

# XXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

## Zadanie doświadczalne

### ZADANIE D1

Nazwa zadania: „Ciężar szpilki”

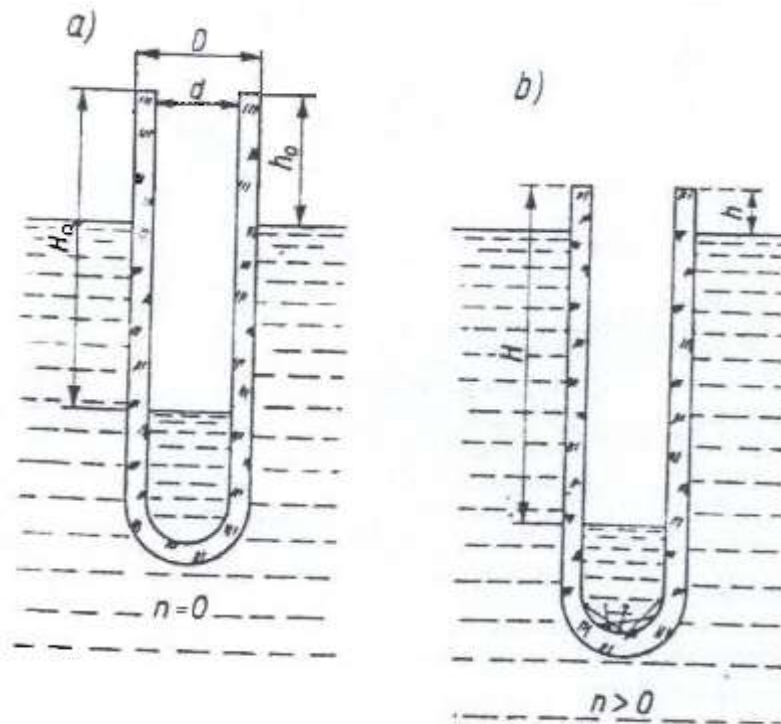
Mając do dyspozycji probówkę (przyjąć, że poza niewielkimi obszarami przy dnie i przy otworze górnym przekrój poprzeczny probówki jest stały), dość wysokie naczynie z wodą, linijkę, suwmiarkę, papier milimetrowy i szpilki. Wyznacz średni ciężar jednej szpilki, a także ciężar właściwy materiału, z którego jest zrobiona. Opisz i uzasadnij metodę pomiaru. Oszacuj błąd wyniku. Przyjmujemy, że gęstość wody równa się  $1 \text{ g/cm}^3$ .

Uwaga: Szpilki powinny być całe metalowe (bez łebków z tworzywa sztucznego).

### ROZWIĄZANIE ZADANIA D1

Probówkę obciąża się wstępnie wodą dla zapewnienia stateczność pływania (probówka winna pływać w pozycji pionowej, po czym bada zależności:

- głębokość zanurzenia probówki w funkcji liczby wsypanych szpilek;
- odległość zwierciadła wody w probówce o jej wylotu w funkcji liczby wsypanych szpilek.



Rys. 1

Przyjmujemy następujące oznaczenia:

$D$  – zewnętrzna średnica probówki,

$d$  – wewnętrzna średnica probówki,

$Q_0$  – ciężar probówki wraz z wlaną doń wstępnie porcją wody,

$q$  – ciężar jednej szpilki,  
 $\gamma_w$  – ciężar właściwy wody,  
 $n$  – liczba wsypanych szpilek,  
 $\gamma$  – ciężar właściwy szpilki,  
 $V$  – objętość jednej szpilki,

$F_A^o$  – siła wyporu działająca na probówkę w sytuacji pokazanej na rysunku 1a,  
 $F_A$  – siła wyporu działająca na probówkę w sytuacji pokazanej na rysunku 1b,  
 $Q$  – ciężar próbówki z wstępnie wlaną porcją wody oraz  $n$  szpilkami.  
 Pozostałe oznaczenia podane są na rysunkach 1a i 1b.

Warunki równowagi w sytuacjach przedstawionych na rysunkach 1a i 1b są następujące:

$$\begin{aligned}
 F_A^o - Q_o &= 0 \\
 F_A - Q &= 0
 \end{aligned}$$

Wsypanie  $n$  szpilek zmienia ciężar próbówki o  $nq$ . Ciężar wody wypartej przez probówkę zmienia się przy tym o  $(h_o - h) \frac{\pi D^2}{4} \gamma_w$ .

Wobec tego

$$F_A = F_A^o + (h_o - h) \frac{\pi D^2}{4} \gamma_w.$$

$$Q = Q_o + nq$$

Stąd

$$h = h_o - \frac{4q}{\pi D^2 \gamma_w} n = h_o - An.$$

Wielkość  $A$  odczytuje się z wykresu zależności  $h(n)$ , który jest linią prostą.  $A$  jest równe tangensowi kąta nachylenia tej prostej względem osi  $n$ . Objętość szpilki oraz jej ciężar właściwy można obliczyć z zależności:

$$nV = (H_o - H) \frac{\pi d^2}{4},$$

$$H = H_o - \frac{4V}{\pi d^2} n = H_o - B_n.$$

Wielkość  $B$  odczytuje się z wykresu  $H(n)$ . Objętość jednej szpilki wyraża się przez  $B$  w następujący sposób

$$V = \frac{\pi}{4} B d^2.$$

Mamy poza tym

$$\frac{A}{B} = \frac{q}{V} \frac{d^2}{D^2 \gamma_w},$$

$$\eta = \frac{A}{B} \frac{D^2}{d^2} \gamma_w.$$

Średni ciężar jednej szpilki:

$$q = V_\gamma.$$

$\frac{D^2}{d^2}$  można wyznaczyć doświadczalnie badając zależność głębokości zanurzenia od wysokości słupa wody w probówce (bez szpilek).

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)