

**XLV OLIMPIADA FIZYCZNA (1995/1996). Stopień I, zadanie doświadczalne – D1**

**Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej – A. Wysmołek, *Fizyka w Szkole* nr 3, 1996.

**Autor:** Andrzej Wysmołek – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej, IFD UW.

**Nazwa zadania:** Wyznaczanie napięcia powierzchniowego na granicy roztworu płynu do naczyń i powietrza.

**Działy:** Mechanika płynów

**Słowa kluczowe:** napięcie powierzchniowe, ciężar, masa, obciążnik, nitka, linijka.

**Zadanie doświadczalne – D1, zawody I stopnia, XLV OF.**

Masz do dyspozycji:

- talerz lub inne duże, płaskie naczynie,
- roztwór płynu do mycia naczyń "Ludwik" w wodzie,
- plastikową linijkę,
- cienką bawełnianą nitkę,
- cienki drut miedziany lub aluminiowy w kawałkach 100 mg,

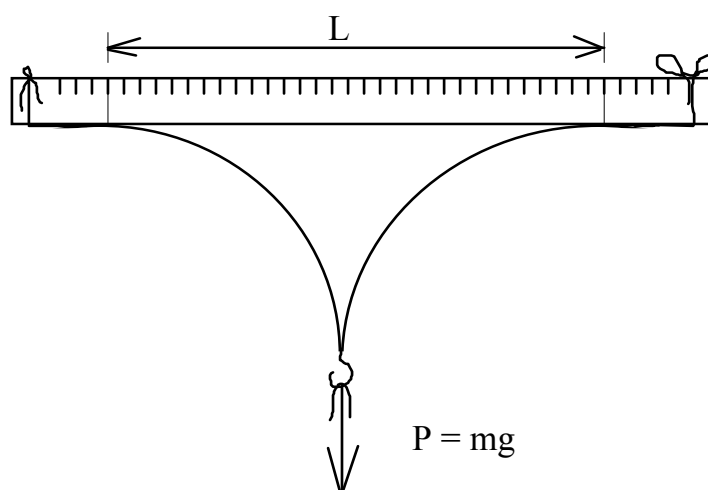
wyznacz napięcie powierzchniowe na granicy roztworu "Ludwika" i powietrza.

**Uwagi:**

1. Kawałki drutu powinny mieć długość ok. 2 cm.
2. Roztwór wodny "Ludwika" należy przygotować mieszając dwie objętości płynu w stu objętościach wody.

**Rozwiązanie****Część teoretyczna**

Końce nitki należy przymocować do linijki. Po zanurzeniu linijki w roztworze Ludwika trzeba obciążyć środek nitki kawałkami drutu, tak żeby otrzymać błonkę jak na rysunku 1.



Rys. 1.

Jeśli do doświadczenia użyć cienkiej nitki, można łatwo uzyskać warunki, w których masa nitki i błonki jest pomijalnie mała. Wtedy szerokość błony  $L$ , jest określona przez tylko ciężar  $P = mg$  zawieszony na nitce. Można to opisać równaniem:

$$2\sigma L = mg$$

skąd

$$L = \frac{g}{2\sigma}m, \quad (1)$$

gdzie  $\sigma$  – napięcie powierzchniowe,  $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $L$  – szerokość błonki,  $m$  – masa obciążników.

W celu wyznaczenia wartości napięcia powierzchniowego  $\sigma$  wystarczy, więc zmierzyć szerokość błonki  $L$  oraz odpowiadającą jej masę obciążnika  $m$ . Dla uzyskania lepszej dokładności wyznaczenia  $\sigma$  należy wykonać serię pomiarów  $L$  z różnymi masami obciążników  $m$ . Dopasowanie prostej do zależności  $m$  od  $L$  pozwala wyznaczyć wartość współczynnika kierunkowego:

$$a = \frac{g}{2\sigma},$$

skąd szukane napięcie powierzchniowe:

$$\sigma = \frac{g}{2a}.$$

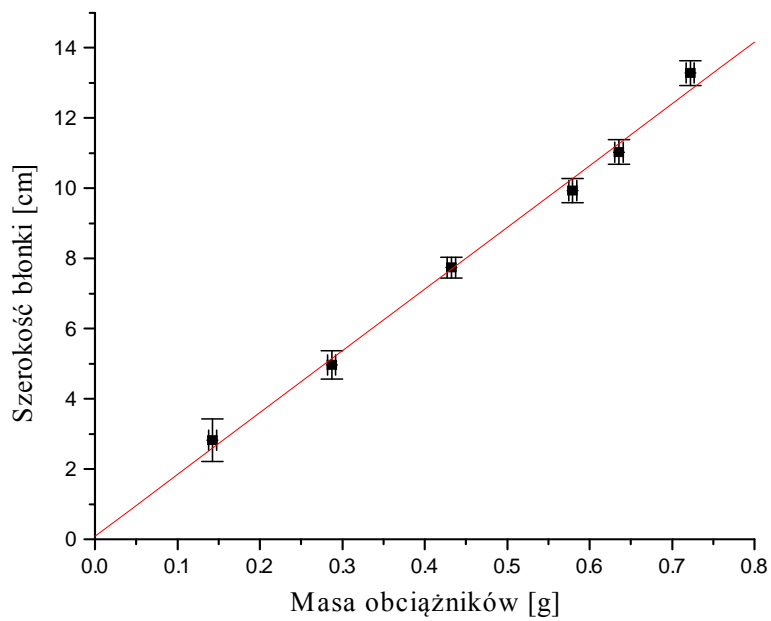
### Część doświadczalna

Przed przystąpieniem do wykonania doświadczenia zmierzono długość i wyznaczono masę kawałka drutu. Drut pocięto na kawałki. Masę każdego kawałka określono na podstawie długości. Z jednego z drucików (o znanej masie) wykonano haczyk do zawieszania pozostałych kawałków drutu na nitce.

Następnie do linijki dowiązano końce nitki. Nitka była wystarczająco długa, dzięki czemu zawieszane ciężarki były podtrzymywane przez siły napięcia powierzchniowego błonki, a nie siły naciągu nici. Linijkę wraz z nitką, na której zamocowano haczyk, zanurzano w wodzie z "Ludwikiem". Aby otrzymać błonkę, z roztworu wyciągano (chwytnąjąc za haczyk) nitkę, a następnie wyjmowano z niego linijkę. Po uformowaniu błonki zawieszano na haczyku różne masy drutu. Dla zwiększenia dokładności, pomiar szerokości błonki  $L$  wykonywano zawieszając kilkakrotnie tę samą masę drutu. Następnie dla serii pomiarów wyznaczono wartość średnią  $L$  odpowiadającą masie  $m$  oraz jej błąd  $\Delta L$ . Uzyskane w ten sposób, wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 2.

Dopasowanie prostej do zależności  $m$  od  $L$  dało wartość współczynnika kierunkowego  $a = (1 \pm 2)$  cm/g.

Obliczona na jego podstawie wartość napięcia powierzchniowego  $\sigma = (27 \pm 3) \cdot 10^{-3}$  N/m jest zbliżona do wartości otrzymanych innymi metodami pomiarowymi. Główną przyczyną niedokładności pomiaru jest niepewność pomiarowa wyznaczenia szerokości błonki. Istotnym czynnikiem wpływającym na dokładność pomiaru są kropelki wody zbierające się na nierównościach nitki oraz pęcherzyki powietrza tworzące się w "kącikach" błonki. Wynik doświadczenia potwierdza słuszność przyjętych na wstępie założeń o zaniedbaniu masy nitki i błonki w porównaniu z masą zawieszanych ciężarków.



Rys. 2.

### Proponowana punktacja

#### Część teoretyczna

Pomysł doświadczenia	6 pkt
Zastosowanie przybliżeń dotyczących masy nitki i błonki	2 pkt
Wyprowadzenie związku pomiędzy szerokością błonki i masą obciążników	2 pkt

#### Część doświadczalna

Wykonanie doświadczenia (udokumentowanie)	4 pkt
Powtarzanie pomiarów dla określonej masy obciążników	2 pkt
Wykonanie pomiarów dla różnych mas obciążników	2 pkt
Wyznaczenie wartości $\sigma$ i analiza niepewności pomiarowej	2 pkt