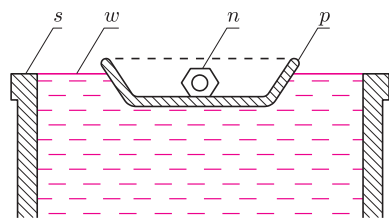


Od prawa Archimedesesa do łodzi podwodnej

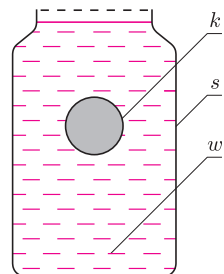
Stanisław BEDNAREK

Grecki uczyony Archimedes zajmował się głównie matematyką i fizyką. Żył w Syrakuzach na Sycylii w latach 278–212 przed naszą erą. Na początek powtórzmy spostrzeżenie, które poczynił Archimedes podczas kąpieli. W tym celu zanurzymy całkowicie dłoń w naczyniu z chłodną wodą, np. w garnku. Co odczuwamy, oprócz tego, że dłoń jest mokra? Bez trudu stwierdzamy działanie nacisku wody na dłoń. Czujemy, że nacisk ten jest wywierany na naszą dłoń ze wszystkich stron i stara się jakby wypchnąć ją z wody. Jeżeli dłoń zanurzymy głębiej, to nacisk wzrasta. Siła starająca się wypchnąć naszą dłoń to siła wyporu. Jest ona skierowana pionowo ku górze, a jej wartość równa się ciężarowi wody, a ogólniej cieczy, wypartej przez naszą dłoń. To właśnie jest treścią prawa Archimedesesa.

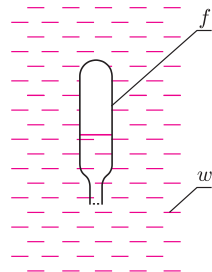
Do przeprowadzenia następnego doświadczenia potrzebne będą: plastelina, drewniany klocek o rozmiarach 2–3 cm, woda, słoik o pojemności 0,5 l i metalowa kulka lub nakrętka. Słoik napelniamy wodą i wkładamy do niego drewniany klocek. Co zauważamy? Wyjmujemy klocek, dolewamy wody do pełna i wkładamy do niej plastelinę. Co dzieje się z plasteliną? Powtarzamy to doświadczenie z metalową kulką lub nakrętką. Jakie są jego wyniki? Okazuje się, że drewno pływa w wodzie, a plastelina i metal w niej toną. Każde z tych ciał po włożeniu do napelnionego słoika wypierało z niego pewną ilość wody, która się wylewała. Oznacza to, że na każde z tych ciał po zanurzeniu w wodzie działa siła wyporu. W przypadku plasteliny i metalu siła wyporu jest jednak za mała, żeby pokonać ich ciężar i umożliwić pływanie.



Rys. 1. Łódeczka z plasteliny pływa po powierzchni wody; *p* – plastelina, *n* – nakrętka, *w* – woda, *s* – słoik.



Rys. 2. Doświadczenie Plateau, czyli kula oleju pływająca całkowicie zanurzona w mieszaninie wody i alkoholu; *k* – olej, *s* – słoik, *w* – mieszanina wody z alkoholem.



Rys. 3. Nurek Kartezjusza wykonany z fiolki od aromatu do ciast; *f* – fiolka, *w* – woda.

Wróćmy do doświadczenia z plasteliną. Uformujmy z niej łódyczkę o cienkich ściankach i połóżmy na wodzie wypełniającej słoik (rys. 1). Jak zachowuje się łódyczka? Co się z nią stanie, kiedy włożymy do niej kulkę lub nakrętkę albo kawałek plasteliny? Tym razem łódyczka z plasteliny, nawet po dodatkowym obciążeniu kulką lub nakrętką, pływa w wodzie. Przeprowadzone doświadczenia pozwalają nam wyciągnąć następujące wnioski dotyczące warunków pływania ciał. Jeżeli średnia gęstość ciała, czyli masa przypadająca na jednostkę objętości, jest mniejsza lub równa gęstości cieczy, to ciało pływa w cieczy. Jeżeli natomiast średnia gęstość ciała jest większa od gęstości cieczy, to wówczas ciało tonie w cieczy.

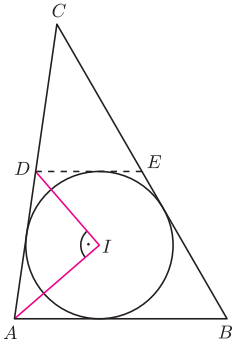
Ciałem pływającym niekoniecznie musi być ciało stałe – może być nim inna ciecz lub gaz. Przekonają nas o tym następane doświadczenia. Do przeprowadzenia pierwszego z nich potrzebne będą: słoik o pojemności 0,5 l, woda, olej jadalny, denaturat i łyżeczka. Do słoika nalewamy wody, wypełniając około 2/3 jego objętości. Następnie wlewamy do słoika kilka łyżeczek oleju jadalnego. Obserwujemy, gdzie zbiera się olej. Teraz do słoika dolewamy powoli denaturatu i obserwujemy jego wpływ na zachowanie się oleju. Jaki kształt przyjmuje olej i gdzie zbiera się on w miarę zwiększania się zawartości denaturatu? Początkowo olej pozostawał na powierzchni wody. Zachowywał się tak dlatego, że gęstość oleju jest mniejsza od gęstości wody i olej nie miesza się z wodą. Można powiedzieć, że olej pływał na powierzchni wody. Z kolei denaturat, zawierający głównie alkohol etylowy, ma również gęstość mniejszą od gęstości wody, ale łatwo się z nią miesza. Przy pewnej zawartości denaturatu daje on z wodą mieszaninę o gęstości równej gęstości oleju. Wówczas olej tworzy piękne, kuliste krople o średnicy 2–3 cm, pływające całkowicie zanurzone w mieszaninie wody z denaturatem (rys. 2). Nazywa się to doświadczeniem Plateau.

W celu przeprowadzenia drugiego z doświadczeń potrzebna będzie plastikowa, przezroczysta butelka od napojów o pojemności 1,5 l z zakrętką, woda, fiolka od aromatu do ciast oraz strzykawka bez igły lub pipetka. Butelkę napełniamy wodą. Fiolkę także napełniamy wodą, ale tylko do połowy (rys. 3).



Rozwiązanie zadania M 1226.

Przez punkt D poprowadźmy styczną do okręgu wpisanego w trójkąt ABC , różną od prostej AC , która przecina bok BC w punkcie E .



Wówczas

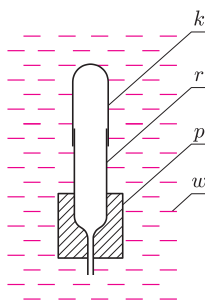
$\sphericalangle BAD + \sphericalangle ADE =$
 $= 2 \cdot (\sphericalangle IAD + \sphericalangle IDA) = 2 \cdot 90^\circ = 180^\circ$,
skąd wynika, że proste AB i DE są
równoległe. Zatem punkt E jest środkiem
boku BC oraz $DE = \frac{1}{2}AB$.
Ponieważ w trapez $ABED$ można wpisać
okrąg, więc $AB + DE = AD + BE$.
Wobec tego $\frac{3}{2}AB = \frac{1}{2}AC + \frac{1}{2}BC$, skąd
bezpośrednio uzyskujemy tezę.

Używamy w tym celu strzykawki lub pipetki. Następnie wkładamy fiolkę, otworkiem do dołu, do butelki, którą zakręcamy. Fiolka powinna pływać prawie całkowicie zanurzona. Jeżeli utonie, to znaczy, że nalaliśmy za dużo wody. W ten sposób fiolka stała się nurkiem Kartezjusza. Ściskamy butelkę palcami u góry i obserwujemy zachowanie się nurka. Zwracamy przy tym uwagę, jak zmienia się poziom wody w nurku. Przystajemy ściskać butelkę u góry, a w zamian ściskamy ją u dołu. Stwierdzamy, że niezależnie od miejsca ściskania poziom wody w fiolce podnosi się i nurek tonie. Gdy przestajemy ściskać, powietrze wewnątrz nurka rozpręża się wypierając wodę i nurek ponownie wypływa.

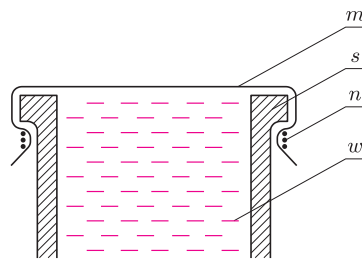
Woda wchodzi do nurka niezależnie od miejsca ściskania butelki, ponieważ ciecz podlega prawu Pascala. Prawo to orzeka, że ciśnienie wywierane na ciecz rozchodzi się jednakowo we wszystkich kierunkach i jest prostopadłe do powierzchni cieczy. Dlatego możemy przez nacisk na dolną część butelki wpuścić wodę do nurka pływającego u góry i spowodować jego zatopienie. Powietrze, podobnie jak inne gazy, jest rozprężliwe i gdy ustanie nacisk na butelkę zwiększa swoją objętość wypychając wodę z nurka.

Na podobnej zasadzie jak nurek Kartezjusza zanurzają się i wynurzają łodzie podwodne. Mają one specjalne zbiorniki, nazywane zbiornikami balastowymi. Gdy załoga chce zanurzyć łódź, wówczas do zbiorników tych wpuszczana jest woda. Średnia gęstość łodzi wzrasta powyżej gęstości wody i łódź tonie zanurzając się głębiej. Chcąc wynurzyć łódź, załoga wciąga do zbiorników balastowych powietrze, które wypycha wodę. Średnia gęstość łodzi staje się mniejsza od gęstości wody i łódź wypływa na powierzchnię.

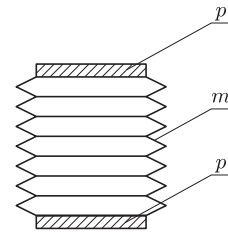
Zbliżając się ku końcowi, warto zwrócić uwagę na to, że nurka Kartezjusza można wykonać różnymi sposobami. Jednym z nich jest wykorzystanie zakraplacza do oczu obciążonego w dolnej części plasteliną (rys. 4). Inny, bardzo prosty sposób to użycie zapalki. Po silnym ściśnięciu butelki woda jest wciskana do porów znajdujących się w drewnie, jego średnia gęstość wzrasta i zapalka tonie. Gdy zwolnimy nacisk, zawarte w porach powietrze rozpręża się i usuwa wodę, przez to średnia gęstość zapalki maleje i wypływa ona ku górze. Zamiast w plastikowej butelce, nurka Kartezjusza można wykonać w słoiku. W tym celu słoik od góry należy zakryć gumową błoną przyciętą ze starego balonika lub z gumowej rękawiczki i obwiązać nitką (rys. 5). Zamiast ściskać butelkę będziemy wywierać nacisk na gumową membranę. Jeżeli mamy plastikowy worek stosowany do ochrony tabletek przed pękaniem, to możemy wykorzystać go do wykonania nurka Kartezjusza (rys. 6). Wystarczy przykleić dwa krążki z wodoodpornego materiału i zamknąć nimi otwory po obu stronach worka.



Rys. 4. Nurek Kartezjusza wykonany z zakraplacza do oczu; r - rurka, k - kapturek gumowy, p - plastelina, w - woda.



Rys. 5. Przystosowanie słoika do doświadczeń z nurkiem Kartezjusza; m - gumowa membrana, s - słoik, n - nitka, w - woda.



Rys. 6. Plastikowy worek jako nurek Kartezjusza; p - płytka wodoodporna, m - worek.

Na koniec problem do samodzielnego rozwiązania. Dwa jajka kurze włożono do wody. Okazało się, że jedno z nich pływa, a drugie zatонуło. Czy można na podstawie tego faktu stwierdzić, które jajko jest nieświeże? Jak to uzasadnić?