

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра інформатики та програмної інженерії

Звіт

з лабораторної роботи №5 з  
дисципліни «Ігрова фізика»

«Вивчення інтерференції світла  
(біпризма Франеля)»

Варіант 10

Виконав студент ІП-13, Замковий Дмитро Володимирович

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірів Скирта Юрій Борисович

( прізвище, ім'я, по батькові)

**Лабораторна робота 5****Вивчення інтерференції світла (біпризма Френеля)**

**Мета заняття:** вивчити двопроменеву інтерференцію світла за допомогою біпризми Френеля; визначити характеристики світлофільтра - довжину хвилі у максимумі пропускання та смугу пропускання.

**Теорія:**

Інтерференцією називається таке накладання хвиль, за якого результуюча інтенсивність не дорівнює сумі інтенсивностей хвиль, що приходять до точки накладання. Інтерференція обумовлена принципом суперпозиції, відповідно до якого, у точці накладання двох світлових хвиль додаються світлові вектори  $E_1$  і  $E_2$  (напруженості полів), а не енергії, тому за накладання хвиль з інтенсивностями  $I_1$  і  $I_2$  результуюча інтенсивність:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos \delta \rangle$$

Ширина смуги пропускання для фільтра оцінюється за формулою

$$\Delta\lambda = \frac{2\lambda}{N},$$

де  $N$  – кількість смуг

$\lambda$  – довжина хвилі, що обчислюється за формулою

$$\lambda = \frac{Xh'(d - F)^2}{n d^2 F},$$

Де  $X$  – відстань між нульовою і  $n$ -ною темною смугою

$h'$  – відстань між джерелами

$d$  – відстань між площинами щілини

$n$  – щілина для якої проводиться вимірювання

$F$  – фокусна відстань лінзи

**Розрахунки:**

Світлофільтр	Червоний	Зелений	Синій
N	18	12	13
n	10	10	10
xi, мм	2,52	2,13	1,73
	2,43	2,11	1,74
	2,46	1,97	1,73
$\bar{x} = \langle x_i \rangle$ , мм	2,47	2,07	1,73
hi', мм	0,62	0,68	0,64
	0,67	0,62	0,63
	0,64	0,65	0,67
$\bar{h}' = \langle h_i' \rangle$ , мм	0,64	0,65	0,65
F, мм	145	145	145
d, мм	642,96	642,96	642,96
$\lambda$ , нм	653,93	556,59	465,17
$\Delta\lambda$ , нм	72,66	92,77	71,56

Також розрахую довірчий інтеграл для  $h_i'$  і  $x_i$  для кожного світлофільтра

Для червоного

$$a=0,9$$

$$\langle x_i \rangle = 2,47$$

$$S_{\langle x_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} = 0,0265$$

$$x_i = \langle x_i \rangle \pm x_{i,a,n} * S_{\langle x_i \rangle} = 2,47 \pm 2,92 * 0,0265 = 2,47 \pm 0,07738 \text{ (мм)}$$

$$\langle h_i \rangle = 0,64$$

$$S_{\langle h_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} = 0,0147$$

$$h_i = \langle h_i \rangle \pm h_{i,a,n} * S_{\langle h_i \rangle} = 0,64 \pm 2,92 * 0,0147 = 0,64 \pm 0,04292 \text{ (мм)}$$

Для зеленого

$$a=0,9$$

$$\langle x_i \rangle = 2,07$$

$$S_{\langle x_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} = 0,0503$$

$$x_i = \langle x_i \rangle \pm x_{i,a,n} * S_{\langle x_i \rangle} = 2,07 \pm 2,92 * 0,0503 = 2,07 \pm 0,14688 \text{ (мм)}$$

$$\langle h_i \rangle = 0,65$$

$$S_{\langle h_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} = 0,0173$$

$$h_i = \langle h_i \rangle \pm h_{i,a,n} * S_{\langle h_i \rangle} = 0,65 \pm 2,92 * 0,0173 = 0,65 \pm 0,05052 \text{ (мм)}$$

Для синього

$$a=0,9$$

$$\langle x_i \rangle = 1,73$$

$$S_{\langle x_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} = 0,0041$$

$$x_i = \langle x_i \rangle \pm x_{i,a,n} * S_{\langle x_i \rangle} = 1,73 \pm 2,92 * 0,0041 = 1,73 \pm 0,012 \text{ (мм)}$$

$$\langle h_i \rangle = 0,65$$

$$S_{\langle h_i \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} = 0,0122$$

$$h_i = \langle h_i \rangle \pm h_{i,a,n} * S_{\langle h_i \rangle} = 0,65 \pm 2,92 * 0,0122 = 0,65 \pm 0,0356 \text{ (мм)}$$

## Висновок:

В ході даної лабораторної роботи я дослідив двопробеневу інтерференцію світла за допомогою біпризми Френеля, а саме: провів експеримент в імітаторі, заповнив таблицю для подальшого її аналізу, для кожного світлофільтра визначив довжину хвилі та оцінив ширину смуги пропускання.

## Відповіді на контрольні запитання:

### 1. Що називають інтерференцією світла? Вивести формули (1.1) і (1.2)

Інтерференцією називають таке явище, коли дві чи більше когерентні хвилі накладаються зі здвигом фаз

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos \delta \rangle$$

Нехай є дві хвилі:

$$E_1 = E_{01} \cos \left( \omega t - 2\pi \frac{r_1}{\lambda} + a_1 \right) \text{ та } E_2 = E_{02} \cos \left( \omega t - 2\pi \frac{r_2}{\lambda} + a_2 \right)$$

З цих формул результуюче коливання матиме вигляд

$$E = E_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02} \cos \left[ 2\pi \frac{r_1 - r_2}{\lambda} + (a_2 - a_1) \right]$$

$$\tan \varphi = \frac{E_{01} \sin \varphi + E_{02} \sin \varphi}{E_{01} \cos \varphi + E_{02} \cos \varphi}$$

Звідки

$$\varphi_1 = -\frac{2\pi}{\lambda} r_1 + a_1; \varphi_2 = -\frac{2\pi}{\lambda} r_2 + a_2;$$

$\Delta = r_1 - r_2$  – різниця коливань ходу променів

Якщо початкові фази  $a_1$  та  $a_2$  не залежать від часу, то їхня різниця буде сталою і повна різниця фаз також не залежитиме від часу.

$$\Delta \varphi = 2\pi \frac{r_1 - r_2}{\lambda} + (a_2 - a_1)$$

З урахуванням формули вище отримуємо:

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02} \cos \Delta \varphi$$

Проаналізуємо це рівняння. Виділимо два граничні випадки

Коли різниця фаз  $\Delta \varphi$  не зберігається в часі. Тоді  $[\cos \Delta \varphi]$  за час значно більший від періоду світлових коливань дорівнює нулю і  $E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2$ . Оскільки інтенсивність пропорційна квадрату амплітуди тобто  $I \sim E_0^2$ , то  $I = I_1 + I_2$ .

- 1.1. Коли різниця фаз зберігається в часі і електричні вектори в обох хвилях мають однакову орієнтацію, то  $\cos \Delta \varphi \neq 0$  і  $I \neq I_1 + I_2$ . Тоді

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta \varphi$$

Таким чином явище інтерференції можна інтерпретувати також як явище накладання хвиль, при якому амплітуда результуючих коливань різних ділянок з часом не змінюється і в загальному випадку не дорівнює сумі амплітуд складових коливань.

**2. Які хвилі називаються когерентними? Чому світлові хвилі, що випромінюються незалежними джерелами, некогерентні?**

Когерентні хвилі – це хвилі, які мають однакову частоту та постійний зсув фаз. Лише при додаванні когерентних хвиль утворюється постійне в часі розподіл амплітуд результуючого коливання, яке ще називають інтерференційною картиною.

Світлові хвилі, що випромінюються незалежними джерелами є некогерентними бо експериментально відомо, що з незалежних джерел не вдається не вдається спостерігати явище інтерференції

**3. Поясніть принцип отримання когерентних світлових хвиль та наведіть конкретні приклади (окрім біпризми Френеля).**

Отримати когерентні світлові хвилі і спостерігати інтерференцію можна, якщо поділити випромінювання від одного джерела на два промені і потім звести їх у просторі.

Окрім біпризми Френеля когерентні промені можна отримати наприклад через метод Юнга. У схемі, запропонованій Юнгом джерелом світла служить яскраво освітлена щілина, Від якої світлова хвиля падає на дві вузькі рівновіддалені щілини. Таким чином, щілини грають роль когерентних джерел. Інтерференційна картина у вигляді чергуються світлих і темних смуг спостерігається на екрані, Розташованому на деякій відстані паралельно щілинам.

**4. Чи обов'язково буде спостерігатись інтерференція під час накладання когерентних хвиль у випадку: а) звукових хвиль; б) світлових хвиль?**

Інтерференція хвиль - явище накладання двох або більше когерентних хвиль, в результаті чого в одних місцях спостерігається підсилення кінцевої хвилі (інтерференційний максимум), а в інших місцях послаблення (інтерференційний мінімум). Інтерференція спостерігається у когерентних хвиль довільної природи - поверхневих (на воді), поперечних та поздовжніх звукових, електромагнітних (світло, радіохвилі) та хвиль де Бройля.

**5. Що називається оптичною та геометричною різницею ходу променів (хвиль)?**

Оптичною різницею ходу називають різницю відстаней між оптичними довжинами шляху

Геометричною різницею ходу променів називають різницю відстаней від джерел до точки