

**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 № 6 з дисципліни  
«Ігрова фізика»

**«Вивчення інтерференції світла»**

**Виконав(ла)**

*ІП-11 Панченко Сергій Віталійович*

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

**Перевірив(ла)**

*Скирта Юрій Борисович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

## Теоретичний конспект

**Інтерференція** — це накладання хвиль, де результуюча інтенсивність не дорівнює сумі інтенсивностей хвиль, що приходять до точки накладання.

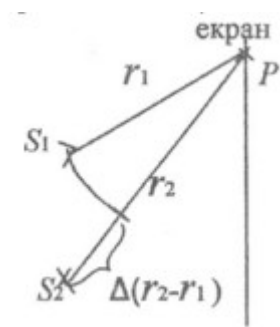
Інтерференція обумовлена принципом суперпозиції, відповідно до якого, у точці накладання двох світлових хвиль додаються світлові вектори  $E_1$  і  $E_2$  (напруженості полів), а не енергії, тому за накладання хвиль з інтенсивностями  $I_1$ , і  $I_2$  результуюча інтенсивність:

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

де  $\langle \cos \delta \rangle$  – усереднене у часі значення косинуса різниці початкових фаз коливань, що збуджуються у точці накладання кожним джерелом. При:

$$I_1 = I_2 = I_0, \text{ тоді: } I(\delta) = 4 I_0 \cos^2(\delta/2), \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

$\lambda$  – довжина хвилі у вакуумі,  $\Delta$  – оптична різниця ходу променів



За переміщення точки  $P$  у заданому напрямку величини  $\Delta$  і  $\delta$  змінюються монотонно, а інтенсивність  $I$  - періодично, тому на екрані спостерігатиметься чергування світлих та темних смуг (максимумів і мінімумів відповідно). Умови спостереження їх:

$$\Delta_{\max} = k \lambda, \Delta_{\min} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda, k - \text{порядок інтерференційного максимуму}$$

Максимум, що відповідає  $k=0$ , називається центральним.

## Результати дослідів

Номер темної смуги n=10

n	10	10	10
Світлофільтр	Червоний	Зелений	Синій
N	17	12	13
xi, мм	1.91	1.49	1.37
	1.77	1.57	1.33
	1.83	1.56	1.38
x= <xi>, мм	1.837	1.540	1.360
hi, мм	0.74	0.72	0.78
	0.78	0.74	0.72
	0.75	0.73	0.73
h = <h>, мм	0.757	0.730	0.743
F, мм	145	145	145
d, мм	751.52	751.52	751.52
λ, нм	624	504	454
Δλ, нм	73	84	69

$$\lambda = \frac{xh(d-F)^2}{nd^2F} \quad \Delta \lambda = \frac{2\lambda}{N}$$

**Похибки вимірювань (для експерименту з червоним світлофільтром,  
коефіцієнт надійності = 0.9)**

$$\langle x \rangle = 1.837 \text{ (мм)} \quad \Delta x_1 = -0.073 \text{ (мм)} \quad \Delta x_2 = 0.067 \text{ (мм)} \quad \Delta x_3 = 0.007 \text{ (мм)}$$

$$S_{\langle x \rangle} = \sqrt{\left(\frac{1}{3 \cdot 2} \sum_{i=1}^3 \Delta x_i^2\right)} \approx 0.0405524 \text{ (мм)}$$

$$x = \langle x \rangle \pm t_{\alpha, n} \cdot S_{\langle x \rangle} = 1.837 \pm 2.92 \cdot 0.0405524 = 1.837 \pm 0.118413 \text{ (мм)}$$

$$\langle h \rangle = 0.757 \text{ (мм)} \quad \Delta h_1 = 0.017 \text{ (мм)} \quad \Delta h_2 = -0.023 \text{ (мм)} \quad \Delta h_3 = 0.007 \text{ (мм)}$$

$$S_{\langle h \rangle} = \sqrt{\left(\frac{1}{3 \cdot 2} \sum_{i=1}^3 \Delta h_i^2\right)} \approx 0.0120208 \text{ (мм)}$$

$$h = \langle h \rangle \pm t_{\alpha, n} \cdot S_{\langle h \rangle} = 0.757 \pm 2.92 \cdot 0.0120208 = 0.757 \pm 0.035100736 \text{ (мм)}$$

## Висновок

Під час лабораторної роботи досліджено двопроменеву інтерференцію світла за допомогою біпризми Френеля, визначено довжину хвилі та смугу пропускання світлофільтра, розраховано довірчий інтервал до вимірювань.

## Контрольні запитання

### 1. Що називається інтерференцією світла? Виведіть формули (1.1) та (1.2).

Запишемо рівняння двох хвиль:

$$\xi_1 = A_1 \sin(\phi_1), \xi_2 = A_2 \sin(\phi_2)$$

Сумарна хвиля:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = A_1 \sin(\phi_1) + A_2 \sin(\phi_2) = (A_1 + A_2 \cos(\psi)) \sin(\phi_1) - A_2 \sin(\psi) \cos(\phi_1),$$

де різниця коливань буде:

$$\psi = \phi_1 - \phi_2 = k_x(x_2 - x_1) = \frac{2\pi \Delta_x}{\lambda_x},$$

де  $\Delta_x = x_2 - x_1$  - різниця ходу двох хвиль, тоді:

$$A_1 + A_2 \cos(\psi) = A \cos(\theta), A_2 \sin(\psi) = A \sin(\theta),$$

тоді квадрат амплітуди сумарного коливання:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\psi),$$

Якщо  $A_1 = A_2$ , то:

$$A^2 = 2 A_1^2 (1 + \cos(\theta)) = 4 A_1^2 \cos^2(\theta/2) = 4 A_1^2 \cos^2\left(\frac{\pi \Delta_x}{\lambda_x}\right),$$

де  $I \sim A^2$ , тоді (1.1) та (1.2):

$$I = I_1 + I_2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} \cos(\psi),$$

$$I = 2 I (1 + \cos(\theta)) = 4 I \cos^2(\theta/2) = 4 I \cos^2\left(\frac{\pi \Delta_x}{\lambda_x}\right)$$

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

Когерентними хвилі - хвилі з однаковою частотою та сталою різницею фаз. Оскільки жодне джерело не випромінює хвиль однієї строго визначеної частоти, то світлові хвилі є некогерентними.

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

Дослід Юнга, лінза Бійє, дзеркало Ллойда є яскравими прикладами отримання когерентних світлових хвиль. У кожному досліді використовують розділення початкового променя світла. Це можна можна зробити ,поставивши на шляху променя плоско паралельну пластину, лінзу або дзеркало таким чином, що вони розділяли промені так, щоб ті знову перетинались через якусь відстань.

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

В обох випадках, бо інтерференція — це явище накладання хвиль довільної природи. Головне, щоб вони були когерентними.

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

**Оптична різниця ходу** — це різниця оптичних довжин шляхів, які проходяться хвилями:

$$\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1, \text{ де } n — \text{ коефіцієнт заломлення, } r — \text{ геометричний шлях в середовищі}$$

**Геометрична різниця ходу** — різниця геометричних шляхів:

$$l = r_2 - r_1$$

**6. Виведіть формулу (1.3). Запишіть вираз  $\delta$  через довжину хвилі  $\lambda$ .**

**Запишемо рівняння хвиль:**

$$\xi_1 = A_1 \cos\left(\omega\left(t + \frac{s_1}{v_1}\right)\right), \xi_2 = A_2 \cos\left(\omega\left(t + \frac{s_2}{v_2}\right)\right)$$

**Різниця фаз коливань:**

$$\delta = \omega\left(\frac{s_2}{v_2} - \frac{s_1}{v_1}\right) = \frac{\omega}{c}(n_2 s_2 - n_1 s_1).$$

**Знаючи, що**

$$\omega = 2\pi\nu$$

**Отримуємо, що:**

$$\frac{\omega}{c} = \frac{2\pi\nu}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

**Тоді:**

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

**7. Виведіть умову (1.4).**

Маючи формулу:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta, \quad - ,$$

то можна зрозуміти, що:

$$\Delta = k \lambda ,$$

де різниця фаз націло ділиться на два, то тоді хвилі приходять з однаковою фазою, підсилюючи результат, тоді це є умовою максимуму. Оскільки:

$$\Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda, \text{ то } \delta = 2\pi k + \pi,$$

що означає, що  $\Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda$  - умова мінімуму.

### 8. Виведіть формули (1.5) і (1.6). Чому заломлюючі кути біпризми повинні бути дуже малими?

Заломлюючі кути повинні бути малими, бо При великих розмірах джерела світла максимуми однієї інтерференційної картини співпадуть з мінімумами іншої інтерференційної картини, і в результаті інтерференційна картина «розмажеться».

Інтервал між сусідніми світлими або темними смугами називається *шириною смуги* і позначається символом  $\sigma$ . Якщо  $n_x$ -а смуга знаходиться від центру поля на відстані  $y_1$ , то для неї різниця ходу рівна:

$$\Delta_{x1} = n_x \lambda_x = \frac{ay_1}{L}$$

де  $a$  - відстань між двома когерентними джерелами світла, а  $L$  - база інтерферометра (відстань між джерелами світла та площиною інтерференційного поля). Для сусідньої  $n_x + 1$  смуги, яка знаходиться на відстані  $y_2$ :

$$\Delta_{x2} = (n_x + 1) \lambda_x = \frac{ay_2}{L}$$

Тоді різниця  $y_2 - y_1$  дорівнює ширині смуги:

$$\sigma_x = y_2 - y_1 = \frac{L \lambda_x}{a}$$