

XXIV OLIMPIADA FIZYCZNA (1974/1975). Stopień wstępny, zad. doświadczalne – D.

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Waldemar Gorzkowski: Olimpiady fizyczne XXIII i XXIV. WSiP, Warszawa 1977.

Nazwa zadania: Wyznaczanie ciężaru właściwego oleju.

Działy: Hydrostatyka

Słowa kluczowe: ciężar właściwy, gęstość, olej, woda, doświadczenie, wysokość słupa cieczy, włoskowatość.

Zadanie doświadczalne D, zawody stopnia wstępnego, XXIV OF.

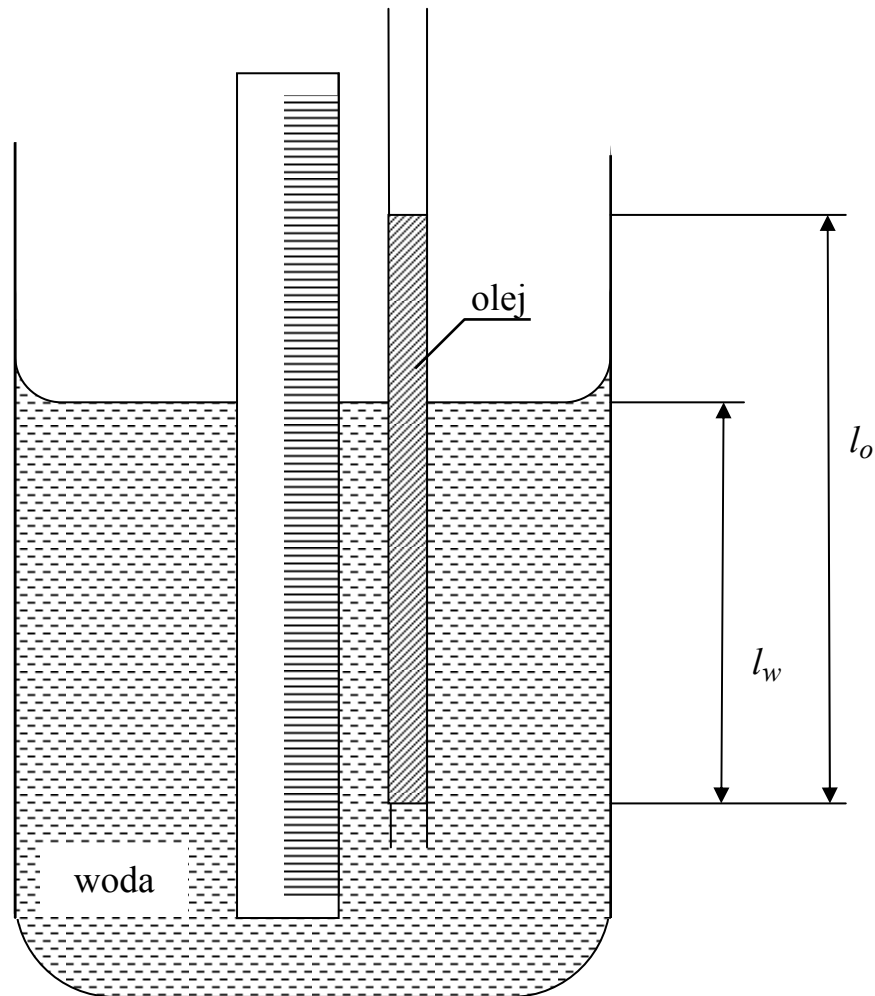
Mając do dyspozycji:

- 1) otwartą z obu końców rurkę szklaną o stałej średnicy wewnętrznej nie przekraczającej 2 mm,
- 2) wysoką zlewkę z wodą destylowaną,
- 3) statyw z uchwytem,
- 4) pipetę bez skali,
- 5) linijka,
- 6) papier milimetrowy,
- 7) olej

wyznacz ciężar właściwy oleju. Przyjmujemy, że gęstość wody destylowanej wynosi 1 g/cm^3 . Postaraj się otrzymać jak najdokładniejszy wynik. Uzasadnij metodę pomiaru. Oszacuj niepewność pomiarową wyniku.

Rozwiązanie**Część doświadczalna**

Zadanie rozwiązujemy w układzie pokazanym na rysunku 1. Do zlewki z wodą wkładamy pionowo rurkę, której dolna część jest napełniona olejem. Na skali linijki umieszczonej bezpośrednio za rurką odczytujemy wielkości l_0 i l_w (zaznaczone na rysunku).



Rys. 1

Korzystając z faktu, że na granicy styku wody z olejem ciśnienia hydrostatyczne oleju i wody są równe, otrzymujemy

$$d_w l_w = d_o l_o,$$

d_w – ciężar właściwy wody, d_o – ciężar właściwy oleju.

W zależności powyższej nie uwzględniono wpływu włośkowatości i związanego z tym zjawiskiem dodatkowego ciśnienia pod zakrzywionymi powierzchniami cieczy. Ciśnienia te nie zależą od l_o i l_w . Dlatego też poprawkę na meniski można uwzględnić dodając do jednej ze stron otrzymanej równości pewną stałą:

$$d_w l_w = d_o l_o + \text{const.}$$

Stąd

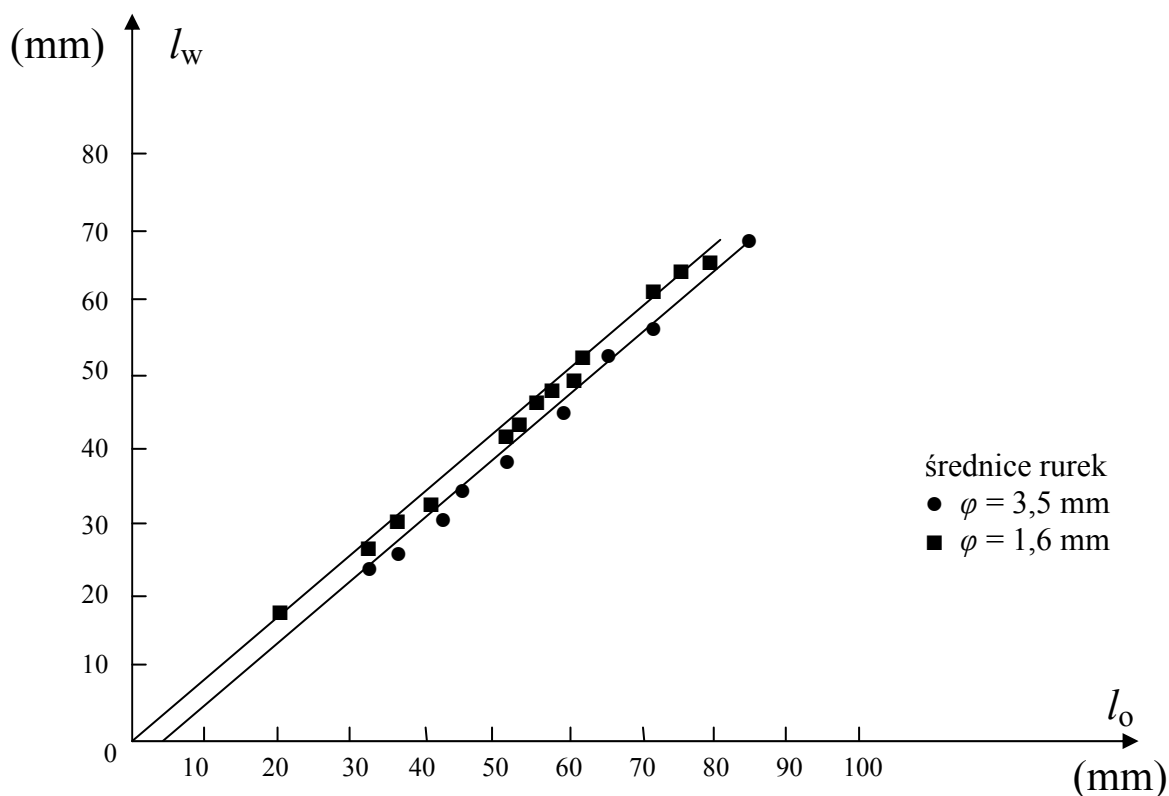
$$l_w = \frac{d_o}{d_w} l_o + \text{const.}$$

Widzimy, że wykonując serię pomiarów dla różnych ilości oleju w rurce i robiąc wykres zależności l_w (l_o) powinniśmy otrzymać linię prostą, której nachylenie $\frac{\Delta l_w}{\Delta l_o}$ będzie miarą stosunku

$\frac{d_o}{d_w}$. Odpowiednie wykresy dla dwóch rurek o różnych średnicach pokazano na rysunku 2.

Metodą tą można wyznaczyć $\frac{d_o}{d_w}$ z dokładnością około 1–2%. Ciężar właściwy oleju, dla którego podano tu wykres wynosi $0,84 \pm 0,01 \text{ G/cm}^3$.

Z rysunku widać, że dla rurki o przekroju 3,5 mm zjawisko włoskowatości nie ma wpływu na otrzymane wyniki. Prosta przechodzi przez początek układu, a to oznacza, że stała, którą dodaliśmy, jest równa zero. Natomiast dla rurki o przekroju 1,6 mm wpływ włoskowatości jest wyraźny – prosta nie przechodzi przez początek układu. Należy przy tym zwrócić uwagę, że proste są równoległe – mają jednakowe nachylenie. Jest to zrozumiałe, ponieważ w obu wypadkach użyto tego samego oleju.



Rys. 2

Gdyby rurka użyta do doświadczenia była szeroka (np. 3,5 mm), to wpływ włoskowatości byłby do zaniebdania. Wystarczyłoby wtedy wyznaczyć jeden punkt prostej, a wiedząc, że przechodzi ona przez początek układu, moglibyśmy wyznaczyć $\frac{d_o}{d_w}$ jako stosunek $\frac{l_w}{l_o}$.

W doświadczeniu zalecono użycie rurki wąskiej właśnie dlatego, by zbadać sytuację w przypadku, gdy włoskowatość odgrywa istotną rolę.