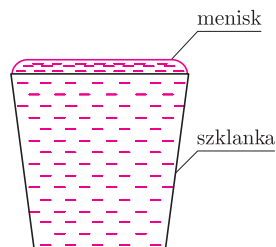


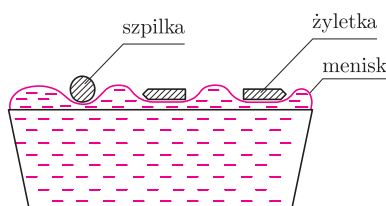
Wyznaczamy współczynnik napięcia powierzchniowego

Stanisław BEDNAREK

Zacniemy od dość zadziwiającego doświadczenia. Do szklanki nalewamy wody. Kiedy szklanka będzie już prawie pełna, wodę wlewamy powoli cienkim strumieniem, tak żeby poziom wody wznosił się ponad brzeg szklanki (rys. 1). Mówimy, że woda tworzy wtedy menisk wypukły. Co się stanie, jeżeli na takiej wypukłej powierzchni wody położymy żyłkę lub kilka szpilek? Pierwsza odpowiedź, która przychodzi nam na myśl, jest taka, że przedmioty te zatoną, a pewna ilość wody wyleje się ze szklanki. Wiemy przecież, że gęstość stali, z której wykonana jest żyłka lub szpilka, jest kilka razy większa od gęstości wody i przedmioty te nie mają prawa pływać w wodzie.



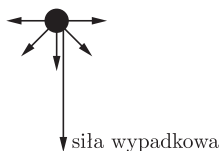
Rys. 1. Menisk wypukły w szklance wody.



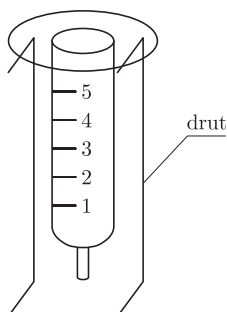
Rys. 2. Żyłka i szpilka utrzymujące się na wodzie dzięki napięciu powierzchniowemu.



Rys. 3. Wypadkowa siła działająca na cząsteczkę w głębi cieczy jest równa zeru.



Rys. 4. Wypadkowa siła działająca na cząsteczkę przy powierzchni cieczy nie jest zerem.



Rys. 5. Stojak z drutu do ustawienia cylindra strzykawki.

Położymy jednak ostrożnie i poziomo żyłkę na powierzchni wody. To samo zrobimy ze szpilekami. Okaze się, że przedmioty te nie zatoną, lecz będą utrzymywały się na wodzie, uginając jej powierzchnię, która wygląda, jakby tworzyła jakąś błonę pokrywającą wodę (rys. 2). Oczywiście, jeżeli ciężar przedmiotów będzie zbyt duży, tak że przekroczy wytrzymałość błony, wówczas ulegnie ona przerwaniu i położone na niej przedmioty zatoną. Zjawisko tworzenia się błony na powierzchni swobodnej cieczy jest nazywane napięciem powierzchniowym.

Zjawisko to tłumaczy się asymetrycznym oddziaływaniem cząsteczek cieczy na cząsteczki znajdujące się w warstwie przypowierzchniowej. Na cząsteczki znajdujące się w głębi cieczy pozostałe cząsteczki oddziałują symetrycznie ze wszystkich stron, tak że wypadkowa siła działająca na nie równa jest zeru (rys. 3). Na cząsteczki znajdujące się przy powierzchni cieczy działa wypadkowa siła wciągająca je w głąb cieczy. Dlatego cząsteczki te tworzą warstwę zwaną błoną powierzchniową (rys. 4). Wielkość fizyczną równą stosunkowi siły potrzebnej do rozerwania błony powierzchniowej do długości tego rozerwania nazywamy napięciem powierzchniowym. Wyznaczenie tego współczynnika będzie przedmiotem naszego doświadczenia.

Do doświadczenia potrzebny będzie plastikowy cylinder od strzykawki lekarskiej o pojemności 5–10 cm³, niewielkie naczynko szklane, np. kieliszek, kawałek miękkiego drutu o średnicy około 1 mm i długości około 25 cm, cienka plastikowa rurka, np. kawałek wkładu od długopisu lub gruba igła do strzykawki, plastelina i suwmiarka. Z drutu wyginamy stojak do ustawienia strzykawki (rys. 5). Otwór wylotowy strzykawki zmniejszamy, tak żeby po napełnieniu strzykawki wodą wypływały z niej pojedyncze krople. Można to osiągnąć kilkoma sposobami: nakładając na wylot strzykawki obciętą igłę na długość około 1 cm, wciskając w otwór strzykawki kawałek plastikowej rurki lub rurki uformowanej z plasteliny.

Założmy dla uproszczenia, że najmniejsza średnica kropli przed oderwaniem się jest równa średnicy rurki. Siła napięcia powierzchniowego F_n utrzymująca kroplę wyraża się wzorem (rys. 6)

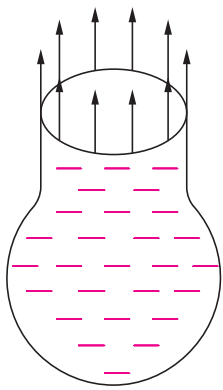
$$(1) \quad F_n = \alpha \pi d,$$

w którym: α – współczynnik napięcia powierzchniowego wody, d – średnica wewnętrzna rurki. Wiadomo, że tuż przed oderwaniem siła F_n jest równa ciężarowi kropli Q , który wyraża się wzorem

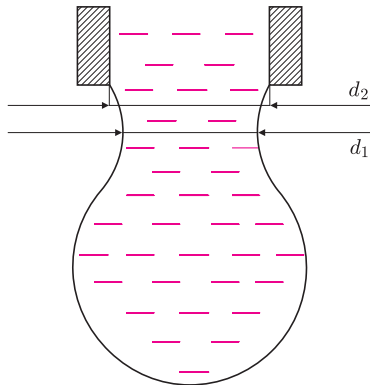
$$(2) \quad Q = V \rho g,$$

gdzie: V – objętość kropli, ρ – gęstość cieczy, g – przyspieszenie ziemskie ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Objętość kropli obliczamy, dzieląc objętość cieczy, która wypłynęła ze strzykawki V_c , przez liczbę kropli n

$$(3) \quad V = \frac{V_c}{n}.$$



Rys. 6. Siły napięcia powierzchniowego utrzymujące kroplę tuż przed jej oderwaniem.



Rys. 7. Bardziej realistyczny kształt kropli.

Porównując wzory (1) i (2) oraz podstawiając wzór (3) po prostym przekształceniu, otrzymujemy wzór

$$(4) \quad \alpha = \frac{V_c \rho g}{\pi d n}.$$

Gęstość wody ρ dla danej temperatury odczytujemy z tablic fizycznych. Objętość wody, która wypłynęła, V_c , odczytujemy z podziałki na strzykawce. Liczbę kropli n łatwo policzyć. Pewnym problemem jest wyznaczenie średnicy wewnętrznej rurki – można ją zmierzyć przy użyciu suwmiarki, posługując się ostrożnie szczękami do pomiarów wewnętrznych. Ostrożne użycie tych szczęk jest konieczne w przypadku zwięzienia końcówki strzykawki przy użyciu plasteliny – chodzi o to, żeby nie zdeformować szczękami suwmiarki miękkiej końcówki.

Opisana metoda wyznaczania współczynnika napięcia powierzchniowego cieczy nosi nazwę metody stalagmometrycznej, pochodzącej od greckiego słowa *stalagma*, co oznacza kropla. Mimo swojej prostoty zapewnia ona osiągnięcie dość dokładnych wyników. Pozwala np. wykryć wpływ zmiany temperatury o około 10°C lub domieszki do wody płynu do mycia naczyń na wartość współczynnika napięcia powierzchniowego. Warto więc przeprowadzić te dwa pouczające pomiary samodzielnie.

Dokładniejsze obserwacje, które możemy przeprowadzić, oglądając tworzącą się kroplę przez lupę, wykazują, że tuż przed oderwaniem się kropli ma ona średnicę nieco mniejszą niż średnica wewnętrzna rurki, z której ona wypływa (rys. 7). Dlatego we wzorze (1) należałoby uwzględnić współczynnik poprawkowy mniejszy od jedności opisujący przewężenie kropli. Współczynnik ten określa się, rzutując powiększony cień kropli na ekran i mierząc średnicę najwęższej części kropli i jej średnicę tuż przy końcu rurki, z której kropla wypływa, a następnie obliczając stosunek tych dwóch wielkości d_1/d_2 . Analizując wzory (1) i (4), łatwo przekonujemy się, że bez współczynnika poprawkowego na przewężenie kropli wzór (4) daje zaniżone wartości współczynnika napięcia powierzchniowego.



Zadania

Tym razem zadania z fizyki z podwójną myszką – zobaczymy, czym bawiła się młodzież w połowie XX wieku (motywy zaczerpnięte z książki J. Perelmana, *Zajmująca fizyka*). Potrzebne dane należy odszukać, co jest zajęciem pouczającym.

F 699. Na Olimpie cena jednej kilowatogodziny wynosi 0,25 euro. Oszacuj, ile średnio musi zapłacić Zeus za jednokrotne posłużenie się piorunem.
Rozwiązanie na str. 3

F 700. Ile na równiku waży kilogram cukru, który na biegunie ważył 1 kilogram? Posługujemy się i tu, i tam wagą sprężynową.
Rozwiązanie na str. 9

Redaguje Waldemar POMPE

M 1180. Liczby całkowite a, b, c, d spełniają warunek $ad - bc = 1$.

Udowodnić, że ułamek $\frac{a^2 + b^2}{ac + bd}$ jest nieskracalny.

Rozwiązanie na str. 3

M 1181. Rozstrzygnąć, czy w każdym czworościanie wysokości przecinają się w jednym punkcie.

Rozwiązanie na str. 5

M 1182. Na przyjęciu spotkało się 100 osób. Wiadomo, że wśród każdych czterech osób znajduje się taka, która zna pozostałe trzy osoby z tej czwórki. Wykazać, że istnieje co najmniej 97 osób, z których każda zna wszystkie osoby będące na przyjęciu. Przyjmujemy, że osoba A zna osobę B , to osoba B zna też osobę A .

Rozwiązanie na str. 16

