

Autorzy:
Michał Biały
Maciej Janus

Zjawiska towarzyszące zmianom napięcia powierzchniowego

1. Wstęp.

Z fizycznego punktu widzenia napięcie powierzchniowe to praca, jaką należy wykonać, aby zwiększyć powierzchnię swobodną cieczy o jednostkę tej powierzchni. Zjawisko to powstaje w wyniku asymetrycznego działania sił międzycząsteczkowych. W praktyce znaczy to tyle, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak napięta membrana. To właśnie ona pozwala małym owadom poruszać się po powierzchni wody, a małe przedmioty, których gęstość jest większa od gęstości wody, powstrzymuje przed zatonięciem.

Napięcie powierzchniowe niewątpliwie jest bardzo ciekawym zjawiskiem. Jednak według nas, jeszcze ciekawsze są zjawiska wywoływane przez zmiany napięcia powierzchniowego, które mogą być wywoływane przez różne czynniki, takie jak temperatura czy zmiany potencjału elektrycznego. Postanowiliśmy zagłębić się w ten temat, a efektem naszych prac jest kilka doświadczeń, które przygotowaliśmy.

2. Zmiany napięcia powierzchniowego spowodowane dodaniem surfaktantu.

Jak wiadomo, ze zwykłej wody nie da uformować się bańki mydlanej. Przyczyna tkwi w zbyt dużym napięciu powierzchniowym samej wody. Dopiero po dodaniu środka zmniejszającego to napięcie, czyli na przykład detergentu w postaci płynu do mycia naczyń, jest możliwe uformowanie baniek mydlanych.

Warto jest jeszcze odpowiedzieć na pytanie dlaczego bańki mydlane mają sferyczny kształt. Otóż po uformowaniu bańki siły napięcia powierzchniowego dążą do minimalizacji powierzchni swobodnej. Stąd ciecz w stanie nieważkości przyjmuje kształt kuli, a bańka mydlana na ziemi staje się w przybliżeniu sferą.

Zgłębiając zagadnienie związane z napięciem powierzchniowym przygotowaliśmy płyn do robienia baniek mydlanych. Jednak nie były to zwyczajne bańki. W celu zwiększenia ich wytrzymałości do wody oprócz detergentu dodaliśmy dodatkowo gumy guar, dzięki czemu mogły one przyjąć naprawdę gigantyczne rozmiary. (załączony film, doświadczenie 1.1)



Gotowy płyn z dodatkiem gumy guar.



Proces tworzenia bańki mydlanej.

W związku z tym, że woda zawsze dąży do minimalizacji powierzchni, po obtoczeniu szkieletów czworościanu foremnego oraz sześcianu w naszym płynie mogliśmy dokonać ciekawych obserwacji: po rozpięciu błon na wszystkich ścianach sześcianu uformowały one dwa ścięte ostrosłupy. Właśnie taki kształt membran daje najmniejszą możliwą powierzchnię, jaką można rozpiąć na krawędziach sześcianu. Podobną sytuację mogliśmy obserwować w przypadku rozpięcia mydlanych błonek na krawędziach czworościanu foremnego. I w tym przypadku przyjęły one możliwie najmniejszą powierzchnię. Oznacza to tyle, że zbiegły się one w jednym punkcie, będącym środkiem masy bryły. (załączony film, doświadczenie 1.2)



Błony rozpięte na krawędziach sześcianu tworzą dwa ścięte ostrosłupy.



Błony rozpięte na krawędziach czworościanu foremnego zbiegają się w jego środku masy.

Zmiana napięcia powierzchniowego może być także przyczyną ruchu ciała, które unosi się na powierzchni cieczy. Do wąskiej i długiej rynny nalaliśmy wody, a następnie położyliśmy na jej powierzchni łódkę. Dzięki napięciu powierzchniowemu siły działające na łódkę równoważyły się, dlatego pozostawała ona w spoczynku. Po zanurzeniu rufy naszej łódki w surfaktancie, czyli w substancji obniżającej napięcie powierzchniowe cieczy, spowodowaliśmy różnicę napięć powierzchniowych działających przy rufie i przy dziobie naszej łódki. Taka sytuacja była przyczyną powstania siły wypadkowej, która wprawiła łódkę w ruch. (załączony film, doświadczenie 1.3)



Łódka swobodnie unosząca się na powierzchni wody.

3. Zmiany napięcia powierzchniowego spowodowane zmianą temperatury.

Napięcie powierzchniowe silnie zależy od temperatury cieczy. W 1886 roku węgierski naukowiec Loránd Eötvös odkrył, że napięcie powierzchniowe wraz ze wzrostem temperatury maleje w przybliżeniu liniowo, znikając całkowicie w temperaturze krytycznej, czyli w takiej, powyżej której substancja może istnieć tylko w stanie gazowym.

Aby zobrazować zmianę napięcia powierzchniowego, spowodowaną przez zmianę temperatury na metalowej tacy rozlałyśmy olej. Następnie za pomocą grzałki podgrzewaliśmy ją punktowo. W miejscach, w których rosła temperatura tacy, rosła także temperatura oleju, przez co zmniejszało się jego napięcie powierzchniowe. Efektem powstałego gradientu napięć powierzchniowych były możliwe do zaobserwowania zakrzywienia powierzchni swobodnej cieczy. (załączony film, doświadczenie 2)



Olej jadalny rozlany na metalowej tacy.

4. Zmiany napięcia powierzchniowego spowodowane zmianą składu chemicznego.

Efekt Marangoniego polega na przepływie cieczy z miejsc, w których jej napięcie powierzchniowe jest wyższe do miejsc, gdzie zostało ono obniżone. Dlatego właśnie, gdy na powierzchni cieczy pokrytej mielonym pieprzem umieścimy kropelkę detergentu, będziemy mogli obserwować „ucieczkę” pieprzu z tego miejsca. Podobne zjawisko możemy także obserwować po dodaniu do wody butanolu, czy też kamfory. W obydwu przypadkach dodane do wody substancje znacząco obniżają jej napięcie powierzchniowe, skutkiem czego jest bardzo gwałtowny i burzliwy przepływ cieczy do miejsc, w których napięcie powierzchniowe jest wyższe.

My, w celu lepszego ukazania zachowania wody, przed dodaniem do niej butanolu umieściliśmy na jej powierzchni zarodniki widłaka. Dodanie butanolu do wody spowodowało, że pokrywające powierzchnię swobodną cieczy zarodniki skupiły się w miejscach, gdzie napięcie powierzchniowe wody było większe. (załączony film, doświadczenie 3.1)



Zarodniki widłaka unoszące się na powierzchni wody.

Natomiast gdy do wody dodaliśmy kamfory, a przezroczyste naczynie oświetliliśmy od spodu, na suficie widoczne były cienie kryształków substancji, które na skutek zmian napięcia powierzchniowego wykonywały chaotyczne ruchy.
(załączony film, doświadczenie 3.2)



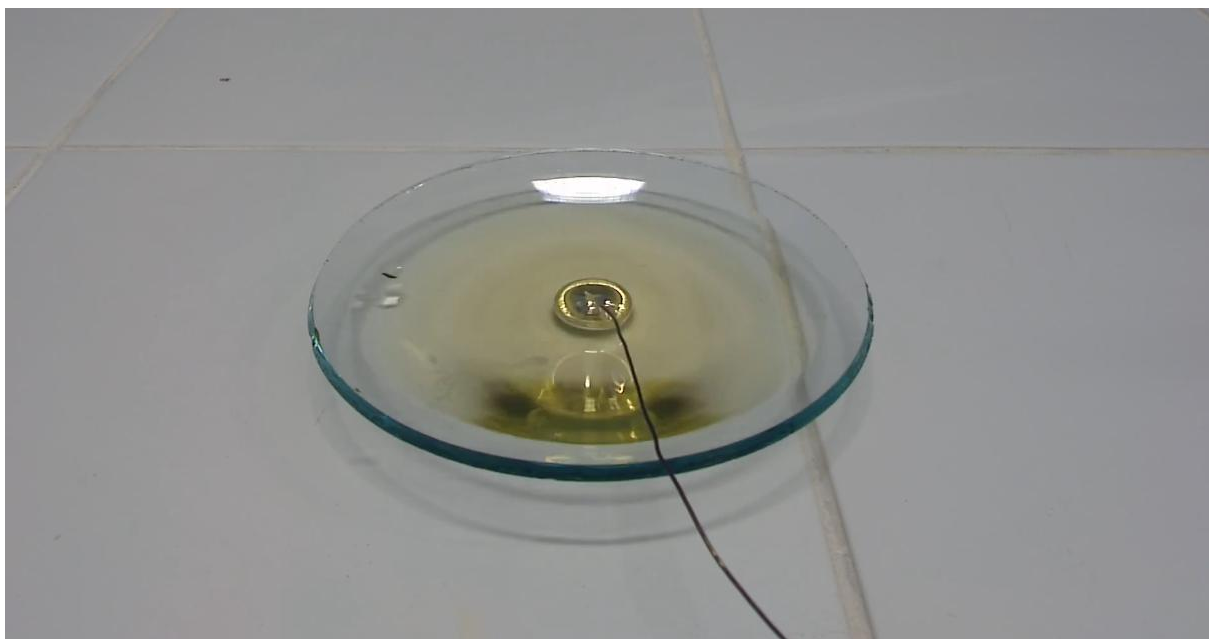
Kamfora na powierzchni wody.

5. Zmiany napięcia powierzchniowego spowodowane zmianą potencjału elektrycznego.

Gal jest metalem o bardzo niskiej temperaturze topnienia. Już temperatura ludzkiego ciała wystarczy aby przeszedł on ze stanu stałego w stan ciekły, zyskując tym samym napięcie powierzchniowe.

Żelazo zawarte w stali w środowisku kwasowym ulega utlenieniu, przez co ładuje się ujemnie (druć stalowy jest izolowany od ziemi). Po zetknięciu drutu z kroplą galu część elektronów przepływa na powierzchnię kropli. Napięcie powierzchniowe jest funkcją potencjału elektrycznego. W miarę wzrostu liczby elektronów na powierzchni galu rośnie wartość bezwzględna potencjału elektrycznego, a tym samym napięcie powierzchniowe, przez co kropla przybiera kształt bardziej zbliżony do kuli. Skutkuje to przerwaniem kontaktu elektrycznego z ostrzem. Nadmiar ładunku ujemnego na powierzchni galu jest usuwany przez jony dichromianowe(VI), które redukują się do jonów chromu(III). Po zmniejszeniu wartości bezwzględnej potencjału kropla staje się znów płaska i ponownie styka się z ostrzem. Efekt powtarza się cyklicznie.

Nam po wielu próbach również udało się uzyskać efekt pulsowania, który widoczny jest na załączonym filmie. (załączony film, doświadczenie 4)



Gal oraz stalowy drut w roztworze kwasu siarkowego(VI)

6. Podsumowanie.

Zjawisko napięcia powierzchniowego mogłoby wydawać się czymś niezwykle trywialnym. Naszymi doświadczeniami chcieliśmy pokazać, że gdy zaczniemy poddawać to z pozoru proste zjawisko różnym czynnikom, możemy dokonać często niezwykle ciekawych obserwacji, których wytłumaczenie nie jest już tak bardzo oczywiste.

7. Bibliografia.

- „Słownik tematyczny. Fizyka”, Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa 2011
- „Podstawy fizyki”, D. Halliday, R. Resnick, J. Walker
- <http://ifd.fuw.edu.pl/fizyka/zapytaj-fizyka/pytania-wiat-czsteczek/280-napicie-powierzchniowe>
- http://www.chemia.odlew.agh.edu.pl/dydaktyka/Dokumenty/ChF_WO/Stacjonarne/cw6_nap_pow.pdf
- <http://www.artykul.com.pl/dlaczego-banki-mydlane-sa-okragle/>
- <http://www.mt.com.pl/bijace-serce-rteciowe>
- <http://poczujchemie.pl/laboratorium/ciekawostki/poskromienie-kamfory-na-powierzchni-wody>
- http://soapbubble.wikia.com/wiki/Recipes_Guar
- http://pl.wikipedia.org/wiki/Napi%C4%99cie_powierzchniowe
- http://en.wikipedia.org/wiki/Marangoni_effect