

## Лабораторна робота 11

### *Вивчення явища дисперсії світла.*

### *Визначення дисперсії*

### *скляної призми гоніометром*

Мета роботи: Вивчення явища дисперсії світла і методу визначення за допомогою гоніометра залежності показника заломлення речовини від довжини хвилі світла, визначення дисперсії скляної призми.

Прилади і обладнання: гоніометр ГС-5, призма, ртутна лампа.

#### Опис методу та установки

Нині для вивчення спектрів широко використовують призмові спектроскопи, дія яких ґрунтується на явищі дисперсії світла. Основною частиною спектроскопа є призма, яка розкладає на спектр паралельний пучок падаючого білого світла. Показник заломлення променів залежить від довжини хвилі, тому з призми виходять монохроматичні пучки променів під різними кутами, і спектр складається з окремих різноколірних ліній (лінійчастий спектр).

Для вивчення спектрів видимої чи близької інфрачервоної частини спектра лінзи та призми спектроскопа виготовляють зі скла. Для вивчення спектрів в ультрафіолетовій частині спектра як матеріал для лінз та призм беруть прозору в ультрафіолеті речовину – кварц. Якщо порівняти між собою спектри, отримані від призм із різних речовин, то виявляється, що вони відрізняються не тільки показниками заломлення, а й формою кривої залежності  $n=f(\lambda_0)$ , тобто різні речовини мають різну дисперсію.

Для пояснення методу визначення показника заломлення речовини, з якої виготовлено призму спектроскопа, розглянемо заломлення світла в симетричній тригранній призмі (рис. 1).

Монохроматичний промінь  $PM$ , який заломився у призмі, виходить у напрямі  $NQ$ , що утворює з первісним напрямом де-

який кут  $\delta$ . Для цієї призми кут відхилення  $\delta$  залежить від значення кута падіння  $i_1$  променя  $PM$  на призму. При деякому значенні кута  $i_1$  кут відхилення  $\delta$  досягає мінімуму  $\delta_{\min}$ . Це значення  $\delta_{\min}$  називають кутом найменшого відхилення променя призмою. Тригонометричний розрахунок проходження променя через призму, тобто коли промінь  $MN$  паралельний основі призми  $BC$ , показує, що  $i_1 = i'_1$ .

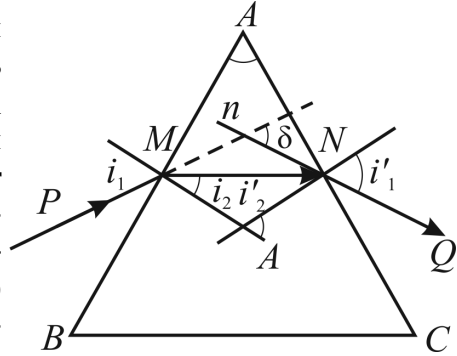


Рис. 1

Нехай  $i_1$  – кут падіння променя на грань  $AB$ ,  $i_2$  – кут заломлення у призмі,  $n$  – показник заломлення другого середовища відносно першого, тоді за законом заломлення світла

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}.$$

При виході з призми кут падіння променя –  $i'_2$ , кут заломлення –  $i'_1$ . З рис. 1 випливає, що

$$i_2 + i'_2 = A.$$

При симетричному проходженні променя  $MN$  через призму ( $i'_2 = i_2$ ) кут заломлення в призмі

$$i_2 = \frac{A}{2}.$$

Мінімальний кут відхилення

$$\delta_{\min} = (i_1 - i_2) + (i'_1 - i'_2).$$

Оскільки для кута найменшого відхилення  $i'_2 = i_2$  та  $i'_1 = i_1$ , то

$$\delta_{\min} = 2i_1 - 2i_2.$$

Підставивши замість  $i_2$  його значення, дістанемо

$$\delta_{\min} = 2i_1 - A,$$

звідки

$$i_1 = \frac{A + \delta_{\min}}{2}.$$

Підставляючи у вираз для закону заломлення світла значення  $i_1$  та  $i_2$ , маємо

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}. \quad (1)$$

Із (1) можна визначити показник заломлення  $n$  матеріалу призми, вимірюючи гоніометром кут найменшого відхилення  $\delta_{\min}$  та кут заломлення призми  $A$ .

Гоніометр ГС-5 є оптичним вимірювальним приладом лабораторного типу, призначеним для вимірювання:

- кутів між плоскими полірованими гранями твердих прозорих та непрозорих деталей;
- показника заломлення прозорих твердих матеріалів за вимірним кутом;
- дисперсії та кута найменшого відхилення призм;
- пірамідальності призм.

Крім того, гоніометр ГС-5 використовують для дослідження параметрів дифракційних решіток.

У цій роботі гоніометр використовуємо для дослідження залежності коефіцієнта заломлення прозорих призм від довжини світлової хвилі та кута заломлення призми.

Відлік за мікроскопом. Поле зору відлікового мікроскопа подано на рис. 2. У лівому віконці можна побачити пряме та зворотне зображення діаметрально протилежних час-

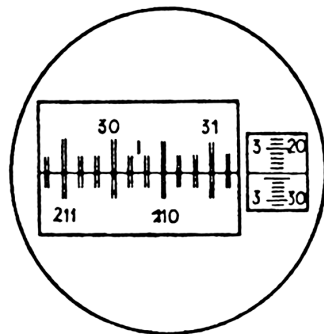


Рис. 2

тин лімба та вертикальний індекс (штрих). У правому віконці можна побачити поділки шкали оптичного мікрометра та горизонтальний індекс.

Для відліку за лімбом необхідно повернути маховичок оптичного мікрометра 7 (рис. 3) настільки, щоб верхні та нижні штрихи лімба в лівому віконці збігалися.

Кількість градусів буде дорівнювати видимій найближчій лівій від вертикального індексу цифрі. Кількість десятків хвилин дорівнює кількості інтервалів, розміщених між верхнім штрихом, що відповідає кількості градусів, та нижнім цифрованим штрихом, який відрізняється від верхнього на  $180^\circ$ . Кількість хвилин відлічують за шкалою мікрометра в правому віконці за лівим рядом чисел над горизонтальним індексом. Кількість десятків секунд – за правим рядом чисел над горизонтальним індексом. Кількість одиниць секунд дорівнює кількості поділок між штрихом, який відповідає десяткам секунд, та горизонтальним індексом. На рис. 2 положенню індексів відповідає відлік  $31^\circ 23' 56''$ .

#### Порядок виконання роботи

**Завдання 1.** Одержання спектра ртутної лампи та встановлення призми у мінімумі відхилення.

1. Увімкнути ртутну лампу, встановити зорову трубу (див. рис. 3) поворотом від руки навпроти щілини коліматора. У полі зору труби має бути зображення щілини коліматора, що світиться. Фокусувальним гвинтом на коліматорі добитися чіткого її зображення.

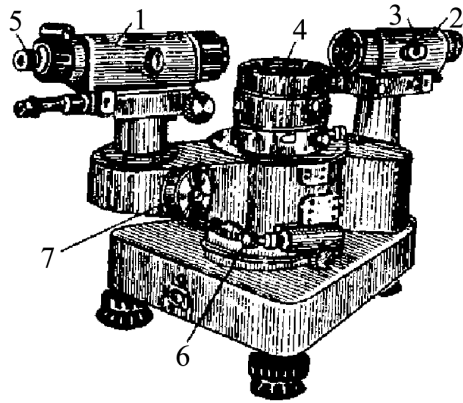


Рис. 3:

- 1 – зорова труба; 2 – коліматор із щілиною; 3 – фокусувальний гвинт;
- 4 – столик гоніометра; 5 – окуляр зорової труби; 6 – стопорний гвинт;
- 7 – маховичок оптичного мікрометра

- Установити на столик гоніометра призму так, щоб її заломлювальне ребро було паралельним вісь обертання гоніометра. Обертаючи рукою столик і зорovu трубу навколо вертикальної вісі, добитися зображення спектра в окулярі зорової труби (рис. 4).

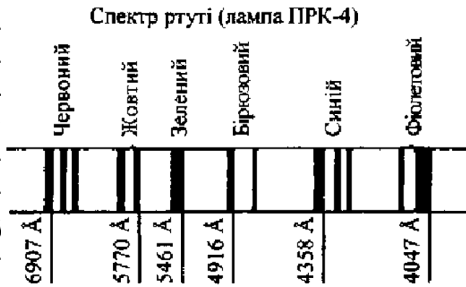


Рис. 4

- Установити призму в мінімумі відхилення. Для цього необхідно, зміщуючи зорovu трубу, знайти таке її положення, щоб при русі столика з призмою в одному напрямі зображення спектра змінювалось на протилежний напрям свого зміщення. У момент зміни напрямку руху спектра зафіксувати столик гоніометра стопорним гвинтом (див. рис. 3).

*Завдання 2.* Вимірювання кутів найменшого відхилення для всіх ліній спектра ртуті.

- Переміщуючи зорovu трубу, сумістити центр перехрестя сітки зорової труби із серединою фіолетової лінії спектра (рис. 5).
- За відліковим мікроскопом дістати відлік кута  $\beta_1$ , як щойно описано.
- Переміщенням тільки зорової труби сумістити центр перехрестя окуляра із серединою синьої лінії спектра (рис. 5) та дістати відлік кута  $\beta_2$  для синьої лінії. Такі самі відліки дістати для всіх ліній спектра ртуті.
- Зняти призму зі столика гоніометра. Переміщуючи зорovu трубу, сумістити центр перехрестя сітки зорової труби із середи-

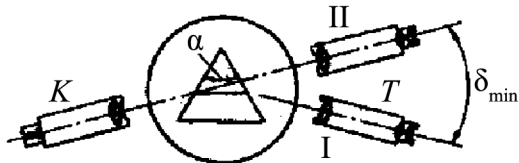


Рис. 5

ною зображення щілини коліматора (рис. 5). За відліковим мікроскопом дістати відлік кута  $\beta_0$ . Результати занести в табл. 1.

Т а б л и ц я 1

$\lambda_0, \text{Å}$	$n$	$\beta_0$	$\beta_i$	$\delta_{\min}$	$A$	$\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}$	$\sin \frac{A}{2}$

- Обчислити кут найменшого відхилення для всіх ліній спектра як різницю відліків  $\delta_{\min} = \beta_i - \beta_0$ .

*Завдання 3.* Визначення показника заломлення скляної призми для всіх довжин хвиль, відповідних спектральних ліній ртуті, що спостерігаються.

- За виміряним у завданні 2 кутом  $\delta_{\min}$  для всіх спектральних ліній, що спостерігаються, та за заданим кутом заломлення призми  $\hat{A} = 45^\circ$  за формулою (1) визначити показник заломлення скла, який відповідає всім довжинам хвиль.
- Побудувати залежність  $n = f(\lambda_0)$  – дисперсійну криву для досліджуваного матеріалу (скла). Визначити закономірність зміни функції  $n = f(\lambda_0)$ . Вказати, який вид дисперсії має місце в цьому досліді.

*Завдання 4.* Визначення дисперсії та роздільної здатності призми.

- Із залежності  $n = f(\lambda_0)$  визначити середнє значення дисперсії скла, яке відповідає краям видимого спектра ртуті. Результати записати в табл. 2.

Т а б л и ц я 2

Колір спектральної лінії	$\lambda_0, \text{Å}$	$D_{\text{cp}} = \frac{n_{\text{cp}} - n_k}{\lambda_{\text{cp}} - \lambda_k}, \text{ м}^{-1}$	$R$

2. Визначити роздільну здатність  $R$  призми, яка залежить від середньої дисперсії призми  $D_{\text{cp}}$  та довжини її основи  $R = D_{\text{cp}} b$ . Результати записати в табл. 2.

### Контрольні запитання

1. Що називається дисперсією світла?
2. Які види дисперсії ви знаєте?
3. Що ви розумієте під дисперсією речовини?
4. За якої умови спостерігається аномальна дисперсія речовини?
5. Яке фізичне значення показника заломлення речовини?
6. Що таке фазова швидкість світла? Довести формулу.
7. Що таке групова швидкість світла? Довести формулу.
8. У чому полягає суть теорії дисперсії світла? Запишіть дисперсійну формулу (теоретичну) та побудуйте її графік.
9. Вкажіть застосування явища дисперсії світла.
10. Як виникає призматичний спектр білого світла?
11. У чому полягає метод визначення показника заломлення речовини за допомогою гоніометра? Нарисуйте хід монохроматичного променя в призмі. Доведіть робочу формулу для визначення показника заломлення призми.
12. Як визначається дисперсія?
13. Розкажіть, як проводиться юстирування гоніометра ГС-5.