

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Одеська політехніка»
Кафедра фізики

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до лабораторних робіт
з розділу «ОПТИКА»
для здобувачів усіх спеціальностей
«Вивчення явища дифракції на прикладі дифракційної картини від волоса»**

Одеса 2023

**Методичні вказівки до лабораторних робіт з розділу «ОПТИКА»
для здобувачів усіх спеціальностей «Вивчення явища дифракції на прикладі
дифракційної картини від волоса» / Укладачі : Корнева Н. М., Богданова О. Н. – Одеса:
2023. - 6 с. - На укр. мові.**

«Вивчення явища дифракції на прикладі дифракційної картини від волоса»

Метою даної лабораторної роботи є вивчення явища дифракції на прикладі дифракційної картини від волоса та вимірювання товщини цього волоса.

Сукупність явищ, обумовлених хвильовою природою світла, які спостерігаються при його розповсюдженні в середовищі з різкою оптичною неоднорідністю, зветься дифракцією.

Кожне відхилення світлового пучка від прямолінійного напрямлення розповсюдження зветься дифракцією.

Дифракція Френеля спостерігається в збіжних пучках світла на кінцевій відстані від перешкоди неозброєним оком. Дає зображення перешкоди.

Дифракція Фраунгофера спостерігається в паралельних проміннях з використанням лінзи або ока, яке акомодоване на нескінченність, і дає зображення віддаленого джерела.

Основна задача дифракції- це розрахунок інтенсивності світла в точці спостереження.

Дифракція на одній щілині і на волосі

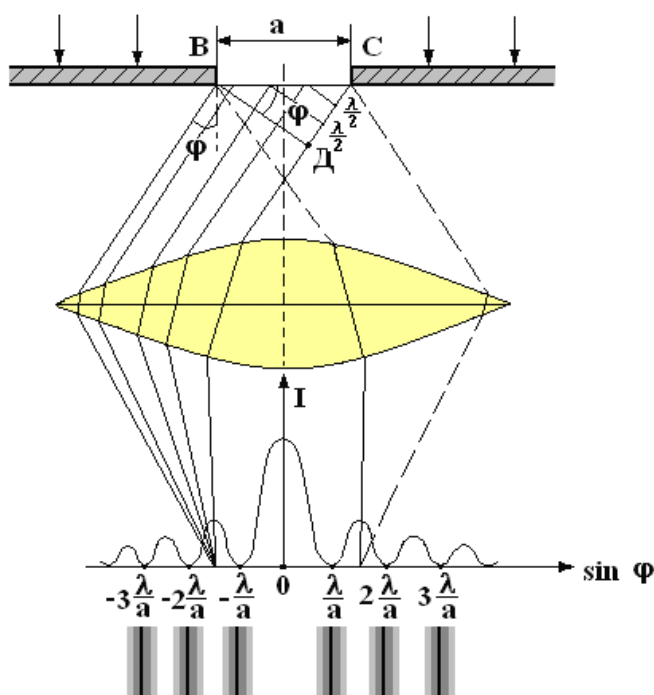
ЛЮДИНИ.

Якщо отвір в екрані має форму довгої щілини шириною a , то поширення пучка трапляється тільки в напрямку перпендикулярному до щілини. Вздовж щілини пучок не обмежений, тому поширення його практично не спостерігається.

Дифракційна картина Фраунгофера складається з центрального максимуму і побічних мінімумів меншої інтенсивності.

Паралельний пучок монохроматичного світла λ падає на щілину шириною a . Довжина її $l \gg a$.

Мислено розподілимо усі промені, які падають на щілину, на системи паралельних променів, які розповсюджуються за щілиною під різними кутами φ . Промені кожної з цих систем будуть зібрані лінзою в певному місці екрана (мал.1).



Мал. 1

Розіб'ємо плоский хвильовий фронт, який займає щілину, на $2k$ зон Френеля. Різниця ходу між крайніми проміннями буде:

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2} = a \sin \varphi \quad (1)$$

$$k = \mp 1, \mp 2, \mp 3 \dots$$

Умова (1) визначає мінімальну інтенсивність світла на екрані під цим кутом.

$$a \sin \varphi = k\lambda$$

Якщо відстань до екрана R , а відстань між мінімумами k порядку позначимо $2\Delta x$, то :

$$\tan \varphi = \frac{\Delta x}{R}$$

$\tan \varphi \approx \sin \varphi$ для малих кутів.

Тоді ширина щілини буде:

$$a = \frac{k\lambda R}{\Delta x} \quad (2)$$

Щоб спостерігати максимум світла на екрані, треба, щоб на ширині щілини було $(2k+1)$ зон Френеля. Тому умова максимуму виглядає так:

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = a \sin \varphi \quad (3)$$

$$k = \mp 1, \mp 2, \mp 3$$

Щоб спостерігати дифракційну картину, треба, щоб був принаймні перший максимум, крім нульового.

Умова для цього максимуму:

$$a \sin \varphi = \frac{3}{2} \lambda$$

Якщо відстань до екрана R , ширина дифракційної картини

$$A = 2R \tan \varphi \approx 2R \sin \varphi = \frac{3R\lambda}{a}$$

$\tan \varphi \approx \sin \varphi$ для малих кутів.

Коли $a \sim \lambda$, то чітка дифракційна картина спостерігається при невеликих R .

Коли $a \gg \lambda$, дифракційна картина буде чіткою лише при $R \gg a$.

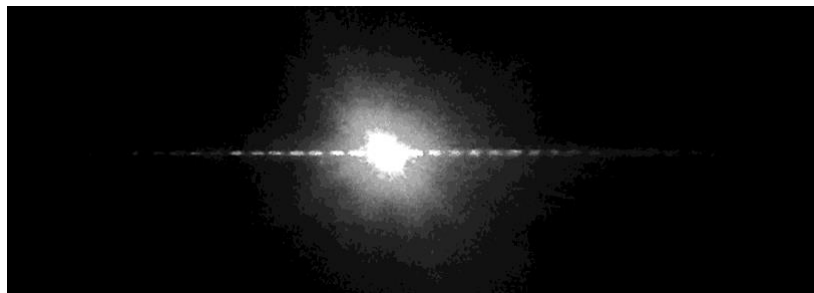
Така ж дифракційна картина спостерігається від припони у вигляді стрижня, нитки або волоса людини чи тварини товщиною a . Ця картина спостерігається на фоні незакритого пучка початкового випромінювання. Дослідити цю дифракційну картину можна тільки за межами цього пучка.

2. Обладнання

В домашніх умовах треба зробити проріз на картоні розмірами : шириною приблизно 1 см і довжиною 2 см. В середині цього прорізу треба розмістити волос людини або тварини. Зробити це можна, закріпив його на непрозорих частинах картону.

Далі треба закріпити білий лист. На відстані R від нього треба розмістити картон з волосом. На волос треба направити пучок світла визначеної довжини λ від лазерної вказівки. Останню треба придбати в магазині.

На екрані при цьому виникає дифракційна картина , як показано на мал.2.



Мал.2

Змінюючи відстань до екрану R , можна по формулі (2) (для $k=1$) визначити товщину волоса. Це – перша вправа.

Друга вправа дозволяє визначити товщину волоса при заданій відстані до екрану R , але ж для різних номерів k мінімумів дифракційної картини.

Робота була проведена авторами повністю в домашніх умовах.

3. Експериментальна частина

Вправа 1. Визначення товщини волоса в залежності від відстані між картоном і екраном R .

1. Розмістити екран (білий лист). Перед ним на відстані R розмістити картон з волосом. Освітити волос світлом від лазерної вказівки. (довжина світла λ вказана на цьому приладі.). Виміряти відстань $2\Delta x$ між першими ($k=1$) мінімумами дифракційної картини. Результат ввести в таблицю 1.
2. Змінити відстань R . Виміряти відстань $2\Delta x$ між першими ($k=1$) мінімумами дифракційної картини. Результат ввести в таблицю 1.
3. Повторити цю операцію 5 разів. Результати ввести в таблицю 1.
4. Розрахувати товщину волоса a згідно з формулою (1) для всіх дослідів. Результати ввести в таблицю 1.
5. Знайти середнє значення товщини волоса a . Для $n=5$ вимірювань і надійності $P=0,9$ ($t_s=2,13$) знайти абсолютні і відносні похибки, використовуючи теорію Стьюдента.

Таблиця 1.

| n | R | k | $2\Delta x$ | λ | a | Δa | $(\Delta a)^2$ |
|---|---|---|-------------|-----------|---|------------|----------------|
| 1 | | 1 | | | | | |
| 2 | | 1 | | | | | |
| 3 | | 1 | | | | | |
| 4 | | 1 | | | | | |
| 5 | | 1 | | | | | |

Вправа 2. Визначення товщини волоса в залежності від номера k мінімуму дифракційної картини при сталій відстані до екрану R .

1. Розмістити екран (білий лист). Перед ним на відстані R розмістити картон з волосом. Освітити волос світлом від лазерної вказівки. (довжина світла λ вказана на цьому приладі.). Виміряти відстань $2\Delta x$ між першими ($k=1$) мінімумами дифракційної картини. Результат ввести в таблицю 2.
2. Для той самої відстані R виміряти довжину $2\Delta x$ між другими ($k=2$) мінімумами дифракційної картини. Результат ввести в таблицю 2.
3. Повторити цю операцію 3 рази для $k=1,2,3$. Результати ввести в таблицю 2.
4. Розрахувати товщину волоса a згідно з формулою (1) для всіх дослідів. Результати ввести в таблицю 2.
5. Знайти середнє значення товщини волоса a . Для $n=3$ вимірювань і надійності $P=0,9$ ($t_s=2,92$) знайти абсолютні і відносні похибки, використовуючи теорію Стьюдента.
6. Порівняти результати вправи 1 і вправи 2. Зробити висновки.

Таблиця 2.

| n | R | k | $2\Delta x$ | λ | a | Δa | $(\Delta a)^2$ |
|---|---|---|-------------|-----------|---|------------|----------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

Контрольні питання

1. Що зветься явищем дифракції?
2. Що зветься дифракцією Френеля і Фраунгофера?
3. Як визначити ширину щілини по дифракційній картині?
4. Які розміри щілини чи волоса повинні бути, щоб спостерігалася дифракційна картина?
5. Що буде з дифракційною картиною при зменшенні відстані до екрану R ?

Література

1. Бушок Г.Д. Курс фізики у 2-х книгах: кн.1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.: Либідь, 1997, - 448 с.
2. Бушок Г.Д. Курс фізики у 2-х книгах: кн.2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. – М.:Наука, 1999. – Т.3, - 303 с.
3. Чолпан П.П. Основи фізики. – К.: Вища школа, 1995. – 488 с.
4. Воловик П.М. Фізика для університетів. – Київ: ІРПІНЬ: Перун, 2005. – 860 с.
5. Навчальний посібник. «Оптика» для студентів усіх спеціальностей», Укл: Н. М. Корнева, М. Є. Дюбченко, О. Н. Богданова.-Одеса : ОНПУ, 2020, 45с.
6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи « Вимірювання геометричних розмірів тіл і визначення їх об'єму і площі поверхні» Рекомендовано до видання Вченою радою ОНПУ, протокол № 4 від 26.12.2017 р.24 стор.