

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

Виконала: Скрипець Ольга Олександрівна ІП-21

Превірів: Скирта Юрій Борисови

Київ 2023

Теорія

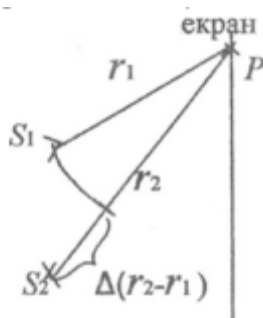
Інтерференція — це накладання хвиль, де результуюча інтенсивність не дорівнює сумі інтенсивностей хвиль, що приходять до точки накладання. Інтерференція обумовлена принципом суперпозиції, відповідно до якого, у точці накладання двох світлових хвиль додаються світлові вектори E_1 і E_2 (напруженості полів), 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:

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

λ — довжина хвилі у вакуумі, Δ — оптична різниця ходу променів



За переміщення точки Р у заданому напрямку величини Δ і δ змінюються монотонно, а інтенсивність I — періодично, тому на екрані спостерігатиметься чергування світлих та темних смуг (максимумів і мінімумів відповідно). Умови спостереження їх:

$$\Delta_{\max} = k\lambda, \Delta_{\min} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda, k$$

— 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
x_i , мм	1.91	1.49	1.37
	1.77	1.57	1.33
	1.83	1.56	1.38
$\bar{x} = \langle x_i \rangle$, мм	1.837	1.540	1.360
h_i , мм	0.74	0.72	0.78
	0.78	0.74	0.72
	0.75	0.73	0.73
$\bar{h} = \langle h \rangle$, 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
$\Delta\lambda$, нм	73	84	69

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

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

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

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

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

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

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

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

Висновок

Під час проведення лабораторної роботи було вивчено явище двопроменевої інтерференції світла за допомогою біпризми Френеля. В результаті експерименту була визначена довжина хвилі світла та аналізована смуга пропускання світлофільтра.

Дослідження включало в себе вимірювання інтерференційних смуг, їхнього порядку та взаємного віддалення. З використанням відомих формул для інтерференції світла, була розрахована довжина хвилі, яка дозволила отримати важливу інформацію про характеристики дослідженого світла.

Також було вивчено вплив світлофільтра на інтерференційні зображення та визначено смугу пропускання фільтра. Здійснено розрахунок довірчого інтервалу для проведених вимірювань, що дозволяє оцінити достовірність отриманих результатів.

Отже, лабораторна робота не лише дозволила вивчити явище інтерференції світла через біпризму Френеля, але й забезпечила можливість розрахунків та аналізу вимірних параметрів з врахуванням ступеня достовірності.

Контрольні запитання

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

Інтерференція світла - це явище взаємодії світлових хвиль, що виникає при їхньому перетині чи накладанні, і призводить до посилення або ослаблення коливань в залежності від їхньої фази.

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

Розглянемо дві світлові хвилі з амплітудами A_1 і A_2 та фазами ϕ_1 і ϕ_2 . Сумарна хвиля буде представлена виразом:

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

З врахуванням різниці фаз

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

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

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

Квадрат амплітуди сумарного коливання знаходиться за формулою:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\psi),$$

У випадку, коли $A_1 = A_2$, то:

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

Вираз для інтенсивності світла I , пропорційної квадрату амплітуди, виглядає як:

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

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

Отже, отримані формули (1.1) та (1.2) описують інтерференцію світла, де величина Δx визначає різницю ходу двох хвиль, а λ_x - довжину хвилі.

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

Когерентними називають хвилі, які мають однакову частоту та постійну різницю фаз між собою. Оскільки світлові джерела не випромінюють хвиль із точно визначеною частотою, світлові хвилі, що походять від незалежних джерел, є некогерентними.

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

Отримання когерентних світлових хвиль можливе шляхом використання різних експериментальних установок, таких як дослід Юнга, лінза Бійє та дзеркало Ллойда. У кожному з цих експериментів використовується елемент, що розділяє початковий промінь світла. Це може бути плоска паралельна пластина, лінза або дзеркало, розташовані так, щоб вони розділяли світлові промені та знову перетинали їх через певну відстань.

Наприклад, у досліді Юнга використовується подвійний щілинний екран для розділення світлового променя, що призводить до утворення двох когерентних джерел. У лінзі Бійє використовується оптична система лінз для створення когерентного світлового джерела. Дзеркало Ллойда використовує розділення світлових хвиль за допомогою подвійного відображення в дзеркалі, щоб створити когерентне світлове джерело.

У всіх цих випадках спільна риса полягає в тому, що вони використовують розділення початкового світлового променя для створення когерентних хвиль, які можуть бути використані в експериментах з інтерференцією та іншими оптичними явищами.

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

Так, спостереження інтерференції буде можливим у випадку накладання когерентних хвиль, як для звукових, так і для світлових хвиль. Інтерференція є

явищем накладання хвиль будь-якої природи, а головне вимога полягає в тому, щоб ці хвилі були когерентними.

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

Оптична різниця ходу визначається як різниця оптичних довжин шляхів, які пройшли хвилі. Ця різниця враховує коефіцієнт заломлення середовища та геометричний шлях хвиль в цьому середовищі, і виражається формулою $\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$, де n — коефіцієнт заломлення, r — геометричний шлях в середовищі

Геометрична різниця ходу визначається як різниця геометричних шляхів, які пройшли хвилі, і виражається формулою

$$l = r_2 - r_1$$