

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Informatyka, rok II
Zespół numer 3
Piotr Kucharski
Dominik Zabłotny

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 51
Współczynnik załamania ciał stałych

15 listopada 2017r

1 Opracowanie wyników pomiarowych

1.1 Dane pomiarowe i wyniki

Dla poszczególnych próbek dokonano wielokrotnych pomiarów odległości płytki od obiektywu mikroskopu za pomocą śruby mikrometrycznej zamocowanej w mikroskopie gdy obraz powiększenia odpowiednio dla rysunku na górnej lub dolnej części płytki był wyraźny i ostry (zgodnie z uznaniem badających). Dane dla grubszej płytki plexiglasowej zostały przedstawione w tabeli 1.

Materiał: plexiglas			
Grubość rzeczywista $d = 2.18$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górna}}$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górna}}$ [mm]
1	4.83	3.35	1.48
2	4.80	3.35	1.45
3	4.84	3.36	1.48
4	4.82	3.37	1.45
5	4.81	3.35	1.46
6	4.76	3.28	1.48
7	4.72	3.31	1.41
8	4.73	3.30	1.43
9	4.79	3.31	1.48
10	4.77	3.32	1.45

Tabela 1: Wyniki pomiarów dla grubej płytki plexiglasowej.

Z pomiarów obliczono średnią arytmetyczną:

$$\Delta h_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} h_{1i}}{10} \approx 1.46 \text{ mm} \quad (1)$$

którą następnie wykorzystano do obliczenia współczynnika załamania światła w plexiglasie:

$$n_1 = \frac{d_1}{\Delta h_1} \approx 1.49 \quad (2)$$

Następnie zbadano płytkę plexiglasową o mniejszej grubości. Celem badania tego samego materiału jest określenie wpływu grubości ciała na współczynnik załamania światła w ośrodku. Zmierzone dane zawarto w tabeli 2.

Analogicznie do grubej płytki plexiglasu obliczony zostaje średni wynik:

$$\Delta h_2 = \frac{\sum_{i=1}^8 h_{2i}}{8} \approx 3.27 \text{ mm} \quad (3)$$

oraz współczynnik załamania dla cienkiej płytki wykonanej z plexiglasu:

$$n_2 = \frac{d_2}{\Delta h_2} \approx 1.51 \quad (4)$$

Materiał: plexiglas			
Grubość rzeczywista $d = 4.93$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górn}}a$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górn}}a$ [mm]
1	4.03	0.78	3.25
2	4.00	0.74	3.26
3	4.05	0.77	3.28
4	4.03	0.76	3.27
5	4.04	0.77	3.27
6	4.02	0.72	3.30
7	4.02	0.73	3.29
8	4.00	0.76	3.24

Tabela 2: Wyniki pomiarów dla cienkiej płytki plexiglasowej.

Materiał: szkło nieznanego rodzaju			
Grubość rzeczywista $d = 4.31$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górn}}a$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górn}}a$ [mm]
1	4.31	1.77	2.54
2	4.30	1.79	2.51
3	4.29	1.80	2.49
4	4.29	1.79	2.50
5	4.31	1.79	2.52
6	4.31	1.79	2.52
7	4.30	1.80	2.50
8	4.30	1.80	2.50

Tabela 3: Wyniki pomiarów dla płytki szklanej nieznanego rodzaju.

Aby porównać współczynnik załamania w innym ośrodku zbadano płytkę wykonaną ze szkła. Rodzaj szkła nie został określony, przez co pozostaje on nieznan. Zmierzone dane przedstawiono w tabeli 3.

Z uzyskanych danych obliczono średnią grubość pozorną:

$$\Delta h_3 = \frac{\sum_{i=1}^8 h_{3i}}{8} \approx 2.51 \text{ mm} \quad (5)$$

co pozwala na obliczenie współczynnika załamania światła dla szkła:

$$n_3 = \frac{d_3}{\Delta h_3} \approx 1.72 \quad (6)$$

1.2 Niepewność pomiarowa

Niedokładność pomiaru grubości rzeczywistej badanej płytki jest niepewnością typu B, ponieważ nie jest możliwe określenie błędu na podstawie wielokrotnych pomiarów. Jest ona równa niepewności podanej

przez producenta na tabliczce znamionowej śruby mikrometrycznej:

$$u(d) = 0.01 \text{ mm} \quad (7)$$

Analogicznie dla pomiaru odległości płytki od obiektywu mikroskopu - śruba mikrometryczna zamocowana na mikroskopie posiada niepewność ustaloną przez producenta, stąd:

$$u(a) = 0.01 \text{ mm} \quad (8)$$

Błąd wyznaczenia średniej grubości pozornej badanych płytek jest niepewnością typu A, którą wyrażamy estymatorem odchylenia standardowego dla k prób:

$$u(h) = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\Delta h - h_i)^2} \quad (9)$$

Błędy dla poszczególnych pomiarów zostały wyrażone w tabeli 4.

Rodzaj materiału	Niepewność pomiarowa $u(h)$ [mm]
Gruby plexiglas	0.024
Cienki plexiglas	0.020
Szkło nieznanego rodzaju	0.016

Tabela 4: Niepewności pomiarowe średniej grubości pozornej

Niepewność wyznaczenia współczynnika załamania światła jest niepewnością złożoną zależną od niepewności pomiaru rzeczywistej grubości oraz błędu średniej grubości pozornej. Wyraża się ją wzorem:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{\delta n}{\delta d} u(d)\right)^2 + \left(\frac{\delta n}{\delta h} u(h)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{h} u(d)\right)^2 + \left(-\frac{d}{h^2} u(h)\right)^2} \quad (10)$$

Wyniki zostały przedstawione w tabeli 5

Rodzaj materiału	Niepewność pomiarowa $u(n)$
Gruby plexiglas	0.025
Cienki plexiglas	0.0097
Szkło nieznanego rodzaju	0.012

Tabela 5: Niepewność obliczenia współczynnika załamania światła

2 Podsumowanie

Końcowe wartości współczynnika załamania światła zostały zestawione w tabeli 6. Jedynym wynikiem nie zawierającym się w granicach niepewności podstawowej i rozszerzonej jest współczynnik załamania dla cienkiego plexiglasu. Jest to spowodowane nie idealnym określeniem czy obraz powiększenia jest już dostatecznie ostry (niedokładność ludzkiego oka oraz niedoskonałość wyświetlacza mikroskopu) oraz

Rodzaj materiału	Wartość tabelaryczna	Wartość obliczona	Zgodność z wynikiem tabelarycznym
Gruby plexiglas	1.489	1.49 ± 0.025	TAK
Cienki plexiglas	1.489	1.51 ± 0.0097	NIE
Szkło nieznanego rodzaju	1.4 - 1.9	1.72 ± 0.012	TAK

Tabela 6: Podsumowanie wyników oraz porównanie z wartościami tabelarycznymi

możliwą wadliwością wyświetlacza wyniku śruby mikrometrycznej mikroskopu. Podczas delikatnej regulacji położenia stolika z badanym ciałem względem obiektywu w odległościach mniejszych niż 1 mm od mikroskopu wskazówka śruby mikrometrycznej nie wychylała się, po czym gwałtownie zmieniała swoje położenie do dalszego obszaru, jednak nie wiadomo z jaką precyzją, co zwiększa niedokładność pomiarów dla cienkiej płytki plexiglasu. Jednakże, wynik ten w granicach niepewności rozszerzonej zgadza się z współczynnikiem załamania światła dla grubszej płytki wykonanej z plexiglasu, przez co wnioskujemy, że wartość współczynnika załamania światła nie zależy od grubości materiału.