



LXIV Olimpiada Fizyczna

Zadania zawodów I stopnia

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

część I – do 10 października br.
część II – do 14 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 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 I (termin wysyłania rozwiązań – 10 października 2014 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, adres e-mail 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 (nawet jeśli w treści zadania znajdują się odpowiedzi do wyboru, uzasadnienie jest wymagane). Za każde z 15 zadań można otrzymać maksimum 4 punkty.

1. W cylindrycznym naczyniu z wodą pływa piłka. Przez równomiernie rozłożone małe otwory w dnie naczynia zaczęto tłoczyć powietrze.

Jak zmieni się zanurzenie piłki (średnie, bo oczywiście wydobywające się bąbelki powietrza powodują, że powierzchnia cieczy nie jest równa): wzrośnie (a być może nawet piłka utonie), nie zmieni się, czy może zmaleje?

2. Koło rowerowemu nadano prędkość obrotową, tak że bieżnik przesuwają się z prędkością v_0 . Następnie postawiono je na poziomej, szorstkiej powierzchni. Jaka będzie końcowa prędkość ruchu postępowego koła?

Przyjmij, że cała masa koła jest skupiona na jego obwodzie.

Pomiń opór powietrza oraz tarcie toczne i przyjmij, że koło nie zmienia kierunku ruchu oraz, że pozostaje w płaszczyźnie pionowej.

3. W jakiej odległości od brzegu jeziora powinien znajdować się wędkarz o wysokości h , aby pływająca w tym jeziorze rybka nie mogła go zobaczyć?

Powierzchnia wody jest idealnie płaska. Pomiń krzywiznę Ziemi.



Rys. 1

4. Leszek twierdzi, że jeśli wędkarz znajduje się w odległości od brzegu nieco większej niż $h \frac{n}{\sqrt{1-n^2}}$, gdzie h jest wysokością ust wędkarza ponad poziomem wody, a $n = \frac{v_p}{v_w}$ ($v_p \approx 340$ m/s – prędkość dźwięku w powietrzu, $v_w \approx 1500$ m/s – prędkość dźwięku w wodzie) to nawet mała rybka pływająca tuż przy brzegu, tuż pod powierzchnią wody nie słyszy, co on mówi. Kasia natomiast twierdzi, że tak by było, gdyby można było pominąć falowe własności dźwięku, a w tym przypadku nie jest to słuszne. Kto ma rację?

5. Mamy przejechać wózkiem sklepowym przez wysoki próg. W którym przypadku możemy działać mniejszą siłą – w sytuacji a), czy w sytuacji b) (patrz rysunek 1)? Wózek jest równomiernie załadowany zakupami.

6. Marek ma aparat fotograficzny i dwa obiektywy do niego: pierwszy o ogniskowej $f = 17$ mm i liczbie F (stosunek ogniskowej do średnicy otworu, przez który wpada światło) równej 2,8 oraz drugi o ogniskowej $f = 14$ mm i liczbie $F = 3,5$.

Marek chce zrobić zdjęcie grupie przyjaciół w dość ciemnym pomieszczeniu. Którego obiektywu powinien użyć, aby na matrycę aparatu padło (w ustalonym czasie) jak najwięcej światła? Marek zamierza dostosować odległość od przyjaciół do użytego obiektywu tak, by wielkość osób na zdjęciu była taka sama. Przyjaciele stoją obok siebie w jednej linii prostopadłej do osi optycznej aparatu.

7. W adiabatycznie izolowanym pojemniku znajduje się 1 kg pary wodnej o temperaturze 100°C i ciśnieniu normalnym. Do tego pojemnika wrzucono 1 kg lodu o temperaturze 0°C . Wyznacz temperaturę w pojemniku po ustaleniu się stanu równowagi.

Objętość pojemnika zmienia się tak, by ciśnienie w jego wnętrzu pozostało stałe.

8. Ania kupiła sobie soczewkę Fresnela (co to jest soczewka Fresnela, wyszukaj w dostępnych Ci źródłach), aby móc przeczytać tekst napisany drobnym drukiem. Przyglądając się soczewce zauważyła, że widzi w niej odbity, pomniejszony obraz okna znajdującego się za nią. Gdy obróciła soczewkę, zauważyła, że również widzi pomniejszony obraz okna, ale tym razem jest on odwrócony. Wyjaśnij, dlaczego tak się dzieje.

Uwaga: w soczewce można też zobaczyć niepomniejszone odbicie okna, ale tylko z jednej jej strony.

9. W sześciu nieskończonych, równoległych i cienkich przewodach płyną prądy o natężeniu I , przy czym w pięciu w tę samą stronę, a w szóstym w przeciwną. Przewody tworzą krawędzie graniastosłupa prawidłowego o podstawie sześciokąta foremnego o boku a . Jaka jest indukcja magnetyczna B na osi układu (w równej odległości od każdego z przewodów)?

10. Rozważmy wahadło sferyczne, tzn. małe ciało zawieszone na nitce. Przy małych odchyleniach od położenia równowagi

drgania w prostopadłych kierunkach są drganiami harmonicznymi o tej samej częstotliwości i dlatego pionowy rzut toru na płaszczyznę poziomą jest w krzywą zamkniętą zbliżoną do elipsy. Jeśli jednak amplituda drgań w jednym z prostopadłych kierunków będzie wystarczająco duża, drgania w tym kierunku przestaną być harmoniczne i tor nie będzie już krzywą zamkniętą. W pierwszym przybliżeniu ruch będzie można opisać jako złożenie ruchu po krzywej przypominającej wydłużoną elipsę oraz ruchu obrotowego tej krzywej. W którą stronę będzie się obracać ta „wydłużona elipsa” (patrzmy z góry)?

11. Wyobraźmy sobie, że powierzchnia Księżyca została zalana wodą (oceanem). Czy na takim odmienionym Księżycu będą występowały przyływy i odpływy? A jeśli tak, to jak często w danym punkcie na Księżycu będzie przyływ?

Zakładamy, że na Księżycu powstała również atmosfera gwarantująca właściwe ciśnienie i temperaturę (pozostawanie wody w stanie ciekłym).

12. Malarz stojący na szczycie długiej, ciężkiej drabiny zachwiał się i drabina zaczęła się przewracać. Malarz chce zminimalizować skutki upadku (zmniejszyć swoją prędkość w chwili zetknięcia z ziemią) i rozważa dwie możliwości:

- Natychmiastowe zeskoczenie z drabiny.
- Trzymanie się drabiny aż do momentu uderzenia w ziemię.

Która z nich jest lepsza?

Przyjmij, że drabina nie ślizga się po podłożu i nie odrywa od niego. Dla uproszczenia możesz też przyjąć, że masa drabiny jest równomiernie rozłożona na całej jej długości, lub że cała masa drabiny jest skupiona w jej środku.

13. W pobliżu spoczywającego, dodatniego ładunku q przesuwa się magnes – patrz rysunek 2. Czy na ładunek działa jakaś siła pochodząca od magnesu, a jeśli tak, to jak jest skierowana?

14. Do lekkiego pręta długości l przymocowano na jednym końcu małą, ale ciężką kulkę. Żongler chce utrzymać pręt w pozycji w przybliżeniu pionowej po postawieniu go na dłoni i w tym celu może wykonywać tylko poziome ruchy ręką. Jak będzie mu łatwiej wykonać zadanie:

- gdy kulka będzie znajdowała się na górze,
- gdy kulka będzie znajdowała się na dole?



Rys. 2

15. Pomiędzy dwiema dużymi, równoległymi płytami jest próżnia. Pierwsza płyta ma temperaturę T_1 , a druga temperaturę T_2 , przy czym $T_1 > T_2$. Mamy dwa rodzaje farb: X i Y . Gdy płytę pomalujemy farbą X , będzie się ona zachowywać jak ciało doskonale szare o współczynniku emisji (względnej zdolności emisyjnej – patrz definicja ciała doskonale szarego poniżej) A_X , a gdy pomalujemy ją farbą Y , będzie się ona zachowywać jak ciało doskonale szare o współczynniku emisji A_Y , przy czym $A_X > A_Y$.

Którą płytę powinniśmy pomalować farbą X , a którą farbą Y , aby przepływ ciepła od płyty cieplejszej

do chłodniejszej był mniejszy? A może ten wybór nie ma znaczenia?

Moc promieniowania fragmentu o powierzchni ΔS ciała doskonale szarego jest określona wzorem $P_{\Delta S} = A \cdot \Delta S \cdot \sigma T^4$, gdzie T jest temperaturą powierzchni w skali Kelvina, σ – stałą Stefana–Boltzmanna, a A – pewną stałą (współczynnikiem emisji lub względną zdolnością emisyjną) z zakresu od 0 do 1 charakteryzującą powierzchnię. Jednocześnie ciało doskonale szare pochłania ułamek równy A padającego na nie promieniowania, a odbija (rozprasza) całą resztę.

Część II (termin wysyłania rozwiązań – 14 listopada 2014 r.)

Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić nazwisko i imię, adres e-mail oraz adres autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy

podać także nazwę, adres szkoły i klasę oraz nazwisko i imię nauczyciela fizyki. 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.

T1. Zorganizowano „Zawody w podskokach narciarskich” dla początkujących narciarzy. Zawody odbywają się na górze o kształcie danym wzorem

$$y = \begin{cases} B \cdot x^2 & \text{dla } x \leq 0, \\ -B \cdot x^2 & \text{dla } x > 0, \end{cases}$$

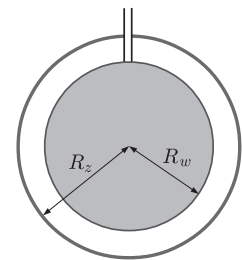
gdzie y jest składową pionową, x – składową poziomą, a B – stałą. Rozbieg zaczyna się na stoku w punkcie $y = H$, a zawodnicy wybijają się w punkcie $y = 0$. Wiadomo, że najlepsi zawodnicy potrafią się wybić na wysokość $y = h$. Niech l oznacza poziomą długość skoku, tzn. miejscem lądowania skoczka jest $x = l$, $y = -Bl^2$.

Wyznacz zależność długości skoku l najlepszego skoczka od wysokości rozbiegu H .

Pomiń wpływ powietrza na ruch skoczka (początkujący narciarze jeżdżą wolno).

indukowałyby się niezerowa siła elektromotoryczna, a to wobec zerowego oporu powodowałyby przepływ prądu o nieskończenie wielkim natężeniu).

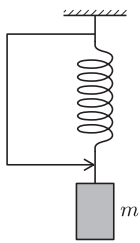
T3. Skroplony gaz jest przechowywany w naczyniu (termosie) składającym się z naczynia wewnętrznego w kształcie kuli o promieniu R_w i naczynia zewnętrznego w kształcie powłoki kulistej o promieniu wewnętrznym R_z – patrz rysunek 4. Środki geometryczne obu naczyń się pokrywają, a między nimi panuje próżnia.



Rys. 4. Przekrój termosu.

Przyjmij, że naczynie zewnętrzne promieniuje jak ciało doskonale czarne, natomiast naczynie wewnętrzne – jak ciało doskonale szare: moc promieniowania jego fragmentu o powierzchni ΔS jest określona wzorem $P_{\Delta S} = A \cdot \Delta S \cdot \sigma T^4$, gdzie T jest temperaturą powierzchni w skali Kelvina, σ – stałą Stefana–Boltzmanna, a A – pewną stałą (współczynnikiem emisji lub względną zdolnością emisyjną) z zakresu od 0 do 1 charakteryzującą powierzchnię. Jednocześnie ciało doskonale szare pochłania ułamek równy A padającego na nie promieniowania, a odbija (rozprasza) całą resztę.

a) Wykaż, że jeśli całkowita moc promieniowania wysyłanego do wewnątrz przez naczynie zewnętrzne wynosi P , to moc promieniowania padającego na naczynie wewnętrzne wynosi PS_w/S_z , gdzie S_w jest powierzchnią wewnętrznego naczynia, a S_z – wewnętrzną powierzchnią zewnętrznego naczynia.



Rys. 3. Ciężarek zawieszony na sprężynie. Strzałką oznaczono bezoporowy styk ślizgowy, pozwalający ciężarkowi poruszać się wzdłuż osi pionowej bez tarcia.

T2. Na nieważkiej sprężynie o stałej sprężystości k i długości swobodnej l_0 wisi ciężarek o masie m (patrz rysunek 3). Sprężyna jest wykonana z cienkiego drutu o zerowym oporze tworzącego zwojnicę o liczbie zwojów n ($n \gg 1$), nawiniętą na powierzchni walcowej i zwartą zewnętrznym odcinkiem tego drutu. Promień walca jest równy r , przy czym $r \ll l_0$. Przyspieszenie ziemskie wynosi g .

Ciężarek odciągnięto w dół, tak że sprężyna osiągnęła długość l_1 . Natężenie prądu w zwojnicy wynosiło w tym momencie I_1 . Puszczono ciężarek. Jaka będzie długość l_2 sprężyny w chwili zatrzymania się ciężarka w górnym położeniu i ile będzie wynosiło w tej chwili natężenie prądu I_2 ?

Podaj wyniki liczbowe dla $k = 50 \text{ N/m}$, $l_0 = 20 \text{ cm}$, $m = 0,3 \text{ kg}$, $n = 50$, $r = 2 \text{ cm}$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $l_1 = 30 \text{ cm}$, $I_1 = 200 \text{ A}$.

Wskazówki:

- Zwoje solenoidu wzajemnie się przyciągają, dlatego na końce solenoidu działa siła skierowana wzdłuż jego osi. Dla długiego solenoidu bez rdzenia, w którym płynie prąd I , siła ta jest równa

$$F_I = \frac{\mu_0 S}{2} \left(\frac{In}{l} \right)^2,$$

gdzie S – pole przekroju solenoidu.

- W przypadku zamkniętego obwodu o oporze zerowym, strumień indukcji magnetycznej B przez ten obwód jest stały w czasie (w przeciwnym przypadku w obwodzie

Wewnętrzne naczynie całkowicie wypełniono skroplonym gazem o gęstości ρ , temperaturze T_w (równej temperaturze wrzenia) i ciepłe parowania c_p . Temperatura otoczenia wynosi T_z .

b) Wyznacz czas t , po jakim cała ciecz w naczyniu odparuje.

Uwaga: Wewnętrzne naczynie jest połączone cienką, pionową rurką z otoczeniem. Przez tę rurkę można nalewać lub wylewać ciecz i przez nią para może się wydostawać na zewnątrz. Ta rurka nie ma wpływu na ilość ciepła dopływającego do naczynia.

Przyjmij, że temperatura zewnętrznego naczynia jest równa temperaturze otoczenia, a wewnętrznego – temperaturze skroplonego gazu.

Podaj wynik liczbowy dla $R_w = 0,2$ m, $R_z = 0,3$ m, $T_z = 300$ K, $T_w = 7$ K, $\rho = 807$ kg/m³, $c_p = 198$ kJ/kg.

T4 (zadanie numeryczne). Dla większości sprężyn siła sprężystości jest proporcjonalna do wydłużenia jedynie w przybliżeniu – bardzo dobrym dla małych wydłużeń, ale gorszym dla dużych. Dokładniejszym opisem tej zależności może być przyjęcie, że siła jest sumą wyrazu proporcjonalnego do wydłużenia sprężyny r oraz wyrazu proporcjonalnego do kwadratu wydłużenia r^2 :

$$F = -kr - br^2.$$

Przyjmijmy, że jeden koniec sprężyny jest unieruchomiony w początku układu współrzędnych $x-y$, a do drugiego

przymocowano ciało o masie m . Ponadto zakładamy, że sprężyna jest nieważka, siła F jest jedyną siłą działającą na to ciało, a także, że długość swobodnej (nierozciągniętej) sprężyny można pominąć w porównaniu z wydłużeniem.

W chwili początkowej $t = 0$, $x = x_0$, $y = 0$, $v_x = 0$, $v_y = v_{y0}$.

Wyznacz numerycznie tory ruchu tego ciała w przedziale czasu od 0 do 100 s i przedstaw je graficznie dla następujących wartości stałych: $m = 1$ kg, $k = 1$ N/m, $x_0 = 0,5$ m, $v_{y0} = 2$ m/s oraz b równych: 0, 0,1 N/m², -0,1 N/m², 0,2 N/m², -0,2 N/m².

Uwaga: Rozwiązanie powinno zawierać: wzory używane w rozwiązaniu (wraz z wyprowadzeniem lub uzasadnieniem, jeśli nie są to wzory podane w treści zadania), opis zastosowanego algorytmu, opis kodu programu (lub np. arkusza kalkulacyjnego) użytego do rozwiązania wraz z sposobem zagwarantowania (lub sprawdzenia) właściwej dokładności wyników, wykres toru (dokładnie dla czasu podanego w treści zadania) dla każdej z podanych wartości b oraz jakościowe omówienie otrzymanych wyników.

Nie jest dopuszczalne użycie programów do obliczeń symbolicznych lub programów wyznaczających tor lub ruch automatycznie po podaniu wzoru na siłę.

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

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. Masz do dyspozycji:

- plastikową buteleczkę o pojemności 20–50 ml,
- elektroniczny termometr z czujnikiem na kablu,
- wodę demineralizowaną,
- zamrażarkę,
- zegarek,
- folię aluminiową, taśmę klejącą.

Wyznacz ciepło właściwe lodu.

Wskazówki:

1. W otoczeniu o temperaturze T_0 , temperatura T przedmiotu pozostawionego w tym otoczeniu wynosi w chwili t

$$T = T_0 + \Delta T_0 \cdot e^{-t/\tau},$$

gdzie ΔT_0 jest różnicą temperatur przedmiotu i otoczenia w chwili $t = 0$, $e = 2,718 \dots$ oznacza podstawę logarytmu naturalnego; $\tau = \alpha \cdot c \cdot m$, c – ciepło właściwe przedmiotu, m – masa przedmiotu, α – pewna stała związana z kształtem i rodzajem powierzchni przedmiotu.

2. Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4200$ J/(kg · K).

D2. Celem doświadczenia jest zbadanie spadania magnesu w pobliżu pionowej powierzchni, do której magnes jest przyciągany. Masz do dyspozycji:

- magnes neodymowy w kształcie kulki o średnicy 5 mm,
- płaską, pionową powierzchnię (np. stalowe drzwi, bok metalowej szafki, drzwi lodówki, itp.),
- papier milimetry i linijkę,
- taśmę klejącą,
- książki o różnej grubości.

1. Wyznacz czas t spadania magnesu od momentu jego puszczenia do chwili przyłgnięcia do powierzchni, w zależności od początkowej odległości d magnesu od tej powierzchni. Pomiar wykonaj dla możliwie szerokiego zakresu początkowych odległości.
2. Jeżeli siła przyciągania magnesu do powierzchni jest proporcjonalna do $1/d^k$ (gdzie k jest dodatnią liczbą rzeczywistą), to czas t jest w przybliżeniu proporcjonalny do $d^{(k+1)/2}$. Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu wyznacz wartość k .

Przyspieszenie ziemskie wynosi $g = 9,81$ m/s². W rozważanej sytuacji wpływ prądów indukowanych na ruch magnesu jest zaniedbywalny.

Uwagi:

- Połknięcie magnesu może być bardzo niebezpieczne!
- Jeżeli nie masz możliwości zdobycia takiego magnesu, do 31 października 2014 r. przyslij na adres KGOF zaadresowaną do siebie kopertę ze znacznikiem.

D3. Pilot do telewizora steruje odbiornikiem za pośrednictwem wiązki niewidzialnego dla oka ludzkiego promieniowania podczerwonego. Mając do dyspozycji

- pilot do telewizora,
- cyfrowy aparat fotograficzny (np. kamerę internetową, aparat w telefonie),
- płytę CD o pojemności 700 MB,
- taśmę klejącą i plastelinę,
- linijkę, papier milimetry i nożyczki,

wyznacz długość fali promieniowania podczerwonego wytwarzanego przez pilot. Przyjmij, że odległość między ścieżkami na płycie CD wynosi $d = 1,55 \pm 0,05$ μm .

Wskazówka: Wybierz aparat, który jest czuły na promieniowanie podczerwone, tzn. może je „zobaczyć”, kiedy skieruje się na niego wiązkę z pilota.