

EAIiB Informatyka	Aleksander Lisiecki Natalia Materek	Rok II	Grupa 2	Zespół 6
Pracownia FIZYCZNA WFilS AGH	Temat: <i>Współczynnik załamania ciał stałych</i>			Nr ćwiczenia: 51
Data wykonania: 16.01.2017	Data oddania: 18.01.2017	Zwrot do poprawki:	Data oddania:	Data zaliczenia:
				OCENA:

Ćwiczenie nr 51: Współczynnik załamania ciał stałych

1 Cel ćwiczenia

Wyznaczenie współczynnika załamania światła dla ciał stałych metodą mikroskopu. Zbadanie zależności współczynnika załamania od długości fali.

2 Wstęp

Załamanie światła na granicy dwóch ośrodków przezroczystych. Promień padający biegnący w pierwszym ośrodku pada na granicę ośrodków po czym zmienia kierunek, i jako promień złamany biegnie w ośrodku drugim. Wiązka światła ulega załamaniu, gdy przechodzi z jednego ośrodka do drugiego o innych własnościach optycznych.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

gdzie

α kąt padania

β kąt załamania

V_1 prędkość światła w ośrodku pierwszym $\left[\frac{m}{s}\right]$

V_2 prędkość światła w ośrodku drugim $\left[\frac{m}{s}\right]$

Stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania, zwany współczynnikiem załamania n ośrodka 2 względem ośrodka 1, jest równy stosunkowi prędkości rozchodzenia się fali w ośrodku 1 do prędkości rozchodzenia się fali w ośrodku 2. W obu ośrodkach promień fali padającej, promień fali załamanej i prosta prostopadła do granicy ośrodków leżą w jednej płaszczyźnie. Prawo załamania zostało sformułowane przez Snelliusa w XVII wieku.

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

gdzie

n względny współczynnik załamania światła ośrodka 2 względem ośrodka 1

n_1 bezwzględny współczynnik załamania światła dla ośrodka 1 wynoszący $n_1 = \frac{c}{v_1}$

n_2 bezwzględny współczynnik załamania światła dla ośrodka 2 wynoszący $n_2 = \frac{c}{v_2}$

c prędkość światła w próżni $\left[\frac{m}{s}\right]$

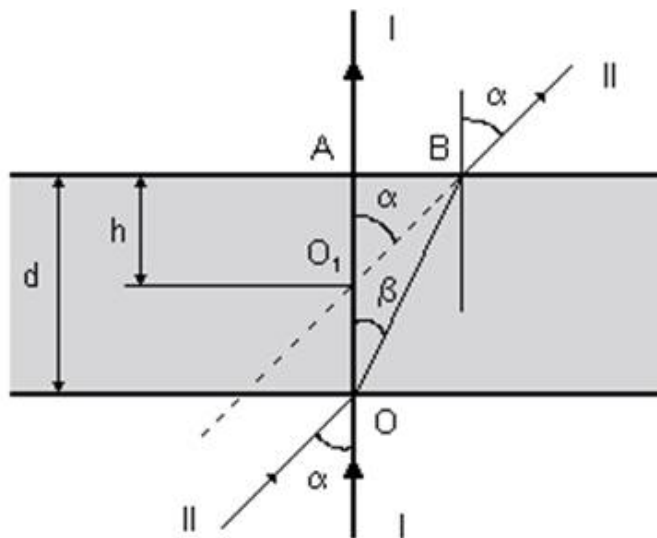
W płytce równoległościennnej zachodzi:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{d}{h} \quad (3)$$

gdzie

d grubość rzeczywista płytki równoległościennnej [mm]

h grubość pozorna płytki równoległościennnej [mm]



Rysunek 1: Powstanie pozornego obrazu O_1 punktu O leżącego na dolnej powierzchni płytki płaskorównoległej.

W skutek załamania wiązki światła odległości przedmiotów umieszczonych w środowisku optycznie gęstszym obserwowane z powietrza wydają się mniejsze. Przykładami mogą być szyba, która wydaje się być cieńsza niż w rzeczywistości lub choćby nawet przedmioty w wodzie, które wydają się być bliżej tafli. Widać to wyraźnie na przykładzie płytki płaskorównoległej: Promień OB tworzy z prostą wewnątrz szkła kąt β , a w powietrzu kąt α (wskutek załamania $\alpha > \beta$). Obserwowane promienie, które wychodzą z płytki są rozbieżne, a ich przedłużenia przecinają się w punkcie O_1 tworząc obraz pozorny. Rzeczywista grubość płytki to: $d = AO$, natomiast $h = AO_1$ stanowi pozorną grubość płytki płaskorównoległej.

3 Układ pomiarowy

1. Mikroskop wyposażony w czujnik mikrometryczny i nasadkę krzyżową.
2. Śruba mikrometryczna.
3. Płytki szklane i z pleksiglasu.

4 Przebieg doświadczenia

1. Odczytanie położenia a_g z wskazówki czujnika mikrometrycznego po uzyskaniu ostrego obrazu śladu na górnej powierzchni płytki (przez przesunięcie stolika mikroskopu).

- Odczytanie położenia a_d z wskazówki czujnika mikrometrycznego po uzyskaniu ostrego obrazu śladu na dolnej powierzchni płytki (przez przesunięcie stolika mikroskopu).
- Policzenie grubości pozornej $h = a_d - a_g$
- Powtórzenie kroków 1 i 3 dziesięciokrotnie dla każdej płytki oraz dla płytki z filtrem czerwonym/ niebieskim.
- Obliczenie średniej grubości pozornej ze wzoru:

$$h_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} h_i}{10} \quad (4)$$

gdzie h_i to kolejne pomiary h

- Obliczenie względnego współczynnika załamania światła korzystając ze wzoru 3.
- Obliczenie niepewności pomiarowych.

5 Wyniki pomiarów

Materiał: szkło Grubość rzeczywista: $d = 2,73$ [mm] niepewność $u(d) = 0,0058$ [mm]			
Lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_d	a_g	$h = a_d - a_g$
	[mm]	[mm]	[mm]
1.	6,03	4,19	1,84
2.	6,11	4,03	2,08
3.	6,07	4,03	2,04
4.	6,02	4,23	1,79
5.	6,02	4,23	1,79
6.	5,85	4,00	1,85
7.	5,82	3,98	1,84
8.	5,87	4,02	1,85
9.	5,87	4,01	1,86
10.	5,86	4,03	1,83
		Wartość średnia h_{sr} [mm]	1,88
		Niepewność $u(h)$ [mm]	...

Materiał: pleksiglas Grubość rzeczywista: $d = 1,50$ [mm] niepewność $u(d) = 0,0058$ [mm]			
Lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_d	a_g	$h = a_d - a_g$
	[mm]	[mm]	[mm]
1.	1,09	0,00	1,09
2.	1,08	0,00	1,08
3.	1,10	0,00	1,10
4.	1,05	0,00	1,05
5.	1,07	0,00	1,07
6.	1,13	0,00	1,13
7.	1,11	0,00	1,11
8.	1,09	0,00	1,09
9.	1,07	0,00	1,07
10.	1,10	0,00	1,10
		Wartość średnia \bar{h}_{sr} [mm]	1,09
		Niepewność $u(h)$ [mm]	...

Materiał: szkło, filtr czerwony Grubość rzeczywista: $d = 2,73$ [mm] niepewność $u(d) = 0,0058$ [mm]			
Lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_d	a_g	$h = a_d - a_g$
	[mm]	[mm]	[mm]
1.	5,77	4,04	1,73
2.	5,90	3,98	1,92
3.	5,95	3,95	2,00
4.	5,73	3,98	1,75
5.	5,76	4,00	1,76
6.	5,85	4,01	1,84
7.	5,90	3,98	1,92
8.	5,98	4,03	1,95
9.	6,01	4,05	1,98
10.	6,03	4,09	1,94
		Wartość średnia \bar{h}_{sr} [mm]	1,80
		Niepewność $u(h)$ [mm]	...

Materiał: pleksiglas, filtr niebieski Grubość rzeczywista: $d = 1,50$ [mm] niepewność $u(d) = 0,0058$ [mm]			
Lp.	Wskazanie czujnika		Grubość pozorna
	a_d	a_g	$h = a_d - a_g$
	[mm]	[mm]	[mm]
1.	1,07	0,00	1,07
2.	1,06	0,00	1,06
3.	1,08	0,00	1,08
4.	1,00	0,00	1,00
5.	1,02	0,00	1,02
6.	1,05	0,00	1,05
7.	1,04	0,00	1,04
8.	1,05	0,00	1,05
9.	1,06	0,00	1,06
10.	1,01	0,00	1,01
		Wartość średnia \bar{h}_{sr} [mm]	1,01
		Niepewność $u(h)$ [mm]	...

6 Obliczenia

6.1 Obliczenie wartości współczynnika n

Aby obliczyć współczynnik załamania n dla każdej próbki korzystamy ze wzoru 3.

Współczynnik załamania dla szkła bez filtra:

$$n = \frac{2,73}{1,88} \approx \dots$$

Współczynnik załamania dla szkła z czerwonym filtrem:

$$n = \frac{2,73}{1,80} \approx \dots$$

Współczynnik załamania dla pleksiglasu bez filtra:

$$n = \frac{1,50}{1,09} \approx \dots$$

Współczynnik załamania dla pleksiglasu z niebieskim filtrem:

$$n = \frac{1,50}{1,04} \approx \dots$$

6.2 Niepewność wyznaczenia grubości płytki

Niedokładność pomiaru śrubą mikrometryczną wynosi $0,01\text{mm}$ gdyż jest to najmniejsza możliwa do odczytania wartość na śrubie mikrometrycznej.

Więc niepewność pomiaru grubości płytki typu B przyjmujemy:

$$u(d) = \frac{0,01}{\sqrt{3}} \approx 0,0058[\text{mm}]$$

6.3 Niepewność wyznaczenia grubości pozornej

Do obliczenia niepewności typu A dla grubości pozornej h korzystamy ze wzoru:

$$u(h) = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}}$$

gdzie

$u(h)$ niepewność wyznaczenia średniej grubości pozornej $[\text{mm}]$

n liczba pomiarów

h_i grubość pozorna wyznaczona w i -tym pomiarze $[\text{mm}]$

Dla szkła bez filtru:

$$u(h) = \sqrt{\frac{(1,84 - 1,88)^2 + \dots + (1,83 - 1,88)^2}{10(10-1)}} \text{ mm} = \dots \text{ mm}$$

Dla szkła z czerwonym filtrem:

$$u(h) = \sqrt{\frac{(1,73 - 1,80)^2 + \dots + (1,94 - 1,80)^2}{10(10-1)}} \text{ mm} = \dots \text{ mm}$$

Dla pleksiglasu bez filtru:

$$u(h) = \sqrt{\frac{(1,09 - 1,09)^2 + \dots + (1,11 - 1,09)^2}{10(10-1)}} \text{ mm} = \dots \text{ mm}$$

Dla pleksiglasu z niebieskim filtrem:

$$u(h) = \sqrt{\frac{(1,07 - 1,04)^2 + \dots + (1,01 - 1,04)^2}{10(10-1)}} \text{ mm} = \dots \text{ mm}$$

6.4 Niepewność wyznaczenia współczynnika załamania

Następnie wyznaczamy niepewność obliczonego współczynnika załamania światła z prawa przenoszenia niepewności:

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

gdzie

$u(n)$

$u(d)$

$u(h)$

Dla szkła bez filtru:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{1}{\dots} \cdot 0,0058\right)^2 + \left(\frac{\dots}{\dots^2} \cdot \dots\right)^2} = \dots$$

Dla szkła z czerwonym filtrem:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{1}{\dots} \cdot 0,0058\right)^2 + \left(\frac{\dots}{\dots^2} \cdot \dots\right)^2} = \dots$$

Dla pleksiglasu bez filtru:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{1}{\dots} \cdot 0,0058\right)^2 + \left(\frac{\dots}{\dots^2} \cdot \dots\right)^2} = \dots$$

Dla pleksiglasu z niebieskim filtrem:

$$u(n) = \sqrt{\left(\frac{1}{\dots} \cdot 0,0058\right)^2 + \left(\frac{\dots}{\dots^2} \cdot \dots\right)^2} = \dots$$

7 Porównanie z wartościami tabelarycznymi

rodzaj materiału	n zmierzone	n tablicowe
szkło (bez filtru)		
szkło (filtr czerwony)		
pleksiglas (bez filtru)		
pleksiglas (filtr niebieski)		

8 Wnioski

1. cos tam