

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
УКРАЇНИ**

**КАФЕДРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**Методичні рекомендації  
до лабораторного заняття  
з навчальної дисципліни “Фізика”**

**ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА**

Обговорено та затверджено на засіданні  
кафедри фізико-математичних дисциплін  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 201 р.

## План-конспект лабораторного заняття

### «ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА»

**Тема заняття:** вивчення явища дифракції світла.

**Мета заняття:**

— *навчальна:* навчити використовувати знання хвильових властивостей світла для знаходження фізичних величин, пов'язаних з цими властивостями, зокрема довжини хвилі випромінювання лазера. Ознайомити слухачів з методами наукового пізнання на практиці;

— *виховна:* виховувати інформаційну культуру студентів, увагу, дисциплінованість, самоконтроль;

— *розвиваюча:* розвивати впізнавальний інтерес, мислення, уміння використовувати на практиці фізичні прилади. Забезпечити розвиток експериментальних умінь слухачів і навичок проведення вимірювань фізичних величин.

**Тип заняття:** закріплення вивченого матеріалу.

**Вид заняття:** лабораторна робота.

**Методи навчання:**

*пояснювально-ілюстративний:*

– більш конкретне, наочне пояснювання слухачам навчального матеріалу;

*частково-пошуковий метод:*

– пошук слухачами відповідей на сукупність логічних запитань з конкретної теми, спрямованих на виконання лабораторної роботи.

**Опорні терміни і поняття:** хвильові властивості світла, газовий лазер, дифракційна решітка, довжини хвилі.

**Основні джерела інформації:**

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики: Т.3.: Оптика. Квантова фізика. – К.: Техніка, 1999. – 261с., ст. 109-140.

2. ФІЗИКА. Методичні рекомендації з організації самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни. / Борисенко В. Г., Деркач Ю.Ф., Кривцова В.І., Умеренкова К.Р. / Х.: НУЦЗУ, 2010, 63 с. (електронний варіант).

3. Опис лабораторної роботи (див.далі).

## **План заняття та розподіл часу**

### **1. Організаційний етап – 5хв:**

- нагадування правил техніки безпеки для перебування в лабораторії, та під час виконання лабораторної роботи;
- перевірка наявності запису лабораторної роботи в журналі звітів.

### **2. Підготовка до виконання лабораторної роботи – 10хв:**

- перевірка домашнього завдання;
- перевірка готовності до роботи.

### **3. Виконання лабораторної роботи – 55хв:**

- підготовка лабораторної установки до роботи;
- проведення прямих і непрямих вимірів, знаходження необхідних похибок вимірів, оформлення таблиць та графіків. Формулювання висновку.

### **4. Підведення підсумків заняття – 5хв.**

### **5. Домашнє завдання – 5 хв**



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

КАФЕДРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ  
ДИСЦИПЛІН

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА

Укладачі:

В.Г. Борисенко, В.І. Кривцова, О.М. Кудін

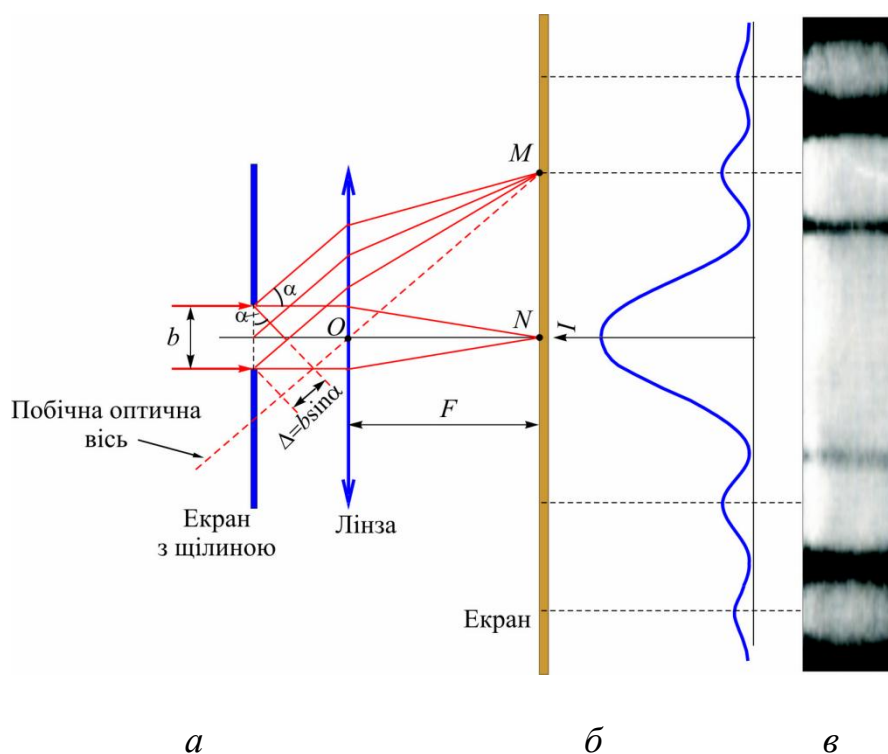
К.Р. Умеренкова

Харків  
2019

**Мета роботи:** вивчення хвильових властивостей світла на прикладі явища дифракції випромінювання газового лазера на дифракційній решітці. Використання закономірностей даного явища для експериментального визначення довжини хвилі випромінювання лазера.

### Короткі теоретичні відомості

Дифракція на щілинах дифракційних решіток спостерігається в паралельних променях. Експериментально це можна реалізувати двома способами: *а)* джерело світла і точка спостереження розташовані від перешкоди настільки далеко, що промені, які падають на перешкоду, і промені, які йдуть від перешкоди в точку спостереження, практично паралельні; *б)* джерело світла розташоване у фокальній площині однієї лінзи (при цьому промені падають на перешкоду паралельним пучком), а дифракційна картина спостерігається на екрані, що розташований у фокальній площині іншої лінзи, яка збирає у будь-якій точці екрану паралельні промені.



**Рис. 11.1** Дифракція світла на щілині: *а*– схема досліду; графічне (*б*) та фотографічне (*в*) зображення розподілу інтенсивності світла на екрані

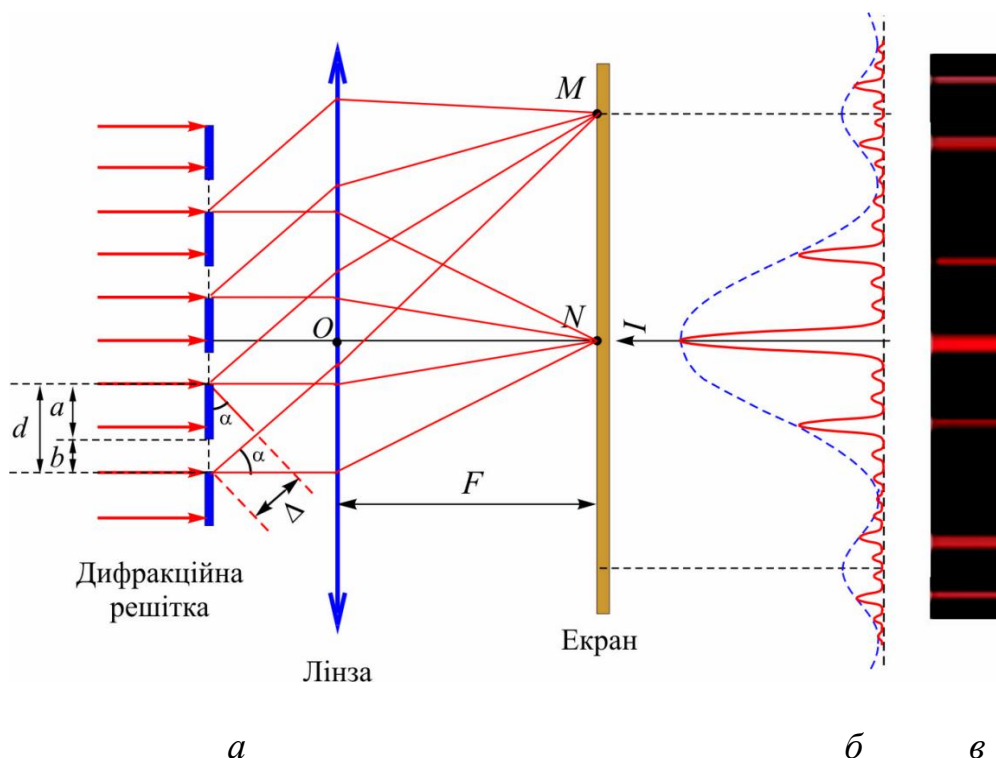
У випадку, коли на вузьку й довгу прямокутну щілину шириною  $b$  перпендикулярно до її поверхні падає паралельний пучок квазімонохроматичного світла з довжиною хвилі  $\lambda$  (рис. 11.1, *а*), дифракційна картина має вигляд світлих і темних смуг (максимумів і мінімумів інтенсивності світла  $I$ ), орієнтованих паралельно щілині (рис. 11.1, *б*, *в*). При цьому максимуми і мінімуми розташовані по обидві сторони від центрального максимуму симетрично. Мінімуми спостерігаються під кутами  $\alpha$ , які задовольняють умові

$$b \sin \alpha = \pm m \lambda, \quad (11.1)$$

а максимуми - умові (приблизно)

$$b \sin \alpha = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (11.2)$$

де  $m = 1, 2, 3, \dots$ . З рис. 11.1, *а*, ясно, що  $b \sin \alpha = \Delta$  є ніщо інше як оптична різниця ходу між променями, що приходять у точку спостереження від країв щілини. Записані умови максимумів і мінімумів дифракції можуть бути отримані шляхом розбиття хвильової поверхні, що співпадає із площиною щілини, на зони Френеля.



**Рис. 11.2** Дифракція світла на дифракційній решітці: *а* – схема досліду; графічне (*б*) та фотографічне (*в*) зображення розподілу інтенсивності світла на екрані

Одновимірна *дифракційна решітка* являє собою систему з великою кількістю  $N$  однакових щілин шириною  $b$ , розташованих в одній площині, і розділених однаковими між собою непрозорими для світла проміжками шириною  $a$  (рис. 11.2, *а*). Сума ширини щілини і непрозорого проміжку  $d = b + a$  називається *параметром (періодом, сталою, кроком)* дифракційної решітки.

Очевидно, що у випадку дифракційної решітки при тих же умовах, що й для щілини, дифракційні картини від всіх щілин накладаються й на додаток до цього, так як хвилі від всіх щілин когерентні, відбувається їх інтерференція. В результаті цього дифракційна картина змінюється (рис. 11.2, *б, в*). Під кутами спостереження  $\alpha$ , що задовольняють умові

$$d \sin \alpha = \pm n \lambda, \quad (11.3)$$

де  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ , хвилі від різних щілин приходять з різницею фаз  $\Delta\varphi = \pm 2n\pi$  (тобто синфазно) і коливання, що обумовлені ними, додаються. У цих місцях результуюча амплітуда коливань  $E_m$  збільшується в  $N$  разів у порівнянні з амплітудою  $E_{m1}$  від однієї щілини (тобто  $E_m = NE_{m1}$ ), а результуюча інтенсивність  $I$  збільшується у  $N^2$  разів у порівнянні з інтенсивністю  $I_1$  від однієї щілини (тобто  $I = N^2 I_1$ ) (рис. 11.2, *б, в*). Максимуми, що задовольняють даній умові, називаються *головними максимумами*.

Між сусідніми головними максимумами при виконанні умови

$$d \sin \alpha = \pm k \frac{\lambda}{N}, \quad (11.4)$$

де  $k = 1, 2, 3, \dots$  (але  $k \neq 0, N, 2N, 3N, \dots$ ), розташовані  $N - 1$  *додаткових мінімумів* і  $N - 2$  *додаткових максимумів*. Інтенсивність додаткових максимумів не перевищує декілька відсотків від інтенсивності головних і на фоні головних вони практично не помітні. Але наявність додаткових мінімумів і максимумів спричиняє звуження головних, у результаті чого дифракційна картина в порівнянні з картиною від однієї щілини відрізняється набагато більшою чіткістю – замість слабких за інтенсивністю й широких максимумів у випадку однієї щілини, у випадку решітки спостерігаються вузькі й інтенсивні світлі лінії, розділені широкими, практично темними проміжками.

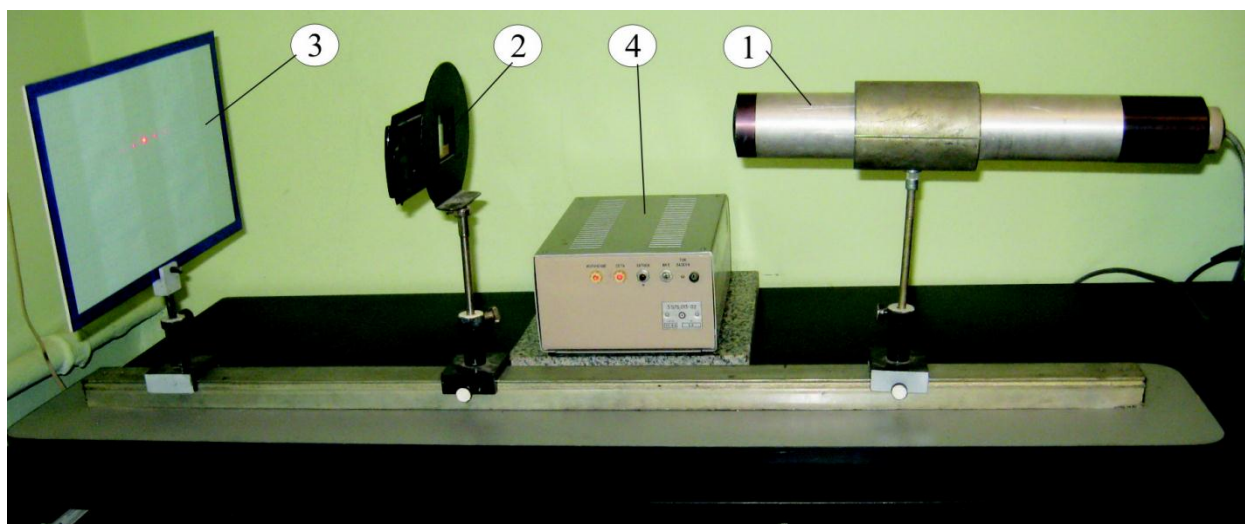
Варто підкреслити, що під кутами спостереження, що задовольняють умові мінімумів (11.1) від однієї щілини, і у випадку дифракційної решітки теж будуть мінімуми, які називаються *головними мінімумами*.



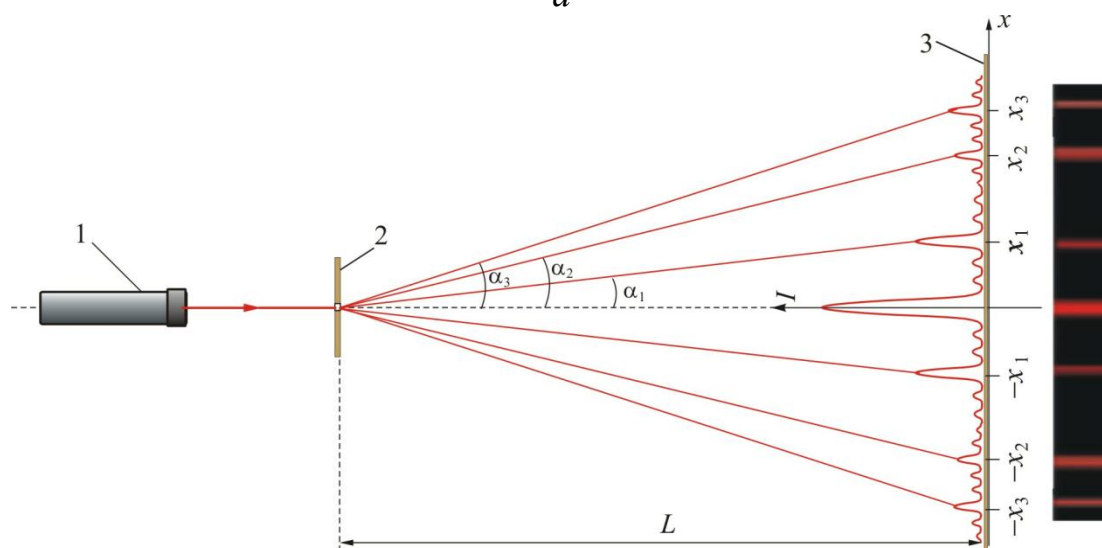
### Опис лабораторної роботи

Явище дифракції світла досліджується на лабораторній установці, зовнішній вигляд якої відображений на рис. 11.3, а, а схема – на рис. 11.3, б.

На горизонтально розташованій оптичній лаві (рис. 11.3) встановлені газовий лазер 1, утримувач з закріпленою в ньому дифракційною решіткою 2 та утримувач з закріпленням в ньому екраном 3. Промінь лазерного випромінювання, розповсюджуючись вздовж оптичної лави, проходить через дифракційну решітку. На екрані спостерігається дифракційна картина в вигляді головних максимумів різного порядку, які розташовані симетрично по обидві сторони від центрального максимуму.



а



б

**Рис. 11.3. Зовнішній вигляд лабораторної роботи (а) та її схематичне зображення (б):**

1 – газовий лазер; 2 – дифракційна решітка; 3 – екран; 4 – джерело живлення



Співвідношення (11.3), що визначає місця положення головних максимумів на екрані, можна записати в іншому вигляді. При виконанні даної лабораторної роботи із двох способів спостереження дифракційної картини реалізується спосіб а) і кути спостереження головних максимумів малі. Тому для головного максимуму  $n$ -го порядку можна вважати, що

$$d \sin \alpha_n \approx d \operatorname{tg} \alpha_n = d \frac{x_n}{L} = \pm n \lambda, \quad (11.5)$$

де  $L$  – відстань від решітки до екрану,  $\alpha_n$  – кут, під яким спостерігається головний максимум  $n$ -го порядку,  $x_n$  – відстань від центрального максимуму до головного максимуму  $n$ -го порядку.

З останнього рівняння, визначивши в експерименті значення  $n$ ,  $x_n$ ,  $L$  і знаючи період решітки  $d$ , знаходимо довжину хвилі лазерного випромінювання

$$\lambda = \frac{dx_n}{nL}. \quad (11.6)$$

#### Завдання:

а) користуючись даними результатів вимірювання для головних максимумів всіх порядків, що спостерігаються, визначити довжину хвилі лазерного випромінювання і знайти її середнє значення;

б) розрахувати похибку в визначенні довжини хвилі лазерного випромінювання;

в) порівняти експериментальне значення довжини хвилі лазерного випромінювання з паспортним для лазера, що використовується в роботі.

#### Порядок виконання роботи

1. Впевнитись, що лазерний промінь розповсюджується в горизонтальному напрямку паралельно оптичній лаві, попадає на решітку і на екран, а останні орієнтовані так, що площі їх перпендикулярні променю. Головні максимуми дифракції повинні бути розташованими симетрично по обидва боки від центрального.

2. За допомогою лінійки виміряти: відстань  $L$  від дифракційної решітки до екрану; відстань  $x_1$  між центральним максимумом і головним максимумом першого порядку; відстань  $x_2$  між центральним максимумом і головним максимумом другого порядку і т. д. Результати вимірів занести в таблицю.

Таблиця

№	$d$ , м	$L$ , м	$x_i$ , м	$\Delta x_i$ , м	$\Delta x_i^2$ , м <sup>2</sup>
1.					
2.					
.					

3. Розрахувати для головних максимумів різного порядку, користуючись співвідношенням (11.6) , значення довжини хвилі лазерного випромінювання і знайти його середнє значення.

4. Оцінити похибку в визначенні довжини хвилі лазерного випромінювання.

### **Контрольні питання**

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. Яке явище називається явищем дифракції?
3. Сформулюйте принцип Гюйгенса – Френеля.
4. Поясніть вигляд дифракційної картини при дифракції світла на щілині. Під якими кутами спостерігаються дифракційні мінімуми?
5. Що являє собою дифракційна решітка? Що розуміють під періодом решітки?
6. Чим відрізняються дифракційні картини при дифракції квазімонохроматичного світла на щілині і на дифракційній решітці?
7. Який вигляд має дифракційна картина при дифракції білого світла на дифракційній решітці?
8. Запишіть умови спостереження додаткових дифракційних мінімумів, розташованих по обидві сторони від головного максимуму другого порядку.
9. Які властивості має лазерне випромінювання?
10. Опишіть хід виконання даної роботи.

### **Література**

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики: Т.3.: Оптика. Квантова фізика. – К.: Техніка, 1999. – 261с., ст. 109-140.
2. Под ред. И.В. Ивероновой. Физический практикум (электричество и оптика). – М.: Наука, 1968, с. 493 – 504.