

ZADANIA TEORETYCZNE

Za każde z trzech zadań można otrzymać maksimum 20 punktów.

**Zadanie T1**

W pionowym jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $B$  zawieszono na nieważkiej, nierozciągliwej nici o długości  $l$  punktową masę  $m$  naładowaną ładunkiem  $q$ . Następnie masę wprowadzono w ruch po okręgu w płaszczyźnie poziomej, odległej o  $h$  od punktu zawieszenia nici. Niech  $f_1$  oznacza częstotliwość obrotów, gdy ruch odbywa się zgodnie ze wskazówkami zegara (patrzac od góry), a  $f_2$  – częstotliwość obrotów, gdy odbywa się w przeciwnym kierunku, lecz po tym samym torze.

Wyznacz  $f_{sr} = (f_1 + f_2)/2$  oraz  $\Delta f = f_1 - f_2$  jeśli  $B = 0,06$  T, przyspieszenie ziemskie  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>,  $m = 1$  g,  $q = 10^{-8}$  C,  $h = 1$  m,  $l = 1,2$  m.

**Zadanie T2**

Statek kosmiczny porusza się z wyłączonymi silnikami po eliptycznej orbicie wokół Ziemi. Najmniejsza odległość statku od środka Ziemi wynosi  $r_1$ , a największa  $r_2$ . Kapitan statku chce uwolnić się z pola grawitacyjnego Ziemi (oddalić się od niej na nieskończoną odległość) włączając na krótko silniki. W którym punkcie toru powinien to zrobić i w którą stronę powinny być skierowane dysze silników, aby zużył przy tym jak najmniejszą ilość paliwa?

Podaj ile powinien wynosić w szukanym optymalnym przypadku przyrost prędkości statku spowodowany włączeniem silników. Podaj wynik liczbowy gdy  $r_1 = 7000$  km,  $r_2 = 20000$  km.

Dodatkowe dane potrzebne do rozwiązania zadania wyszukaj w tablicach.

Pomiń wpływ Słońca, Księżyca i innych ciał niebieskich na ruch statku.

Uwaga: W rozpatrywanym przypadku suma energii potencjalnej i kinetycznej statku w ruchu po elipsie jest taka sama jak w ruchu po okręgu o promieniu  $(r_1 + r_2)/2$ .

**Zadanie T3**

Jednożyłowy, długi, prostoliniowy przewód elektryczny składa się z miedzianego rdzenia o promieniu  $r$  otoczonego warstwą izolatora z polichlorku winylu o grubości  $d$ .

Wiedząc, że temperatura zewnętrznej warstwy izolatora jest równa  $t_z$ , wyznacz temperaturę  $t_w$  zewnętrznej warstwy miedzianego rdzenia, gdy w przewodzie płynie prąd o natężeniu  $I$ .

Podaj wynik liczbowy gdy  $r = 1$  mm,  $d = 2$  mm,  $t_z = 20^\circ$  C,  $I = 30$  A.

Niezbędne dane (opór właściwy miedzi, przewodnictwo cieplne izolatora) znajdź w tablicach.

Pomiń zależność oporu elektrycznego od temperatury.

Wskazówka:

Jest duża, choć formalna, analogia między stacjonarnym przepływem ciepła, a elektrostatyką. Strumień energii cieplnej  $J_S$  przepływający przez daną powierzchnię  $S$  odpowiada strumieniowi indukcji elektrycznej, a źródła ciepła – ładunkom elektrycznym. Gdy mamy dwie bliskie, równoległe powierzchnie, odległe o  $d$ , przy czym na jednej temperatura wynosi  $T$ , a na drugiej  $T + \Delta T$ , to strumień energii cieplnej, płynący prostopadle do tych powierzchni jest równy  $J_S = S\sigma \Delta T/d$ , gdzie  $\sigma$  jest współczynnikiem przewodnictwa cieplnego materiału pomiędzy tymi powierzchniami. Jest to analogiczny związek, jak związek między strumieniem indukcji elektrycznej a potencjałem pola elektrycznego  $V$ :  $T$  odpowiada  $-V$ , a  $\sigma$  – przenikalności elektrycznej  $\epsilon$ .

W próżni natężenie pola elektrycznego w odległości  $r$  od cienkiego, prostoliniowego przewodu, naładowanego ładunkiem  $\lambda$  na jednostkę długości jest równe  $E = 2k\lambda/r$ , a jego potencjał  $V = 2k\lambda \ln(r/r_0)$ , gdzie:  $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$ ,  $\epsilon_0$  – przenikalność elektryczna próżni,  $r_0$  – stała dowolna,  $\ln$  – logarytm naturalny.

## ZADANIA DOŚWIADCZALNE

Za każde zadanie można otrzymać maksimum 40 punktów.

### Zadanie D1

#### Chemiluminescencja – świecenie kapsułki wędkarskiej

Masz do dyspozycji:

- kapsułkę świecącą, wykorzystującą zjawisko chemiluminescencji, używaną przez wędkarzy do oświetlania spławików,
- diodę świecącą,
- baterię 1,5 lub 4,5 V,
- folię aluminiową,
- taśmę izolacyjną,
- cyfrowy miernik uniwersalny z woltomierzem napięcia stałego,
- stoper,
- przewody, zaciski itp. elementy umożliwiające zestawienie obwodu elektrycznego.

1. Wyznacz przebieg funkcji  $\frac{I(t)}{I(0)}$ , gdzie  $I(t)$  oznacza natężenie światła emitowanego przez kapsułkę po czasie  $t$  od rozpoczęcia eksperymentu. Odpowiednie pomiary wykonaj w czasie pierwszych 100 minut od momentu, w którym kapsułka zacznie emitować światło. Sprządź wykres uzyskanej zależności czasowej.
2. Sprawdź czy uzyskaną zależność czasową można opisać wzorem:

$$\frac{I(t)}{I(0)} = e^{-t/\tau},$$

gdzie  $\tau$  – stała zaniku.

Uwaga:

1. Jeśli do diody świecącej przyłożyć napięcie w kierunku zaporowym, to natężenie płynącego przez diodę prądu będzie proporcjonalne do natężenia padającego na nią światła.
2. Do doświadczenia wybierz diodę, która jest najbardziej czuła na światło emitowane przez kapsułkę.
3. Kapsułki chemiluminescencyjne można kupić w sklepach z artykułami wędkarskimi (fotografia typowych kapsułek umieszczona jest na stronach internetowych Olimpiady Fizycznej).
4. Standardowe woltomierze cyfrowe mają stały, niezależny od zakresu opór wewnętrzny rzędu  $1\text{ M}\Omega$ .
5. Zwróć uwagę, aby nie potrząsać kapsułką po rozpoczęciu pomiarów zależności czasowej natężenia emitowanego przez nią światła.

### Zadanie D2

#### Współczynnik załamania roztworu soli

Masz do dyspozycji:

- wskaźnik laserowy,
- wodę (może być z kranu),

- sól kuchenna,
  - lusterko,
  - statyw z uchwytem,
  - plastelinę,
  - miskę,
  - linijkę, taśmę mierniczą,
  - ekran (może to być ściana),
  - menzurkę lub inne naczynie umożliwiające odmierzenie żądanej objętości cieczy.
1. Wyznacz zależność współczynnika załamania  $n$  roztworu soli kuchennej w wodzie od stężenia molowego  $c_m$  tego roztworu.
  2. Znajdź najprostszą formułę matematyczną wiążącą uzyskaną doświadczalnie zależność współczynnika załamania  $n$  roztworu wodnego soli z jego stężeniem molowym  $c_m$ .

Przyjmij, że stężenie roztworu nasyconego NaCl w wodzie w temperaturze pokojowej wynosi  $c_m = 5,4 \text{ mol/l}$ .

Uwaga: Możesz wykorzystać dodatkowo gumową lub plastikową rurkę umożliwiającą przelewanie cieczy z naczynia do naczynia.

### Zadanie D3

#### Spadający balonik

Masz do dyspozycji:

- balonik,
  - urządzenie umożliwiające nagranie filmu o znanej liczbie klatek na sekundę (np. aparat cyfrowy, kamerę internetową itp.),
  - komputer z oprogramowaniem umożliwiającym oglądanie pojedynczych klatek nagranego filmu,
  - linijkę, taśmę mierniczą.
1. Zbadaj ruch balonika spadającego z prędkością początkową równą zero. Wyznacz przyspieszenie balonika w początkowej fazie jego ruchu. Pomiary wykonaj dla kilku różnych stopni nadmuchania balonika (możesz też użyć kilku baloników o zbliżonych parametrach).
  2. Porównaj uzyskane wartości przyspieszenia balonika z przyspieszeniem ziemskim. Wymień czynniki, które wpływają na wartość tego przyspieszenia i przedyskutuj ich znaczenie.

Do doświadczenia użyj balonika o kształcie możliwie zbliżonym do kulistego. Przed nadmuchianiem balonika wyznacz jego masę przy użyciu wagi laboratoryjnej. Masę balonika (baloników) oraz jego (ich) wymiary po nadmuchianiu podaj w rozwiązaniu zadania. Potrzebne do dyskusji dane znajdziesz w tablicach.