

# XLI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

## Zadanie teoretyczne

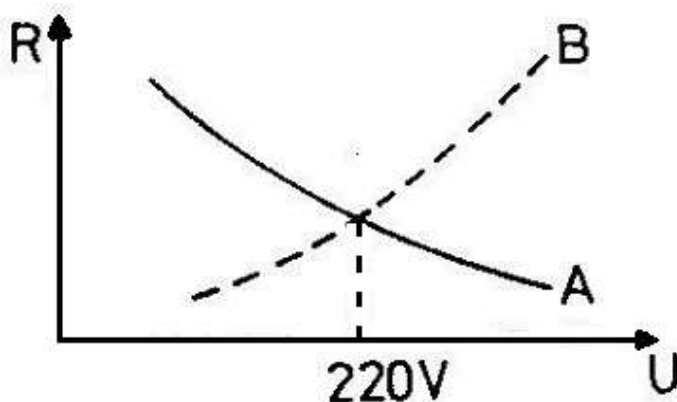
Wybierz lub podaj i krótko uzasadnij odpowiedź na dowolnie przez siebie wybrane siedem spośród podanych dziesięciu punktów:

### ZADANIE T2

Nazwa zadania: „Moc żarówek w układzie szeregowym”

A. Dwie różne żarówki A i B, których charakterystyki napięciowo-oporowe pokazano na rys.2 pobierają jednakową moc  $M$  przy napięciu zasilającym 220 V. Która z podanych niżej relacji będzie spełniona jeżeli przyłożymy napięcie 220 V do układu tych żarówek połączonych szeregowo:

- a)  $M(A) > M(B)$
- b)  $M(A) = M(B)$
- c)  $M(A) < M(B)$



rys.2

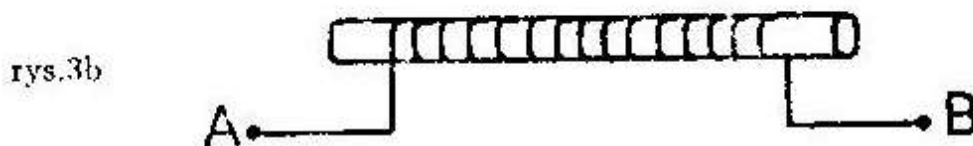
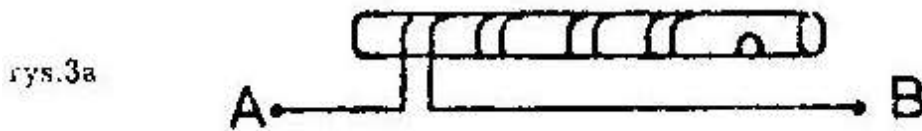
(  $M(A)$  i  $M(B)$  oznaczają odpowiednio moce pobierane przez żarówki A i B ).

Nazwa zadania: „Układ zastępczy”

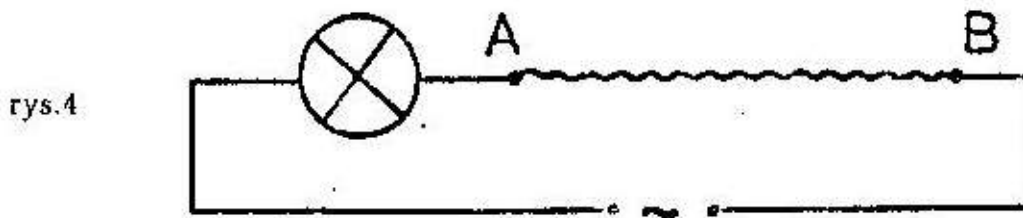
B. Do pewnego obwodu elektrycznego należy dołączyć opornik  $40\ \Omega$  wytrzymujący obciążenie 10 W. Czy mając do dyspozycji oporniki  $40\ \Omega$  wytrzymujące obciążenia do 3 W każdy, można zbudować układ zastępczy, mający opór  $40\ \Omega$  i wytrzymujący obciążenie 10 W? Przyjmujemy, że opory oporników nie zależą od temperatury.

Nazwa zadania: „Rdzeń z nawiniętym drutem”

C. Na jednakowe rdzenie nawinięto w dwojaki sposób jednorodny drut. Sposób a) polegał na podwójnym złożeniu drutu (rys.3a), a następnie nawinięciu go na rdzeń. Sposób b) odpowiadał nawinięciu drutu w sposób przypominający nawinięcie nitki na szpulce (rys.3b).



W zależności od sposobu nawinięcia przewodnika żarówka w układzie przedstawionym na rys.4 zasilanym źródłem prądu przemiennego, świeciła lub nie świeciła. Wyjaśnij dlaczego.



Nazwa zadania: „Kto zjedzie pierwszy cięższy czy lżejszy?”

D. Dwóch rowerzystów o różnych masach, ale mających jednakowe rowery postanowiło zjechać ze wzniesienia tą samą drogą i nie używając pedałów. Rowerzyści ruszyli jednocześnie z prędkością początkową równą zero. Zakładając, że siły oporu (wszystkie tarcia i opór powietrza) można pominąć, odpowiedz który z nich, lżejszy czy cięższy, szybciej dotrze do podstawy wzgórza.

Nazwa zadania: „Lina w polu grawitacyjnym”

E. W jednorodnym polu grawitacyjnym zwisa nierozciągliwa lina o pewnej wytrzymałości na zrywanie. Lina ma taką długość, że jest na granicy zerwania. Czy lina wykonana z tego samego materiału lecz  $n$  ( $n > 1$ ) razy dłuższa i o średnicy przekroju  $n$  razy większej dla każdego  $n$  będzie mogła zwać w tym samym polu grawitacyjnym nie ulegając zerwaniu?

Nazwa zadania: „Satelita obserwacyjny”

F. Wokół Ziemi, lotem bezwładnym, porusz się satelita. Satelita ten nie obraca się i przez iluminatory nie widać całego nieba, tymczasem program badawczy załogi

wymaga obserwacji każdej części nieba. Zachodzi więc potrzeba okresowej zmiany orientacji satelity w przestrzeni bez nadawania mu trwałego ruchu obrotowego. Wymyśl sposób pozwalający to osiągnąć bez uruchamiania zewnętrznych silników satelity. Uzasadnij swe rozumowanie.

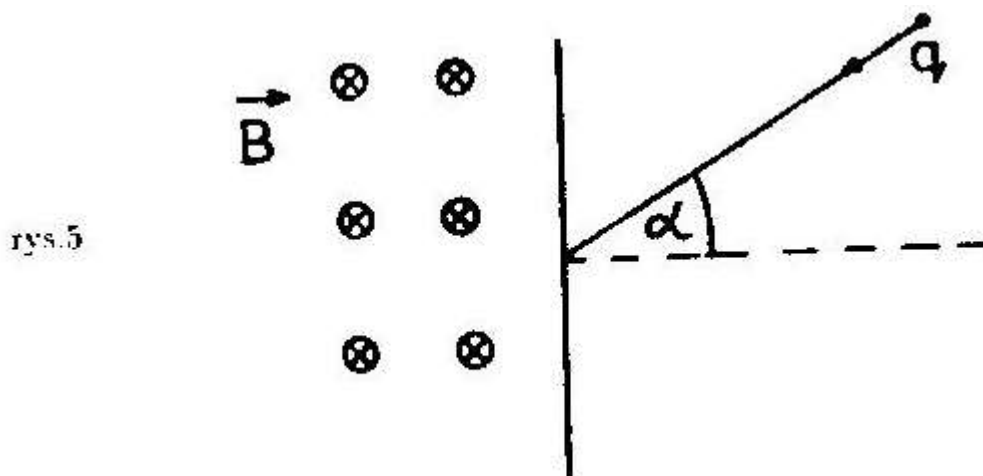
Nazwa zadania: „Drgania naładowanej kulki w polu grawitacyjnym”

**G.** Mała kulka naładowana elektrycznie zawieszona na długiej, nieprzewodzącej i nieważkiej nici wykonuje w polu grawitacyjnym małe drgania o okresie  $T_0$ . W pewnej odległości od kulki umieszczono pod nią poziomą, uziemioną, dużą płytę idealnie przewodzącą. Okres małych drgań kulki w obecności tej płyty jest:

- a) większy od  $T_0$
- b) równy  $T_0$
- c) mniejszy od  $T_0$ .

Nazwa zadania: „Naładowana cząstka w polu magnetycznym”

**H.** Jednородne i stałe pole magnetyczne  $\vec{B}$  zajmuje półprzestrzeń pokazaną na rys.5.



Na płaszczyznę brzegową tej półprzestrzeni, prostopadle do pola  $\vec{B}$  pada naładowana cząstka. Kąt padania tej cząstki wynosi  $\alpha$ .

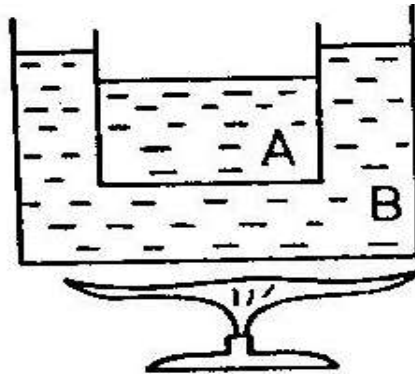
1. Czy cząstka ta wróci do obszaru bez pola?
2. Jeżeli tak, to
  - a) pod jakim kątem do normalnej do płaszczyzny oddzielającej obszar z polem?
  - b) czy kąt z poprzedniego punktu zmieni się, jeżeli zmieni się znak ładunku cząstki

na przeciwny?

Nazwa zadania: „Dlaczego te ciecze wrzą?”

I. Dany jest układ pokazany na rys.6, złożony z dwóch naczyń A i B napełnionych wodą i podgrzewany. Okazuje się, że po pewnym czasie woda w naczyniu B zaczyna wrzeć, jednakże mimo upływu czasu woda w naczyniu A nie wrze. Natomiast po dodaniu soli do naczynia B po pewnym czasie ciecze w obu naczyniach wrzą. Dlaczego?

rys.6



J. Gaz doskonały o początkowej objętości  $V_1$  poddano przemianie

- a) izotermicznej
- b) adiabatycznej
- c) izobarycznej

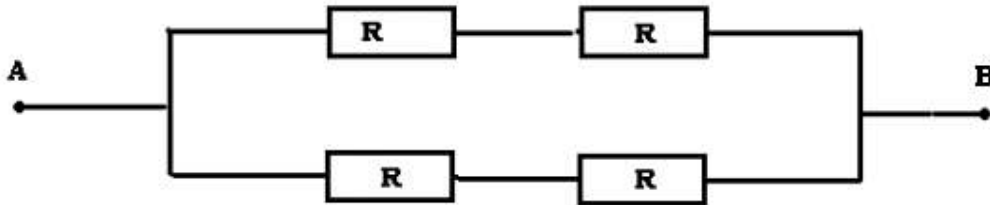
w wyniku czego jego objętość końcowa wyniosła  $V_2 > V_1$ . W którym z wymienionych trzech przypadków gaz wykonał najmniejszą, a w którym największą pracę?

### ROZWIĄZANIA ZADANIA T2

A. Odpowiedź a) jest prawidłowa. W układzie żarówek połączonych szeregowo napięcia na żarówkach spełniają nierówność:  $U_A < 220V$  i  $U_B < 220V$ . Oznaczamy przez  $R_A$  i  $R_B$  opory żarówek odpowiadające napięciom  $U_A$  i  $U_B$ . Zgodnie z wykresem charakterystyk  $R_A$  i  $R_B$ , a zatem stosunek mocy  $M(A) / M(B)$  wynosi

$$\frac{M(A)}{M(B)} = \frac{i^2 R_A}{i^2 R_B} = \frac{R_A}{R_B} > 1.$$

B. Można. Jednym z najprostszych rozwiązań problemu jest układ połączeń oporników przedstawiony na rys.2. Powyższy układ ma opór wypadkowy  $R_{AB} = R = 40\Omega$ , zaś moc



pobierana przez każdy z oporników jest równa  $\frac{1}{2}U_{AB} \cdot \frac{1}{2}U_{AB} / R_{AB} = \frac{1}{4}U_{AB}^2 / R$ .

Jeżeli moc  $U_{AB}^2 / R$  nie przekracza 10W to moc pobierana przez każdy z oporników w układzie na rys. 2 nie przekracza 2,5 W.

**C.** Samoindukcja zwojów przewodnika w przypadku a) jest w przybliżeniu równa zero, gdyż zmiana pola magnetycznego powodowane przepływem prądu zmiennego przez sąsiednie przewody praktycznie nie znoszą. Jeżeli przyjmiemy, że opór żarówki wynosi  $r$ , zaś opór przewodnika nawiniętego na rdzeń wynosi  $R$ , to zawada w przypadku a) w rozważanym obwodzie wynosi  $Z_b = [(r + R)^2 + L^2\omega^2]^{1/2}$ , gdzie  $L$  oznacza samoindukcję cewki a  $\omega$  - częstość kołową. Stąd wypływa wniosek, że w przypadku zawady  $Z_a$  ( $Z_a < Z_b$ ) natężenie prądu płynącego jest wystarczająco duże, zaś w przypadku zawady  $Z_b$  - zbyt małe, by spowodować świecenie żarówki.

**D.** Cięższy. Z zasady zachowania energii wynika równanie:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \left[ I_1 \left( \frac{v}{r_1} \right)^2 + I_2 \left( \frac{v}{r_2} \right)^2 \right].$$

Gdzie  $m$  oznacza masę rowerzysty wraz z rowerem,  $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $h$  – różnice wzniesień,  $v$  – prędkość rowerzysty, zaś  $I_i$  i  $r_i$  ( $i=1,2$ ) oznaczają odpowiednio momenty bezwładności i promienie zewnętrzne kół roweru. Z powyższego równania wynika, że:

$$v^2 = \frac{2gh}{1 + (I_1/r_1^2 + I_2/r_2^2)/m}$$

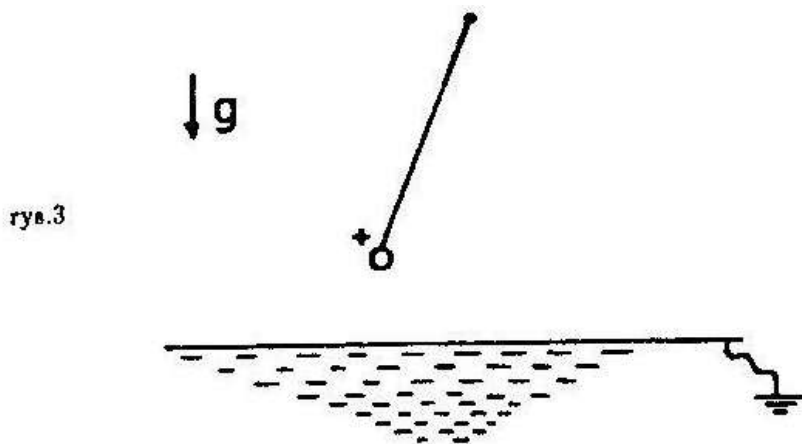
Zatem dla każdej różnicy wzniesień większej masie  $m$  odpowiada większa prędkość  $v$ , co dowodzi, że cięższy rowerzysta szybciej osiągnie podstawę wzgórza.

**E.** Nie. Wytrzymałość materiału na zerwanie określa graniczna wartość stosunku siły napięcia liny do pola przekroju liny. Siła ta wraz z  $n$  rośnie proporcjonalnie do ciężaru liny, czyli do jej masy, ta zaś wzrasta jak  $n^3$ . Ponieważ pole przekroju liny rośnie jak  $n^2$ , stosunek siły napinającej linę do jej pola przekroju rośnie jak  $n$  i dla odpowiednio dużej wartości  $n$  przekroczy graniczną wartość określającą wytrzymałość materiału. Lina ulegnie zerwaniu w miejscu jej zawieszenia.

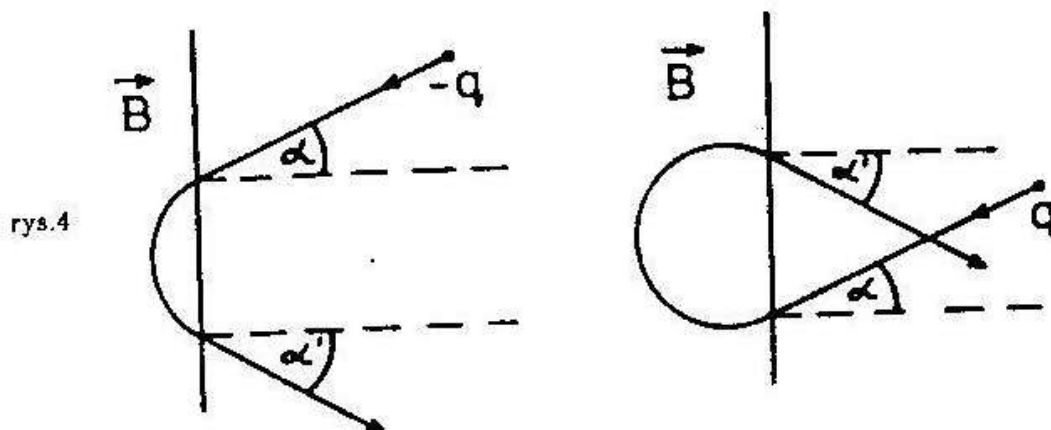
F. Należy włączyć zespolony z satelitą, odpowiednio zorientowany silnik elektryczny i po pewnym czasie go wyłączyć. Z zasady zachowania momentu pędu wynika, że gdy wirnik silnika nie obraca się, satelita również nie wykonuje ruchu obrotowego.

G. Odpowiedź. c) jest prawidłowa. Okres drgań  $T_0$  wyraża się wzorem  $T_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$ , gdzie  $l$  jest długością nici, zaś  $g$  – przyspieszeniem grawitacyjnym. W obecności płyty przewodzącej, rys.3, wypadkowa siła działająca na kulkę będzie zawsze większa od siły grawitacyjnej, gdyż kulka będzie dodatkowo przyciągana przez ładunek przeciwnego znaku wyindukowany na płycie i będzie doznawała przyspieszenia  $a > g$ , co uzasadnia odpowiedź.

H. W obszarze z polem tor cząsteczki jest okręgiem. Cząstka wyjdzie z obszaru z polem pod kątem  $|\alpha'| = |\alpha|$  z zaznaczonym na rys.4. Kąt nie zależy ani od wielkości ani od znaku

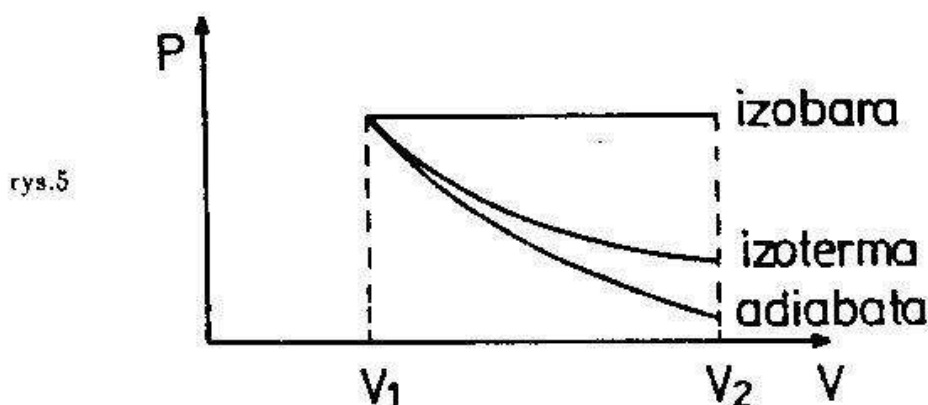


ładunku  $q$  cząstki ( istotne jest, by  $q \neq 0$  ). Od znaku ładunku zależy jedynie kształt toru cząstki.



I. Gdy w obu naczyniach znajduje się czysta woda, to w czasie jej wrzenia w naczyniu B różnica temperatur  $T_B - T_A$  jest bliska zera i przepływ ciepła od B do A jest zbyt wolny by skompensować straty ciepła (np. na parowanie wody w naczyniu A) i spowodować wrzenie wody w naczyniu A. Temperatura wrzenia roztworu soli w wodzie jest wyższa od temperatury wrzenia czystej wody i w czasie wrzenia roztworu różnica temperatur  $T_B - T_A$  jest istotnie większa od zera, co powoduje, że przepływ ciepła od B do A jest wystarczająco szybki, by podtrzymać wrzenie wody w naczyniu A.

J. Praca wykonana przez gaz w każdym z tych procesów jest równa polu powierzchni na diagramie P – V ograniczonej z góry krzywą, charakterystyczną dla danego procesu (rys.5). W równaniu  $pV = \text{const}$   $\alpha = C_p / C_v \gg 1$  odpowiada adiabatcie  $\alpha = 1$  — izotermie,  $\alpha = 0$  — izobarze. Z rys.5 widać, że gaz wykonał najmniejszą pracę podczas adiabatycznego rozprężania, a największą podczas przemiany izobarycznej:  $W_{izobara} > W_{izoterma} > W_{adiabata}$



**Punktacja:** (41OF\_W\_T2)

Zad. 2A (0 - 3 pkt):

- ✓ Wskazanie warunku na  $U_A$  i  $U_B$ : 0 – 1 pkt;
- ✓ Wyznaczenie stosunku  $M(A) / M(B)$ : 0 – 2 pkt;
- ✓ Wyznaczenie mocy  $U_{AB}^2 / R$ : 0 – 3 pkt;

Zad. 2B (0 – 4 pkt)

- ✓ Sporządzenie rysunku: 0 – 1 pkt
- ✓ Wyznaczenie mocy  $U_{AB}^2 / R$ : 0 – 3 pkt;

Zad. 2C (0 – 5 pkt)

- ✓ Wyznaczenie samoindukcji w przypadku a): 0 – 1 pkt;
- ✓ Wyznaczenie zawady  $Z_a$ : 0 – 1 pkt;
- ✓ Wyznaczenie zawady  $Z_b$ : 0 – 2 pkt;
- ✓ Wskazanie warunku na świecenie żarówki: 0 – 1 pkt;

Zad. 2D (0 – 5 pkt)

- ✓ Skorzystanie z zasady zachowania energii: 0 – 2 pkt;
- ✓ Wyznaczenie  $v^2$ : 0 – 2 pkt;
- ✓ Wskazanie rowerzysty, który zjedzie szybciej: 0 – 1 pkt;

Zad. 2E (0 – 4 pkt)

- ✓ Wskazanie poprawnej odpowiedzi: 0 – 1 pkt;
- ✓ Wskazanie zależności siły napinającej linę od jej przekroju: 0 – 3 pkt;

Zad. 2F(0 – 4 pkt)

- ✓ Wskazanie prawidłowego przykładu:0 – 2 pkt;
- ✓ Wykorzystanie zasady zachowania momentu pędu:0 – 2 pkt;

Zad. 2G(0 – 5 pkt)

- ✓ Wskazanie poprawnej odpowiedzi:0 – 1pkt;
- ✓ Wykorzystanie wzoru na  $T_0$ :0 – 1pkt
- ✓ Wskazanie, że  $a > g$ :0 – 3 pkt;

Zad. 2H(0 – 3 pkt)

- ✓ Wyznaczenie kąta wyjścia z obszaru z polem:0 – 2pkt;
- ✓ Wskazanie zależności kształtu toru od znaku ładunku:0 – 1pkt;

Zad. 2I(0 – 4 pkt)

- ✓ Wytłumaczenie dlaczego cała woda nie wrze:0 – 2pkt;
- ✓ Wytłumaczenie dlaczego cały roztwór wrze:0 – 2pkt;

Zad. 2J(0 –3 pkt)

Wskazanie, że praca jest równa polu powierzchni pod krzywą:0 –1pkt;  
Wskazanie największej i najmniejszej pracy:0 – 2pkt;

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

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