

LXXI OLIMPIADA FIZYCZNA

ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

CZĘŚĆ II

Rozwiązania zadań drugiej części I stopnia należy przysyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminie do 19 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>.

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 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 sugestią 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 milimetrycznym. Ocenie podlegają wyłącznie elementy rozwiązania opisane w pracy. W zadaniach doświadczalnych osobno oceniana jest część teoretyczna i część doświadczalna. Niedopuszczalne jest fałszowanie, 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 — 19 listopada 2021 r.)

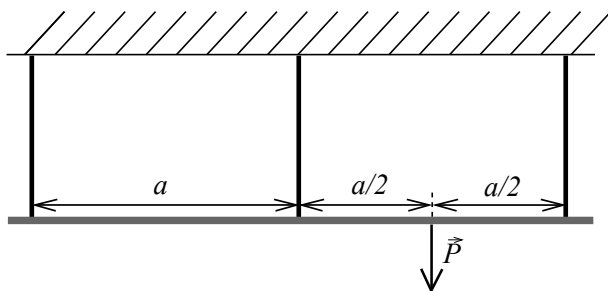
Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić identyfikator otrzymany w trakcie rejestracji oraz nazwisko i imię autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy podać adres e-mail autora pracy oraz nazwę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

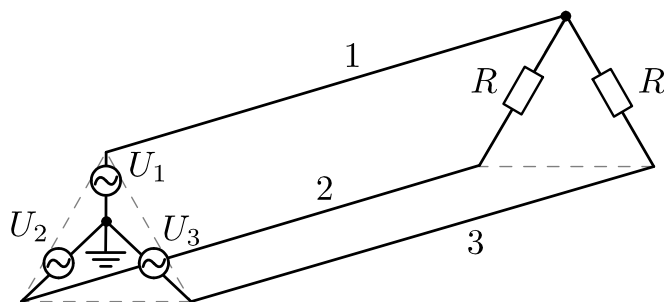
Na trzech identycznych pionowych, stalowych drutach podwieszono poziomo sztywną belkę, którą następnie obciążono pionową siłą P przyłożoną w połowie odległości między drutami 2 i 3, patrz rysunek. Jakimi siłami rozciągane są poszczególne druty?



Zaniedbaj masy drutów i belki. Druty spełniają prawo Hooke'a z pewną bardzo dużą stałą sprężystości - tzn. taką, że wprowadzić rozciągnięcie każdego drutu jest niezerowe, ale jest ono zanedbywalnie małe w porównaniu z jego długością oraz odległością między drutami.

Zadanie T2.

Trzy prostoliniowe przewody prądu trójfazowego są do siebie równoległe, a odległość między każdymi dwoma wynosi d – patrz rysunek.



Długość każdego z przewodów jest znacznie większa od d , a ich opór jest zanedbywalny. Napięcie U_k między przewodem k ($k = 1, 2, 3$) a przewodem zerowym (ziemią) zależy od czasu t zgodnie ze wzorem

$$U_k = U_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}(k-1)\right),$$

gdzie ω jest częstotliwością kołową, a U_0 – amplitudą zmian napięcia.

Końce przewodów 1 i 2 oraz końce przewodów 1 i 3 są połączone opornikami o oporze R każdy.

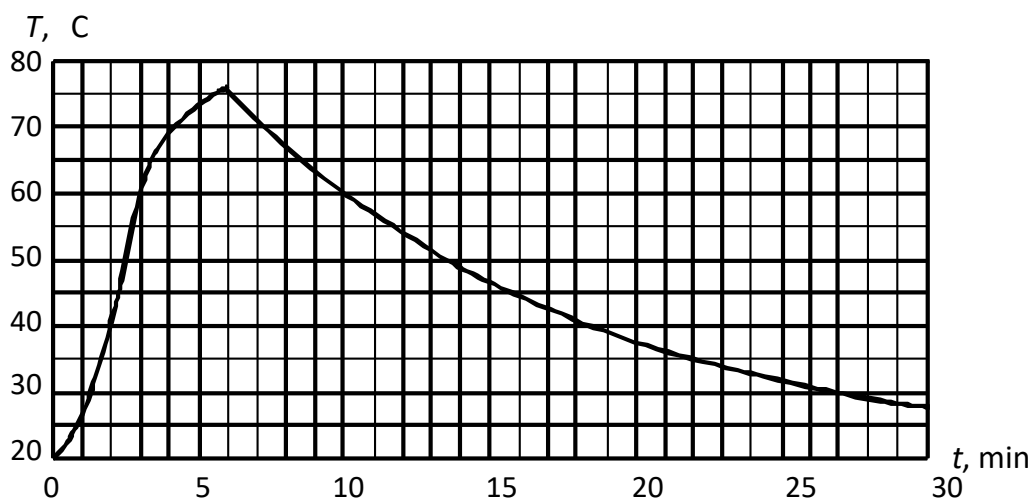
Wyznacz wartość, kierunek i zwrot średniej siły elektrodynamicznej działającej na jednostkę długości przewodu 1. Pomiń średnice przewodów w porównaniu z odległością między nimi.

Zadanie T3.

Zagrzano wodę w czajniku elektrycznym, po czym wyłączono grzanie i woda zaczęła stygnąć.

Masa wody wynosiła $m = 1,4$ kg, a temperatura otoczenia $T_0 = 20$ °C. Moc grzałki czajnika nie była stała.

Na podstawie poniższego wykresu zależności temperatury wody od czasu oblicz ciepło Q dostarczone przez grzałkę podczas podgrzewania wody.



Uwaga

Pomiń pojemność cieplną samego czajnika (oraz grzałki) i parowanie wody (czajnik jest zamknięty) i przyjmij, że moc tracona (zużywana na ogrzewanie otoczenia) jest proporcjonalna do różnicy aktualnej temperatury wody i temperatury otoczenia.

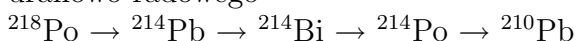
Ciepło właściwe wody wynosi $c = 4200$ J/(kg·K).

Zadanie T4 - numeryczne.

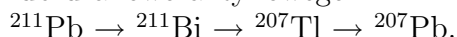
Sherlock H. dostał od przyjaciela słoik z N_0 atomami pewnego izotopu promieniotwórczego.

Wiedział, że ten izotop to ^{218}Po albo ^{211}Pb , a procesy zachodzące w słoiku można opisać za pomocą jednego z poniższych szeregów:

uranowo-radowego



lub uranowo-aktynowego:



Sherlock zauważył, że w pewnej chwili czasu T od otrzymania słoika praktycznie wszystkie podarowane jądra już uległy rozpadowi, a w środku znajdują się 3 inne izotopy i liczba jąder każdego z nich wynosi około $N_0/3$.

Dla każdego z szeregów, dla $N_0 = 100$ przeprowadź 5 symulacji procesu (patrz uwaga 2) i przedstaw na wykresie liczbę atomów każdego z izotopów z szeregu w zależności od czasu.

Na podstawie wykonanych wykresów ustal, jaki izotop otrzymał od przyjaciela Sherlock oraz uzasadnij swój wybór. Podaj czas T i oszacuj niepewność wyniku.

Uwaga 1

Uwzględnij, że prawdopodobieństwo rozpadu jądra danego izotopu w czasie Δt jest równe $p = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\Delta t/T_{1/2}}$, gdzie $T_{1/2}$ jest czasem połowicznego rozpadu danego izotopu. Każde jądro rozpada się niezależnie od innych jąder.

Czasy połowicznego rozpadu rozważanych izotopów promieniotwórczych są następujące:

^{218}Po : 3,05 min, ^{214}Pb : 26,8 min, ^{214}Bi : 19,7 min, ^{214}Po : 0,162 ms (w kontekście zadania przyjmujemy, że rozpad zachodzi natychmiast), ^{210}Pb : 22,3 lat (w kontekście zadania przyjmujemy, że jest to izotop trwały);

^{211}Pb : 36,1 min, ^{211}Bi : 2,14 min, ^{207}Tl : 4,77 min, ^{207}Pb : $2 \cdot 10^{21}$ lat (przyjmujemy, że jest to izotop trwały).

Uwaga 2

Powyżej „symulacja procesu” oznacza, że do analizy procesu rozpadu należy użyć generatora liczb pseudolosowych; oczekujemy, że każda z pięciu symulacji będzie dawać nieco inne rezultaty; wszystkie symulacje dla danego szeregu można przedstawić na tym samym wykresie.

Uwaga 3

Rozwiązanie powinno zawierać: wzory używane w rozwiązaniu (wraz z wyprowadzeniem lub uzasadnieniem), opis zastosowanego algorytmu, opis kodu programu (lub np. arkusza kalkulacyjnego) użytego do rozwiązania oraz uzasadnienie przyjętego kroku czasowego.

Preferowane jest wykorzystanie języków programowania typu C, Python, Pascal, Java, VBA (bez korzystania z pakietów numerycznych) lub arkuszy kalkulacyjnych.

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.

Siłę oporu działającą na kulę poruszającą się ze stałą prędkością w płynie można opisać między innymi następującymi modelami fizycznymi – dla małych i dużych prędkości:

1. Ruch z przepływem laminarnym. Podczas takiego ruchu siła oporu wynosi:

$$F_l = 6\pi\mu r v,$$

przy czym μ to współczynnik lepkości cieczy, r – promień kuli, a v – jej prędkość.

2. Ruch z przepływem turbulentnym. Podczas takiego ruchu siła oporu wynosi:

$$F_t = \frac{1}{2}\rho v^2 c_x S,$$

gdzie ρ jest gęstością płynu, c_x jest bezwymiarowym współczynnikiem oporu aerodynamicznego dla kształtu kulistego, a S i v to pole powierzchni przekroju oraz prędkość kuli.

Masz do dyspozycji:

- wypełnione wodą przezroczyste naczynie o średnicy co najmniej 10 cm i wysokości co najmniej 30 cm, w dolnej części mające kształt walca,
- kulki stalowe o średnicach 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm oraz 6 mm,
- kamerę wideo, na przykład kamerę internetową lub kamerę smartfonu,
- komputer z odtwarzaczem multimedialnym pozwalającym na poklatkowe oglądanie filmu lub z programem umożliwiającym śledzenie punktu, np. *Tracker*:
<http://physlets.org/tracker/>.
- linijkę,
- przedmioty służące jako statywy,
- magnes neodymowy służący do wyciągania kulek z wody.

Zbadaj, który z modeli dobrze opisuje ruch kulki w wodzie w temperaturze pokojowej podczas opadania pod wpływem ziemskiego pola grawitacyjnego. Wyznacz lepkość wody μ lub współczynnik oporu aerodynamicznego kuli c_x – zależnie od tego, który z dwóch modeli lepiej odpowiada rzeczywistości.

UWAGA: Jeśli nie możesz zdobyć samodzielnie kulek niezbędnych do wykonania doświadczenia, prześlij do 22 października na adres KGOF zaadresowaną do siebie kopertę ze znaczkami. KGOF odeśle Ci zestaw kulek.

Zadanie D2.

Masz do dyspozycji:

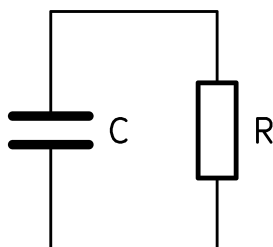
- kondensator elektrolityczny o pojemności znamionowej między $200\ \mu\text{F}$ a $1000\ \mu\text{F}$,
- opornik o znanym, dobranym przez Ciebie oporze znamionowym, o klasie dokładności 5%,
- lodówkę z zamrażalnikiem,
- woltomierz,
- termometr,
- stoper umożliwiający zapisanie wielu międzyczasów podczas pomiaru (na przykład aplikacja w telefonie),
- baterię o napięciu nominalnym $9\ \text{V}$,
- przewody umożliwiające zestawienie obwodu elektrycznego (na przykład przez lutowanie lub łączenie elementów zaciskami krokodylkowymi),
- izolacyjną taśmę klejącą.

Wyznacz pojemność badanego kondensatora w wybranej temperaturze z zakresu -30°C do -10°C oraz w wybranej temperaturze z zakresu 20°C do 25°C . Podaj wartości temperatur, w których wykonane były pomiary oraz pojemność znamionową użytego kondensatora.

WSKAZÓWKA: W obwodzie RC (patrz: rysunek) napięcie U mierzone na kondensatorze o pojemności C maleje wykładniczo z czasem t według wzoru:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}},$$

gdzie U_0 oznacza napięcie na kondensatorze w chwili $t = 0$, a R oznacza opór opornika. Liczba e jest podstawą logarytmu naturalnego.



UWAGA 1: Kondensator elektrolityczny ma wyróżniony biegun ujemny i dodatni. Nie podłączaj do kondensatora napięcia o przeciwnej polaryzacji. Upewnij się, że dopuszczalne napięcie pracy kondensatora jest nie mniejsze, niż napięcie zasilania.

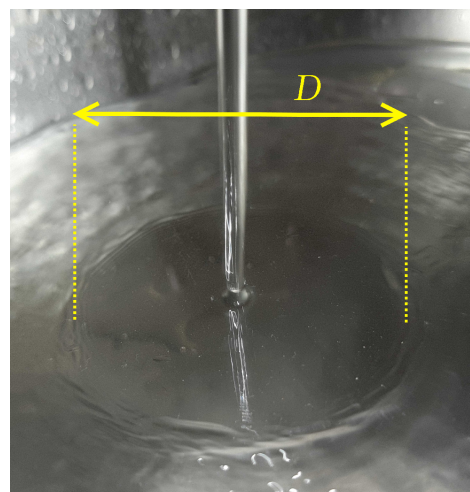
UWAGA 2: Jeśli nie możesz zdobyć samodzielnie kondensatora elektrolitycznego lub opornika, prześlij do 22 października na adres KGOF zaadresowaną do siebie kopertę ze znaczkami. KGOF odeśle Ci kondensator oraz kilka różnych oporników.

Zadanie D3.

Odskok hydrauliczny to zjawisko polegające na nagłej zmianie charakteru przepływu cieczy płynącej po płaskiej powierzchni (patrz: zdjęcie wody wypływającej z kranu).

Masz do dyspozycji:

- źródło bieżącej wody o regulowanym przepływie,
- przedmiot o płaskiej powierzchni, o średnicy co najmniej 20 cm, z którego z wszystkich stron może swobodnie spływać woda (na przykład odwrócona do góry dnem brytfanka),
- linijkę,
- stoper,
- naczynie o znanej objętości, na przykład szklanę.



Zbadaj, jak zależy średnica D okręgu, na którym następuje zmiana charakteru ruchu cieczy (patrz: zdjęcie) od całkowitego przepływu cieczy Q (wyrażonego w dm^3/s). Zakładając, że średnica D zależy od Q i pewnych stałych $Q_0 = 1 \text{ dm}^3/\text{s}$ i D_0 w sposób opisany równaniem

$$D = D_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^\alpha,$$

wyznacz wykładnik α .

UWAGA: Pomiary wykonaj dla stałej wysokości spadku większej niż 20 cm przy przepływie $Q < 0,05 \text{ dm}^3/\text{s}$. Te warunki zapewnią w przybliżeniu stałą prędkość uderzenia strugi cieczy o podłoże.