

Лабораторна робота 32.02

ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

1. Мета роботи

Вивчити явище дифракції в паралельних променях, визначити довжину хвилі світла за допомогою дифракційних ґраток і ширину щілини за допомогою дифракційної картини.

Методика виконання.

Для виконання роботи слід пам'ятати, що дифракція світла – це його відхилення від початкового напрямку розповсюдження, коли світло, огинаючи перешкоду, заходить в область геометричної тіні. При цьому дифракція виражена сильніше, якщо розміри перешкоди порівнянні з довжиною хвилі.

Нехай на щілину падає паралельний пучок світла – плоска хвиля. Відповідно до принципу Гюйгенса-Френеля щілину можна розглядати, як множину точкових когерентних джерел світла. Отже світло за щілиною являє собою систему променів, що йдуть по всіх напрямках (див. рис. 66.1). Розглянемо два крайні промені, що йдуть під кутом φ до напрямку поширення падаючих променів (кут φ називається кутом дифракції).

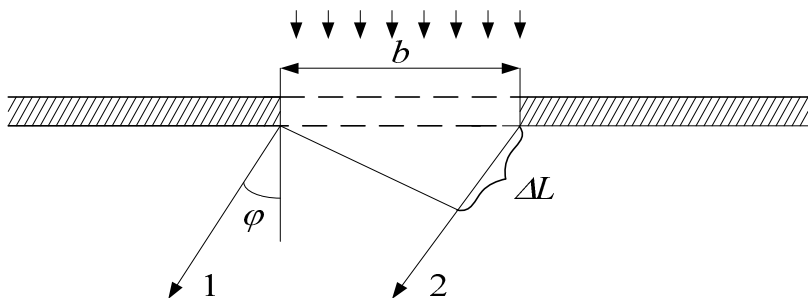


Рис. 66.1

Оптична різниця ходу крайніх променів ΔL визначається за формулою

$$\Delta L = b \sin \varphi.$$

Якщо на оптичній різниці ходу ΔL крайніх променів вкладається ціле число довжин хвиль

$$\Delta L = k \lambda,$$

де $k = 1, 2, 3, \dots$ – будь-яке ціле число, то поверхня щілини розбивається на $2k$ зон Френеля. Зоною Френеля називається ділянка хвильової поверхні, різниця ходу променів від меж якої в даному напрямі дорівнює $\lambda/2$. Промені від двох сусідніх зон Френеля знаходяться у протифазі і такі дві зони повністю гасять одна одну. Оскільки $2k$ – парне число, то під кутом φ_k у напрямках, що визначаються умовою

$$b \sin \varphi_k = k \lambda,$$

спостерігаються дифракційні мінімуми світла.

У напрямках під кутами φ_k , що визначаються умовою

$$b \sin \varphi_k = (k+1/2) \lambda,$$

на щілині вкладається $2k+1$ – непарне число зон Френеля. Коливання від двох сусідніх зон Френеля гасять одне одного, дія однієї зони стає незкомпенсованою і у цьому напрямку спостерігається дифракційний максимум.

Дифракційні ґратки – це сукупність великого числа паралельних штрихів, нанесених на скляну пластинку різцем подільної машини. Ці штрихи розсіюють світло, тому крізь дифракційні ґратки у напрямі спостерігача проходить тільки мізерна його частка. Тому штрихи виявляються практично непрозорими. Прозорими місцями ґраток є проміжки між штрихами. Через велику вартість дифракційних ґраток для практичних цілей застосовують так звані репліки, одержані шляхом виготовлення желатинових відбитків – копій з дифракційних ґраток. Желатинові відбитки вміщують (для запобігання пошкодженням) між двома скляними плоскопаралельними пластинами.

На рис. 66.2 схематично зображено хід променів через дифракційні ґратки. Припустимо, що на ґратки, які знаходяться в площині MN , нормально падає пучок паралельних променів світла (плоска монохроматична хвиля).

На екрані в напрямку поширення падаючого пучка світла спостерігач побачить яскраву пляму світла. Таку пляму можна побачити не тільки в напрямку поширення падаючого пучка світла (кут $\varphi=0$), але й і під деякими кутами праворуч і ліворуч від напрямку падаючого пучка.

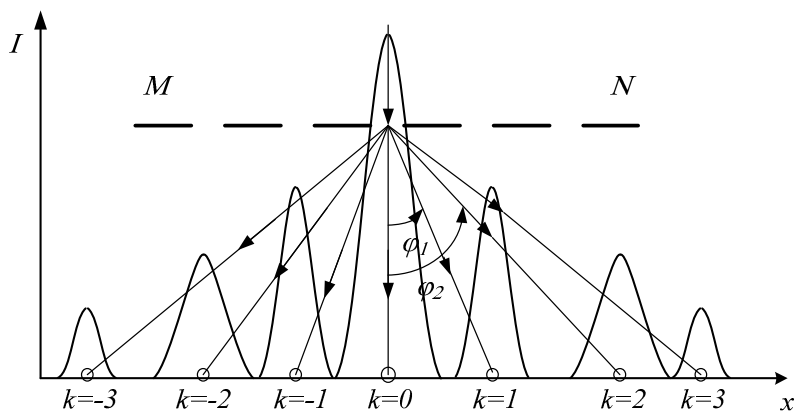


Рис. 66.2

Нехай ширина непрозорих штрихів a , а прозорих штрихів b . Відстань d – період ґраток або стала ґраток

$$d = a + b.$$

Якщо світло падає на ґратки по нормалі до неї, то різниця ходу між аналогічними променями двох сусідніх щілин у напрямі під кутом φ_k до перпендикуляру дорівнює

$$\Delta L = d \sin \varphi_k,$$

як це впливає з рис. 66.3.

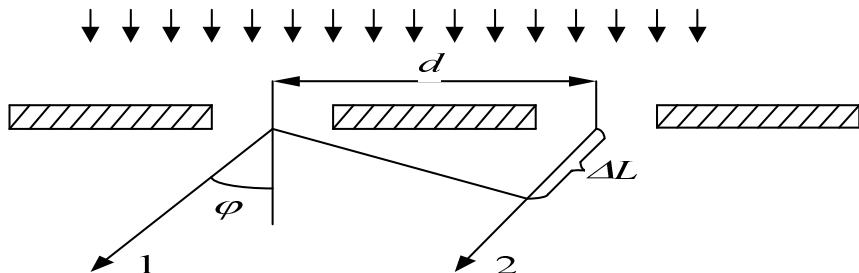


Рис. 66.3

При різниці ходу

$$\Delta L = k \lambda \quad (k=1, 2, 3, \dots)$$

промені від сусідніх щілин складаються в однаковій фазі і взаємно підсилюють одне одного. Отже, умова максимуму інтенсивності визначається рівністю

$$d \sin \varphi_k = k \lambda. \quad (66.1)$$

Можна спостерігати кілька максимумів у напрямках

$$-\frac{\pi}{2} \leq \varphi_k \leq \frac{\pi}{2}.$$

Найбільше число максимумів інтенсивності по один бік від нормалі до площини MN дорівнює цілій частині від числа $\frac{d}{\lambda}$.

Чим більше щілин на ґратках, тим більше світла проходить крізь них і тим краща чіткість дифракційної картини.

Знаючи сталу ґраток d і визначивши кут дифракції φ_k для якого-небудь максимуму інтенсивності k -го порядку, можна за формулою (66.1) визначити довжину хвилі

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_k}{k}. \quad (66.2)$$

3. Опис лабораторної установки

Установка складається із джерела монохроматичного світла, екрану, дифракційних ґраток і щілини, ширина якої може регулюватися. Джерелом монохроматичного паралельного пучка світла є лазер, підключений до блоку живлення. Для підготовки лазера до роботи необхідно вивчити інструкцію, що знаходиться на робочому місці.

Увага: Категорично забороняється направляти промінь лазера в очі.

Промінь увімкненого лазера спрямовують у центр екрана. У процесі виконання роботи між екраном і лазером розміщують дифракційні ґратки, або щілину з регульованим зазором.

4. Обладнання

1. Лазер із джерелом живлення.
2. Дифракційні ґратки.
3. Щілина зі змінною шириною.
4. Екран.
5. Лінійка.
6. Робочий аркуш паперу.

5. Порядок виконання роботи

1. Встановити екран і дифракційні ґратки перпендикулярно до променя лазера. Обрати певну відстань D

від дифракційних ґраток до екрана з трьох значень, заданих викладачем.

2. Наклавши на екран робочий аркуш паперу і вмикаючи **лазер лише на 3-4 секунди**, відмітити на папері положення дифракційних максимумів.

3. Тричі визначити відстані l_k між парами максимумів інтенсивності, симетрично розташованих по відношенню до центрального променя. Записати порядок зафіксованих максимумів (для центрального променя $k=0$).

Таблиця 66.1

№ Дослі ду	D	k	l_k	s in φ_k	λ	λ_{ce} p
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

4. Повторити пп. 1-3 для двох інших значень D .

5. Знаючи величину сталої d дифракційних ґраток (спитати у викладача), за формулою (66.2) визначити довжину хвилі світла для кожного дослід. При цьому $\sin \varphi_k$ обчислити за формулою

$$\sin \varphi_k = \frac{l_k}{\sqrt{4D^2 + l_k^2}}.$$

6. Обчислити середнє значення довжини хвилі. Результати занести до табл. 66.1.

7. Замість дифракційних ґраток між екраном і джерелом світла встановити щілину і повторити пп. 1-5.

8. Обчислити для кожного дослід ширину щілини b за формулою

$$b = \frac{(2k + 1)\lambda}{2 \sin \varphi_k},$$

а також середнє значення $b_{сер}$. Результати занести до **таблиці, аналогічної до табл. 66.1**, але тепер дві останні колонки мають назви b і $b_{сер}$ відповідно (замість λ і $\lambda_{сер}$).

Контрольні запитання

1. Дайте визначення явища дифракції світла.
2. Сформулюйте принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Дайте визначення зон Френеля.
4. Що називають дифракцією Френеля., дифракцією Фраунгофера?
5. Що являють собою дифракційні ґратки?
6. Виведіть умови максимуму (мінімуму) інтенсивності світла для дифракційних ґраток.
7. Як визначити максимальний порядок спектра для даної дифракційної ґратки?
8. Поясніть дифракцію Фраунгофера на щілині за допомогою принципу Гюйгенса-Френеля.
9. Виведіть умови максимуму (мінімуму) інтенсивності світла при дифракції на щілини.

7. Література

1. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.:Наука, 1978.– Т.2, гл.18, §125-130. – С.372-406, Т.3, гл.4, §21-25. – С.106-134.
2. Шубин А.С. Курс общей физики. – М.:Высш.шк.,1976. – гл.15, §1-4. –С.332-342.