

# LXXIII OLIMPIADA FIZYCZNA

## ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

### CZĘŚĆ II

Rozwiązania zadań drugiej części I stopnia należy przysyłać do właściwego ze względu na adres szkoły **Okręgowego Komitetu Olimpiady Fizycznej** w terminie do 17 listopada b.r. Zadania należy przysyłać w formie papierowej lub w formie elektronicznej poprzez platformę internetową. 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 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. Niedopuszczalne jest fabrykowanie, fałszowanie lub modyfikowanie danych pomiarowych - za tego typu działania grozi dyskwalifikacja.

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

## ZADANIA CZĘŚCI II (termin wysyłania rozwiązań — 17 listopada 2023 r.)

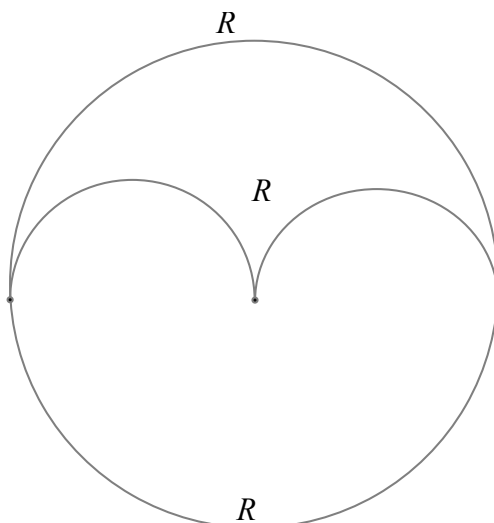
Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić identyfikator otrzymany w trakcie rejestracji oraz nazwisko i imię autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy podać adres e-mail autora pracy oraz nazwę 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.

Obwód elektryczny przedstawiony na rysunku składa się ze sztywnych przewodów w kształcie półokręgów o promieniach  $r$  oraz  $r/2$ .



Wartości oporu elektrycznego górnego półokręgu, dolnego, oraz środkowej części obwodu, są takie same i równe  $R$ . Cały układ leży w jednej płaszczyźnie, prostopadłej do jednorodnego, zmiennego pola magnetycznego o indukcji  $B(t) = B_0 \cos \omega t$ , gdzie  $B_0$  oraz  $\omega$  są stałymi. Wyznacz średnią moc ciepła wydzielającego się w obwodzie. Pomiń pole magnetyczne wytwarzane przez prąd płynący w obwodzie.

## Zadanie T2.

Samochód jedzie po płaskim, poziomym nabrzeżu z prędkością  $v$  zbliżając się do wody, przy czym kierunek prędkości tworzy z normalną do prostej krawędzi nabrzeża kąt  $\alpha$ . Współczynnik tarcia kół samochodu o podłoże wynosi  $f$ . Kierowca może skręcać kierownicą (co określa promień skrętu samochodu, czyli promień okręgu, po którym poruszałby się samochód, gdyby ustawienie kierownicy pozostało niezmienione), korzystać z hamulców oraz z pedału przyspieszenia. Może też użyć biegu wstecznego.

Opisz, jakie manewry powinien wykonywać kierowca, aby jak najmniej zbliżyć się do wody. Wyznacz najmniejszą odległość od krawędzi nabrzeża, przy której musi on zacząć wykonywać

te manewry, by nie spaść z tej krawędzi. Wyznacz też promień skrętu samochodu w chwili rozpoczęcia wspomnianych manewrów, oraz promień skrętu samochodu tuż przed maksymalnym zbliżeniem się do wody (jeśli samochód w którymś z tych przypadków ma poruszać się po prostej, jawnie to napisz). Przyspieszenie ziemskie jest równe  $g$ .

Pomiń rozmiary liniowe samochodu i przyjmij, że promień skrętu może być dowolnie mały. Uwzględnij, że samochód nie powinien wpaść w poślizg.

### Zadanie T3.

Balon obserwacyjny o masie całkowitej (wraz z wypełniającym go helem, gondolą oraz załogą)  $M$  unosi się na uwięzi na wysokości  $h$  nad ziemią, gdzie ciśnienie wynosi  $p_1$ , a temperatura jest równa  $T_1$ . Balon jest wypełniony  $n$  molami helu o temperaturze początkowo równej temperaturze otoczenia. Powłoka balonu jest wiotka. Masa liny (części łączącej ziemię z gondolą) jest równa  $m$  i nie jest pomijalna w porównaniu z  $M$ . Nie wieje wiatr.

Wyznacz pracę  $W$ , jaką należy wykonać, aby ściągnąć balon na ziemię, gdzie ciśnienie powietrza wynosi  $p_2$ . Zakładamy, że ściągnięcie jest na tyle wolne, że można pominąć opór powietrza, ale na tyle szybkie, że wypełniający balon hel nie wymienia ciepła z otoczeniem, tzn. przemiana helu jest adiabatyczna i spełnia równanie  $pV^\kappa = \text{const}$ , gdzie  $\kappa = (C_V + R)/C_V$ , przy czym  $C_V = \frac{3}{2}R$  jest ciepłem molowym helu przy stałej objętości, natomiast  $R$  jest uniwersalną stałą gazową. Zakładamy również, że podczas ściągnięcia balonu lina jest stale naprężona. Pomiń gęstość powietrza w porównaniu z gęstością powłoki i gondoli. Masy molowe helu i powietrza to odpowiednio  $M_{\text{He}}$  oraz  $M_{\text{p}}$ . Przyspieszenie ziemskie wynosi  $g$ .

Podaj wynik liczbowy dla  $n = 50000$  moli,  $h = 5000$  m,  $p_1 = 50$  kPa,  $T_1 = 280$  K,  $p_2 = 100$  kPa,  $M = 500$  kg,  $m = 200$  kg i przyjmując, że  $R = 8,31$  J/(mol·K),  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>,  $M_{\text{He}} = 4$  kg/kmol oraz  $M_{\text{p}} = 29$  kg/kmol.

### Zadanie T4 - numeryczne.

Na unieruchomionej kuli o promieniu  $R$ , stojącej na płaskiej, poziomej podłodze, położono małe ciało. Współczynnik tarcia ciała o kulę wynosi  $\mu$ . Ciało odsuwano powoli od wierzchołka kuli, aż samo zaczęło się z niej zsuwać, a następnie oderwało się od kuli i spadło na podłogę w odległości  $d$  od punktu styczności kuli z podłogą. W żadnym momencie ciało nie toczyło się po kuli ani nie przewracało.

Wyznacz numerycznie zależność  $d$  od  $\mu$  w zakresie  $\mu$  od 0 do 1 i przedstaw ją na wykresie. Przyjmij  $R = 1$  m oraz przyspieszenie grawitacyjne  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Podaj wartości  $d$  dla  $\mu = 0$  oraz  $\mu = 1$ .

Pomiń opór powietrza.

### 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 ze sposobem zagwarantowania (lub sprawdzenia) właściwej dokładności wyników;
- (iv) wykres oraz wartości liczbowe, o których mowa w treści zadania
- (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 (współczynnik tarcia folii o papier).

Masz do dyspozycji:

- pięć monet jednozłotowych, każda o masie  $m$  i gęstości  $\rho_m$ ,
- paski papieru milimetrowego o szerokości 2 cm,
- szczelne, cienkie, lekkie woreczki foliowe,
- naczynie wypełnione wodą.

Wyznacz współczynnik tarcia statycznego  $\mu$  papieru o woreczek foliowy. Zaniedbaj ciężar woreczka foliowego oraz objętość folii, z której jest wykonany. Przyjmij, że  $m = 5,00$  g,  $\rho_m = 8950$  kg/m<sup>3</sup>, a gęstość wody wynosi  $\rho_w = 1000$  kg/m<sup>3</sup>.

#### Zadanie D2 (dwójłomność taśmy klejącej).

Masz do dyspozycji:

- rolkę przezroczystej taśmy klejącej o znanej łącznej długości,
- przeciwsłoneczne okulary polaryzacyjne (polaryzujące liniowo przechodzące światło),
- kolorowy (RGB) wyświetlacz emitujący światło spolaryzowane liniowo, na przykład smartfon lub monitor komputerowy, na którym możesz wyświetlać dowolne kolory lub wzory,
- linijkę.

Wyznacz różnicę współczynników załamania światła przechodzącego przez folię taśmy klejącej dla polaryzacji światła wzdłuż oraz w poprzek taśmy. Pomiaru dokonaj dla światła czerwonego (przyjmij długość fali: 640 nm), zielonego (530 nm) i niebieskiego (460 nm).

**UWAGA 1:** Zaniedbaj znak tej różnicy – wyznacz jej wartość bezwzględną.

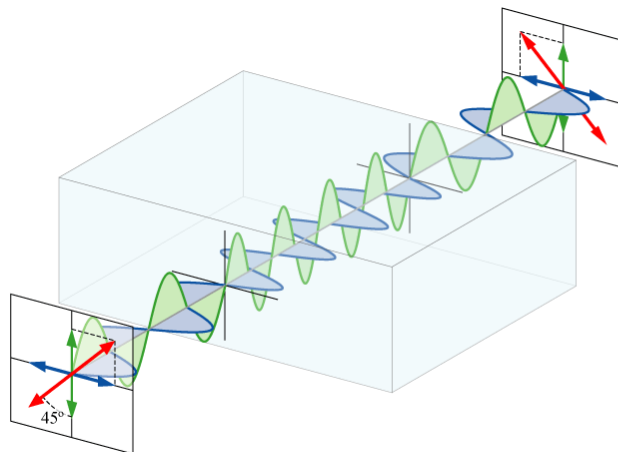
**UWAGA 2:** Przyjmij, że różnica współczynników załamania światła jest na tyle mała, że po przejściu przez jedną warstwę taśmy wiązki światła o różnych polaryzacjach są opóźniane względem siebie o co najwyżej połowę długości fali.

**UWAGA 3:** Przyjmij, że folia zajmuje połowę objętości taśmy klejącej, a pozostałą połowę

zajmuje klej niewpływający na polaryzację przechodzącego światła.

**UWAGA 4:** Nie wszystkie wyświetlacze emitują światło spolaryzowane liniowo. Polaryzację możesz sprawdzić przy pomocy okularów polaryzacyjnych.

**WSKAZÓWKA:** Światło spolaryzowane liniowo przechodzące prostopadle przez powierzchnię taśmy możesz rozłożyć na składowe o polaryzacji wzdłuż taśmy i polaryzacji w poprzek taśmy. Światło spolaryzowane liniowo to światło, którego wektor pola elektrycznego drga wzdłuż wybranej osi, zwanej osią polaryzacji. Rozważ, jak zmienia się wektor pola elektrycznego podczas przechodzenia przez ośrodek, w którym światło rozchodzi się z różnymi prędkościami dla dwóch prostopadłych polaryzacji.



Obraz źródłowy oraz licencja: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waveplate.png>

Rysunek 1: Opóźnienie światła o pionowej polaryzacji względem światła o poziomej polaryzacji może (na przykład) spowodować zmianę kierunku osi polaryzacji światła.

### Zadanie D3 (moment bezwładności smartfonu).

Masz do dyspozycji:

- smartfon o znanej masie, z akcelerometrem i miernikiem prędkości kątowej (żyroskop prędkościowy) oraz aplikacją umożliwiającą rejestrowanie i zapisywanie składowych przyspieszenia oraz prędkości kątowej smartfonu,
- lekką tekturę,
- gładki poziomy blat, na przykład szklany lub granitowy,
- dwustronną taśmę klejącą,
- papier milimetrowy,
- nożyczki.

Wyznacz:

- (a) kinetyczny współczynnik tarcia tektury o blat,

- (b) moment bezwładności smartfonu wokół osi prostopadłej do ekranu oraz przechodzącej przez środek masy smartfonu.

**UWAGA 1:** Możesz zaniedbać masę tektury, jeśli użyjesz jej niewielkiej ilości.

**UWAGA 2:** Analizę zebranych danych, niezbędne obliczenia oraz wykresy możesz wykonać przy użyciu komputera. Rozwiązanie powinno wtedy zawierać również opis zastosowanego algorytmu oraz opis kodu programu (lub np. arkusza kalkulacyjnego) użytego do rozwiązania.

**WSKAZÓWKA 1:** Przykładowa aplikacja działająca w systemach operacyjnych Android oraz iOS, umożliwiająca zapis zebranych danych pomiarowych do pliku: „phyphox” (<https://phyphox.org/>).

**WSKAZÓWKA 2:** Smartfon możesz zważyć lub sprawdzić jego masę w specyfikacji.