



LI OLIMPIADA FIZYCZNA  
(2001/2002)  
ZAWODY I STOPNIA  
CZĘŚĆ II

**Zadanie doświadczalne – D2**

**Nazwa** – Wyznaczanie napięcia powierzchniowego na styku wody i styropianu metodą pomiaru zanurzenia obciążonego prostopadłościanu.

**Źródła** – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej; *Fizyka w Szkole* nr 1, 2002, s. 39–49<sup>2</sup>.

– Andrzej Wysmołek<sup>1</sup>; *Fizyka w Szkole* nr 1, 2002, s. 46–49.

– T.M. Molenda, IF US, [www.OF.szc.pl](http://www.OF.szc.pl).

---

Masz do dyspozycji: prostopadłościan styropianowy o wymiarach około 2 cm×2 cm×10 cm i o znanej masie, pudełko jednakowych, metalowych spinaczy biurowych, linkę, przezroczyste naczynie z wodą o głębokości nie mniejszej niż 10 cm, papier milimetrowy.

1. Wyznacz wartość napięcia powierzchniowego na styku wody i styropianu.
2. Zaproponuj taką metodę pomiarową, która umożliwi ci przedstawienie wyników w postaci wykresu, na którym będziesz mógł dopasować prostą do danych doświadczalnych.

**Uwaga!** Masę prostopadłościanu styropianowego możesz wyznaczyć, używając wagi laboratoryjnej ze szkolnej pracowni fizycznej lub chemicznej. Wartość gęstości wody i przyspieszenia ziemskiego możesz wziąć z tablic.

---

<sup>1</sup>Andrzej Wysmołek był sekretarzem naukowym ds. zadań doświadczalnych w KGOF: XLIII–XLVIII OF (wówczas mgr), LII–LX OF; w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF. Od LXIX OF prof. A. Wysmołek pełni funkcję Przewodniczącego KGOF. Opracowane zad. na zawody OF w postaci edytowalnych plików były przez sekretarza (AW) udostępniane sekretarzowi KO w Szczecinie (TM), co bardzo ułatwiło umieszczenie tych zad. dośw. w bazie na stronie [www.OF.szc.pl](http://www.OF.szc.pl) (przyp. red.).

<sup>2</sup>W czasopiśmie brak autora/ów więc opracowanie zad. było przekazane do redakcji *Fizyki w Szkole* przez dra Pawła Janiszewskiego, który był Kierownikiem Organizacyjnym Olimpiady Fizycznej od XLII OF do LVIII OF; w tym okresie był też autorem artykułów w *Fizyce w Szkole* (do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF), dot. informacji o przebiegu i wynikach olimpiad fizycznych; współautorem książki *50 lat olimpiad fizycznych. Wybrane zadania z rozwiązaniami* (przyp. red.).

## Rozwiązanie zadania D2 – LI OF, I stopień, część II

Proponowana metoda opiera się na zbadaniu zależności wielkości zanurzenia prostopadłościanu styropianowego od liczby  $N$  obciążających go spinaczy biurowych. Aby zbadać tę zależność, należy zestawić układ doświadczalny przedstawiony na rys. 1.

W warunkach równowagi można napisać następujące równanie opisujące równowagę sił:

$$NgV_s(\rho_s - \rho) + mg + F_n = SL\rho g, \quad (1)$$

gdzie:

$N$  — liczba spinaczy obciążających prostopadłościan,

$L$  — długość zanurzonej części prostopadłościanu,

$S$  — pole przekroju poprzecznego prostopadłościanu,

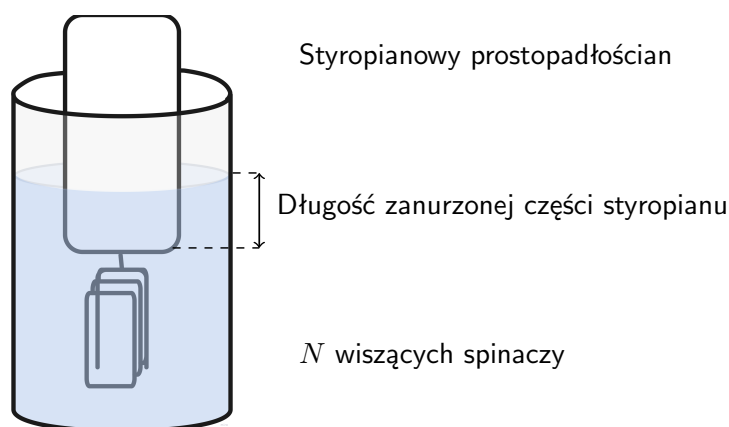
$\rho_s$  — gęstość materiału spinacza,

$\rho$  — gęstość wody,

$V_s$  — objętość pojedynczego spinacza,

$m$  — masa prostopadłościanu,

$g$  — przyspieszenie ziemskie.



Rys. 1

Siłę  $F_n$  związaną z istnieniem napięcia powierzchniowego można wyznaczyć z zależności:

$$F_n = \sigma d, \quad (2)$$

gdzie:

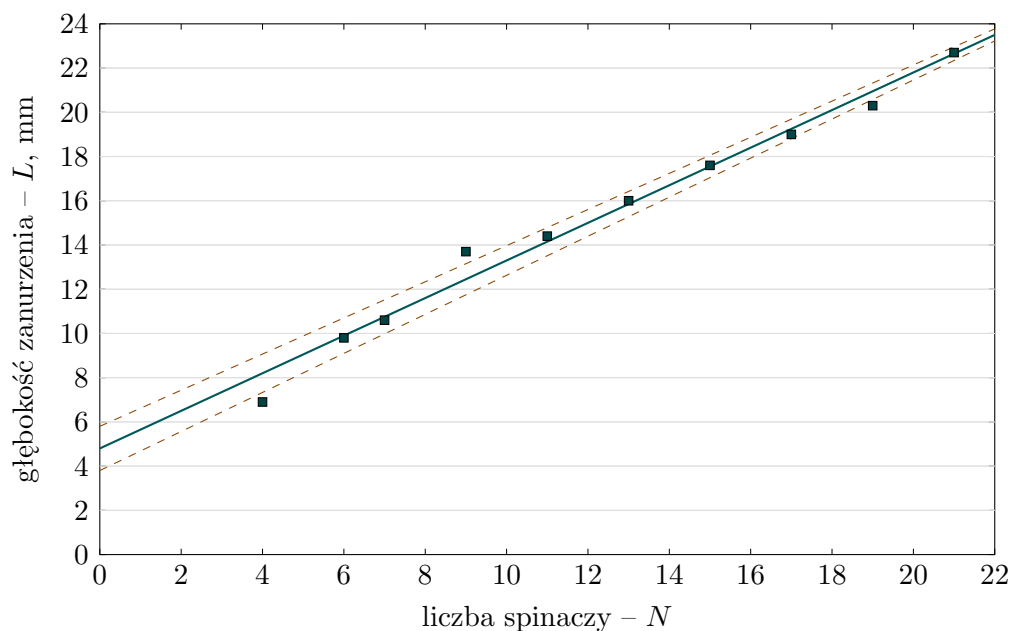
$d$  — wielkość obwodu przekroju poprzecznego prostopadłościanu,

$\sigma$  — szukana wartość napięcia powierzchniowego na styku wody i styropianu.

Na rys. 2 przedstawiona jest zależność długości  $L$  zanurzonej części styropianowego prostopadłościanu od liczby  $N$  obciążających go spinaczy.

Dla liczby wiszących spinaczy  $N < 4$  nie udaje się utrzymać zanurzonego prostopadłościanu styropianowego w pozycji pionowej. Ekstrapolowana wartość  $L^*$  głębokości zanurzenia dla  $N = 0$ , odpowiadająca punktowi przecięcia dopasowanej prostej z osią pionową, pozwala na obliczenie szukanej wartości napięcia powierzchniowego:

$$\sigma = \frac{SL^*\rho g - mg}{d}. \quad (3)$$



Rys. 2

W doświadczeniu wzorcowym użyto prostopadłościanu styropianowego o następujących parametrach:

$$\begin{aligned} S &= 1,6 \text{ cm} \times 1,7 \text{ cm} = 2,72 \text{ cm}^2, \\ m &= 0,2 \text{ g}, \\ d &= 2 \times (1,6 + 1,7) \text{ cm} = 6,6 \text{ cm}. \end{aligned} \quad (4)$$

Z wykresu można odczytać wartość  $L^* = 4,8 (\pm 1,0)$  mm odpowiadającą zanurzeniu prostopadłościanu bez obciążania spinaczami. Przyjmując gęstość wody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , a przyspieszenie ziemskie  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , otrzymujemy wartość  $\sigma = 0,16 \text{ N/m}$ .

Niepewność względna otrzymanego wyniku jest równa kilkanaście procent. Głównym czynnikiem wpływającym na jej wielkość jest niepewność wartości  $L^*$ . Aby ją zmniejszyć, można wykonać więcej pomiarów, poprzez np. zmianę liczby spinaczy co 1, lub też wykonać pomiary na różnych kawałkach styropianu.

### Punktacja

1. Poprawne zestawienie układu pomiarowego i opis pomiaru zanurzenia  $L$  w funkcji liczby spinaczy  $N$  ..... 4 pkt.
2. Wykonanie serii pomiarów dla kilku wartości  $N$  oraz zapis wyników ..... 4 pkt.
3. Sporządzenie wykresu  $L(N)$  ..... 4 pkt.
4. Dopasowanie prostej do danych / ekstrapolacja do  $N = 0$  (wyznaczenie  $L^*$ ) ..... 4 pkt.
5. Wyznaczenie napięcia powierzchniowego  $\sigma$  oraz oszacowanie niepewności względnej i krótka dyskusja ograniczeń ..... 4 pkt.