

# XXIX OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

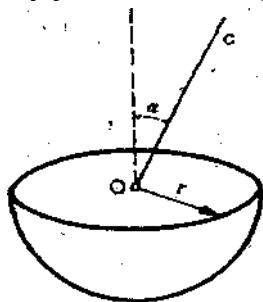
## Zadanie teoretyczne

Podaj lub wybierz i krótko uzasadnij odpowiedź na siedem spośród dziesięciu dowolnie wybranych przez siebie punktów:

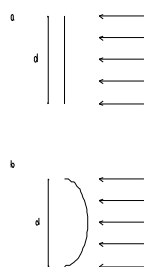
### ZADANIE T2

A. Dana jest jednorodna półkula o masie  $m$  i promieniu  $r$ . Ile wynosi moment bezwładności tej półkuli, względem osi  $c$  pokazanej na rysunku 6?

B. Do jednorodnej wiązki światła wstawiono raz płaską przeszkodę kołową, a raz półkulę (rys. 7). Koło i półkula są wykonane z jednakowego materiału, który można uważać za ciało doskonale czarne. W którym przypadku siła parcia wynikająca z ciśnienia promieniowania jest większa?



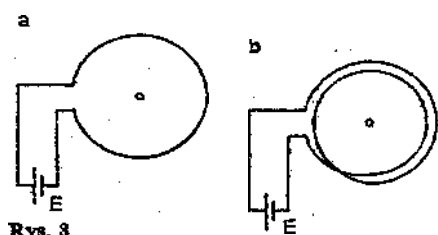
Rys. 6



Rys. 7

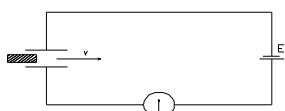
C.. W którym przypadku natężenie pola magnetycznego w punkcie zaznaczonym kropką na rysunku 8 jest większe? Promień pierścienia jest taki sam, jak promień dwuzwojowej cewki. Pierścień i cewka są wykonane z jednakowego drutu. Opór przewodów doprowadzających i opór wewnętrzny baterii są zaniedbywalnie małe.

D. Między okładkami kondensatora pokazanego na rysunku 9 ruchem jedno-



Rys. 8

stajnym przesuwamy płytkę z dielektryka



Rys. 9

Wskazówka galwanometru

- a) wychyli się tylko w jedną stronę, .. .
- b) wychyli się raz w jedną, a raz w drugą stronę,
- c) nie wychyli się.

E. Mając do dyspozycji różnych rozmiarów naczynia o ściankach przepuszczających ciepło i naczynia o ściankach nie przepuszczających ciepła oraz 2 kg brudnej wody o temperaturze  $90^{\circ}\text{C}$ , chcemy maksymalnie ogrzać 1 kg czystej wody o temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ . Najwyższa temperatura czystej wody

- a) będzie niższa od  $60^{\circ}\text{C}$ ,
- b) będzie równa  $60^{\circ}\text{C}$ ,
- c) może być wyższa niż  $60^{\circ}\text{C}$ .

F. Wykonana z winiduru ukośnie ustawiona rynienka znajduje się między biegunami silnego magnesu. Staczają się po niej kolejno bez poślizgu i z tej samej wysokości cztery kulki o takich samych średnicach: miedziana, ołowiana, winidurowa i ferrytowa (ferryt — izolator ferromagnetyczny). Współczynniki tarcia posuwistego kulek o rynienkę są jednakowe. Tarcie toczne pomijamy. Jak pole magnetyczne wpływa na czas, po którym kulki osiągną podstawę rynienki?

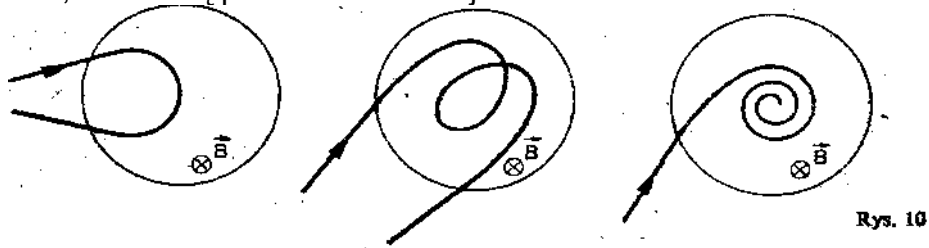
G. Długość fali dźwiękowej w określonym, nieograniczonym ośrodku krystalicznym

- a) jest ograniczona od góry, a od dołu nie,
- b) jest ograniczona od dołu, a od góry nie,
- c) jest ograniczona od góry i od dołu,
- d) może przybierać dowolne wartości.

H. Kondensatorowi o pojemności  $C$  można przypisać zawadę  $1/C\omega$ , cewce o indukcyjności  $L$  - zawadę równą  $L\omega$ , a opornikowi o oporze omowym  $R$  - zawadę  $R$ . Czy zawadę wypadkową układu cewek, kondensatorów i oporników można obliczyć według takich samych reguł, jak oblicza się opór zastępczy (wypadkowy) układu oporników omowych?

I. Cząstka naładowana poruszająca się w próżni trafia w obszar, w którym jest jednorodne pole magnetyczne. Które z torów cząstki zaznaczonych na rysunku 10 są sprzeczne z prawami fizyki?

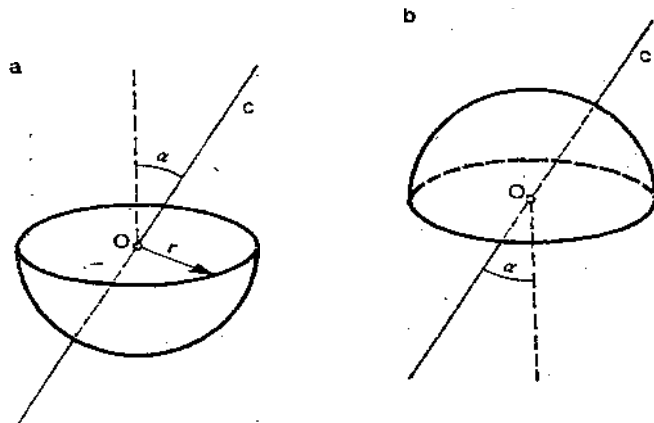
J. W zatopionej u góry, pionowo stojącej rurce w kształcie litery U znajduje się woda, a nad nią powietrze. Rurka jest umieszczona w termostacie. Poziomy



wody w obu ramionach rurki są różne. Układ ten znajduje się w stanie równowagi mechanicznej. Czy po pewnym czasie nastąpią w nim jakieś zmiany?

### ROZWIĄZANIE ZADANIA T2

A. Na rysunkach 11a, b przedstawione są dwie jednakowe półkule. Momenty bezwładności obu tych półkul względem osi  $c$  są jednakowe. Wynika to z symetrii obu sytuacji podanych na rysunkach. Suma momentów bezwładności obu półkul jest równa momentowi bezwładności całej kuli (o masie  $2m$ ) względem osi przechodzącej przez jej środek.



Rys.11

Moment bezwładności kuli wynosi:

$$I = \frac{2}{5} (2m)r^2$$

Zatem szukany moment bezwładności półkuli wynosi:

$$I_{1/2} = 0,5 I = \frac{2}{5} mr^2$$

i nie zależy od kąta  $\alpha$

Punktacja: 0-5 pkt

B. Światło niesie ze sobą pęd, który podczas pochłaniania jest w całości przekazany^ przeszkodzie. Związana z tym siła parcia  $F$  działająca na przeszkodę jest równa szybkości przekazywania pędu:

$$F = dp/dt$$

Przekazywany pęd nie zależy od kształtu powierzchni przeszkody, a jedynie od pola przekroju poprzecznego pochłanianej wiązki światła.

W obu podanych w treści zadania przypadkach przekroje pochłanianych wiązek są jednakowe. Pole tych przekrojów wynosi  $\frac{1}{4} \pi d^2$ . Zatem siły parcia działające aa przeszkodę kołową i na półkulę są sobie równe.

Punktacja: 0-5 pkt

C. Natężenie pola magnetycznego w obu przypadkach jest jednakowe. Natężenie pola magnetycznego w środku przewodnika kołowego jest wprost proporcjonalne do natężenia prądu płynącego przez przewodnik. Jeżeli  $R$  jest oporem pierścienia, to natężenia prądu płynącego przez pierścień jest równe  $I_p = E/R$  (opory drutów doprowadzających i opór wewnętrzny baterii są zanedbywalnie małe). Natomiast opór cewki jest równy  $2R$ , stąd natężenia prądu cewce  $I_c = E/2R = I_p/2$ . Pola magnetyczne wytwarzane przez każdy z dwóch zwój ó w cewki z osobna dodają się, dając w rezultacie takie samo, co w przypadku pierścienia, natężenie wypadkowe

Punktacja: 0-5 pkt

D. Pojemność kondensatora zależy od obecności dielektryka między jego okładkami. Przy wsuwaniu dielektryka pojemność kondensatora wzrasta, a przy wysuwaniu maleje.

Ładunek zgromadzony na kondensatorze połączonym ze źródłem o stałym napięciu jest proporcjonalny do pojemności kondensatora. Wynika stąd, że w pierwszej fazie ruchu dielektryka ładunek dopływa, a w drugiej odpływa z kondensatora, wobec tego galwanometr wychyli się raz w jedną, raz w drugą stronę. Poprawna jest zatem odpowiedź b.

Punktacja: 0-5 ptk

E. Temperatura czystej wody może być wyższa niż 60°C. Możemy to uzyskać na zasadzie zbudowania „wymiennika ciepła”. Dzielimy wodę gorącą i wodę zimną na bardzo wiele porcji i umieszczamy w wielu naczynkach o łącznej pojemności dużo mniejszej niż l 1. Poprzez kontakt cieplny naczynek z wodą gorącą i zimną oraz odpowiednie jej przelewanie (bez mieszania wody brudnej z czystą) możemy porcjami chłodzić wodę brudną, ogrzewając wodę zimną i doprowadzić do ogrzania wody czystej powyżej 60° C.

(Dokładny opis tej procedury zawarty jest w rozwiązaniu zadania 3, III stopnia XXIX Olimpiady, którego idea jest taka sarna.)

Punktacja: 0-5 ptk

F. Przyjmujemy, że pole magnetyczne wytworzone pomiędzy biegunami magnezu jest polem jednorodnym. Rynienka winidurowa nie wprowadza żadnych zakłóceń pola (winidur — sztuczne tworzywo, twardy polichlorek winylu, izolator) i jest tak ustawiona, że ruch kulek odbywa się cały czas w jednorodnym polu magnetycznym.

W kulkach metalowych poruszających się między biegunami magnezu indukują się prądy wirowe. Oddziaływanie pola magnetycznego prądu wirowego z polem magnetycznym zewnętrznym jest tego rodzaju, że hamuje ono ruch kulki. Natężenie prądu wirowego w kulce miedzianej jest większe niż w kulce ołowianej, gdyż opór właściwy miedzi jest mniejszy niż opór właściwy ołowiu. Kulka ołowiana osiąga zatem podstawę rynienki w krótszym czasie niż kulka miedziana. Najwcześniej podstawę rynienki osiąga kulka winidurowa, ponieważ jest ona izolatorem i wobec tego nie powstają w niej prądy wirowe.

Kulka ferrytowa (ferryt magnetycznie miękki) pod wpływem pola magnetycznego ulega namagnesowaniu. Kierunek jej namagnesowania pokrywa się z kierunkiem pola. Jeżeli kierunek ten jest zgodny z osią obrotu kulki, to w jednorodnym polu magnetycznym siły magnetyczne działające na poruszającą się kulkę wynoszą zero, a więc nie mają wpływu na jej ruch. Warto zauważyć, że nie każdy ferryt jest izolatorem, niektóre bowiem ferryty mogą być półprzewodnikami, wówczas w kulce mogą powstać minimalne prądy wirowe, hamujące jej ruch.

Punktacja: 0-5 ptk

G. W nieograniczonym ośrodku krystalicznym długość fali dźwiękowej jest ograniczona od dołu. W miarę zmniejszania długości fali, wzrasta różnica faz między drganiami sąsiednich centrów sieci krystalicznej. Fala dźwiękowa o najmniejszej długości występuje wówczas, gdy sąsiednie centra drgają w fazach różniących się o  $n$ . Większa różnica faz:  $\Delta\varphi = \pi + \varepsilon$  nie jest możliwa, ponieważ drgania opisane wzorami

$$\psi = \psi_0 \sin(\omega t + \pi + \varepsilon) \quad \text{oraz} \quad \psi = -\psi_0 \sin(\omega t + \varepsilon)$$

są fizycznie nierozróżnialne, bo

$$\sin(\omega t + \pi + \varepsilon) = -\sin(\omega t + \varepsilon)$$

Wynika stąd, że minimalna długość fali dźwiękowej równa jest podwojonej stałej sieci krystalicznej. Długość fali nie jest ograniczona od góry, ponieważ różnica faz drgań sąsiednich centrów może być dowolnie mała.

Punktacja: 0-5 pkt

H. Zawadę wypadkową układu cewek, kondensatorów i oporników oblicza się według innych reguł niż opór zastępczy układu oporników omowych. Na przykład w przypadku szeregowego połączenia cewki o indukcyjności  $L$ , kondensatora o pojemności  $C$  i opornika o oporze  $R$  wypadkowa zawada dana jest wzorem

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}$$

W przypadku równoległego połączenia tych samych elementów zawadę obliczamy ze wzoru

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2}$$

Wolno jednak stosować zwykle wzory analogiczne do tych, które stosujemy obliczając wypadkowy opór omowy, - jeżeli składane elementy charakteryzują się tą samą wartością przesunięcia fazowego między napięciem a natężeniem prądu zmiennego, na przykład są to same kondensatory lub same cewki bezoporowe.

Punktacja: 0-5 pkt

- I. Na cząstkę o ładunku  $q$  poruszającą się z prędkością  $v$  polu magnetycznym o indukcyjności  $B$  działa siła:

$$F = q v * B$$

Siła ta jest prostopadła do kierunku ruchu cząstki, a zatem zmienia jedynie kierunek prędkości cząstki, a nie jej wartość. Energia kinetyczna cząstki pozostaje stałą. W rozważanym przypadku pole magnetyczne jest jednorodne, a zatem w całym obszarze pola  $B = \text{const}$ . Wynika stąd, że wartość siły działającej na cząstką jest stała.

Z rysunku 10 wynika, że cząstka naładowana wchodzi w obszar pola magnetycznego prostopadle do kierunku wektora  $B$ , zatem musi się ona poruszać po okręgu. Poprawny jest więc rysunek 10a. Tory przedstawione na rysunkach 10b, c są sprzeczne z prawami fizyki, gdyż oznaczają one, że podczas ruchu zachodzi zmiana,

energii kinetycznej cząstki. Zgodnie z warunkami zadania nie ma żadnej przyczyny, która mogłaby taką zmianę spowodować.

Oczywiście rozumowanie to jest słuszne, jeżeli, cząstka porusza się w próżni. Na przykład w komorach pęcherzykowych cząstka traci energię na skutek jonizacji atomów cieczy wypełniającej komorę i może zmniejszyć swoją prędkość aż do zera (tzn. zatrzymać się w komorze). Wówczas tor cząstki obserwowany w komorze byłby zgodny z rysunkiem 10c.

Punktacja: 0-5 ptk

J. Opisany w treści zadania układ znajduje się w stanie równowagi mechanicznej. Nie jest to jednak stan równowagi termodynamicznej, gdyż ciśnienie powietrza w obu ramionach rurki jest różne, w związku z czym w różnym stopniu rozpuszcza się ono w wodzie. Wiadomo, że im większe jest ciśnienie gazu, tym większa jest jego rozpuszczalność w wodzie. Zatem w omawianym układzie powietrze rozpuszczać się będzie w tym ramieniu rurki, w którym jego ciśnienie jest większe, a wydzielać się będzie w drugim ramieniu, gdzie to ciśnienie jest mniejsze.

Proces ten będzie zachodzić tak długo, aż dojdzie do wyrównania ciśnień powietrza, a więc i poziomów wody w obu ramionach rurki. Układ osiągnie wówczas stan równowagi termodynamicznej. Czas potrzebny na dojście do tego stanu jest jednak bardzo długi.

Punktacja: 0-5 ptk

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

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