

# 8

## mała delta

### Jak Hooke objaśnił prawo Archimedesesa

Jeśli mamy w dużym naczyniu wodę i położymy na niej kawałek drewna, to drewno zanurzy się trochę i tak będzie sobie pływać. To, ile się zanurzy, opisuje prawo Archimedesesa. Mówi ono, że zanurzanie trwa dopóty, dopóki wyrażenie

$$V \cdot \rho_c - x \cdot V \cdot \rho_p$$

jest dodatnie –  $V$  oznacza objętość ciała,  $\rho_c$  jego ciężar właściwy,  $\rho_p$  ciężar właściwy płynu, w którym ciało zanurzamy, a  $x$  mówi, jaka część ciała już się zanurzyła. Odjemna to ciężar ciała, a odjemnik to ciężar wypartego przez to ciało płynu. Łatwo zauważyć, że  $V$  nie ma tu nic do rzeczy – zanurzanie trwa, dopóki

$$\rho_c - x \cdot \rho_p > 0.$$

Jeśli spojrzeć na ten wzór bezmyślnie, to wyniknie z niego, że każde ciało w pewnym momencie przestanie się zanurzać. Można nawet obliczyć, w jakiej sytuacji tak się stanie:

$$x = \frac{\rho_c}{\rho_p}.$$

Sprawdźmy, jaka część klocka drewnianego (powiedzmy sosnowego) musi znaleźć się pod wodą, by zanurzanie się zakończyło.

$$x = \frac{0,55}{1} = 0,55.$$

Zatem klocek przestanie się zanurzać, gdy nieco więcej niż jego połowa znajdzie się pod powierzchnią wody. Obliczmy to samo dla żelaznego klucza ostrożnie położonego na powierzchni wody. Otrzymujemy

$$x = 7,8.$$

I teraz widać, że wynik jest bez sensu – przecież  $x$  to część zanurzona, a nie można zanurzyć niczego bardziej niż w całości, czyli

$$\text{zawsze } x \leq 1.$$

Gdy jest inaczej, zanurzanie nie może się zakończyć. Dlatego żelazny klucz będzie się zanurzał, aż się zatrzyma na dnie naczynia.

No dobrze, to każdy wie i bez naszych obliczeń. O tym też była poprzednia *Mała Delta*. Zadajmy jednak dwa pytania.

Pierwsze bardzo głupie: jak jest możliwe wobec tego, by po morzach pływały żelazne statki? Odpowiedź jest oczywista – ciężar właściwy to stosunek ciężaru do objętości; ciężar właściwy statku jest nawet mniejszy niż drewna. Przecież, aby go obliczyć, należy podzielić ciężar statku przez całą jego objętość, a nie tylko przez objętość żelaza, z którego jest zbudowany.



Pytanie drugie wiąże się z eksperymentem. Do takiego samego naczynia jak poprzednio nie nalewamy wody, lecz nasypujemy drobnego suchego piasku. Na jego powierzchni kładziemy żelazny klucz. Zgodnie z naszymi obliczeniami powinien on natychmiast utonąć w piasku, gdyż końcowi zanurzenia odpowiada

$$x = \frac{7,8}{1,6} \approx 4,9 > 1.$$

Klucz jednak nie tonie. Każdy z oburzeniem powie: *przecież piasek nie jest płynem*. Prawda, ale na czym polega różnica? Co takiego różni sypki, drobny piasek od płynu? Przecież łatwiej jest np. „nalać” go do szklanki, niż, powiedzmy, miód.

Pytanie to zadał sobie (i innym) angielski fizyk Robert Hooke. Było to ponad trzysta lat temu. Hooke nie tylko zadał to pytanie, ale też odpowiedział na nie – wskazał mianowicie sposób, by skłonić piasek do zachowywania się jak woda. Wprawmy bowiem naczynie z piaskiem i leżącym na nim kluczem w drgania (można postawić go na masce traktora z włączonym silnikiem albo na pokrywie pracującej pralki, można wreszcie potrząsać delikatnie naczyniem trzymanym w ręku) – klucz utonie. Spróbujmy teraz sprawdzić, czy przedmioty o mniejszym niż piasek ciężarze właściwym będą się wynurzać – wepchnijmy głęboko w piasek kawałek drewnianki, wprawmy naczynie w drgania i zobaczymy, że drewnianka wypłynie na powierzchnię.

Hooke wyciągnął stąd wniosek, że woda to właściwie taki piasek, tylko odpowiednio energicznie drgający. Tak, jego zdaniem, zbudowane są wszystkie płyny (ciecze i gazy). Z tego pomyslowego doświadczenia narodziła się koncepcja zwana kinetyczno-molekularną teorią budowy ciał. Każda substancja, w myśl tej teorii, jest w swej budowie podobna do piasku, a jej zachowanie zależy od tego, jak bardzo intensywne są drgania jego ziarenek.

Każda substancja, bo rozciągnięto tę teorię również i na ciała stałe. Sprawdzone, że energia drgań cząsteczek danej substancji zależy od jej temperatury. A ponieważ ciała stałe można stopić, więc wymyślono, że jest to złamanie struktury krystalicznej (lub podobnej do niej), która nie pozwala ciału stałemu zmieniać kształtu. To zresztą dało się potem również sprawdzić. A na pomysł, że tak jest, można było wpaść również z tego powodu, iż ochłodzona woda przecież zmienia się w ciało stałe – lód.

Najciekawsze w tym wszystkim jest to, że poszczególnych „ziarenek” wody nie mógł Hooke zobaczyć żadnym sposobem. My dziś umiemy je obejrzeć też tylko pośrednio. Są one zbyt małe, by dały się oglądać choćby najlepiej uzbrojonym okiem – mają rozmiar 0,000 000 01 cm. Mimo że nigdy ich nie widział, umiał Hooke jednak odtworzyć ich zachowanie metodą zręcznie pomyslanej analogii.

Jeśli ktoś ma do dyspozycji drobny groszek styropianowy i drobny ołowiany śrut, może przeprowadzić następujące pouczające doświadczenia:

- w „styropianowej wodzie” drewno tonie,
  - w „śrutowej wodzie” żelazo pływa,
  - „piaskowa oliwa” wypływa na wierzch „śrutowej wody”
- i wiele innych, które na tych motywach można obmyślić. Można też budować okręty i łodzie podwodne dostosowane do każdej z tych „wód”.

Małą Deltę przygotował Marek KORDOS