

## XXVIII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

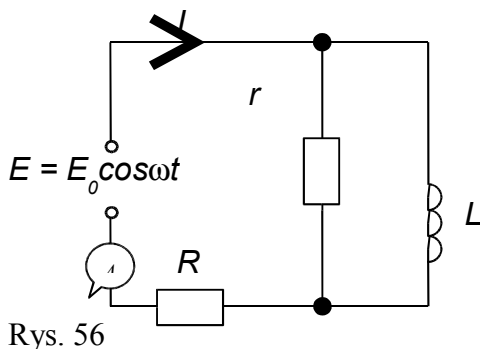
### Zadania teoretyczne

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

#### ZADANIE T2

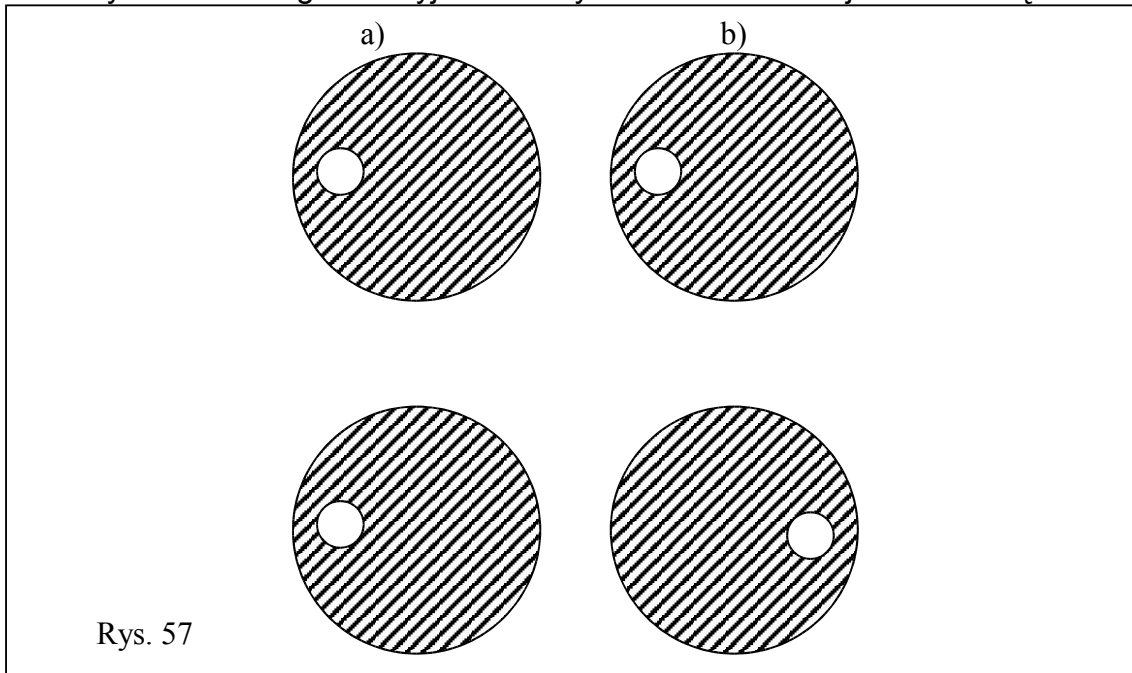
- A.** Ciało rzucone poziomo z wysokości 10 m pada w odległości 20 m. W którym miejscu nastąpiłoby zetknięcie tego ciała z lustrem wody, gdyby z taką samą prędkością początkową rzucono je wzdłuż średnicy do studni o promieniu 1,5 m i głębokości 10 m? Zakładamy, że odbicia ciała są sprężyste i że ciało nie obraca się.
- B.** Fale dźwiękowe
- Zawsze są falami podłużnymi,
  - Mogą być falami poprzecznymi.
- C.** Na dnie hermetycznego, całkowicie wypełnionego nieściśliwą cieczą dużego zbiornika znajduje się mały pęcherzyk gazu. W pewnej chwili pęcherzyk odrywa się i powoli wypływa osiągając w końcu pokrywę zbiornika. Wiedząc, że wysokość zbiornika wynosi  $h$ , gęstość cieczy  $\rho$ , można stwierdzić, że w skutek przemieszczania się pęcherzyka ciśnienie na dno zbiornika
- zmalowało o  $\rho gh$ ,
  - nie uległo zmianie,
  - wzrosło o  $\rho gh$ .
- Przyjmujemy, że temperatura cieczy i gazu jest we wszystkich punktach zbiornika taka sama i nie zmienia się w czasie.
- D.** Do poziomej powierzchni ( leżącej w płaszczyźnie  $x, y$ ) w kierunku równoległym do dodatniego kierunku osi  $x$  ślizga się klocek. Współczynnik tarcia klocka o powierzchnię wynosi  $f$ , masa klocka jest równa  $m$ . Siła niezbędna do nadania poruszającemu się klockowi składowej prędkości w kierunku osi  $y$ :
- jest równa  $fmg$ ,
  - może być dowolnie mała,
  - jest nieco mniejsza niż  $fmg$ .

- E.** Dany jest układ pokazany na rysunku 56. Amperomierz wskazuje prąd o natężeniu skutecznym  $I$ . Jeżeli do środka cewki  $L$  wstawimy rdzeń, którego przenikalność magnetyczna jest większa niż przenikalność magnetyczna powietrza i który nie wykazuje histerezy, to natężenie prądu wskazywanego przez amperomierz
- wzrośnie,
  - nie zmieni się,
  - zmaleje.
- Czy odpowiedź uległaby zmianie gdyby rdzeń wykazywał histerezę?

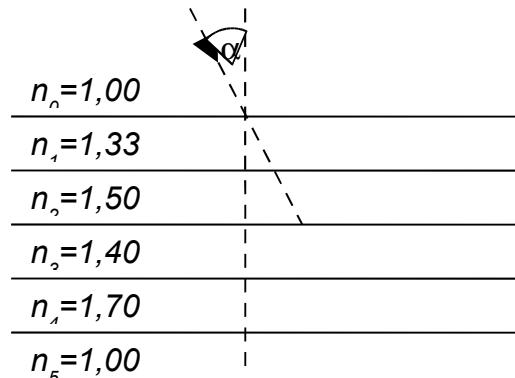


Rys. 56

- F. Dane są dwie jednakowe kule materialne z wydrążonymi niewspółśrodkowo jednakowymi wnękami kulistymi. W którym przypadku – rysunek 57 – oddziaływanie grawitacyjne tych kul jest większe?



- G. Dany jest płaski kondensator powietrzny, na którym zgromadzono ładunek  $Q$  i odłączono od źródła napięcia. Po naładowaniu zbliżamy okładki kondensatora ku sobie zachowując ich równoległe położenie wzajemne. Czy podczas zbliżania okładek przeskoczy między nimi iskra?
- H. W basenie pływa łódź, w której znajduje się kamień. Kamień ten zostaje wyrzucony z łodzi do wody. Czy poziom wody w basenie obniży się, podwyższy się, czy też pozostanie niezmienny? Co by było, gdyby z łodzi zamiast kamieni wyrzucono koło ratunkowe?
- I. Na układ płytek płasko równoległych (rys. 58) pada promień świetlny pod kątem  $\alpha$ . Przy zwiększaniu kąta  $\alpha$  wystąpi zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia. Na której powierzchni zjawisko to wystąpi najwcześniej?
- J. W nieograniczonym ośrodku ciekłym znajdują się dwa pęcherzyki gazu. Pęcherzyki te:
- przyciągają się,
  - nie oddziałują,
  - odpychają się.

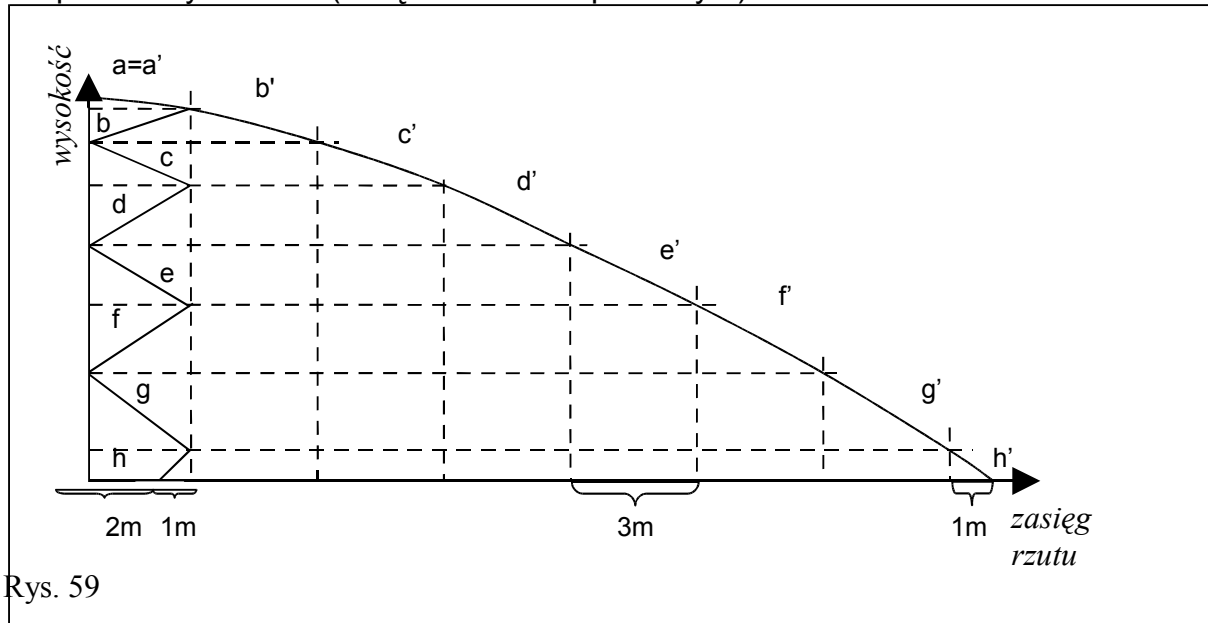


Rys. 58

### ROZWIĄZANIE ZADANIA T2

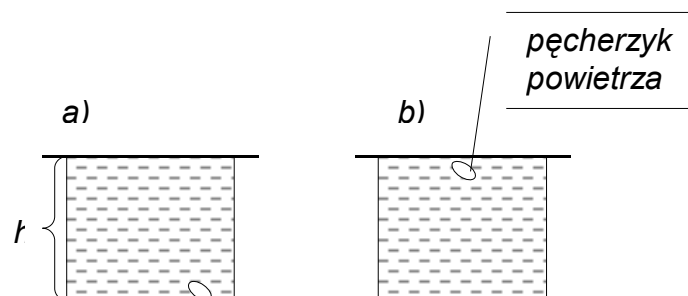
- A. Z założenia ciało nie obraca się i zderzenia są doskonale sprężyste. Oznacza to, że przy każdym zderzeniu zmienia się tylko znak składowe poziomej prędkości. Ruch ciała w studni i gdyby studni nie było pokazano na rysunku 59. Tor rzutu, gdyby studni nie było, byłby parabolą złożoną z odcinków  $a', b', c', d', e', f', g', h'$ . Tor rzutu w studni składa się z odcinków  $a, b, c, d, e, f, g, h$ ,

przy czym  $a=a'$ ,  $b$  jest lustrzanym odbiciem odcinka łuku paraboli  $b'$ ,  $c=c'$ ,  $d$  jest lustrzanym odbiciem  $d'$ ,  $e=e'$ ,  $f$  jest lustrzanym odbiciem  $f'$ ,  $g=g'$ ,  $h$  jest lustrzanym odbiciem  $h'$ . Każdy z odcinków  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $d'$ ,  $e'$ ,  $f'$ ,  $g'$  to 3 m zasięgu w rzucie poziomym. Pozostaje 1 m, który jak widać z rysunku, należy odliczyć od przeciwległej ściany studni. Zatem ciało upadnie w odległości 20 m od punktu wyrzucenia (licząc w kierunku poziomym).



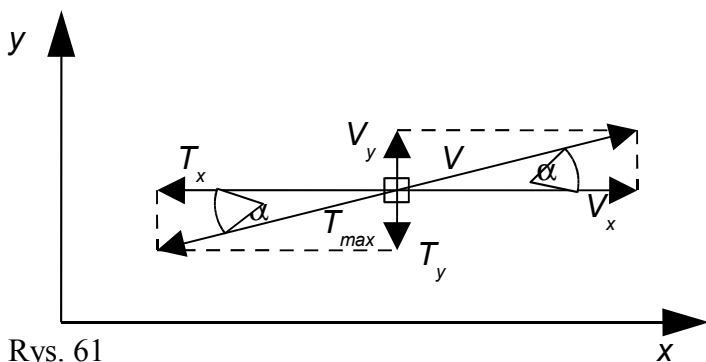
Rys. 59

- B.** Poprawna odpowiedź podaje punkt b. Wprawdzie przywykliśmy mówić, że dźwięk jest falą podłużną, należy jednak zdawać sobie sprawę z ograniczonego charakteru tego stwierdzenia. Mówiąc o dźwięku najczęściej mamy na myśli fale głosowe rozchodzące się w gazach lub cieczach, a więc ośrodkach nie wykazujących sprężystości postaci. W ciałach stałych – jak wiemy- sprężystość postaci, dźwięk może być zarówno falą poprzeczną jak podłużną, zależnie np. od charakteru jego wzbudzenia.
- C.** Poprawna odpowiedź jest zawarta w punkcie c. Załóżmy, że w sytuacji początkowej (rys. 60a) ciśnienie wewnątrz pęcherzyka ma wartość  $p_0$ . Ponieważ ciecz jest nieściśliwa, pęcherzyk nie może zmienić swej objętości przy zmianie pozycji. Zatem w położeniu końcowym (rys. 60b) ciśnienie wewnątrz pęcherzyka wynosi również  $p_0$ . wobec równowagi ciśnień w pęcherzyku i cieczy znajdującej się na poziomie pęcherzyka, ciśnienie na dno naczynia w sytuacji początkowej jest równe  $p_0$ , podczas gdy w sytuacji końcowej wynosi ono  $p_0 + \rho gh$ . Oznacza to, że przejściu pęcherzyka z dołu do góry towarzyszy wzrost ciśnienia na dno naczynia o  $\rho gh$ .



Rys. 60

- D. Prawidłową odpowiedź podaje punkt b. Rozważmy siłę tarcia w przypadku gdy klocek nadano prędkość  $v_y$  w kierunku „poprzecznym” do ustalonej prędkości  $v_x$  – rysunek 61. Siła tarcia działająca na klocek podczas ruchu ma swą maksymalną wartość  $T=fmg$ . Siła ta jest zwrócona przeciwnie do prędkości klocka względem podłoża. Z rysunku mamy



$$\frac{v_x}{v} = \frac{T_y}{T_{\max}}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Stąd

$$T_y = \frac{v_y}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}} fmg.$$

Widać, że dla  $v_y$  dążącego do zera, siła  $T_y$  również dąży do zera. Jeżeli więc do klocka poruszającego się w kierunku  $x$  przyłożyliśmy jakąś siłę  $F_y$  w kierunku  $y$ , to ze względu na to, że początkowo  $T_y = 0$ , klocek uzyska pewną prędkość w kierunku  $y$ .

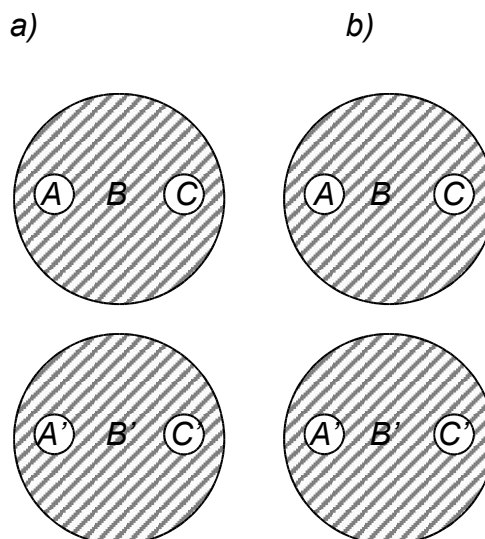
- E. Poprawną odpowiedź podano w punkcie c. Wprowadzenie rdzenia do cewki o indukcyjności  $L$ , niezależnie od tego, czy wykazuje ona histerezę, powoduje wzrost oporu indukcyjnego cewki. Wzrost  $R_L$  powoduje oczywiście malenie prądu całkowitego  $I$ .
- F. Oddziaływanie kul będzie większe w przypadku a. Wyodrębnijmy w kulach obszary zaznaczone przerywanymi kółeczkami – rysunek 62. W przypadku a) całkowita siła oddziaływania grawitacyjnego daje się przedstawić w postaci

$$\vec{F}_a = \vec{F}_{BB'} + \vec{F}_{BC} + \vec{F}_{CB'} + \vec{F}_{CC'}$$

W przypadku b) mamy podobnie

$$\vec{F}_b = \vec{F}_{BB'} + \vec{F}_{BA'} + \vec{F}_{CB'} + \vec{F}_{CA'}$$

Pierwsze składniki w obu wyrażeniach są takie same. Nie musimy więc ich analizować. To samo odnosi się do trzecich składników.



Siły  $\vec{F}_{BC'}$  i  $\vec{F}_{BA'}$  mają nieco różne kierunki, ale tą samą wartość.

Istotna różnica występuje w przypadku ostatnich składników. Odległość obszarów C i C' jest mniejsza niż obszarów C i A'. Zatem  $F_{CC'} > F_{CA'}$  a wobec tego  $F_a > F_b$ .

**G.** Iskra nie przeskoczy. Przeskoczenie iskry wymagałoby zwiększenia natężenia pola między okładkami, a natężenie to przy zbliżaniu okładek kondensatora (odłączonego od źródła napięcia) pozostaje stałe. Pojemność kondensatora

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d},$$

gdzie  $S$  - powierzchnia okładek,  $d$  - odległość między okładkami. Ładunek na kondensatorze

$$Q = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} U,$$

gdzie  $U$  oznacza różnicę potencjałów między okładkami. Stąd natężenia pola elektrycznego  $E$  wewnątrz kondensatora:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = const,$$

co kończy rozważania.

**H.** Poziom wody powinien się obniżyć. Oczywiście całkowita objętość wody wypartej przez pływający układ nie zmieni się, jeżeli kamień z wnętrza łodzi przemieścimy na zewnątrz przymocowując go do dna łodzi. Jeżeli teraz oderwiemy kamień pozwalając mu opaść w dół, to łódka zmniejszy swe zanurzenie, a to oznacza, że poziom wody w basenie obniży się.

Wyrzucenie koła ratunkowego nie powinno zmienić poziomu wody w basenie. Niezależnie bowiem od tego, czy koło ratunkowe jest w łódce czy poza łódką, całkowita objętość wody wypartej przez układ łódka+ koło jest taka sama.

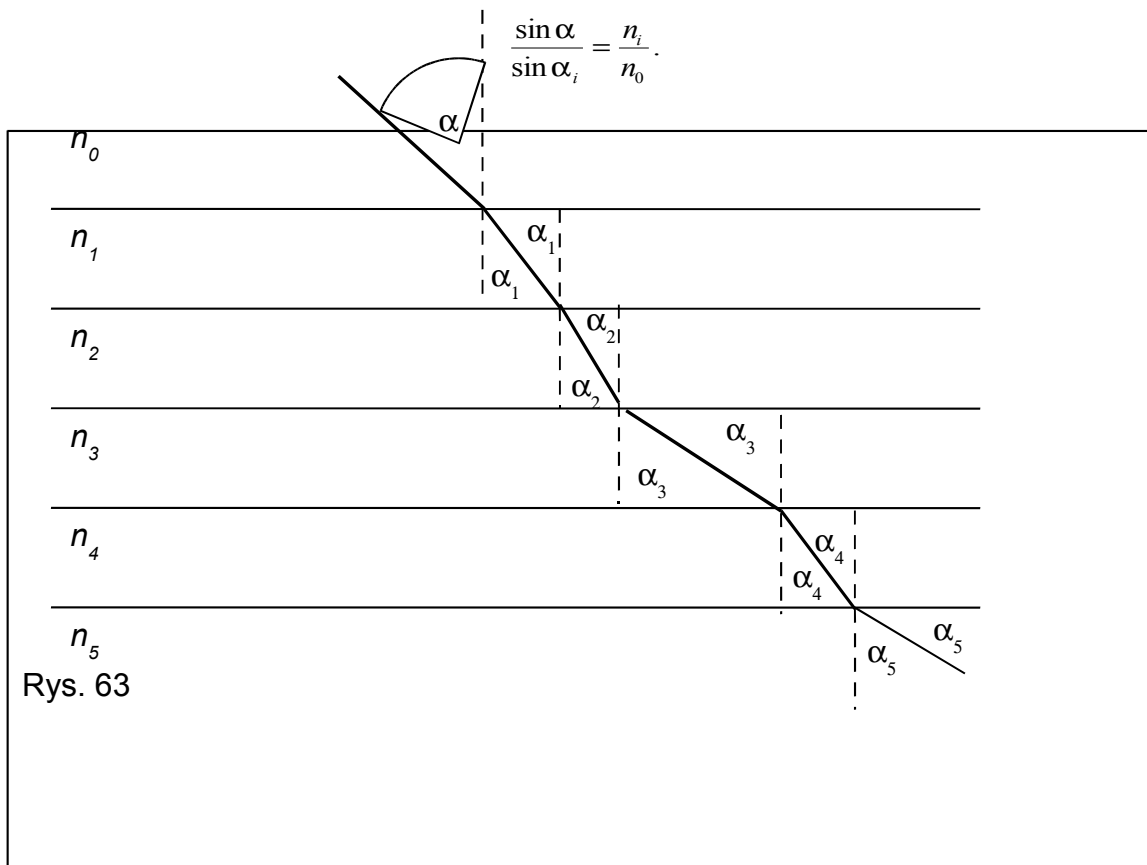
**I.** Całkowite wewnętrzne odbicie nie nastąpi na żadnej z powierzchni. Przyjmując oznaczenia takie jak na rysunku 63 mamy

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_0},$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \text{zatem} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_0},$$

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} = \frac{n_3}{n_2}, \quad \text{zatem} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_3} = \frac{n_3}{n_0}, \quad \text{itd.}$$

Ogólnie

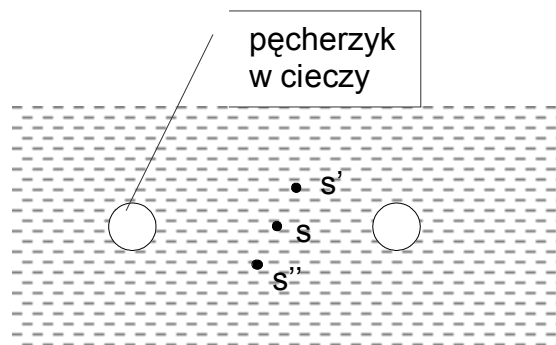


Zgodnie z danymi podanymi na rysunku 58

$$n_i / n_0 \geq 1.$$

Wynika stąd, że na żadnej powierzchni rozgraniczającej nie nastąpi całkowite wewnętrzne odbicie.

**J.** Pęcherzyki powinny się przyciągać. Załóżmy najpierw, że mamy tylko jeden pęcherzyk pokazany na rysunku 64. W którą stronę będzie skierowana siła działająca na mały element cieczy  $S$ ? Jest oczywiste, że od dowolnych symetrycznie względem  $S$  rozmieszczonych elementów  $S'$  i  $S''$  będą się znosić. W efekcie jedyną niezrównoważoną siłą grawitacyjną działającą na  $S$  będzie siła pochodząca od obszaru cieczy zaznaczonego przerywanym kółkiem. Siła ta będzie skierowana od pęcherzyka ku przerywanemu kółeczku. Weźmy teraz pod uwagę dwa pęcherzyki. Ciecz w pobliżu każdego z pęcherzyków będzie od drugiego pęcherzyka doznawać odpychania tym większego, im rozważany element cieczy jest bliżej drugiego z pęcherzyków. Oznacza to, że ciecz z powierzchni pęcherzyków bliższych sobie będzie przechodzić do powierzchni pęcherzyków bardziej od siebie oddalonych. Pęcherzyki powinny więc zbliżać się ku sobie tak, jakby się przyciągały. (rys. 65).



Rys. 64



Rys. 65

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF” 78/79 r.  
Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szcz.pl](http://www.of.szcz.pl)