

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №80

ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ СВІТЛОВОЇ ХВИЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИФРАКЦІЙНОЇ ГРАТКИ НА ОПТИЧНІЙ ЛАВІ

Мета роботи: Вивчення законів дифракції світла.

Прилади і матеріали: Лабораторна установка для визначення довжини світлової хвилі, дифракційна ґратка, вимірювальна лінійка.

Теоретичні відомості

Дифракцією називається сукупність явищ, що спостерігаються при розповсюдженні світла у середовищі з різкими неоднорідностями. Наприклад, поблизу межі непрозорих або прозорих тіл, крізь малі отвори і т.ін. Дифракція, зокрема, призводить до обгинання світловими хвилями перешкод і прониканню світла в область геометричної тіні. Для спостереження дифракції необхідно щоб довжина хвилі і розмір перешкоди були сумірні.

Відрізняють два види дифракції. Якщо джерело світла S і точка спостереження P знаходяться від перешкоди настільки далеко, що промені, що падають на перешкоду, і промені, що йдуть у точку P , утворюють практично паралельні промені, говорять про дифракцію у паралельних променях, або о дифракції Фраунгофера. У протилежному випадку дифракцію називають дифракцією Френеля, або дифракцією сферичних хвиль.

Дифракційна ґратка являє собою сукупність великого числа N однакових по ширині і рівнобіжних один одному щілин, розділених непрозорими проміжками, також однаковими по ширині.

Дифракційна картина на ґратці визначається як результат взаємної інтерференції хвиль, що йдуть від усіх щілин, тобто в дифракційній ґратці здійснюється багатопроменева інтерференція. Так як щілини знаходяться друг від друга на однакових відстанях, то різниці ходу променів, що йдуть від двох сусідніх щілин, будуть для даного напрямку φ однакові в межах усієї дифракційної ґратки

$$\Delta = (a + b) \cdot \sin \varphi = d \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

де a - розмір непрозорої ділянки, b – розмір щілини, d – стала дифракційної ґратки, або відстань між серединами сусідніх щілин.

У напрямках, у яких спостерігається мінімум для однієї щілини, будуть мінімуми й у випадку N щілин, тобто умова головних мінімумів дифракційної ґратки буде аналогічна умові мінімумів для щілини:

$$b \cdot \sin \varphi = \pm m \lambda \quad m = 1, 2, 3 \dots \quad (2)$$

Умова максимумів: ті випадки φ , що задовольняють максимумам для однієї щілини, можуть бути або максимуму, або мінімуму, тому що усе залежить від різниці ходу променів.

Умова головних максимумів

$$d \cdot \sin \varphi = \pm n \lambda \quad n = 0, 1, 2 \dots \quad (3)$$

Ці максимуми будуть розташовані симетрично щодо центрального (нульового $n = 0$) максимуму.

Для тих кутів φ , для яких одночасно виконується (2) і (3) максимуму не буде, а буде мінімум (наприклад, при $d = 2b$ для всіх парних $n = 2p$, $p = 1, 2, 3$). Між головними максимуму маються додаткові дуже слабкі максимуми, інтенсивність яких у багато разів менше інтенсивності головних максимумів (1/22 інтенсивності найближчого головного максимуму). Додаткових максимумів буде $N - 2$ де N – число штрихів.

Умова додаткових максимумів:

$$d \cdot \sin \varphi = (2k' + 1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{N} \quad k' = 1, 2, \dots$$

$$k' \neq N - 1, N, N + 1; 2N - 1; 2N, 2N + 1, \dots$$

Між головними максимумами будуть розташовуватися $(N - 1)$ додаткових мінімумів.

Умова додаткових мінімумів:

$$d \cdot \sin \varphi = m' \frac{\lambda}{N} \quad m' = 1, 2, 3, \dots$$

$$m' \neq 0, N, 2N, 3N, \dots$$

Таким чином, дифракційна картина при дифракції на дифракційній ґратці залежить від числа штрихів N і від відношення d/b .

Користаючись формулою (3) для максимумів дифракційної ґратки:

$$\lambda = \frac{(a + b) \sin \varphi}{n} \quad (4)$$

можна визначити довжину світлової хвилі.

Тут $(a+b) = d$ – постійна ґратки;

n - порядок спектра;

φ – кут дифракції.

Опис установки і методу

Установка складається з оптичної лави, уздовж якої переміщається на повзунку дифракційна ґратка. На одному кінці оптичної лави знаходиться джерело світла: дві зміщені одна до одної щілини (по вертикалі і горизонталі), освітлювані білим світлом (рис. 1).

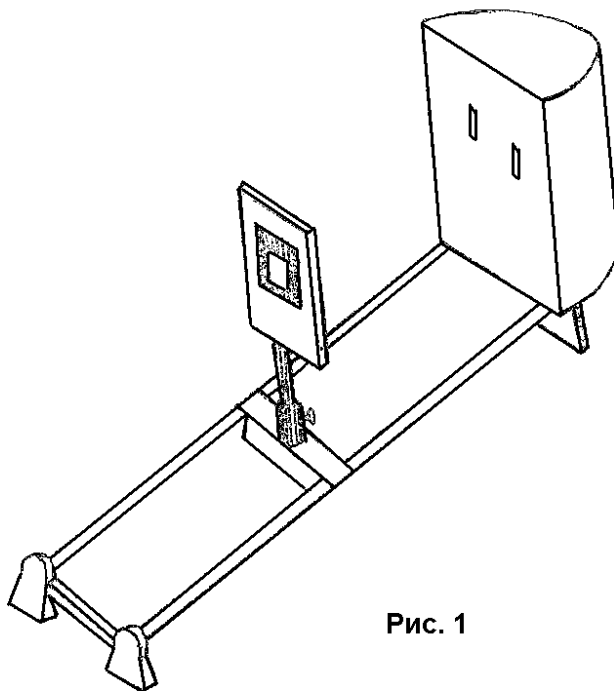


Рис. 1

Якщо перед світними щілинами поставити дифракційну ґратку, то, дивлячись через нею, можна побачити дифракційну картину від кожної щілини, що складається з центральної яскравої білої смуги (зображення самої щілини) і менш яскравих кольорових смуг праворуч і ліворуч від неї.

Перші смуги праворуч і ліворуч від центральної називається спектрами першого порядку (для них $n=1$), другі праворуч і ліворуч – спектрами другого порядку ($n=2$) і т.д.

Дифракційні картини верхньої і нижньої щілини будуть зміщені друг щодо друга.

Переміщаючи дифракційну ґратку (наближаючи чи

видаляючи її від джерела), можна домогтися такого положення дифракційних картин обох щілин, при якому, наприклад, спектр другого порядку нижньої щілини (лівий) збіжиться зі спектром другого порядку верхньої щілини (правий), як це показано на рис.2.

Якщо щілини джерела світла розташовані симетрично щодо середини дифракційних ґрат, то, як це видно з рисунка, око побачить спектр другого порядку в напрямку

перпендикуляра, відновленого до середини відстані між щілинами на екрані, а центральну щілину під кутом φ до цього напрямку (див. рис. 2).

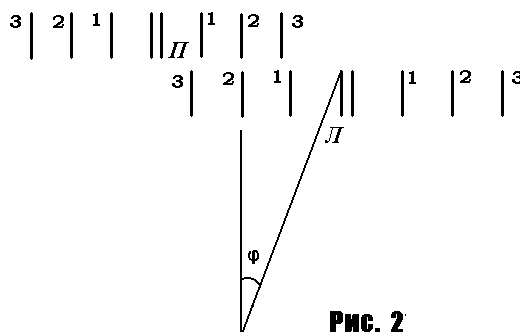


Рис. 2

Через малість кута φ , $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ і тому, замінивши $\sin \varphi$ через $\operatorname{tg} \varphi$ у формулі дифракційної ґратки (4), будемо мати:

$$\lambda = \frac{(a + b)\operatorname{tg} \varphi}{n} \quad (5)$$

По цій формулі можна знайти довжину хвилі монохроматичного світла, що проходить крізь ґратку.

Порядок виконання роботи

1. Установити дифракційну ґратку на повзунку оптичної лави перед світними щілинами. Уважно оглянути дифракційну картину, відшукавши центральний максимум і спектри другого, третього і т.д. порядків.
2. Замірити відстань між щілинами на екрані (AB).
3. Установити повзунком з дифракційними ґратами на такій відстані від екрана, щоб сполучити спектри першого порядку від обох щілин (лівий нижньої щілини з правим від верхньої щілини) для фіолетового кольору. Замірити по лінійці на оптичній лаві його відстань від екрана (OC). Зробити теж саме для зеленого і червоного кольорів.
4. Тому що $BC = \frac{AB}{2}$, то $\operatorname{tg} \varphi = \frac{AB}{2 \cdot OC}$.
5. Користаючись указівками пунктів 2, 3, 4 знайти λ для випадків сполучення спектрів другого, третього порядків при цьому треба враховувати, що $(a + b) = d = 1/N$. Значення N нанесене на дифракційній ґратці.
6. По трьох значеннях λ обчислити середньоарифметичне значення довжини світлової хвилі для фіолетового, зеленого і червоного кольорів.

Контрольні питання

1. Що називається дифракцією світла?
2. Сформулюйте принцип Гюйгенса - Френеля.
3. Пояснити за допомогою принципу Гюйгенса, чому хвиля попадає в область геометричної тіні непрозорого диска?
4. Коли спостерігається дифракція Френеля?
5. Намалуйте схему зон Френеля.
6. У чому полягає принцип дії зонних пластинок Френеля?
7. Коли спостерігається дифракція Фраунгофера?
8. Що собою являє дифракційна ґратка. Дифракційна картина на ґратці.
9. Умови головних мінімумів і максимумів для дифракційної ґратки.

10. Умови додаткових мінімумів і максимумів для дифракційної ґратки
11. Що називається і чому дорівнює постійна дифракційної ґратки?
12. Чому дорівнює кутова дисперсія дифракційної ґратки?
13. Чому дорівнює лінійна дисперсія дифракційної ґратки?
14. Чому дорівнює роздільна здатність дифракційної ґратки?

Звіт про виконану роботу

1. Робоча формула:

$$\lambda = \frac{d \cdot \operatorname{tg} \varphi}{n} - \text{довжина хвилі монохроматичного світла.}$$

Величини, що вимірюються:

AB – відстань між щілинами, [AB] = м .

OC – відстань між екраном та дифракційною ґраткою при збіганні спектрів одного порядку від верхнього та нижнього щелин

Величини, що обчислюються

λ – довжина хвилі монохроматичного світла, [λ] = м;

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{AB}{2 \cdot OC}$$

2. Результати експерименту

AB, м	Порядок спектру		середнє значення довжини хвилі
	n = 1	n = 2	
OC, м фіолетового кольору			$\bar{\lambda}_\phi =$
довжина хвилі λ_ϕ фіолетового кольору			
OC, м зеленого кольору			$\bar{\lambda}_3 =$
довжина хвилі λ_3 зеленого кольору			
OC, м червоного кольору			$\bar{\lambda}_4 =$
довжина хвилі λ_4 червоного кольору			