpiada Fizyczna

Zadania zawodów I stopnia

Rozwiązania zadań I stopnia należy przysyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminach:

część I – do 12 października br.

część II – do 16 listopada br.

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>.

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 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 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.

Część I (termin wysyłania rozwiązań – 12 października 2012 r.)

Uwaga: Rozwiązania zadań należy zamieścić w kolejności zgodnej z ich numeracją. Wszystkie strony pracy powinny być ponumerowane. Na każdym arkuszu należy umieścić nazwisko i imię oraz adres autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy podać nazwę, adres szkoły i klasę oraz nazwisko i imię nauczyciela fizyki.

Podaj i krótko uzasadnij odpowiedź. Za każde z 15 zadań można otrzymać maksimum 4 punkty.

Uwaga: potrzebne do rozwiązania niektórych zadań wartości stałych należy wyszukać samodzielnie.

1. Wiadomo, że lodówka, nawet z otwartymi drzwiami, nie może chłodzić pomieszczenia, w którym się znajduje. Dlaczego zatem w częściach hipermarketów, w których znajdują się chłodnie, temperatura jest wyraźnie niższa niż w pozostałych częściach sklepu?

2. Idealnie przewodzącą, doskonale czarną sferę rozcięto na dwie półsfery, które bardzo nieznacznie rozsunęto i izolowano od siebie termicznie. Na pierwszą półsferę pada wiązka lasera utrzymująca ją w temperaturze T_1 . Jaka jest równowagowa temperatura drugiej półsfery?

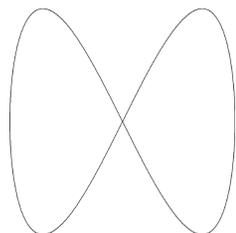
Układ znajduje się w próżni, z dala od innych niż wiązka lasera źródeł promieniowania.

3. Na piłce futbolowej położono piłeczkę pingpongową, a następnie całość puszczone swobodnie na podłogę z wysokości h . Zakładając, że wszystkie odbicia są idealnie sprężyste, pomijając opory ruchu i zanedbując masę piłeczki pingpongowej w porównaniu z masą futbolowej, wyznacz wysokość, na jaką podskoczy po odbiciu piłeczka pingpongowa.

Pomiń również wielkość piłek w porównaniu z h .

4. Okulary służące do oglądania filmów trójwymiarowych (a właściwie stereoskopowych) w kinach mogą być m.in. następujących rodzajów:
- polaryzacyjne, w których jeden okular polaryzuje światło liniowo w pewnej płaszczyźnie, a drugi w płaszczyźnie prostopadłej;
 - w których każdy okular przepuszcza światło o trzech długościach fali, z których oko (i mózg) może złożyć dowolny kolor, ale dla każdego z okularów są to inne długości.

Masz do dyspozycji dwie pary okularów jednego z wymienionych typów oraz źródło niespolaryzowanego, białego światła. W jaki sposób możesz rozstrzygnąć, z którym typem okularów masz do czynienia?



Rys. 1

5. Wykorzystując nitkę, zawieszono na statywie mały ciężarek, a następnie wprowadzono go w ruch. Rzut toru tego ciężarka na płaszczyznę poziomą jest przedstawiony na rysunku 1. Narysuj szkic układu, w którym można otrzymać taki rzut toru, oraz podaj jego istotne parametry.

6. Na Księżycu przeprowadzono zawody w strzelaniu z armat na odległość. Pociski wystrzelivano pod kątem 45° z bieguna Księżyca, a odległość mierzono wzdłuż południków. Wiadomo, że wpływ innych ciał niebieskich na ruch pocisku był zaniedbywalny. W komunikacie prasowym podano, że najlepsza armata osiągnęła wynik 9 tys. km. Jednak pewien fizyk po przeczytaniu tego komunikatu stwierdził, że taki rezultat jest niemożliwy. Dlaczego?

7. Postanowiono, że w trakcie „Ekologicznej wyprawy kosmicznej”, w czasie gdy statek kosmiczny porusza się z wyłączonym napędem z dala od gwiazd, energia elektryczna będzie wytwarzana wyłącznie przez silnik cieplny, pobierający ciepło z ciała podróżników. Jaka jest (teoretycznie) maksymalna sprawność takiego silnika? Wynik podaj z dokładnością do 0,2%.

8. Wewnątrz hermetycznie zamkniętego naczynia w kształcie walca o wysokości h znajduje się H_2O . W stanie początkowym temperatura wody i pary wynosi $20^\circ C$, a powierzchnia rozdziału para-woda jest w połowie wysokości naczynia, tzn. na wysokości $h/2$. Temperaturę we wnętrzu naczynia podwyższono do $400^\circ C$. Na jakim poziomie będzie znajdowała się powierzchnia rozdziału para-woda:

- nie wyższym niż $h/4$, ale wyższym niż 0,
- nie wyższym niż $h/2$, ale wyższym niż $h/4$,
- niższym niż h , ale wyższym niż $h/2$,
- w ogóle nie będzie powierzchni rozdziału para-woda?

9. W odległości d od małego, ale silnego magnesu, na jego osi, znajduje się mała kulka wykonana z paramagnetyka.



Rys. 2

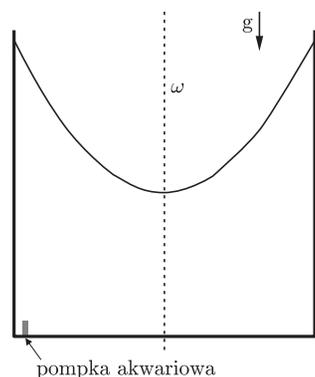
Ile razy wzrośnie siła działająca na kulkę, jeśli drugi taki sam magnes umieścimy (patrz rysunek 2):

- tuż obok pierwszego magnesu,
- w odległości $2d$ od pierwszego magnesu, po „drugiej stronie” kulki?

10. Przez nieważki bloczek jest przerzucona nieważka lina. Jeden koniec trzyma sportowiec A o masie m , a drugi – sportowiec B o masie $2m$. Sportowcy początkowo stoją na podłodze, a w pewnej chwili zaczynają się wspinać po linie: sportowiec A z przyspieszeniem g względem liny, sportowiec B z przyspieszeniem $2g$ względem liny. Który ze sportowców szybciej dotrze do bloczka?

Pomiń opory ruchu i przyjmij, że liny cały czas pozostają pionowe.

11. Prostopadłościenne akwarium z wodą stoi na obracającej się tarczy (rys. 3). Naskicuj (w rzucie prostopadłym na największą pionową ścianę akwarium) tor, po którym będą się poruszały bąbelki powietrza wydobywające się z pompki akwariowej.

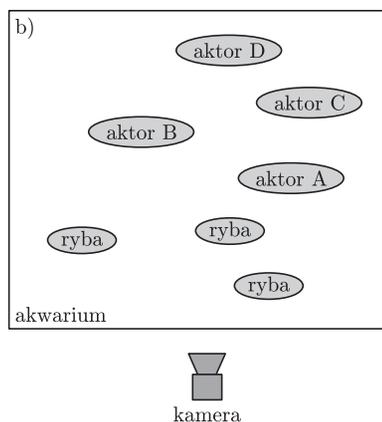
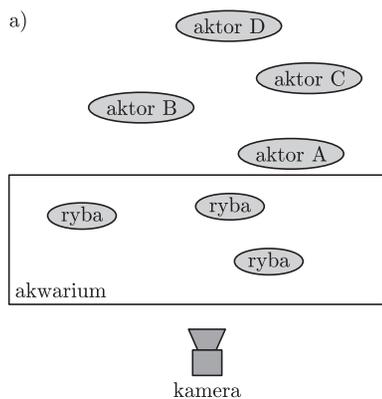


Rys. 3

12. Planowana energia protonów w akceleratorze LHC w CERN pod Genewą wynosi 7 TeV. Rozważmy obserwatora inercjalnego, poruszającego się względem Ziemi z taką samą prędkością, jak te protony. Jak długo dla tego obserwatora trwałaby podróż z Ziemi do najbliższej gwiazdy, odległej od nas o około 4 [lat świetlnych]?

Energia spoczynkowa protonu to około 0,9 GeV.

13. W cyfrowym aparacie fotograficznym światło po przejściu przez obiektyw pada na prostokątną, światłoczułą matrycę. Różne aparaty mogą mieć różne wielkości matryc, jeśli jednak proporcje matrycy oraz stosunek ogniskowej f obiektywu aparatu do przekątnej matrycy są takie same w różnych przypadkach, to w każdym z nich przedmiot sfotografowany z ustalonej odległości będzie zajmował taką samą część zdjęcia.



Rys. 4

Mamy do dyspozycji różne aparaty fotograficzne wraz z obiektywami o następujących parametrach:

- $f = 6 \text{ mm}$, $F = 1 : 1,8$,
- $f = 14 \text{ mm}$, $F = 1 : 3,5$,
- $f = 5 \text{ mm}$, $F = 1 : 3,1$,
- $f = 5,1 \text{ mm}$, $F = 1 : 3,5$,
- $f = 10,4 \text{ mm}$, $F = 1 : 3,5$,

gdzie f jest ogniskową, a $F = d/f$, gdzie d jest średnicą otworu przysłony aparatu.

Stosunek f do przekątnej matrycy jest taki sam w każdym z tych przypadków. Proporcje matrycy (i zdjęcia) są również takie same.

Uszereguj te aparaty według teoretycznej przydatności do robienia zdjęć przy słabym świetle, tzn. według ilości światła padającego na matrycę aparatu w takim samym czasie, od największej do najmniejszej.

Rozważ tylko sytuację, gdy odległość fotografowanych obiektów od aparatu jest znacznie większa od ogniskowej.

14. Siła Coriolisa jest to siła bezwładności, działająca na ciało o masie m poruszające się z prędkością \vec{v} w układzie obracającym się z prędkością kątową $\vec{\omega}$ i wynosi $\vec{F}_C = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}$. O ile wyższy w wyniku działania tej siły jest poziom wody na zachodnim brzegu Wisły niż na wschodnim jej brzegu w miejscu, gdzie Wisła ma szerokość 500 m i płynie na prostym odcinku na północ z średnią prędkością 1,5 m/s? Podaj wynik z dokładnością do jednej cyfry znaczącej.

Wektor prędkości kątowej $\vec{\omega}$ to wektor o wartości równej prędkości kątowej, jego kierunek to oś obrotu, a zwrot jest zgodny z regułą śruby prawoskrętnej.

15. W dawnych latach sceny filmów, w których bohaterowie filmu przebywali w wodzie, kręcono umieszczając między aktorami a kamerą duże akwarium. Rozważmy pojedynczy kadr z takiego filmu, przedstawiony na rysunku 4 schematycznie w widoku z góry. Podaj (jakościowo) różnice w wielkości obiektów widocznych w kadrze między przypadkami a) i b).

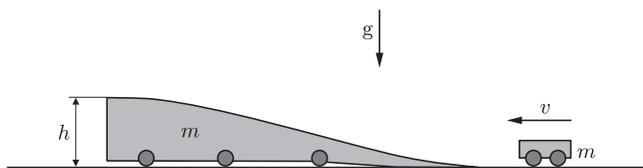
Część II (termin wysyłania rozwiązań – 16 listopada 2012 r.)

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.

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).



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

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 nadmuchiwanie powietrze nie wymienia ciepła z otoczeniem.

Podaj wartość liczbową tej pracy dla $h = 100 \text{ m}$, $m = 2000 \text{ t}$, $\rho = 3,0 \text{ g/cm}^3$.

Gęstość wody wynosi $\rho_w = 1,0 \text{ g/cm}^3$, ciśnienie atmosferyczne tuż nad powierzchnią morza (skąd jest pobierane powietrze do nadmuchiwania balonów) – $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. 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 $C_V = 21 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$, przyspieszenie grawitacyjne – $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, uniwersalna stała gazowa – $R = 8,3 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$.

Dla przemiany adiabatycznej zachodzi związek $pV^{(C_V+R)/C_V} = \text{const}$.

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.

T4 (zadanie 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, lecz ślizga się względem tarczy. Tarcie między klockiem a tarczą powoduje, że klocek zaczyna się poruszać. Możliwe są dwa przypadki:

- po pewnym czasie klocek przestaje się ślizgać względem tarczy,
- klocek stale ślizga się względem tarczy, oddalając się coraz bardziej od jej środka.

Zadania doświadczalne

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

D1. Po zaparzeniu herbaty często zostawiamy ją na chwilę, aby ostygła. Po pewnym czasie stwierdzamy, że herbata ma niższą temperaturę, ale jest jej też odrobinę mniej. Jest to efektem parowania, czyli unoszenia z powierzchni cieczy cząsteczek, które mają największe energie kinetyczne. Skutkuje to – obok innych procesów, takich jak np. promieniowanie – obniżeniem temperatury herbaty.

Mając do dyspozycji

- kubek styropianowy z zaznaczonym poziomem 200 ml,
- termometr,
- wodę i olej (np. jadalny),
- czajnik, grzałkę albo inne urządzenie umożliwiające podgrzewanie wody,
- zegarek lub stoper,

sporządź wykres zależności szybkości parowania wody (w gramach na sekundę) od temperatury wody w zakresie $40\text{--}90^\circ\text{C}$.

Przyjmij upraszczające założenie, że podczas całego eksperymentu ubytek masy wody wskutek parowania jest niewielki. Dane są: ciepło właściwe wody $C_w = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, ciepło parowania wody $C_p = 2,26 \text{ MJ}/\text{kg}$, gęstość wody $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Wskazówka: Dyskusja zależności wyników od wilgotności powietrza nie jest celem zadania, jednak wilgotność nie powinna być bardzo wysoka, więc doświadczenie nie może być wykonane w zaparowanym zamkniętym pomieszczeniu ani przy deszczowej pogodzie. Należy też unikać miejsc, w których panuje nadmierny przewiew.

D2. Mając do dyspozycji:

- soczewkę skupiającą o ogniskowej około 5 cm (znanej tylko orientacyjnie),
- wysokie naczynie z wodą (np. wannę),
- linijkę,

wyznacz współczynnik załamania materiału, z którego wykonana została soczewka.

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:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v_x(t) \Delta t, \quad v_x(t + \Delta t) = v_x(t) + \frac{F_x(t)}{m} \Delta t,$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v_y(t) \Delta t, \quad v_y(t + \Delta t) = v_y(t) + \frac{F_y(t)}{m} \Delta t.$$

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.

Przyjmij, że współczynniki załamania powietrza i wody wynoszą odpowiednio 1 i 1,33. Możesz wykorzystać dostępne źródło światła, np. lampę zamocowaną pod sufitem. *UWAGA:* Zachowaj ostrożność podczas obsługi jakichkolwiek urządzeń elektrycznych, np. lampy, w pobliżu naczyń z wodą. W szczególności nie dotykaj tych urządzeń mokrymi rękoma.

D3. Najprostszy kondensator składa się z dwóch przewodników (tzw. okładek) rozdzielonych powietrzną przerwą. Zazwyczaj przerwa pomiędzy okładkami jest wypełniona izolatorem o względnej przenikalności elektrycznej ϵ dużo większej od 1, co pozwala na wytwarzanie kondensatorów o stosunkowo dużych pojemnościach i małych rozmiarach. Jednym z istotnych parametrów każdego kondensatora jest zależność jego pojemności od temperatury.

Mając do dyspozycji

- kondensator ceramiczny o pojemności kilkudziesięciu nF,
- opornik o oporze kilku k Ω ,
- generator sygnału sinusoidalnego o częstotliwości kilku kHz,
- dwa woltomierze lub oscyloskop,
- kubek, wodę i czajnik (lub inne urządzenie umożliwiające podgrzewanie wody),
- termometr,
- foliową torebkę śniadaniową,
- kable i złączki niezbędne do zestawienia układu,

w przedziale temperatur $30\text{--}80^\circ\text{C}$ wyznacz współczynnik $\alpha = \Delta\epsilon/(\epsilon \cdot \Delta T)$ opisujący, jak przenikalność elektryczna izolatora pomiędzy okładkami kondensatora zależy od temperatury; $\Delta\epsilon$ jest zmianą przenikalności odpowiadającą niewielkiej zmianie temperatury ΔT .

Uwaga: Nie używaj kondensatora elektrolitycznego, tantalowego, ani foliowego. Jeśli nie możesz zdobyć kondensatora ceramicznego, to przed 30 września br. prześlij pod adresem KGOF zaadresowaną do siebie kopertę ze znaczkami. KGOF przyśle ci odpowiedni kondensator. Jeśli nie masz dostępu do generatora sygnału lub oscyloskopu, to możesz użyć komputera z kartą dźwiękową i odpowiednim oprogramowaniem, np. Visual Analyzer (<http://www.sillanumsoft.org>).