

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. Т. ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

---

# ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ХВИЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ БІПРИЗМИ ФРЕНЕЛЯ

---

*Автор:*

Холоімов Валерій

23 марта 2021 г.

# 1 Вступна частина

**Мета роботи:** засвоїти інтерференційний метод вимірювання довжини хвилі за допомогою біпризми Френеля.

**Прилади:** оптична лава, джерело світла (ртутна лампа або газовий лазер), конденсор, щілинна діафрагма, світлофільтри, біпризма Френеля, окулярний мікрометр, теодоліт.

## *Теоретичні відомості*

Головні складові рефрактометра - дві призми  $K$  та  $K'$ . Призми повернуті одна до одної діагональними поверхнями, між якими утворюється тонкий плоскопаралельний прошарок. Грань АВ верхньої призми матова і служить для освітлення розсіяним світлом рідини. Нижня, вимірююча призма  $K'$  зроблена з важкого флінту ( $n > 1,7$ ) і має величину заломлюючого кута близьку до 60. Призма  $K$  зв'язана з шарніром і може бути відведена від призми  $K'$ . 2-3 краплі досліджуваної рідини капають на гіпотенузу грань вимірювальної призми  $K'$  і опускають на неї освітлювальну призму так, що між призмами залишається тонкий шар рідини.

Світло, розсіяне матовою поверхнею верхньої призми, проходить тонкий шар досліджуваної рідини і падає на діагональну грань вимірювальної призми під різними кутами в межах від 0 до 90. Промінь світла, кут падіння якого дорівнює 90, називається ковзним. Оскільки показник заломлення досліджуваної рідини менший за показник заломлення призми  $K'$ , то ковзний світловий пучок, заломлюючись на межі рідина-скло, піде у нижній призмі під граничним кутом заломлення  $\beta$ . Світло, розсіяне матовою поверхнею верхньої призми, проходить тонкий шар досліджуваної рідини і падає на діагональну грань вимірювальної призми під різними кутами в межах від 0 до 90. Промінь світла, кут падіння якого дорівнює 90, називається ковзним. Оскільки показник заломлення досліджуваної рідини менший за показник заломлення призми  $K'$ , то ковзний світловий пучок, заломлюючись на межі рідина-скло, піде у нижній призмі під граничним кутом заломлення. При всіх кутах падіння  $\alpha < 90$  світлові промені заломлюються під меншими кутами, виходять з призми  $K'$  під більшими кутами до її гіпотенузи і дадуть зображення в зоровій трубі в точках фокальної площини нижче, ніж точка для променів з граничним кутом  $\beta$ . Таким чином, нижня половина поля зору в трубі буде світлою, а верхня - темною, оскільки паралельні промені з кутами заломлення, більшими, ніж  $\beta$  відсутні. Межею світла та тіні є промінь з граничним кутом.

При використанні білого світла замість різкої межі між світлою і темною частинами поля зору спостерігається райдужне, кольорове забарвлення межі внаслідок розкладання білого променя. Кольорове забарвлення межі зумовлене залежністю показників заломлення досліджуваної рідини та вимірювальної призми від довжини хвилі світла. Щоб уникнути кольорового забарвлення межі, в рефрактометрі є спеціальний компенсатор дисперсії, який встановлено перед об'єктивом зорової труби. Компенсатор складається з двох призм прямого зору – призми Амічі, які можуть обертатися навколо оптичної осі зорової труби в протилежних напрямках. Призма Амічі складається з трьох призми: двох крайніх з крону і середньої з флінту, причому вони підібрані так, щоб жовті промені проходили цю систему без відхилення. Можна встановити призми Амічі в такому положенні, що їх сумарна дисперсія в напрямку, перпендикулярному до межі світла і тіні, компенсувала дисперсію досліджуваної рідини і вимірювальної призми. При цьому межа світла-тіні стане незабарвленою і її положення співпаде з положенням межі, яку утворює жовте світло. Тому шкала рефрактометра градується в значеннях показника заломлення  $n_D$  для довжини хвилі жовтої лінії натрію. За величиною кута повороту компенсатора можна приблизно визначити

величину дисперсії досліджуваної рідини. Для цього на ручку компенсатора нанесена відповідна шкала. Якщо відомі показник заломлення призми, заломлюючий кут призми і кут, під яким спостерігається межа світла і тіні, можна розрахувати показник заломлення досліджуваної рідини. На цьому принципі заснована робота лабораторного рефрактометра. У рефрактометрі РЛ-2 на шкалі приладу вже нанесені значення показника заломлення рідин, отже необхідно візирну лінію, яку видно в окуляр зорової труби, на границю світла й тіні, і тоді ми одержимо  $n$  вимірюваної речовини.

На рисунку подано оптичну схему рефрактометра РЛ-2. Промені від джерела світла через віконце у верхній камері потрапляють на освітлювальну призму 3, проходять тонкий шар досліджуваної рідини, який знаходиться між двома гіпотенузними гранями призми 3 та призми 4. Далі промені проходять дисперсійний компенсатор 5 (призму Амічі), об'єктив 6, призму 7, сітку 8, шкалу 9 і крізь окуляр 10, 11 потрапляють в око спостерігача. Зорова труба складається з об'єктива 6 та окуляра 10, 11. Прямокутна призма 7 повертає промені на  $90^\circ$ .

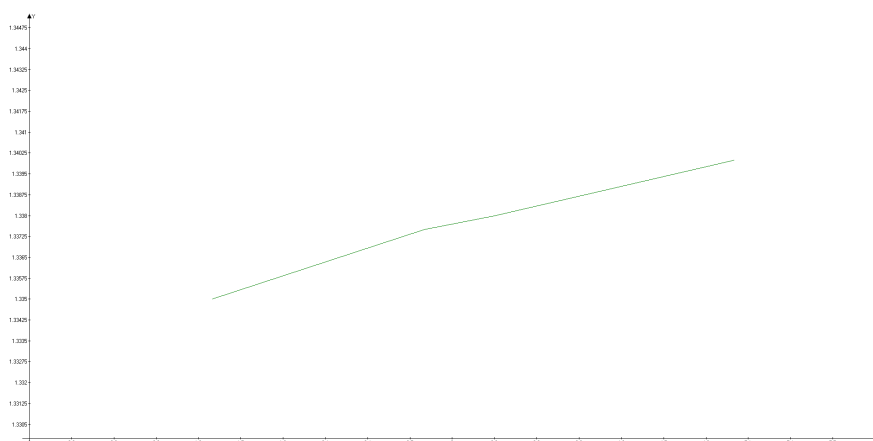
Дивлячись у зорову трубу, суміщають границю світлотіні з візирною лінією сітки 8 і по шкалі 9 вимірюють відповідний показник заломлення.

Джерелом світла може бути звичайна електролампа або денне світло. При дослідженні прозорих розчинів слід працювати у світлі, що проходить. Для цього світло направляють у вікно верхньої камери. При дослідженні темних розчинів краще працювати у відбитому світлі, щоб уникнути значного поглинання світлової енергії в шарі рідини, від чого контрастність світлових полів і чіткість границі світлотіні зменшуються. При роботі у відбитому світлі світловий потік направляється безпосередньо у вікно вимірювальної призми.

## 2 Практична частина

*Визначення концентрації розчину за допомогою коефіцієнта заломлення*

%	% exp	n
2	1,3	1,335
4	2,8	1,3375
6	3,3	1,338
8	5	1,34
x	3,2	1,337



З графіку можна побачити, що коефіцієнту заломлення відповідає концентрація  $\approx 3,1$ . Експериментально визначена концентрація розчину: 3,2. Теоретичне відхилення:  $\epsilon = \frac{3,2-3,1}{3,1} = 3\%$

*Визначення питомої рефракції*

Робоча формула:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \cdot \frac{1}{\rho}$$

Визначення рефракції					
	n	$\rho$	R	R rez	Відхилення
NaCl	1,34	1032	0,000275766	0,000273783	0,32
NaSO <sub>4</sub>	1,335	1042	0,000269819		
Суміш	1,3365	1034			
				0,000272906	

Похибку у роботі обчислюємо наступним чином:

1. Обчислюємо стандартну похибку за формулою  $S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - x^2}{n(n-1)}}$
2. Обчислюємо випадкову похибку  $\Delta x = t(\alpha, n) S_x$ ,  $t(\alpha, n)$  - коефіцієнт Стюдента.
3.  $\Delta x_{instr} = 0,05\%$
4.  $\Delta x = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta x_{instr})^2}$
5.  $F = F_{ser} \pm \Delta F$

## 2.1 Отримані результати у роботі

Концентрація солі невідомого розчину  $\% = 3,2 \pm 0,1$

Питома рефракція для суміші розчинів  $R = 0,000273 \pm 0,00002$

## 3 Висновок

ми провели низку експериментів, у яких визначили коефіцієнт заломлення для розчинів з різною концентрацією солей, а також питому рефракцію для суміші розчинів. Отримані нами експериментальні результати є досить близькими до теоретичних, що може свідчити про правильність виконання експериментів. Відповідні отримані результати наведені згори.

Відносна похибка:

$$\xi_1 = \frac{0,1}{3,2} = 3\%$$

$$\xi_2 = \frac{0,00002}{0,000273} = 7,3\%$$