



## Wyznaczamy współczynnik lepkości cieczy

Stanisław Bednarek

Delta, sierpień 2008

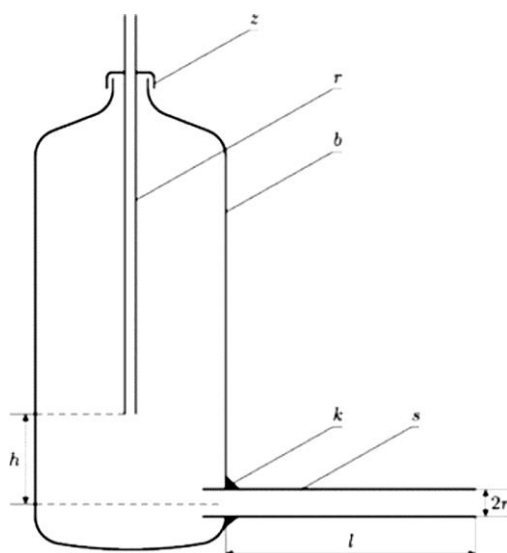
W towarzyszącym *Fotonowi Neutrinie 22* zamieszczamy informację, jak to nazwała prasa (patrz np. GW), o najdłuższym trwającym eksperymencie świata, czyli trwającej od 1944 roku obserwacji spadających kropli paku, frakcji pozostałej po destylacji smoły pogazowej. W lipcu tego roku spadła ósma kropla cieczy wyciekającej z naczynia od 1944 roku. W domu można wykonać pomiar współczynnika lepkości np. oleju.

Ruch dowolnego ciała w cieczy napotyka opór, który zależy od kształtu i wielkości ciała, jego prędkości oraz rodzaju cieczy. Parametrem charakteryzującym rodzaj cieczy w sposób ilościowy jest współczynnik lepkości.

Współczynnik ten decyduje również, jaka objętość cieczy przepłynie przez rurkę o danym promieniu przy określonej różnicy ciśnień i w zadanym czasie. Żeby obliczyć tę objętość  $\Delta V$  należy skorzystać z wzoru Hagen-Poiseuille'a:

$$\Delta V = \frac{\pi r^4 \Delta p \Delta t}{8 l \mu} \quad (1)$$

We wzorze tym  $r$  oznacza promień wewnętrzny rurki,  $l$  jej długość,  $\Delta p$  – różnicę ciśnień na końcach rurki,  $\Delta t$  – czas przepływu, natomiast  $\mu$  jest współczynnikiem lepkości, który postaramy się wyznaczyć doświadczalnie.



Do przeprowadzenia doświadczenia potrzebne będą: przezroczysta butelka z zakrętką, np. po wodzie mineralnej o pojemności 1,5 l, dwa długie kawałki rurki do picia napojów, woda, olej roślinny, linijka z podziałką milimetrową lub lepiej suwmiarka, szybkowiążący klej epoksydowy, np. Poxipol, niewielkie kartonowe pudełko po soku o pojemności 200 ml, stoper, plastelina.

Wygląd butelki Mariotte'a do wyznaczania współczynnika lepkości cieczy

W plastikowej zakrętce wiercimy niewielki otwór. W ten otwór wkładamy słomkę do napojów. Otwór powinien być takiej wielkości, żeby słomkę można było dość ciasno przesuwac w zakrętce. Następnie nawiercamy niewielki otwór w bocznej ściance w pobliżu dna butelki. W tym otworze umieszczamy drugą słomkę. Miejsce przejścia słomki przez otwór uszczelniamy szybkowiązującym klejem epoksydowym. Zwracamy przy tym uwagę na to, żeby słomka ustawiona była poziomo, a jej wylot zamykamy niewielkim korkiem z plasteliny.

W ten sposób przygotowaliśmy tzw. butelkę Mariotte'a. Jej zaletą jest to, że przez pewien czas prędkość wypływu cieczy z butelki jest stała. Do butelki nalewamy wodę prawie do pełna. Butelkę zamykamy zakrętką z przechodzącą przez nią słomką i ustawiamy na dowolnej podstawie tak, żeby można było postawić naczynie na wodę pod wylot poziomej słomki. Gdy postawimy to naczynie, wyjmujemy plastelinowy korek i obserwujemy wypływ wody. Prędkość tego wypływu jest stała tak długo, aż poziom wody w butelce opadnie poniżej dolnego końca pionowej słomki przechodzącej przez zakrętkę. Można łatwo wykazać, że wartość tej prędkości wyraża się wzorem:

$$v = \sqrt{2gh}, \quad (2)$$

gdzie  $g$  jest przyspieszeniem ziemskim. Prędkość wypływu wody możemy regulować przez przesunięcie pionowej słomki w zakrętce. Im wyżej będzie znajdował się koniec tej słomki, tym większa będzie prędkość wypływu, ale tym krócej ta prędkość będzie stała.

Wróćmy teraz do współczynnika lepkości. Wzór (1) przekształcamy do postaci

$$\mu = \frac{\pi r^4 \Delta p \Delta t}{8 l \Delta V} \quad (3)$$

Występująca we wzorze (3) różnica ciśnień  $\Delta p$  wyraża się wzorem

$$\Delta p = \rho gh, \quad (4)$$

w którym  $\rho$  oznacza gęstość cieczy.

Po podstawieniu wzoru (4) do wzoru (3) otrzymujemy równanie

$$\mu = \frac{\pi r^4 \rho gh \Delta t}{8 l \Delta V}, \quad (5)$$

z którego można obliczyć współczynnik lepkości  $\mu$ .

Z równania (5) wynika, że na dokładność wyznaczenia współczynnika lepkości duży wpływ ma dokładność pomiaru  $r$ , dlatego promień ten należy zmierzyć możliwie jak najdokładniej (najlepiej użyć do tego celu suwmiarki, wówczas dokładność pomiaru wynosilaby co najmniej 0,1 mm).

Długość  $l$  dolnej słomki oraz wysokość  $h$  dolnego końca pionowej słomki nad osią dolnej słomki łatwo zmierzemy linijką. Pozostaje nam jeszcze do zmierzenia objętość  $\Delta V$  wody, która przepłynęła przez dolną słomkę i czas  $\Delta t$  jej przepływu. Do pomiaru objętości wykorzystamy kartonowe pudełko po soku, które pozbawiamy górnej pokrywy tak, żeby nie zmienić jego pojemności. Puste pudełko podstawiamy pod wylot dolnej słomki. Butelkę uprzednio napełniamy wodą. Wyjmujemy plastikowy korek z wylotu dolnej słomki. Stoperem mierzymy czas, w którym woda wypełni pudełko.

Po wykonaniu pomiarów wszystkich wielkości występujących we wzorze (5) podstawiamy ich wyniki do tego wzoru i obliczamy współczynnik lepkości  $\mu$ . Porównujemy obliczoną wartość z podanym w tablicach fizycznych wynikiem dla wody:  $\mu = 1,0021 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$  (w temperaturze  $18^\circ\text{C}$ ).

Po całkowitym opróżnieniu butelki z wody napełniamy ją olejem roślinnym i powtarzamy pomiar czasu wypływu dla określonej objętości oleju wypełniającego pudełko po soku. Ponownie podstawiamy wyniki do wzoru (5) i obliczamy współczynnik lepkości oleju. Porównujemy obliczoną wartość z wynikiem podanym w tablicach fizycznych dla oleju:  $\mu = 84 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$ . Na koniec zastanówmy się, jakie czynniki wpływają na rozbieżność lub zgodność uzyskanych przez nas rezultatów z wynikami podanymi w tablicach fizycznych.



„Łańcuchowo odlotowo” podczas Konkursu „Eksperyment łańcuchowy”  
– zwycięzca w kategorii szkół gimnazjalnych