

- *Pański ojciec otrzymał kolejną nagrodę w bieżącym roku...*

W bieżącym roku w czasie uroczystości 200-lecia Uniwersytetu Andyjskiego (UNIVERSIDAD de LOS ANDES) w Republice Wenezueli, obecnemu tam panu prof. A. Pełczyńskiemu (jako przedstawicielowi Polski) wręczono swego rodzaju Doktorat Honorowy przyznany pośmiertnie dla Stefana Banacha wraz z pozłacanym medalem. Doktorat ten wydany jest w formie 40 x 30 cm na czerpanym papierze z herbami Uniwersytetu i Republiki Wenezueli w dwuskładzie, włożony w twardą płócienną oprawę z herbem Uniwersytetu. Ozdobny ten dokument wraz z medalem w specjalnym etui pan prof. Pełczyński wręczył mnie. Ja z kolei ofiaruję go Międzynarodowemu Centrum im. S. Banacha w Warszawie.

- *Dziękuję za rozmowę.*

Rozmawiał Piotr HAJŁASZ

Rozmyślenia podczas zmywania naczyń

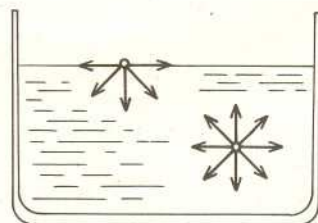


Jan KALINOWSKI

Czy zdarza Wam się zmywać brudne naczynia? Jeśli tak, to może zwróciliście uwagę na ciekawe zjawisko. Gdy do brudnego naczynia (które właśnie mamy umyć) nalejemy wody, a następnie wpuścimy kroplę płynu do mycia naczyń, np. *Ludwika*, to powierzchnia wody nagle „rozstępuje się”. Widać to wyraźnie, gdy na powierzchni wody pływają jakieś drobne okruchy. Można przed wpuszczeniem kropli *Ludwika* posypać powierzchnię wody drobno zmieloną przyprawą, aby lepiej zauważyć to zjawisko. Powierzchnia wody zachowuje się podobnie do napiętej błony gumowej przekłutej szpilką. Z kolei, gdy solimy lub pieprzymy zupę na talerzu, często można zauważyć zjawisko odwrotne: powierzchnia zupy „ściąga się” wokół soli czy pieprzu. Jak możemy wytłumaczyć te zjawiska?

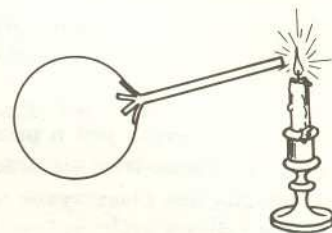
Molekuły w cieczy utrzymywane są przez przyciągające siły międzycząsteczkowe. Zauważmy, że sytuacja molekuł w głębi cieczy i na powierzchni jest inna. Te w głębi są przyciągane przez sąsiadów ze wszystkich stron i siła wypadkowa wynosi zero.

Molekuła na powierzchni nie ma sąsiadów z jednej strony i działa na nią siła wypadkowa skierowana w głąb cieczy. Molekuły „nie chcą” być na powierzchni. To tak, jak grupa uczniów, którzy coś zbroili. Nikt nie chce wtedy stać na brzegu, wszyscy chcą być w środku grupy.

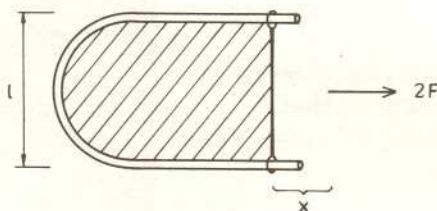


Ciecz dąży więc do zminimalizowania swojej powierzchni. Wyciągnięcie molekuły na powierzchnię, tzn. powiększenie powierzchni cieczy wymaga wykonania pracy. Energia potrzebna do zwiększenia powierzchni cieczy o jedną jednostkę nosi nazwę napięcia powierzchniowego.

Właśnie napięcie powierzchniowe powoduje, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak elastyczna błonka. Łatwo się o tym przekonać dmuchając bańki mydlane. Błonka bańki jest napięta i wywiera ciśnienie na znajdujące się wewnątrz powietrze. Kierując koniec słomki (od której jeszcze nie oderwała się bańka) na płomień świecy możemy się przekonać, że ciśnienie nie jest wcale tak małe; płomień świecy odchylił się w bok.



Idea pomiaru napięcia powierzchniowego jest bardzo prosta, chociaż wykonanie precyzyjnych pomiarów w domu może być trudne. Aby zmierzyć napięcie powierzchniowe, na przykład roztworu mydlanego, wystarczy rozpiąć błonkę mydlaną na drucie wygiętym w kształt litery U z ruchomą poprzeczką.





Jeśli ciągnąc poprzeczkę z siłą $2F$ (są dwie powierzchnie błonki, a więc na każdą działa siła F) przesuniemy ją o odcinek x , to wykonana praca wynosi $\Delta W = 2Fx$, a powierzchnia zmieni się o $\Delta S = 2lx$ (pamiętajmy, że są dwie strony!). Stąd napięcie powierzchniowe wynosi

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{F}{l}.$$

Jest więc liczbowo równe sile na jednostkę długości brzegu potrzebnej, aby rozciągnąć błonkę. Mierzy się je w N/m, co tłumaczy do pewnego stopnia, dlaczego wielkość ta nazywana jest napięciem.

Napięcie powierzchniowe zależy od rodzaju cieczy. W tabelce podajemy wartość σ dla niektórych cieczy.

ciecz	t(°C)	σ (N/m)
aceton	20	0,0237
alkohol metylowy	20	0,0226
benzen	20	0,0288
rtęć	15	0,487
roztwór mydła	20	0,025
woda	0	0,0756
woda	20	0,0728
woda	100	0,0589



Rozwiązanie zadania F 343.

Na samochód będzie działała składowa siła ciężkości $F = mg \sin \alpha$ oraz siła oporu powietrza Cv^2 . Po pewnym czasie siły te zrównoważą się, tzn. $mg \sin \alpha = Cv^2$. Współczynnik C możemy wyznaczyć z danych odnoszących się do pojazdu:

$$P = F_{max} \cdot v_{max} = Cv_{max}^3, \text{ gdzie } F_{max} = Cv_{max}^2 \text{ jest maksymalną siłą oporów powietrza na poziomej nawierzchni. Ostatecznie}$$

$$v = \sqrt{\frac{mg \sin \alpha \cdot v_{max}^3}{P}} \approx 170 \text{ km/h.}$$



Rozwiązanie zadania F 344.

Niech h_n oznacza wysokość, na jaką wzniesie się piłeczka po n -tym odbiciu, a t_n oznacza czas wzbijania się na wysokość h_n . Po każdym odbiciu piłeczka traci tę samą część swojej energii. Stąd $h_1 = \eta h$, $h_2 = \eta h_1$, itd., $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\eta}t$, $t_2 = (\sqrt{\eta})^2 t, \dots$ Całkowity czas ruchu wyniesie

$$T = t + 2t_1 + 2t_2 + \dots = 2t(1 + \sqrt{\eta} + (\sqrt{\eta})^2 + \dots) - t.$$

Sumując szereg otrzymujemy

$$T = t \frac{1 + \sqrt{\eta}}{1 - \sqrt{\eta}} \approx 19 \text{ sekund.}$$



Teraz możemy już wytłumaczyć zaobserwowane zjawiska. Dodanie środka do mycia naczyń powoduje lokalne zmniejszenie napięcia powierzchniowego. Dlatego miejsce to zostaje rozciągnięte przez obszar sąsiedni, gdzie napięcie powierzchniowe pozostaje duże. Dodając trochę soli zwiększamy σ i efekt jest odwrotny. To właśnie chęć zmniejszenia napięcia powierzchniowego wody jest głównym powodem dodawania środka zmywającego lub piorącego. Gdy woda ma bardzo duże napięcie powierzchniowe, tzn. jest bardzo twarda, trzeba dodać więcej proszku do prania, aby ją zmiękczyć. Woda wnika wtedy we wszystkie szpary (bo z tym wiąże się przecież powiększenie powierzchni), powoduje rozbić tłuszczów na drobnutkie kuleczki, które później łatwo wypłukać. Oczywiście, zachodzą też wtedy różne reakcje chemiczne ułatwiające pranie, ale one nas tutaj nie interesują.

Napięcie powierzchniowe jest odpowiedzialne za wiele zjawisk w przyrodzie. W naczyniu znajdującym się w ziemskim polu grawitacyjnym energia cieczy jest minimalna, gdy powierzchnia cieczy jest płaska. Natomiast spadająca swobodnie kropla cieczy przybiera kształt kulisty, gdyż w swoim układzie odniesienia jest nieważka. Działa wtedy jedynie sprężysta błonka powierzchniowa, która nadaje cieczy formę o minimalnej powierzchni, tzn. formę kulistą. Jest to wykorzystywane przy produkcji śrutu. Roztopiony ołów spada kroplami z dużej wysokości do naczynia z wodą, gdzie krzepnie w postaci równych kulek. Krople deszczu spadają swobodnie jedynie na początku spadania. Pod koniec pierwszej sekundy spadania, pod wpływem rosnącego oporu powietrza ruch staje się jednostajny i krople deszczu nie mają kształtu kulistego. W sosie octowo-olejowym do sałatek możemy po wstrząśnięciu zauważyć idealnie kuliste kropelki oliwy zawieszony w occie, gdyż ciężar oliwy jest równoważony przez siłę wyporu. Dobierając odpowiednio gęstość mieszaniny wody i octu lub spirytusu możemy łatwo zawiesić w niej naprawdę dużą kroplę oliwy. Z taką kroplą w stanie nieważkości można robić ciekawe doświadczenia: pobudzać ją do drgań, wprawiać w ruch obrotowy za pomocą patyczka i obserwować, jak na skutek siły odśrodkowej ulega deformacji, aż w końcu rozpadnie się na mniejsze krople.

Niestety, po tych doświadczeniach trzeba znowu zmyć naczynia.