



Odpowiedź zależy od tego, jaki to szampon i co chce się ujrzeć. Historia zaczęła się od kupienia szamponu cytrynowego firmy Palmolive za 60 zł. Płyn był żółty, lekko opalizujący i o dużym współczynniku lepkości (patrz dalej). Nie schowaliśmy go do łazienki, został na stole i wszyscy zaczęli się kolejno bezmyślnie nim bawić. W butelce było trochę powietrza. Tyle, że starczało na jeden porządną bąbel o średnicy około półtora centymetra. Przewracając butelkę można obserwować, jak bąbel dziarsko wędruje do góry. Najpierw zafascynowała nas strona wizualna zjawiska i stąd powstanie zdjęć, które reprodukuje na okładce. Zdjęcia robiliśmy w okresie, gdy opanowaliśmy trudną sztukę rozdzielania bąbla na mniejsze pęcherzyki. Obserwując zachowanie się całej rodziny pęcherzyków spostrzegliśmy, że

1. Kształt pęcherzyka zależy od jego rozmiarów. Małe przybierają kształt kulisty, większe są bardziej kropłowate z ostrym ogonem.

2. Prędkość wznoszenia się zależy od rozmiarów. Im większy pęcherzyk, tym prędzej się porusza.

3. Pęcherzyki poruszające się dostatecznie blisko siebie przyciągają się. Mały pęcherzyk, który w pojedynkę porusza się wolniej od dużego, potrafi dogonić duży, jeżeli znajdzie się przypadkiem w dostatecznie małej odległości. Po dogonieniu następuje połączenie pęcherzyków, ale zdarza się również, że pomimo połączenia widać wyraźnie granicę obu bąbli. Spróbujcie przeprowadzić opisane obserwacje. Jeżeli nie macie do dyspozycji odpowiedniego szamponu, możecie sporządzić roztwór wody z denaturatem, w którym będzie pływać kropla oliwy.

Zaobserwujecie podobne zjawiska. Jeżeli uwierzycie naszym obserwacjom lub przeprowadziliście własne, spróbujemy je wyjaśnić. Pęcherzyk jest lżejszy od cieczy, więc wypływa na powierzchnię. Jeżeli ma kształt kuli o promieniu  $r$ , to wypiera  $\frac{4}{3}\pi r^3$  cieczy. Oznaczając gęstość pęcherzyka (w naszym przypadku powietrza) przez  $d_1$  a gęstość cieczy (szamponu) przez  $d_2$ , otrzymamy siłę wyporu  $F_w$

$$F_w = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 \cdot (d_2 - d_1) \cdot g \quad (g \text{ — przyspieszenie ziemskie}).$$

Gdyby była to jedyna siła działająca na pęcherzyk, jego ruch byłby jednostajnie przyspieszony. Tak jednak nie jest, a więc coś przeciwstawia się jego ruchowi. To coś to opór lepkości cieczy. Siła oporu lepkości  $F_s$  zależy od prędkości ruchu  $v$ , od promienia pęcherzyka  $r$  oraz od liczby charakteryzującej ciecz, zwanej współczynnikiem lepkości  $k$ .

$$F_s = 6\pi k r v.$$

Jest to tak zwane prawo Stokesa, stosujące się do ruchów na tyle powolnych, aby nie powstawały w cieczy wiry. Pęcherzyk nabierze takiej prędkości, przy której  $F_w = F_s$ , siła wyporu i siła oporu zrównoważą się. Stąd łatwo obliczyć prędkość ruchu jednostajnego pęcherzyka

$$v = \frac{2r^2}{9k} (d_2 - d_1)g.$$

Prędkość ta zależy od promienia — im większy promień, tym szybciej porusza się pęcherzyk.

Możemy teraz przejść do wyjaśnienia różnicy w kształcie. Im większa prędkość pęcherzyka, tym większy napotyka on opór. Dlatego duże pęcherzyki unoszące się ku górze względnie szybko przybierają kształt kropli zapewniający im najmniejszy opór. Małe pęcherzyki prawie nieruchome odbiegają od kształtu kulistego prawie niezauważalnie. Stąd widzimy zawieszony w cieczy malutki pęcherzyk o kształcie kulistym.

Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia zjawisko przyciągania się pęcherzyków. Moglibyśmy je wyjaśnić, rozważając rozkład ciśnień w cieczy za i obok poruszającego się ciała. Jakościowo możemy powiedzieć, że ciśnienie w pobliżu poruszającego się ciała zależy od rodzaju prądów cieczy i w pewnych obszarach, na przykład za ciałem jest mniejsze niż przed nim. Ta różnica ciśnień powoduje łączenie się przepływających w pobliżu pęcherzyków, a na morzu nawet może doprowadzić do kolizji mijających się statków.

Namawiamy gorąco, pobawcie się szamponem przed umyciem włosów — można w nim zobaczyć ciekawe rzeczy.