

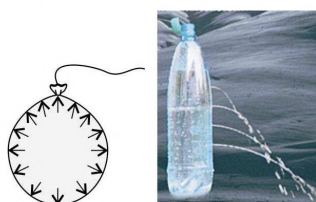
Igraszki z Archimedesem

Ciśnienie cieczy, ciśnienie hydrostatyczne

Ciecze wypełniają naczynia, w których się znajdują, przybierają ich kształt i tworzą powierzchnię swobodną. Wywierają ciśnienie na ścianki naczynia. Aby się o tym przekonać wystarczy nalać wody do balonika lub gumowej rękawiczki.



Balonik i rękawiczka nadymają się, to znaczy, że rozpięta je od wewnątrz ciśnienie. Woda w sztywnym naczyniu też wywiera ciśnienie na ścianki naczynia, tylko tego nie widać gołym okiem. Jeśli jednak zrobimy np. otworek w plastikowej butelce, to tryśnie z niej fontanna wody. Możemy zrobić w plastikowej butelce

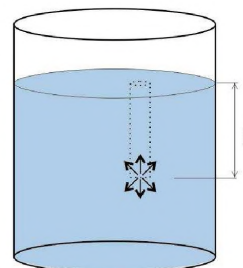


cały szereg otworków jeden nad drugim. Przekonamy się, że największe ciśnienie jest na dole butelki, tam, gdzie słup wody jest najwyższy. Ciśnienie w cieczy wywierane jest w całej objętości, we wnętrzu też. Działa ono we **wszystkie strony jednakowo**, a pochodząca od niego siła nazywana **parciem**. Siła ta jest prostopadła do powierzchni, na którą działa.

Na przedmiot zanurzony w cieczy jest wywierane ciśnienie na całą jego powierzchnię (w przypadku np. sześcianika - na wszystkie sześć ścian). To ciśnienie chciałoby zgnieść sześcianik. Aby tak się nie stało, przedmiot musi być wystarczająco sztywny. Ciśnienie w cieczy bierze się ze ściskania, czy naciskania cieczy. Balonik wypełniony wodą można próbować zmniejszać (to się nie udaje, bo woda jest nieściśliwa). Można zwiększać ciśnienie płynu w zamkniętej strzykawce przez zwiększanie siły nacisku tłoka. W każdej cieczy na Ziemi występuje ciśnienie hydrostatyczne (słowo „hydro” pochodzi od słowa woda, „statyczne” dlatego, że mówimy o nieruchomej cieczy) spowodowane naciskiem wyższych warstw cieczy, ciężarem słupa cieczy. Na danej głębokości cieczy ciśnienie jest wszędzie takie samo i zależy od wysokości słupa cieczy i jej gęstości. Wyraża się wzorem:

$$p = \rho \cdot h \cdot g,$$

gdzie ρ to gęstość cieczy, h wysokość słupa cieczy, a g to wartość przyspieszenia ziemskiego.

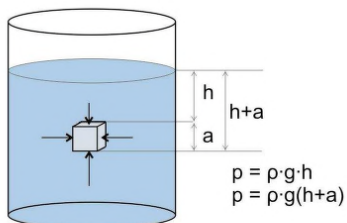


Skąd się bierze siła Archimedesesa?

Siła grawitacji, czyli przyciąganie ziemskie, jest przyczyną powstawania siły wyporu. Wyobraź sobie ciecz (np. wodę) w naczyniu. Następnie wyobraź sobie w tej wodzie sześcianik, np. wielkości kostki do gry i zamknij go w myślach cienką błonką z prze-

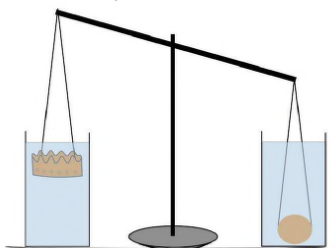
żroczystej folii plastikowej (wnętrze sześcianika wypełnione jest wodą). Na ścianki tej błonki naciska woda i z zewnątrz i z wewnątrz. Nasz sześcianik tkwi sobie spokojnie w wodzie i nie porusza się. Możemy więc wywnioskować, że siły działające na niego równoważą się. A przecież od góry na sześcianik jest wywierane mniejsze ciśnienie hydrostatyczne niż na dolną ściankę. Tak jest, ponieważ górna ścianka sześcianika ma mniejszy słup wody nad sobą niż dolna ścianka. Powstaje więc wypadkowa siła ku górze – siła wyporu. Mimo to nasz sześcianik nie drga nawet. Dlaczego? Ponieważ na sześcianik działa również siła ciężkości, w tym wypadku o dokładnie takiej samej wartości, jak siła wyporu, lecz zwróconej w dół, zatem po prostu NIC się nie dzieje.

Co innego gdyby sześcianik był napełniony czymś lżejszym od wody (o mniejszej gęstości, np. powietrzem, olejem) lub też czymś cięższym (o większej gęstości, np. był wykonany ze stali). W pierwszych dwóch przypadkach siła wyporu przeważałaby siłę ciężkości, więc sześcianiki te wypłynęłyby w górę ku tafli wody. W wypadku sześcianika stalowego, siła wyporu byłaby mniejsza niż siła grawitacji i sześcianik zatonałby.

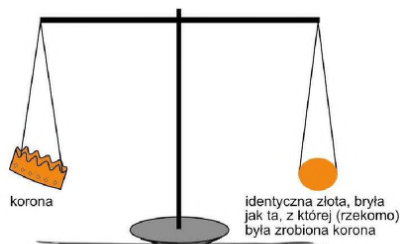


Król Syrakuz i złota korona

Jak głosi legenda, Archimedes pokazał królowi Syrakuz jak sprawdzić, czy korona wykonana przez złotnika jest z czystego kruszcu. Wyjaśnia to rysunek.



W wodzie korona „traci na ciężarze”, co oznacza, że siła wyporu jest większa, bo gęstość materiału, z którego jest zrobiona, jest mniejsza niż gęstość czystego złota. Do złota domieszano metal o mniejszej gęstości.



Ulubione doświadczenie Marii Skłodowskiej-Curie, które opisała w książce *Lekcje Marii Skłodowskiej-Curie. Notatki Isabelle Chavannes z 1907 roku, WSiP, Warszawa 2004 (Foton 85, Lato 2004)*.

- Wiemy, że w czystej wodzie jajka opadają na dno. Jajka włożyliśmy do słonej wody. Jak widzimy, pływają, ponieważ ich gęstość jest mniejsza niż słonej wody. Dolejcie teraz wszyscy wody czystej do słonej, aż jej gęstość stanie się taka sama jak gęstość jajek. Rozpoznacie to po tym, że jajka będą wtedy pływały zawieszona w wodzie. [...]

- A teraz zrobimy bardzo piękne doświadczenie. Bierzemy dwie szklanki. W jednej jest woda i oliwa: oliwa pływa po wierzchu, ponieważ jej gęstość jest mniejsza od gęstości wody. W drugiej jest oliwa i alkohol; tu oliwa jest na dnie, ponieważ ma większą gęstość niż alkohol. Skoro oliwa wy pływa na powierzchnię wody, a w alkoholu opada na dno szklanki, można zrobić taką mieszaninę wody i alkoholu, żeby oliwa ani nie tonęła, ani nie pływała po powierzchni. Zobaczycie, że oliwa przybierze wtedy kształt kulki i jak to ładnie wygląda.

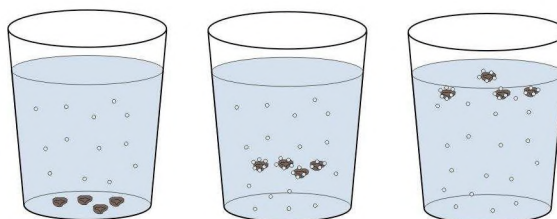
Musimy próbować na chybił trafił. Gdy oliwa wy pływa, to oznacza, że dodaliśmy do naszej mieszaniny za dużo wody; jeżeli opada na dno naczynia, to dlatego, że dolaliśmy zbyt dużo alkoholu.

Można w końcu uformować piękną, złocistożółtą kulę zawieszoną w cieczy.

Rodzynki i Sprite

Do tego eksperymentu potrzebujesz ok. 200 ml przezroczystego napoju gazowanego (np. *Sprite'a*), przezroczystej szklanki i kilku rodzynek. Napój wlej do szklanki i natychmiast wsyp do niego rodzynki. Co się stanie z rodzynkami?

Na samym początku rodzynki opadają na dno, ponieważ ich gęstość jest większa niż gęstość napoju (inaczej mówiąc: siła ciężkości przewyższa siłę wyporu działającą na rodzynek). Rodzynki leżące na dnie stopniowo otaczane są przez bąbelki



dwutlenku węgla (substancji o gęstości znacznie niższej niż gęstość *Sprite'a*). Po krótkiej chwili „bąbelkowe rodzynki” stają się tworamii, których średnia gęstość maleje poniżej gęstości napoju. Wówczas odrywają się one od dna i wędrują ku górze, (bo tym razem siła wyporu przewyższa siłę ciężkości działającą na rodzynek). Po dotarciu do powierzchni napoju rodzynki tracą bąbelki dwutlenku węgla, które wydostają się do powietrza. Gęstość pozbawionych bąbelków rodzynek ponownie przekracza gęstość napoju, dlatego rodzynki z powrotem opadają na dno szklanki.

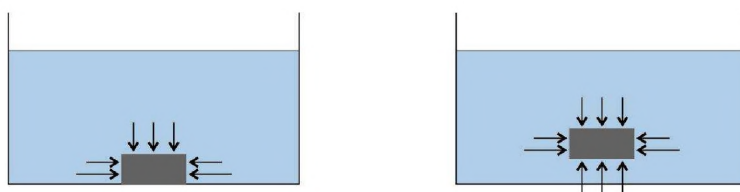
Proces powtarza się cyklicznie tak długo, aż rodzynki nie nasiąkną napojem lub napój nie „wygazuje się”.

Jak oszukać Archimedesesa

Czy to możliwe, by kostka stearyny (kawałek świeczki) nie unosiła się na powierzchni wody, lecz pozostawała w niej całkowicie zanurzona, mimo że gęstość stearyny jest mniejsza niż gęstości wody?

Możliwe. Na przykład można by wtopić w stearynę jakiś ciężki przedmiot. To byłby jednak trick kuglarski.

Inny pomysł polega na tym, by wyeliminować siłę parcia od spodu kostki. Jeśli kostka jest równiutko przycięta i doskonale gładka to położona na równie gładkim dnie naczynia i zalana ostrożnie wodą pozostanie na dnie dociskana do dna siłą parcia wody od góry. Ważne jest, by między kostką a dno naczynia nie dostała się ani kropeczka wody, czy bąbelek powietrza. Z tego powodu taka sztuczka nie udaje się ani z korkiem ani klockiem drewnianym. Oczywiście taki stan kostki stearyny jest bardzo niestabilny i byłe drgnienie powoduje rozszczelnienie, woda dostaje się pod klocek i pojawia się parcie od dołu klocka ku górze, które wypycha klocek ku powierzchni wody.



Kiedy Archimedes jest bezrobotny?

Oczywiście w stanie nieważkości. Ponieważ siła wyporu powstaje dzięki różnicy ciśnień hydrostatycznych na różnych wysokościach cieczy, w której zanurzony jest jakiś obiekt. Gdy nie działa siła ciężkości, to nie ma ciśnienia hydrostatycznego i nie powstaje siła wyporu. W swobodnie lecącym statku kosmicznym Archimedes nie sprawdziłby próby złota korony królewskiej.

Nie trzeba podróżować statkiem kosmicznym, aby to sprawdzić. Wystarczy obserwacja swobodnie spadającego przedmiotu.

W swobodnie spadającej przezroczystej butelce plastikowej napełnionej prawie do pełna wodą bystry obserwator może zauważyć utworzenie się kulistego bąbla powietrza wewnątrz wody.

