

Тема. Визначення довжини світлової хвилі

Теоретичні відомості та практичні поради

Довжину світлової хвилі можна дуже точно виміряти за допомогою дифракційної решітки. Дифракційна решітка – це сукупність великої кількості вузьких щілин, розділених непрозорими проміжками. Якщо ширина прозорих щілин  $a$ , ширина непрозорих  $b$ , то величина  $d = a + b$  називається періодом решітки. Нехай на решітку падає плоска монохроматична хвиля, довжина якої  $\lambda$  (рисунок 1). Вторинні джерела у щілинах створюють світлові хвилі, які поширюються у всіх напрямках. Знаходимо умову, за якої хвилі, що йдуть від щілини, підсилюють одна одну. Розглянемо хвилі, які поширюються у напрямі, що визначається кутом  $\varphi$ . Різниця ходу між хвилями від країв сусідніх щілин дорівнює довжині відрізка  $AC$ . Якщо на цьому відрізку вміщується ціле число довжин хвиль, то хвилі від усіх щілин, додаючись, підсилюватимуть одна одну. З трикутника  $ABC$  можна знайти катет  $AC$ :  $AC = AB \sin \varphi = d \sin \varphi$ .

Максимуми спостерігатимуться під кутом  $\varphi$ , що визначається з умови:

$$d \sin \varphi = k \lambda \quad (1)$$

де  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ . За решіткою стоїть збиральна лінза  $L$ , у фокальній площині якої встановлено екран  $E$ . Лінза фокусує хвилі, що йдуть паралельно, в одній точці  $M$ , в якій хвилі накладаються, підсилюючи одна одну. Кути  $\varphi$ , які відповідають умові (1), визначають місце максимуму на екрані.

Оскільки місце максимумів (крім центрального, що відповідає  $k = 0$ ) залежить від довжини хвилі, то решітка розкладає біле світло на спектр (мал. 1). Чим більше значення  $\lambda$ , тим більше значення  $\varphi$ , яке відповідає максимуму при даному значенні  $k$ . Кожному значенню  $k$  відповідає свій спектр. Довжина світлової хвилі визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k},$$

де  $d$  – період ґратки;  $k$  – період спектра;  $\varphi$  – кут, під яким спостерігається максимум світла відповідного кольору.

Якщо кут  $\varphi$  малий, то  $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$ . З рисунка видно, що  $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$ . Відстань  $a$  відраховують по шкалі оптичної лави від ґратки до екрана, відстань  $b$  вимірюється на екрані від центрального максимуму до вибраної лінії спектру.

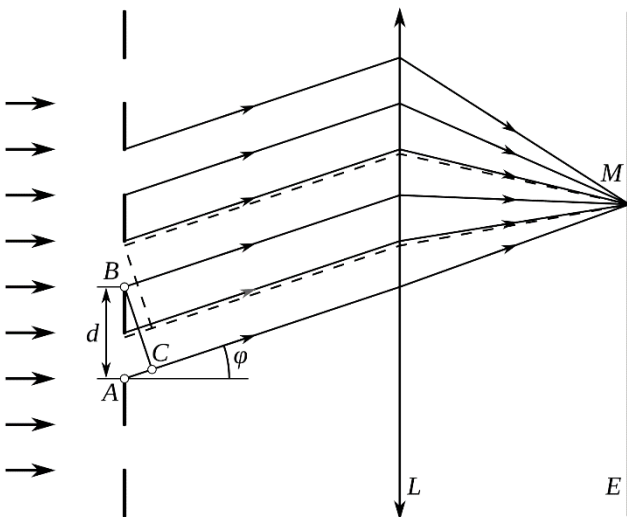


Рисунок 1

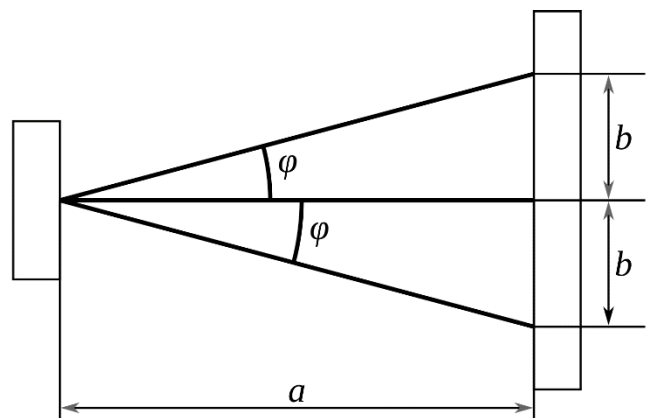


Рисунок 2

## Тема. Визначення довжини світлової хвилі

**Мета:** за допомогою дифракційної ґратки визначити довжину світлової хвилі, оцінити абсолютну та відносну похибки експерименту.

**Обладнання:** блок живлення, джерело світла, з'єднувальні провідники, оптична лавка, лінза збиральна короткофокусна, дифракційна ґратка, повзунок, екран.



Малюнок 1

---

### Виконання роботи

---

Результати вимірів та обчислень одразу записую до таблиці.

1. На краю оптичної лави встановлюю джерело світла.
2. Розміщую на оптичній лаві лінзу, рейтер, до якого прикріплюю дифракційну ґратку на 500 штрихів/мм, а на протилежному краю оптичної лави – екран зі шкалою (мал. 1).
3. Під'єдную джерело світла до джерела струму.
4. Пересуваючи лінзу та дифракційну решітку вздовж оптичної лави, отримую на екрані яскраво-кольорові, чіткі, стійкі спектри.
5. Записую, вказану на ґратці, кількість штрихів на мм. Уважно розглядаю написи на ґратці  $N$ .  
Визначаю її період за формулою:  $d = \frac{1}{N}$ ;  $d = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{N} = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

6. Вимірюю відстань  $b$  до лінії фіолетового кольору у спектрі першого порядку вправо або вліво від центрального максимуму (від нуля на шкалі екрана):  $b_\phi = \underline{\hspace{2cm}}$  м.
7. Вимірюю відстань  $a$  від дифракційної ґратки до екрана:  $a_\phi = \underline{\hspace{2cm}}$  м.
8. Обчислюю  $\sin \varphi_1 = \frac{b_\phi}{a_\phi}$ :  $\sin \varphi_1 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

9. Обчислюю довжину хвилі фіолетового світла:  $\lambda_{\phi} = \frac{d \cdot \sin \varphi_1}{k}$ ;  $\lambda_{\phi} = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

10. Обчислюю довжину хвилі синього, блакитного, зеленого, жовтого, оранжевого та червоного кольорів:

▶  $b_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_c = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_c = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

▶  $b_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_b = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_b = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

▶  $b_z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_z = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_z = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

▶  $b_{ж} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_{ж} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_{ж} = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_{ж} = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

▶  $b_o = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_o = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_o = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_o = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

▶  $b_{ч} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $a_{ч} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$ ;  $\sin \varphi_{ч} = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $\lambda_{ч} = \frac{\cdot}{\cdot} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ .

11. Результати вимірювань записую до таблиці:

Таблиця 1

Період дифракційної ґратки, м	Колір лінії спектра	Відстань до лінії спектра $b$ , м	Відстань від ґратки до екрана $a$ , м	Порядок спектра, $k$	Виміряне значення довжини хвилі $\lambda$ , нм	Табличні значення довжини хвилі $\lambda_{\text{табл.}}$ , нм
	Фіолетовий			1		450–380
	Синій					480–450
	Блакитний					500–480
	Зелений					560–500
	Жовтий					590–560
	Оранжевий					620–590
	Червоний					

12. Обчислюю відносну похибку експерименту для фіолетового та червоного кольорів спектру

за формулою:  $\varepsilon = \left| 1 - \frac{\lambda_{\text{вим}}}{\lambda_{\text{сер. табл.}}} \right| \cdot 100\%$ , де  $\lambda_{\text{вим}}$  – виміряне значення довжини хвилі,  $\lambda_{\text{сер. табл.}}$  – середнє табличне значення довжини хвилі.

$\lambda_{\phi} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ ;  $\lambda_{\text{сер. табл. } \phi} = \frac{450+380}{2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (нм)}$ ;  $\varepsilon_{\phi} = \left| 1 - \frac{\cdot}{\cdot} \right| \cdot 100\%$ ;

$\lambda_{ч} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ нм}$ ;  $\lambda_{\text{сер. табл. } ч} = \frac{450+380}{2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (нм)}$ ;  $\varepsilon_{ч} = \left| 1 - \frac{\cdot}{\cdot} \right| \cdot 100\%$ ;



13. Аналіз результатів експерименту:

---

Додаткові завдання

---

1. Визначаю довжину хвилі для дифракційної ґратки (решітки) з іншою кількістю штрихів.  
Пояснюю одержані результати:

Роботу виконав учень \_\_\_\_\_ класу

Роботу перевірів вчитель \_\_\_\_\_