

# XXV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

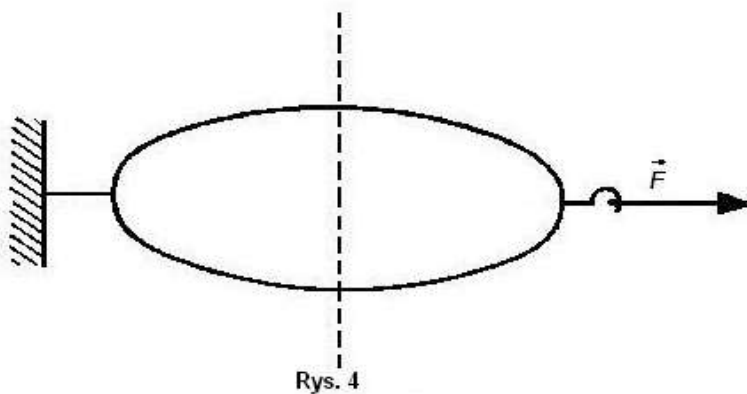
## Zadania teoretyczne

Nazwa zadania: „Powtórka z fizyki”

### ZADANIE T2

Wybierz lub podaj i krótko uzasadnij właściwą odpowiedź.

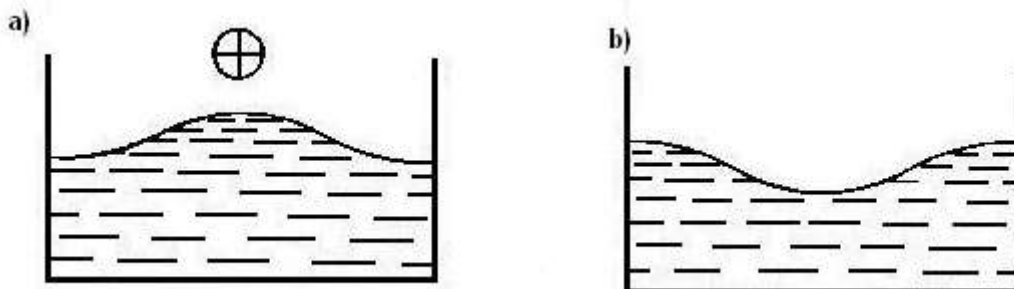
- 1) Cienką powłokę w kształcie elipsoidy obrotowej rozcięto na pół wzdłuż okręgu koła (linia przerywana – rys. 4) i usunięto ze środka powietrze. Siła  $F$  potrzebna do rozerwania powłoki jest proporcjonalna do :



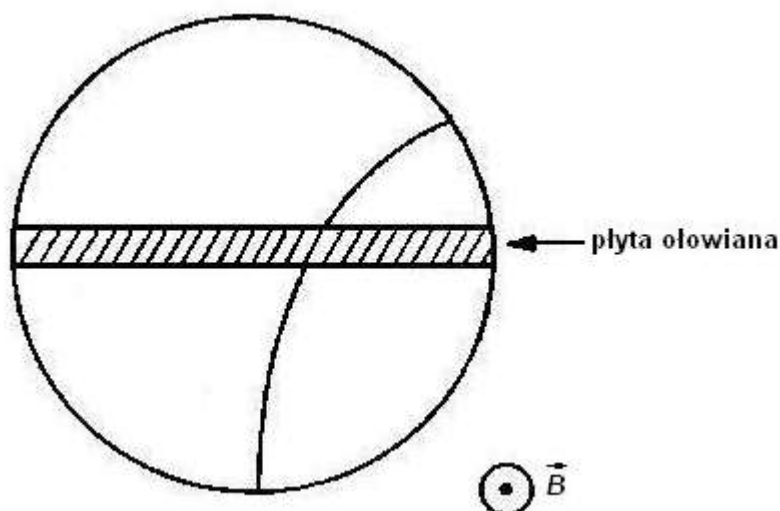
- a) dużej półosi,
- b) małej półosi,
- c) pola powierzchni elipsoidy,
- d) kwadratu dużej półosi,
- e) kwadratu małej półosi,
- f) iloczynu dużej i małej półosi,
- g) objętości elipsoidy.

- 2) Do powierzchni obojętnej elektrycznej cieczy (np. wody) zbliżono punktowy ładunek dodatni. Powierzchnia cieczy zakrzywiła się w sposób pokazany na rysunku 5a. Jeżeli byśmy zamiast ładunku dodatniego zbliżyli do cieczy ładunek ujemny, to powierzchnia cieczy przybrałaby kształt

- a) taki sam,
- b) pokazany na rysunku 5b.

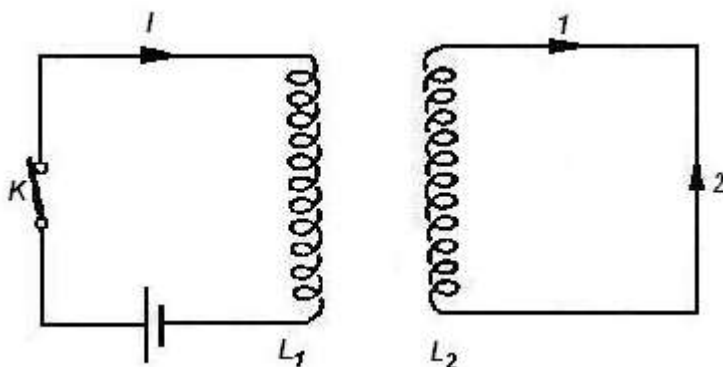


- 3) Na rysunku 6, wykonanym na podstawie zdjęcia z komory Wilsona znajdującego się w polu  $\vec{B}$ , widzimy ślad zostawiony przez naładowaną cząstkę elementarną. Cząstka ta poruszała się w płaszczyźnie rysunku. Jaki był znak jej ładunku elektrycznego?



Rys. 6

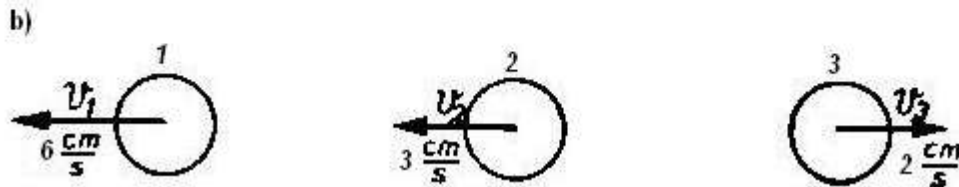
- 4) Dane są dwie cewki o indukcyjnościach  $L_1$  i  $L_2$ . Położenie cewek i kierunki uzwojeń pokazano na rysunku 7. Początkowo przez cewkę  $L_2$  nie płynie prąd, natomiast przez cewkę  $L_1$  płynie prąd  $I$  w kierunku zaznaczonym strzałką. Jeżeli wyłączymy klucz  $K$ , to w obwodzie z cewką  $L_2$  popłynie prąd w kierunku zaznaczonym strzałką
- a) 1,  
b) 2.



Rys. 7

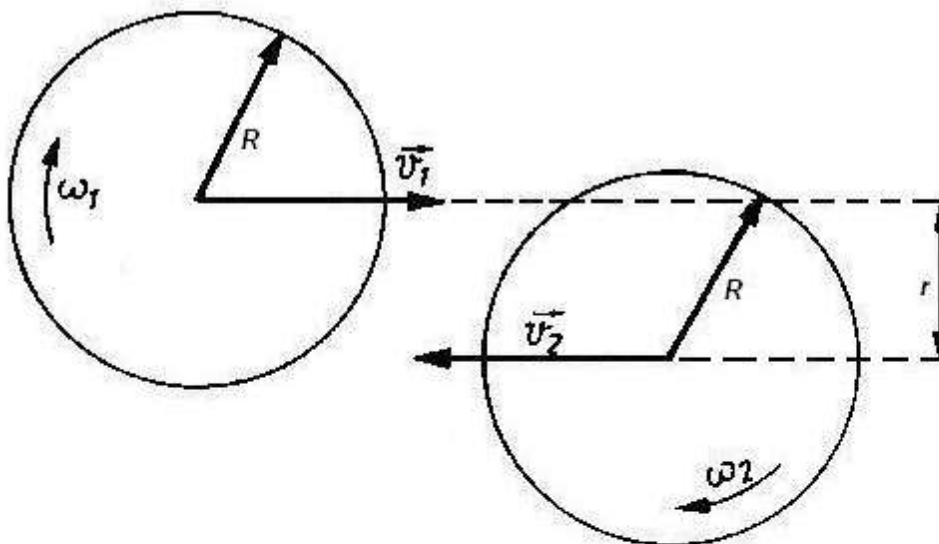
- 5) W dwie stykające się nieruchome kulki (rys. 8a) uderza trzecia kulka o prędkości  $v = 7 \text{ cm/s}$ . Masy wszystkich kulek są jednakowe. Kulki są gładkie, a ich środki leżą na jednej prostej. Po zderzeniu prędkości kulek wynoszą odpowiednio  $v_1 = 6 \text{ cm/s}$ ,  $v_2 = 3 \text{ cm/s}$  i  $v_3 = -2 \text{ cm/s}$  (rys. 8b).

Czy zderzenie kulek było zderzeniem sprężystym? Zakładamy, że kulki nie obracają się ani przed zderzeniem, ani po zderzeniu.

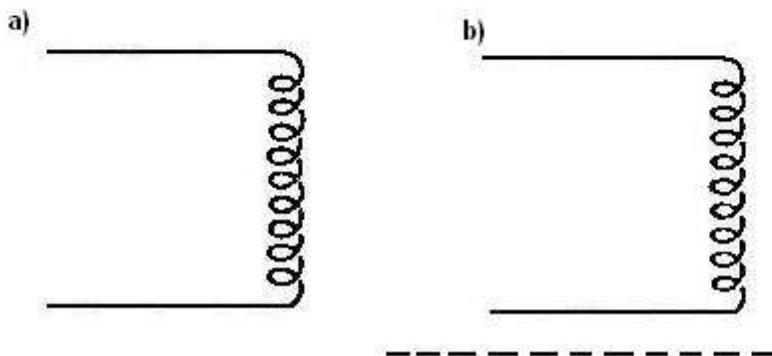


Rys. 8

- 6) Po poziomym stole poruszają się bez tarcia dwa identyczne krążki (rys. 9). Czy znając: prędkości linowe i kontowe krążków, wielkości  $R$  i  $r$  ( $r < R$ ) oraz wiedząc, że zderzenie krążków jest zderzeniem sprężystym, można jednoznacznie wyznaczyć prędkości krążków po zderzeniu?



Rys. 9

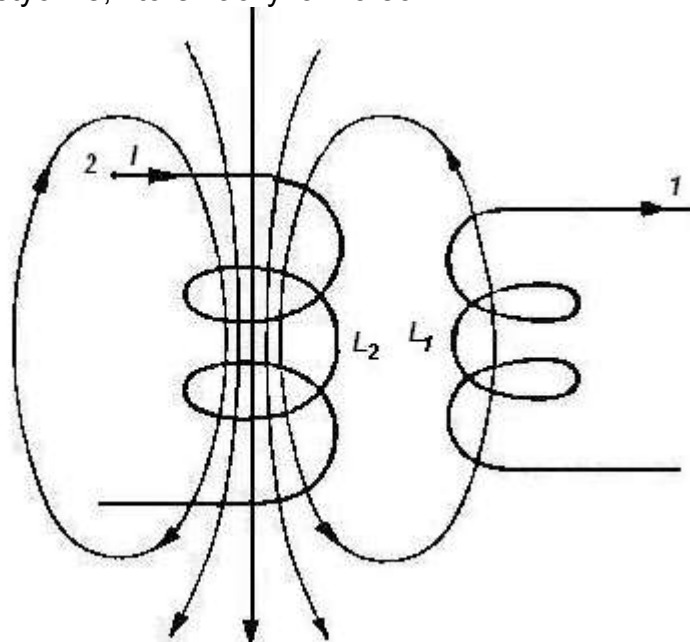


Rys. 10

- 7) Dane są dwie identycznie wykonane cewki (rys. 10). Obok jednej z nich znajduje się płyta nadprzewodząca zaznaczona linią przerywaną. Gdybyśmy cewki włączyli do obwodu i zmierzili ich indukcyjność, to okazałoby się, że indukcyjność cewki z rysunku b jest.
- większa niż,
  - taka sama jak,
  - mniejsza niż
- indukcyjności cewki z rysunku a.

## ROZWIĄZANIE ZADANIA T2

- Siła jest równa oczywiście iloczynowi ciśnienia i pola powierzchni przekroju. Ponieważ nasza elipsoida jest wydłużona, to kołowy przekrój jest polem koła o promieniu równym mniejszej półosi elipsy. Prawidłowa odpowiedź: e).
- Oczywiście prawidłowa odpowiedź: a. deformacja powierzchni jest wynikiem polaryzacji cieczy i przyciągania ich molekuł przez ładunek. Przeciwny ładunek polaryzuje molekuły przeciwnie – w efekcie znak siły nie ulega zmianie. Na przykład skrawki papieru SA przyciągane i przez ebonit, i przez szkło, mimo że ładunki tych substancji po naelektryzowaniu na przykład flanelą są przeciwne.
- Płyta ołowiana zmniejsza energię, a więc i prędkość cząstki. Cząstka wolniejsza zatacza w stałym, jednorodnym polu magnetycznym okręgi o mniejszym promieniu. Stąd mamy pewność, że cząstka porusza się pierwotnie z dołu do góry. Siła Lorentza działa na cząstkę w prawo. Zatem jej ładunek musi być dodatni.
- Narysujmy przebiegi linii pola magnetycznego wytworzonego przez prąd w pierwszej cewce (rys. 11). Zgodnie z regułą Lenza wydrukowany prąd w obwodzie z cewką  $L_2$  w momencie tuż po wyłączeniu klucza będzie taki, że wytworzone pole magnetyczne będzie starało się podtrzymać dotychczasowe pole magnetyczne, które zaczyna maleć.



Rys. 11

Na to by prąd w cewce 2 wytworzył pole o dotychczasowym kierunku w tej cewce (do góry), musi płynąć tak, jak wskazuje strzałka 1. Oczywiście rysując zwrot linii pola

wytworzonego przez cewkę  $L_1$ , a następnie rozstrzygając o kierunku **1** i **2** korzystamy dwukrotnie z reguły korkociągu. Należy sobie jednak uświadomić, że przypisywanie polu magnetycznemu określonego zwrotu (decydowanie Sue na korkociąg prawoskrętny lub lewoskrętny) ma charakter konwencji raz ustalonej ze względów historycznych w taki, a nie inny sposób i nie jest fizycznie niczym uzasadnione. Znajduje to swoje odbicie w tym, że mając konkretne, fizyczne pole magnetyczne nie można za pomocą żadnego doświadczenia wyróżnić zwrotu na liniach tego pola. Na przykład cząstki naładowane wrzucone do pola nie uzyskują przyspieszenia wzdłuż linii pola, a jedynie zaczynają zakrzywiać swe tory, wyróżniając pewien zwrot obiegu wokół linii pola. Z podobną sytuacją mamy do czynienia w mechanice. Przypisywane wirującemu ciału wektora momentu pędu jest nienaturalne (choć wygodne). Wszak fizycznie ważne jest, że ciało wiruje na przykład z prawa na lewo. Względem tego wirowania kierunki do góry i do dołu są równouprawnione, jedynie nasza umowa wyróżnia określony zwrot. Często takie „wektory”, jak: pole magnetyczne, moment pędu, moment magnetyczny, spin, iloczyn wektorowy itp. nazywa się też pseudowektorami, aby wyróżnić umowne pochodzenie ich zwrotu, od zwrotu wektorów takich jak prędkość, siła czy pole elektryczne.

Wynikają z tego dwa wnioski:

Wszystkie prawa oddziaływań magnetycznych (i w ogóle wszystkie prawa fizyki klasycznej) pozostałyby prawdziwe, gdyby we wszystkich regułach zmienić prawą rękę na lewą i odwrotnie.

Prawa magnetyzmu powinny dać się sformułować w ogóle bez użycia reguł korkociągów lub też prawej bądź lewej ręki. Opis taki istnieje, ale pole magnetyczne nie jest w tym sformułowaniu elektrodynamiki opisywane wielkością wektorową, a za pomocą tzw. skośnego tensora drugiego rzędu.

Drugiego wniosku nie będziemy tu komutować. Co do pierwszego to łatwo się przekonać, że fizycznie obiektywny rezultat – kierunek prądu w obwodzie z cewką  $L_2$  – wyjdzie nam taki sam, jeśli zmienimy korkociąg prawoskrętny na lewoskrętny. Stosowaliśmy bowiem to kryterium dwa razy. Jest to ogólna reguła. Przy wyciąganiu fizycznych wniosków dotyczących oddziaływań magnetycznych reguł skrętnościowe zawsze stosujemy dwa razy. Na przykład, żeby określić siłę, z jaką przyciągają się dwa przewodniki, najpierw ustalamy zwrot pola stosując raz regułę korkociągu, a potem znów korzystamy z reguły Ampère'a wyznaczając siłę elektrodynamiczną działającą na drugi przewodnik w polu magnetycznym w polu pierwszego. Zamiast tego, możemy zapamiętać, że te dwa równoległe przewodniki z prądem w tym samym kierunku przyciągają się, a przy kierunkach przeciwnych – odpychają. Jest to przykład sformułowania określonego prawa, w którym unika się korzystania z reguł skrętnościowych.

Po tej dygresji wróćmy do dalszego ciągu zadania.

5) Warunkiem sprężystości zderzenia jest niezmiennosc energii kinetycznej.

Ponieważ energia kinetyczna jest proporcjonalna do  $v^2$ , a w naszym zadaniu (przy identycznych masach wszystkich kulek) zachodzi

$$7^2 = 6^2 + 3^2 + (-2)^2$$

przeto zderzenie jest zderzeniem sprężystym. Ponieważ ponadto  $7 = 6 + 3 - 2$ , spełnione jest też prawo zachowania pędu.

Można się jednak zastanawiać, skąd te dziwne wartości prędkości końcowych. Czy można by je wyznaczyć ze sformułowania zadania? Otóż w przypadku zderzeń tych ciał, dwa prawa zachowania energii i pędu nie wystarczą do wyznaczenia końcowych prędkości tych trzech ciał, nawet jeżeli wiemy, że to jest zderzenie sprężyste. Istnieje wiele rozwiązań zgodnych z zasadami zachowania; które z nich realizuje się w praktyce, zależy od szczegółów oddziaływań, takich jak czas

hamowania pierwszej kulki, szybkość rozchodzenia się fali sprężystej w każdej z kul itp.

- 6) W punkcie tym występuje problem podobny do poprzedniego. Praw zachowania mamy cztery: prawo zachowania energii, momentu pędu, dwóch składowych pędu, a nieznanymi wielkościami sześć: dwie prędkości kątowe i dwa dwuwymiarowe wektory prędkości (lub inaczej dwie wartości prędkości i dwa kąty lotu kuli). Jasne, że z czterech równań nie można wyznaczyć sześciu wielkości niewiadomych, chyba że mielibyśmy dodatkowe informacje. Na przykład gdyby powierzchnie były idealnie gładkie, to prędkości kątowe kul nie mogłyby ulec zmianie. Dawałoby to dwa dodatkowe równania.
- 7) Podczas włączenia prądu w cewkę, w nadprzewodniku – jak z resztą w każdym przewodniku – indukują się prądy, które zgodnie z regułą Lenza usiłują zmniejszyć narastające pole magnetyczne w przestrzeni. W tej sytuacji pole magnetyczne będzie mniejsze, niż w sytuacji gdyby tego nadprzewodnika nie było. Tym samym strumień własnego pola obejmowany przez cewkę będzie mniejszy i mniejsza będzie siła elektromotoryczna samoindukcji przy zmianach prądu. Oznacza to, że współczynnik samoindukcji jest mniejszy.

Prawidłowa odpowiedź: c.

(brak punktacji)

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Olimpiady Fizyczne XXV-XXVI”  
Autor: A.Szymacha

Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szcz.pl](http://www.of.szcz.pl)