

XL OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie doświadczalne.

ZADANIE D1

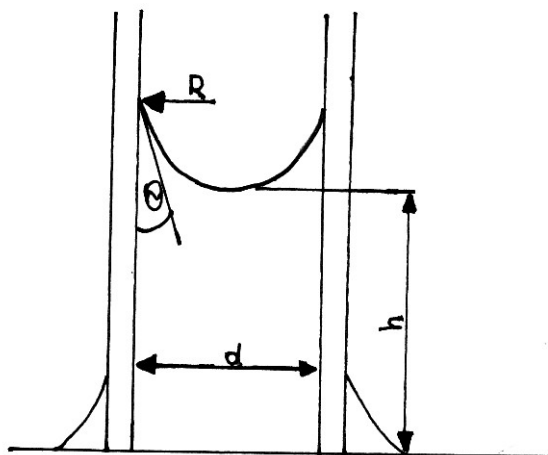
Nazwa zadania: „Pomiar grubości cienkich folii”

Mając do dyspozycji 2 płytki szklane o gładkiej powierzchni (np. szkiełka mikroskopowe o wymiarach $2,5\text{ cm} \times 7,5\text{ cm}$ lub trochę większe) i 20 płytek nakrywkowych o jednakowej grubości (typowy wymiar $2,2\text{ cm} \times 2,2\text{ cm} \times 0,15\text{ mm}$) oraz naczynie z wodą, aceton do odtłuszczenia płytek i papier milimetrowy, zaproponuj metodę pomiaru grubości cienkich folii ($0,05\text{ mm} - 0,3\text{ mm}$) i wyznacz grubość np. folii aluminiowej, polietylenowej lub innej.

ROZWIĄZANIE ZADANIA D1

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Metoda pomiaru wykorzystuje zjawisko włoskowatości. Jeżeli do naczynia z cieczą zwilżającą szkło (woda) wstawimy 2 równoległe płytki szklane odległe od siebie o odległość d wówczas menisk cieczy znajdującej się pomiędzy płytkami przybiera kształt wklęsły (ryc.1). kształt ten może być w ogólności dość skomplikowany,



Ryc. 1.

nam jednak wystarczy wiedzieć, że pod wklęsłą powierzchnią cieczy wystąpi dodatkowe ciśnienie ujemne Δp , które spowoduje podnoszenie się cieczy pomiędzy płytkami na wysokości h nad poziomem cieczy w naczyniu. Ciśnienie to zależy od napięcia powierzchniowego cieczy, kąta zwilżania i kształtu powierzchni cieczy. Ciśnienie hydrostatyczne Δp_{hyd} słupa cieczy równoważące to dodatkowe ciśnienie jest równe $\Delta p_{hyd} = \rho g h$, gdzie ρ jest gęstością cieczy, g - przyspieszeniem ziemskim. Korzystając z warunku równowagi ciśnień moglibyśmy obliczyć wysokość h na jaką

podniesie się ciecz pomiędzy płytkami jako funkcję odległości płytek d . Jednak ze względu na skomplikowaną zależność h od kształtu powierzchni cieczy, kąta zwilżania i pozostałych czynników wygodniej jest wyznaczyć h jako funkcję d w sposób doświadczalny. Pomiar tej zależności można przeprowadzić zwiększając odległość d płytek szklanych poprzez wstawienie pomiędzy nie cienkich płytek o jednakowej, znanej grubości i mierząc wysokość h na jaką podniesie się woda nad poziom cieczy w naczyniu w obszarze pomiędzy płytkami. Wykreślając krzywą zależności $h=h(d)$ i wykonując pomiar dla folii o nieznannej grubości można tę grubość wyznaczyć z wykresu.

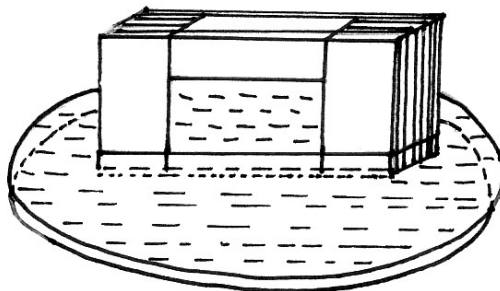
CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Przyrządy i materiały użyte w doświadczeniu:

- 1) niskie naczynie o płaskim dnie,
- 2) 2 płytki szklane (szkiełka makroskopowe),
- 3) 20 płytek nakrywkowych,
- 4) woda,
- 5) aceton,
- 6) papier milimetrowy (i ew. półlogarytmiczny),
- 7) 2 folie o nieznannej grubości.

WYKONANIE DOŚWIADCZENIA

Doświadczenie rozpoczęto od odtłuszczenia płytek szklanych acetonem i spłukania ich wodą aby zapewnić takie same warunki zwilżania płytek przez wodę. Odległość płytek regulowano poprzez wstawienie pomiędzy nie, po obu stronach jednakowej liczby płytek nakrywkowych, jak pokazuje rycina 2.



Ryc. 2.

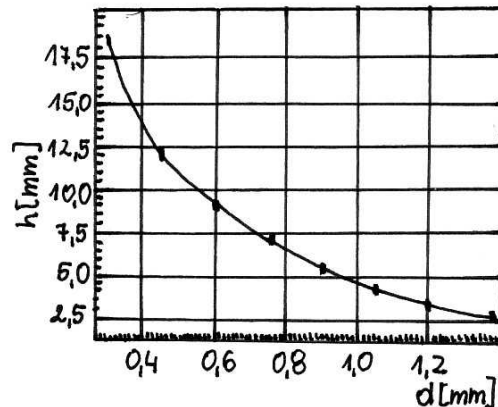
Płytki rozstawiono kolejno na odległość $n = 1, 2, \dots, 10$ płytek nakrywkowych, ścisano i wstawiono do naczynia z wodą prostopadle do dna naczynia, które ustawione było na poziomej płaszczyźnie. Po ustaleniu się równowagi mierzono wysokość słupa wody wypchniętej nad poziom wody w naczyniu. Pomiar przeprowadzono w połowie szerokości szczeliny paskiem papieru milimetrowego przyklejonym na zewnątrz jednej ze szklanych płytek. Wyniki pomiarów zawarte są w tabeli 1.

Tabela 1.

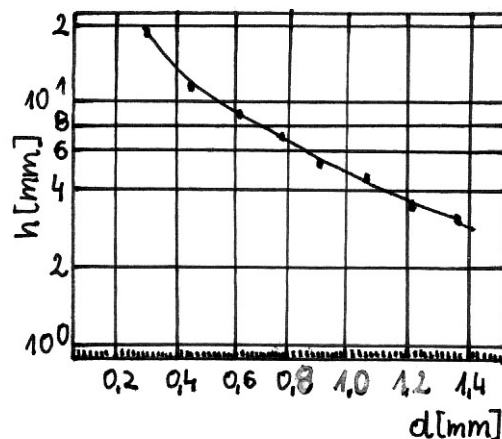
n	d [mm]	h [mm]
2	0,30	18
3	0,45	12
4	0,60	9

5	0,75	7,2
6	0,90	5,5
7	1,05	4,5
8	1,2	3,6
9	1,35	2,8

Na papierze milimetrowym (lub półlogarytmicznym) odłożono wysokość słupa cieczy i błąd odczytu wysokości badanej odległości płytek szklanych (ryc. 3a i 3b) przez otrzymane w ten sposób punkty doświadczalne przeprowadzono gładką krzywą.



Ryc. 3a.



Ryc. 3b.

Wyznaczenie nieznannej grubości folii polegało na zmierzeniu wysokości na jaką podniosła się woda, gdy 2 kawałki tej folii umieszczono pomiędzy szklanymi płytkami po obu ich brzegach i odczytaniu z wykresu odpowiadającej jej grubości stosując interpolację. Błąd wyznaczenia grubości folii także odczytano z wykresu. Dla bardzo cienkich folii poziom wody mógłby się podnieść aż do górnej granicy płytek szklanych i pomiar byłby niemożliwy. Taki przypadek miał miejsce w opisywanym doświadczeniu dla odległości odpowiadającej grubości pojedynczej płytki nakrywkowej $n=1$. dlatego zależność $h = h(d)$ została zmierzona dla $d \geq 0,3$ mm. Wyznaczenie grubości folii cieńszych niż 0,30 mm jest możliwe także na zasadzie interpolacji. Cienką folie, szczególnie gdy jest ona cieńsza niż pojedyncza płytka nakrywkowa, należy umieścić pomiędzy szklanymi płytkami wraz z 1,2 lub 3 płytkami nakrywkowymi dystansującymi płytke szklane. Pozwala to dodatkowo na wyznaczenie grubości w kilku niezależnych pomiarach.

W doświadczeniu wyznaczono grubość folii polietylenowej używanej do opakowań i grubość wywołanej kliszy fotograficznej (slajd). W tym celu każdą z badanych folii przecięto na 2 części i włożono po 1 części po obu brzegach pomiędzy płytki szklane rozsunięte dodatkowo na odległość 2 płytek nakrywkowych. Następnie zmierzono wysokość słupa wody między płytkami. Dla folii do opakowań otrzymano $h_1 = (15 \pm 0,5)$ mm, a dla kliszy fotograficznej $h_2 = (12 \pm 0,5)$ mm. Odczytano z wykresu odpowiadające tym wysokościami odległości płytek szklanych i po uwzględnieniu, że folie te były umieszczone między płytkami szklanymi wraz z 2 płytkami nakrywkowymi oceniono ich grubość na $x_1 = (0,05 \pm 0,01)$ mm i $x_2 = (0,15 \pm 0,03)$ mm.

OCENA BŁĘDÓW

Wielkości mierzone obarczone są błędem pomiarowym związanym z dokładnością pomiaru wysokości słupa wody $\delta h = 0,5$ mm. Ponadto wystąpić mogą błędy systematyczne związane np. z niedokładnym odtłuszczeniem płytek, niejednorodną grubością płytek nakrywkowych, niezachowaniem właściwej geometrii ustawienia płytek. Błąd pomiaru wysokości słupa cieczy związany z występowaniem menisku można prawie całkowicie wyeliminować.

Punktacja.

W dostępnym źródle brak propozycji punktacji.

Źródło:
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole” maj-czerwiec 1991

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl