

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра загальної фізики

ЗВІТ

про виконання лабораторної роботи № 31

Назва роботи «визначення довжини світлової хвилі за допомогою
дифракційної ґратки»

Виконав: Марущак А.С.

студент групи ПЗ-15

інституту ІКНІ

Лектор: доцент Рибак О.В

Керівник лабораторних занять:

Ільчук Г.А.

Львів - 2022

Мета роботи: Дослідження явища дифракції світла на дифракційній ґратці та знаходження довжини світлової хвилі

Прилади та матеріали: Джерело світла, екран з двома щілинами, одновимірна дифракційна ґратка, світлофільтри

Короткі теоретичні відомості:

Одна з умов одержання дифракційного спектру від дифракційної ґратки є використання збиральної лінзи. Її роль може відігравати і кришталік ока, який збирає на своїй сітківці паралельні пучки променів, одержані внаслідок дифракції. Якщо на шляху променів від джерела світла до дифракційної ґратки розмістити екран з щілиною, то око бачитиме дифракційний спектр у площині екрана. При цьому, кут між напрямком зору на нульовий максимум і максимум довільного порядку m дорівнює куту дифракції, який забезпечує умову

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda ; \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

Звідси

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{m}.$$

З аналізу останнього співвідношення випливає, що різним довжинам хвиль у максимумі одного порядку відповідають різні значення кута φ дифракції. Тому на екрані максимумами даного порядку m для різних довжин хвиль випромінювання просторово розділені. Крім цього, вираз дозволяє знаходити довжину хвилі за відомими значеннями $\sin \varphi$ і m . Якщо прийняти, що x – відстань між максимумами m -го порядку, які знаходяться по обидва боки від нульового максимуму, а l – відстань між екраном та дифракційною ґраткою ($x \ll l$), то для визначення $\sin \varphi$ використовують умову:

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi \approx \frac{x}{2l}.$$

Тоді довжина світлової хвилі може бути визначена таким чином:

$$\lambda = \frac{x d}{2 l m}.$$

У даній лабораторній роботі в якості джерела світла використовується екран з двома щілинами. Щілини вирізані таким чином, що дифракційні картини від них знаходяться одна над одною. Відстань між щілинами по горизонталі дорівнює x . Так як відстані між сусідніми максимумами в дифракційному спектрі при заданому значенні λ є однаковими, то x і буде визначати відстань між вибраними максимумами m – го порядку.

Контрольні запитання

- 1. У чому полягає дифракція світла і які умови необхідні для її спостереження?**

Дифракція світла – відхилення від законів прямолінійного поширення світла поблизу перешкод.

Для того, щоб дифракція була помітною, необхідно, щоб розміри перешкоди були порівняними з довжиною хвилі.

- 2. Дайте визначення, що називається одновимірною дифракційною ґраткою?**

Одновимірна дифракційна ґратка – це система з великої кількості N однакових за шириною щілин і паралельних одна до одної, які лежать в одній площині і відокремлені непрозорими проміжками, однаковими за шириною.

- 3. Поясніть умови виникнення максимумів і мінімумів при дифракції на одновимірній ґратці**

Якщо оптична різниця ходу світлових променів дорівнює парному числу півхвиль

$$\Delta = \pm 2m \frac{\lambda_0}{2}; (n = 0, 1, 2, \dots),$$

де λ_0 - довжина світлової хвилі у вакуумі, то в точці спостереження інтерференційної картини буде максимум інтенсивності світла, тому що максимуми когерентних хвиль накладаються.

Мінімум інтенсивності світла буде в точках, для яких оптична різниця ходу променів вміщає непарне число півхвиль, тому що будуть накладатися максимуми і мінімуми двох когерентних хвиль.

$$\Delta = \pm \frac{(2m + 1)\lambda_0}{2} (n = 0, 1, 2, \dots)$$

- 4. Як змінюється інтенсивність максимумів із зростанням їх порядку в дифракційних спектрах?**

Їх інтенсивність зменшується зі збільшенням порядку.

- 5. Чому при зменшенні сталої дифракційної ґратки збільшується відстань між головними максимумами?**

З формули

$$\lambda = \frac{xd}{2lm}.$$

Маємо, що $x = \frac{2lm\lambda}{d}$, що значить, що при зменшенні числа d відстань між максимумами буде збільшуватись, тому що $x \sim \frac{1}{d}$.

6. Що називається роздільною здатністю дифракційної ґратки?

Вираз

$$R = kN = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2},$$

де k – порядок максимуму, називається роздільною здатністю дифракційної ґратки. Чим більша кількість щілин N і чим більший порядок максимуму, тим більша роздільна здатність, тобто тим з меншою різницею значень довжин хвиль можна надійно розділити положення головних максимумів.

7. В яких оптичних приладах використовується дифракційна ґратка?

Наукові й технічні використання явища дифракції — різноманітні. Дифракційні ґратки служать для розкладу світла в спектр й для створення дзеркал (наприклад, для напівпровідникових лазерів). Дифракція рентгенівських променів, електронів та нейтронів використовується для дослідження структури кристалічних твердих тіл.

Водночас дифракція накладає обмеження на роздільну здатність оптичних приладів, наприклад, мікроскопів. Об'єкти, розміри яких менші за довжину хвилі видимого світла (400 - 760 нм) неможливо розглянути в оптичний мікроскоп. Схоже обмеження діє в методі літографії, який широко використовується в напівпровідниковій промисловості при виробництві інтегральних схем. Тому доводиться використовувати джерела світла в ультрафіолетовій області спектру.

Робоча формула:

$$\lambda = \frac{xd}{2lm}$$

Хід роботи

1. Вмикаю освітлювач в мережу 220 В.

2. Розміщую дифракційну ґратку в рейтері.
3. Вимірюю відстань x між щілинами на екрані.
4. Пересуванням дифракційної ґратки вздовж оптичної лави досягаю збігання червоних смуг спектрів першого порядку від обох щілин. Вимірюю відстань l_1 від дифракційної ґратки до екрана.
5. Обчислюю довжину хвилі λ_1 для червоних смуг спектрів першого порядку (стала дифракційної ґратки $d = 1 \cdot 10^{-5}$) за формулою.
6. Пересуванням дифракційної ґратки досягаю збігання червоних смуг спектрів другого порядку та вимірюю l_2 .
7. Обчислюю λ_2 для червоних смуг спектрів другого порядку.
8. Обчислюю середнє значення довжини λ хвилі для червоної ділянки спектру.
9. Повторюю досліди для зелених і фіолетових смуг у спектрах першого та другого порядків і розраховую відповідні значення довжин хвиль.
10. Результати вимірювань і обчислень записую в таблицю 1.

Таблиця результатів

Табл 1.

Кольори смуг	x , м	l_1 , м	λ_1 , нм	l_2 , м	λ_2 , нм	$\lambda_{\text{сер}}$, нм	$\Delta\lambda$, нм	$\delta\lambda$, %
Червоний	0,072	0,546	660	0,275	655	657,5	2,5	0,38
Зелений		0,636	566	0,315	571	568,5	2,5	0,44
Фіолетовий		0,754	477	0,390	462	469,5	7,5	1,60

Обчислення

Червоний колір:

$$\lambda_1 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,546 \cdot 1} = 6,6 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 660 \text{ нм.}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,275 \cdot 2} = 6,55 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 655 \text{ нм.}$$

Зелений колір:

$$\lambda_1 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,636 \cdot 1} = 5,66 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 566 \text{ нм.}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,315 \cdot 2} = 5,71 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 571 \text{ нм.}$$

Фіолетовий колір:

$$\lambda_1 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,754 \cdot 1} = 4,77 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 477 \text{ нм.}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,072 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,390 \cdot 2} = 4,62 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 462 \text{ нм.}$$

Аналіз результатів:

Звіримо результати обчислень з табличними даними довжин хвиль світла різних кольорів:

Червоне – 625-740 нм, а у нас вийшло значення 657,5 нм, що потрапляє у діапазон

Зелене – 500-565 нм, а ми отримали значення 568,5 нм, що майже втрапляє у діапазон.

Фіолетове – 380-440 нм, а ми отримали 469,5 нм, що також майже втрапляє у діапазон.

Врахувавши похибку, і те що у різних таблицях діапазони можуть трохи відрізнятися, робимо висновок, що наші обчислення були досить точними.

Висновок: Виконавши цю лабораторну роботу, ми дослідили явища дифракції світла на дифракційній ґратці та знайшли довжини світлової хвилі. Робота над лабораторною роботою була ефективною та плідною. Ми отримали наступні значення довжин хвиль:

Червоний колір – $657,5 \pm 2,5 \text{ нм}$; $\delta = 0,38\%$

Зелений колір - $568,5 \pm 2,5 \text{ нм}$; $\delta = 0,44\%$

Фіолетовий колір - $469,5 \pm 7,5 \text{ нм}$; $\delta = 1,60\%$