



KĄCIK DOŚWIADCZALNY

Karta na wodzie

Dagmara Sokołowska

Instytut Fizyki UJ

Proponujemy doświadczenie z serii „dla dużych i małych”. Młodszych (nawet dzieci ze szkoły podstawowej czy przedszkola) zachwyci iluzjonistyczna strona eksperymentu. Starszym można przedstawić szczegółowe wyjaśnienie zjawiska.

Należy przygotować dużą, płaską miskę z wodą (można także napęlić wodą umywalkę lub wannę), mydło w kostce oraz dowolną zużytą kartę plastikową – wystarczająco dobre będą karty telefoniczne, stare karty bankomatowe, dowolne plastikowe lub laminowane karty reklamowe (prosimy nie wykorzystywać aktualnych jeszcze kart kredytowych lub bakomatowych!).

W pierwszej części ćwiczenia kładziemy ostrożnie kartę na powierzchni wody w taki sposób, żeby nie zatonała. Jeżeli powierzchnia wody jest spokojna (nie tworzymy fal, wirów itp.), to karta pozostaje w spoczynku.

Następnie namydlamy jedną krawędź karty mydłem w kostce. Ważne jest, żeby na krawędzi karty znalazło się dużo mydła w stanie stałym. Jeżeli teraz ponownie ostrożnie ułożymy kartę na powierzchni wody, to mimo braku fal – karta zaczyna płynąć. Kierunek i zwrot przepływu są ściśle określone – od krawędzi namydlonej do przeciwległej nienamydlonej krawędzi karty.

W doświadczeniu tym wykorzystano specyficzną łódkę, o dużym polu powierzchni w stosunku do grubości. Karta zbudowana jest z materiału, który ma większą gęstość, niż woda. Gdybyśmy ją zanurzyli w wodzie, z pewnością by utonała, bo siła wyporu byłaby mniejsza, niż siła grawitacji działająca na tę kartę. Dlaczego zatem delikatnie położona *na wodzie* (tak, aby jej nie zanurzyć gwałtownym ruchem ręki) nie tonie, ale unosi się na powierzchni? Przyczyna tkwi w występowaniu dodatkowej siły na powierzchni swobodnej cieczy – siły napięcia powierzchniowego.

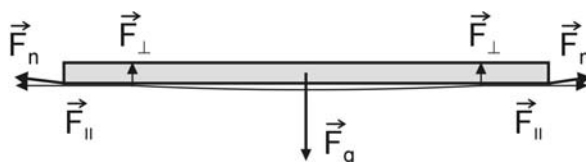
Na cząsteczki cieczy działają siły spójności, (czyli siły oddziaływania elektromagnetycznego) pochodzące od innych cząsteczek cieczy. W głębi cieczy siły te równoważą się, a zatem wypadkowa sił spójności jest równa zeru, natomiast tuż przy powierzchni cieczy wypadkowa sił spójności działających na cząsteczkę jest różna od zera i skierowana do wnętrza cieczy, prostopadle do jej powierzchni. Oznacza to, że istnieją siły, które potencjalnie mogłyby powodować przemieszczanie się cząsteczek wody z warstwy przypowierzchniowej

w głąb cieczy, gdyby nie fakt, że w głębi cieczy nie ma już na nie miejsca (ciecz jest nieściśliwa).

Siły napięcia powierzchniowego działające w warstwie powierzchniowej, dążą do zmniejszenia pola jej powierzchni, (czyli przyjęcia najbardziej optymalnego kształtu – kulistego dla kropli oraz płaskiego dla cieczy w naczyniu).

Płaska łódeczka położona na powierzchni cieczy nieco ją ugina, powodując zwiększenie pola powierzchni cieczy. Siły napięcia powierzchniowego, działając równoległe do zakrzywionej powierzchni powodują powstanie dodatkowej siły skierowanej pionowo w górę, której wartość jest wystarczająca dla zrównoważenia siły grawitacji działającej na płaską łódeczkę. Jednocześnie zrównoważą się poziome składowe siły napięcia powierzchniowego działające na powierzchnię łódeczki. Łódeczka swobodnie unosi się na wodzie.

Czynnikami zmniejszającymi napięcie powierzchniowe cieczy są na przykład detergenty (mydło, proszek do prania), zawierające substancje powierzchniowo czynne. Dodane do wody powodują zmniejszenie wartości sił napięcia powierzchniowego. Ta sama płaska łódeczka, której dno zostało z jednej strony namydlone doznaje wpływu działania różnych sił napięcia powierzchniowego: od strony namydlonej powstaje roztwór wody i mydła, a zatem siła napięcia powierzchniowego jest tam mniejsza, niż od strony nienamydlonej (patrz rysunek). Wypadkowa siła nada łódeczce przyspieszenie o zwrocie od namydlonej „rufy” do nienamydlonego „dziobu”. W trakcie tego ruchu działają na kartę także siły lepkości (oporu hydrodynamicznego cieczy), a poza tym ilość mydła na rufie stale się będzie zmniejszać, dlatego też łódka nie będzie wyraźnie przyspieszać. Łódka zatrzyma się po rozpuszczeniu się całego mydła z „rufy”.



Siły działające na płaską łódkę na powierzchni wody. \vec{F}_g – siła grawitacji, \vec{F}_n – siła napięcia powierzchniowego, $\vec{F}_\perp, \vec{F}_\parallel$ – składowe siły \vec{F}_n

(Doświadczenie to można znaleźć także w materiałach Wydawnictwa ZamKor – płyta CD „Doświadczenia Wojciecha Dindorfa – cz. 1”).