

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

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 51

Współczynnik załamania światła w ciałach stałych

15 listopada 2017r

1 Cel ćwiczenia

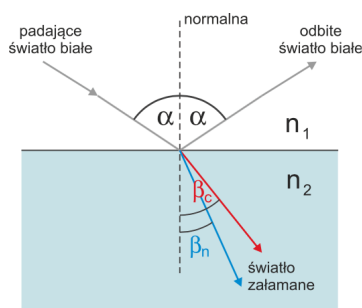
Celem wykonywanego ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika załamania światła dla szkła i zbadanie jego zmian w zależności od długości fali światła padającego.

2 Wstęp teoretyczny

Światło padające na granicę dwóch ośrodków ulega dwóm zjawiskom, odbiciu i załamaniu.

2.1 Prawo odbicia

Jeżeli światło pada na granicę dwóch ośrodków, to ulega zarówno odbiciu na powierzchni granicznej, jak i załamaniu przy przejściu do drugiego ośrodka tak, jak pokazano to na Rys. 1 dla powierzchni płaskiej.



Rysunek 1: Schemat Prawa Odbicia

źródło: OPEN e-Podręczniki AGH - „Prawo odbicia i załamania”

2.2 Prawo załamania

Prawo załamania (tzw. Prawo Snellius’a) definiuje stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania, który jest równy stosunkowi bezwzględnego współczynnika załamania ośrodka pierwszego n_1 , czyli współczynnikowi względnego załamania światła ośrodka drugiego względem pierwszego. Kąty padania i załamania leżą w tej samej płaszczyźnie. Współczynnik załamania zależy od długości fali światła padającego. Po kilku przekształceniach trygonometrycznych otrzymujemy wzór:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n = \text{const} \quad (1)$$

gdzie α to kąt padania, β kąt załamanej wiązki światła, a n to współczynnik załamania światła ośrodka drugiego względem pierwszego.

3 Układ pomiarowy

Układ pomiarowy składa się z:

- Mikroskop wyposażony w czujnik mikrometryczny i nasadkę krzyżową,
- Śruba mikrometryczna,
- Zestaw płytek wykonanych z pleksiglasu oraz ze szkła, różnej długości.

4 Wykonanie ćwiczenia

Schemat wykonania ćwiczenia:

- Wykonanie pomiaru grubości płytek wykonanych z pleksiglasu i szkła za pomocą śruby mikrometrycznej,
- Zamocowanie badanej płytki w uchwycie na stoliku mikroskopu,
- Odczyt wartości przesunięcia czujnika mikrometrycznego a_g ,
- Wykonanie odczytów dla kolejnych płytek.

5 Opracowanie wyników pomiarowych

5.1 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 pleksiglasowej zostały przedstawione w tabeli 1.

Materiał: pleksiglas			
Grubość rzeczywista $d = 2.18$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górną}}$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górną}}$ [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 pleksiglasowej.

Z pomiarów obliczono średnią arytmetyczną:

$$\Delta h_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} h_{1i}}{10} \approx 1.46 \text{ mm} \quad (2)$$

którą następnie wykorzystano do obliczenia współczynnika załamania światła w pleksiglasie:

$$n_1 = \frac{d_1}{\Delta h_1} \approx 1.49 \quad (3)$$

Następnie zbadano płytkę pleksiglasową 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.

Materiał: pleksiglas			
Grubość rzeczywista $d = 4.93$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górną}}$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górną}}$ [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 pleksiglasowej.

Analogicznie do grubej płytki pleksiglasu obliczony zostaje średni wynik:

$$\Delta h_2 = \frac{\sum_{i=1}^8 h_{2i}}{8} \approx 3.27 \text{ mm} \quad (4)$$

oraz współczynnik załamania dla cienkiej płytki wykonanej z pleksiglasu:

$$n_2 = \frac{d_2}{\Delta h_2} \approx 1.51 \quad (5)$$

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.

Materiał: szkło nieznanego rodzaju			
Grubość rzeczywista $d = 4.31$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_{dolna} [mm]	$a_{\text{górna}}$ [mm]	$h = a_{\text{dolna}} - a_{\text{górna}}$ [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.

Z uzyskanych danych obliczono średnią grubość pozorną:

$$\Delta h_3 = \frac{\sum_{i=1}^8 h_{3i}}{8} \approx 2.51 \text{ mm} \quad (6)$$

co pozwala na obliczenie współczynnika załamania światła dla szkła:

$$n_3 = \frac{d_3}{\Delta h_3} \approx 1.72 \quad (7)$$

5.2 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:

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

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

$$u(a) = 0.01 \text{ mm} \quad (9)$$

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

$$u(h) = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\Delta h - h_i)^2} \quad (10)$$

Błędy dla poszczególnych pomiarów zostały wyrażone w tabeli 4.

Rodzaj materiału	Niepewność pomiarowa $u(h)$ [mm]
Gruby pleksiglas	0.024
Cienki pleksiglas	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:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{\delta n}{\delta d} u(d)\right)^2 + \left(\frac{\delta n}{\delta h} u(h)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{h} u(d)\right)^2 + \left(-\frac{d}{h^2} u(h)\right)^2} \quad (11)$$

Wyniki zostały przedstawione w tabeli 5

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

Tabela 5: Niepewność obliczenia współczynnika załamania światła

6 Podsumowanie wyników

Końcowe wartości współczynnika załamania światła zostały zestawione w tabeli 6.

Rodzaj materiału	Wartość tabelaryczna	Wartość obliczona	Zgodność z wynikiem tabelarycznym
Gruby pleksiglas	1.489	1.49 ± 0.025	TAK
Cienki pleksiglas	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

7 Wnioski

Jedynym wynikiem nie zawierającym się w granicach niepewności podstawowej i rozszerzonej jest współczynnik załamania dla cienkiego pleksiglasu. Jest to spowodowane nie idealnym określeniem czy obraz powiększenia jest już dostatecznie ostry (nie dokładność ludzkiego oka oraz niedoskonałość wyświetlacza mikroskopu) oraz 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 pleksiglasu. Jednakże, wynik ten w granicach niepewności rozszerzonej zgadza się z współczynnikiem załamania światła dla grubszej płytki wykonanej z pleksiglasu, przez co wnioskujemy, że wartość współczynnika załamania światła nie zależy od grubości materiału.