

# РОЗВИТОК НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ НА ОСНОВІ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ З ФІЗИКИ

**Ольга КУЗЬМЕНКО, Степан ВЕЛИЧКО**

*У статті розглядається сучасне обладнання з оптики, що дозволяє досліджувати явище інтерференції та активізувати пізнавально-пошукову діяльність учнів в умовах профільного навчання фізики.*

*The article deals with modern equipment with optics that allows you to explore the phenomenon of interference and increase cognitive-search activities of students in Special Education Physics.*

**Постановка проблеми.** Національною програмою відродження освіти в Україні окреслені стратегічні завдання щодо поліпшення якості освіти з метою забезпечення можливостей самовдосконалення особистості та формування інтелектуального потенціалу як найвищої цінності нації. Серед основних напрямків поліпшення освіти, і зокрема фізичної, першочерговими є: 1) запровадження ефективних сучасних технологій та новітніх досягнень у методичному забезпеченні навчального процесу; 2) інтеграція освіти і науки, запровадження у навчальний процес нових наукових досягнень, психолого-педагогічних розробок та передового досвіду; 3) забезпечення та зміцнення матеріально-технічної бази освіти.

Актуальність нашого дослідження впливає із необхідності переорієнтації традиційних методів навчання та впровадження сучасних засобів навчання (СЗН) в умовах профільного навчання фізики, що обумовлено такими **суперечностями**:

1) курс фізики у загальноосвітніх навчальних закладах вивчається диференційовано, профільно (за програмами стандартного, академічного та профільного рівнів). Зміст курсу фізики за обсягом та глибиною розгляду різних та може містити нові теми.

2) методика навчання фізики у середній школі та у вищому навчальному закладі має відрізнятися методичними підходами, новими технологіями, які запроваджуються у навчальний процес з фізики, методами пізнання та видами навчальної діяльності учнів.

3) у навчально-виховному процесі з фізики є потреба ширшого запровадження сучасних інформаційних технологій навчання (СІТН), але запропоновані варіанти носять узагальнений характер і не зовсім (не завжди) відповідають освітнім, виховним і практичним завданням, що ставляться до шкільного курсу фізики.

4) кабінет фізики середньої школи недостатньо забезпечуються сучасними засобами навчання (ЗН), у тому числі й їхніми комплектами для забезпечення профільного навчання

фізики, де є нагальна потреба в постановці різних за складністю і якістю навчальних експериментів, виконання учнями фронтальних лабораторних робіт і фізичного практикуму, які можуть мати дослідницький характер, що передбачає активізацію самостійної діяльності учнів і потребує відповідного нового методичного та матеріально-технічного забезпечення.

Отже, для формування переконливих уявлень з осей оптики, навчальний матеріал якої складає предмет вивчення у сьомому й у випускному 11 класі, як це свідчать наш аналіз [5], необхідно створити й відпрацювати відповідну методiku навчання фізики, яка б покращила рівень знань та вмінь і стимулювала до активної пізнавально-пошукової та самостійної роботи учнів при вивченні фізики в умовах профільного навчання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В нашій країні проблема розвитку фізичного експерименту висвітлена в роботах П.С. Атаманчука, В.Ю. Бнкова, Л.Ю. Благодаренко, О.І. Бугайова, С.П. Величка, В.П. Вовкотруба, М.В. Головка, С.У. Гончаренка, Є.В. Коршака, О.І. Ляшенка, М.Т. Мартнюка, М.І. Садового, В.Д. Шарко, М.І. Шута та інших, що забезпечило розвиток теорії та практики демонстраційного експерименту на рівні світових стандартів.

**Метою статті** є розкриття запровадження сучасного обладнання для фізичного експериментування з оптики у загальноосвітніх навчальних закладах різного типу та профілю.

**Виклад основного матеріалу.** У системі навчального фізичного експерименту особливе місце належить лабораторним роботам, які здійснюють практичну підготовку учнів.

Можливість виконання навчального експерименту в умовах сучасної школи пов'язана з матеріальною комплектацією фізичного кабінету. У даній статті ми пропонуємо розглянути новий прилад та на його основі дати перелік дослідів з оптики.

Фізичний експеримент з оптики забезпечується різними новими комплектами та приладами. Розглянемо їх особливості.

Інтерферометр Юнга (рис.1) являє собою корпус з профіля (1), що має квадратний



переріз, всередині якого вмонтована оптична схема. До його складу входять: два тест-об'єкта (2), окуляр (3), джерело світла на основі світлодіодів (4), джерело живлення, в якому використовуються пальчикові батарейки (5). Всередині інтерферометра вмонтована входна щілина постійної ширини – 0,1 мм та вимірювальна сітка-екран (рис.2).

Рис.1 Інтерферометр Юнга

За допомогою інтерферометра стає можливим повторити на високому технічному рівні відомий дослід Юнга, поставлений ним у 1802 році. Дослід Юнга перший із серії дослідів (біпризма Френеля, дзеркало Ллойда), що підтвердив хвильову природу світла. Цікавий він тим, що перетинання (інтерференція) двох хвильових фронтів від двох щілин відбувається завдяки іншому хвильовому явищу – дифракції світла.

Комбінований тест-об'єкт № 1, у вигляді одинарної і подвійної щілин, розширює можливості інтерферометра Юнга (рис.3.а).

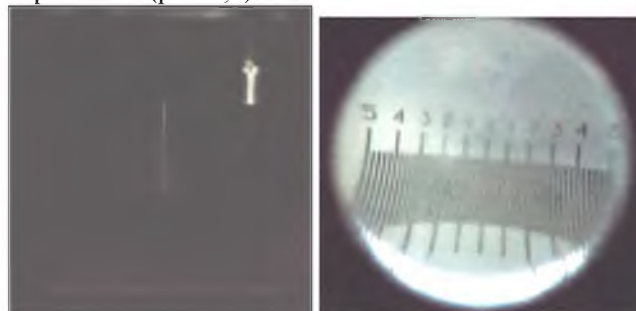


Рис.2



Рис. 3 Набір тест-об'єктів: а) тест-об'єкт № 1 складається з: 1 – широкої щілини, 2 – вузької щілини, 3 – щілини Юнга (подвійна); б) тест-об'єкт № 2 складається з: 4 – біпрізм Френеля, 5 –вікна, 6 – тонкого екрана („нитка”)

Доцільність використання світлодіодів для навчальних цілей обумовлена низкою параметрів та специфічних характеристик, які є особливо важливими і значущими саме для процесу навчання, що дає підставу вважати ці джерела світла ефективними у вирішенні різних дидактичних завдань, а також з метою вдосконалення системи навчального фізичного експерименту з оптики. Слід ознайомити учнів, які займаються у закладах з поглибленим вивченням фізики, з параметрами світлодіодів, які розглянуті в посібниках [4; 6; 7].

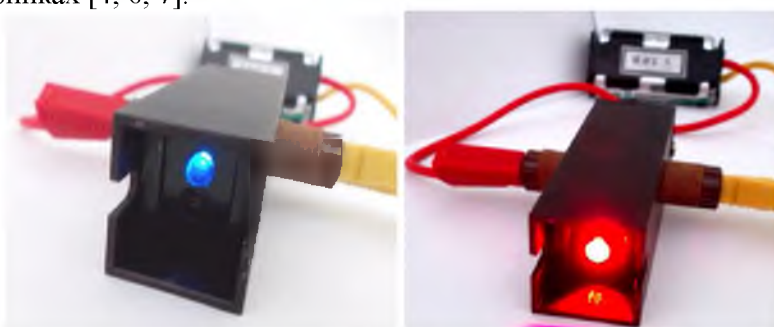


Рис. 4 Джерело світла, яке працює на світлодіодах різного кольору Основні технічні характеристики інтерферометра Юнга наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики інтерферометра Юнга

№ п/п	Найменування	Характеристика
Тест – об'єкт №1		
1.	Ширинна широкої щілини „1”	0,10 мм
2.	Ширинна вузької щілини „центр”	0,06 мм
3.	Відстань між щілинами в подвійній щілині Юнга „2”	$2t = 0,1$ мм.
4.	Ширинна щілини у подвійній щілині Юнга	0,025 мм
Тест – об'єкт №2		
6.	Ширинна вузького екрана „нитки”	0,2 мм
7.	Діаметр вікна „центр”	10 мм
8.	Кут біпрізму	20 кут.хв.
9.	Відстань між тест-об'єктом № 1 і вимірювальною шкалою сітки	$L = 100$ мм
10.	Відстань між тест-об'єктом № 2 і вимірювальною шкалою сітки	$L = 50$ мм
11.	Ціна поділки вимірювальної шкали сітки	$e = 0,2$ мм
12.	Збільшення окулярної лінзи	$\Gamma = 10^x$

На базі даного приладу можна виконувати наступні досліді: 1) спостереження інтерференції і дифракції світла на щільній Юнга; 2) спостереження дифракції світла на одночній щільній; 3) спостереження інтерференції на біпризмі Френеля; 4) спостереження плям Пуассона; 5) вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою інтерферометра Юнга.

Наведемо приклад лабораторної роботи при використанні інтерферометра Юнга, яку слід пропонувати на заняттях елективного курсу з фізики.

#### Лабораторна робота. Вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою інтерферометра Юнга

**Мета роботи:** вивчення явища інтерференції світла; оцінити діапазон довжин хвиль видимого спектра; виміряти довжину хвилі синього і червоного світла; вивчити інтерферометр Юнга.

**Обладнання:** інтерферометр Юнга.

**Короткі теоретичні відомості.** Інтерференцією світла називається явище накладання двох або декількох когерентних світлових хвиль, у результаті якого відбувається перерозподіл інтенсивності світла в просторі. Хвилі називаються **когерентними**, якщо вони мають однакову частоту та у точці накладання – постійну різницю фаз.

Нехай дві когерентні монохроматичні світлові хвилі накладаються одна на одну в деякій точці простору. Перша хвиля викликає в цій точці гармонічні коливання

$$E_1 = E_{01} \cos(\omega t + \varphi_1), \quad (1.1)$$

а друга, відповідно

$$E_2 = E_{02} \cos(\omega t + \varphi_2) \quad (1.2)$$

Оскільки додаються два гармонічні коливання однакового періоду, що відбуваються в одному напрямку, то результуюче коливання буде також гармонічним з тим самим періодом і з тим самим напрямком, тобто

$$E = E_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (1.3)$$

Амплітуда  $E_0$  цього коливання дорівнює:

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1.4)$$

Оскільки хвилі когерентні, то  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$  має постійне в часі значення, тому інтенсивність результуючої хвилі ( $I \approx E_0^2$ ):

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1.5)$$

У точках простору, де  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$ ,  $I > I_1 + I_2$ , відповідно коли  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$ ,  $I < I_1 + I_2$ .

Отже, при накладанні двох когерентних світлових хвиль відбувається просторовий перерозподіл інтенсивності світла, внаслідок чого в одних місцях виникають максимуми, а в інших – мінімуми інтенсивності.

Для некогерентних хвиль різниця  $\varphi_2 - \varphi_1$  неперервно змінюється, тому середнє в часі значення  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 0$ , інтенсивність результуючої хвилі скрізь однакова і при  $I_1 = I_2$  дорівнює  $2I_1$  (для некогерентних хвиль при даній умові в максимумах  $I = 4I_1$ , у мінімумах  $I = 0$ ).

Для одержання світлових хвиль застосовують метод поділу хвилі, впроміяваної одним джерелом, що після проходження різних оптичних шляхів накладаються одна на одну і спостерігається інтерференційна картина.

Нехай поділ на дві когерентні хвилі відбувається у визначеній точці  $O$  (рис. 5). В

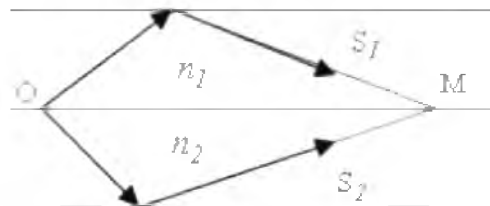


Рис. 5

точці  $M$ , в якій спостерігається інтерференційна картина, одна хвиля в середовищі з показником заломлення  $n_1$  пройшла шлях  $S_1$ , друга – у середовищі з показником заломлення  $n_2$  – шлях  $S_2$ . Якщо в точці  $O$  фаза коливань дорівнює  $\omega t$ , то в точці  $M$  перша хвиля збудить коливання  $A_1 \cos \omega(t - \frac{S_1}{v_1})$ , друга хвиля – коливання  $A_2 \cos \omega(t - \frac{S_2}{v_2})$ , де

$v_1 = \frac{c}{n_1}$ ,  $v_2 = \frac{c}{n_2}$  – відповідно фазова швидкість першої і другої хвилі. Різниця фаз

коливань, порушуваних хвилями в точці  $M$ , дорівнює

$$\delta = \omega \left( \frac{S_2}{v_2} - \frac{S_1}{v_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (S_2 n_2 - S_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta, \quad (1.6)$$

де  $\frac{\omega}{c} = \frac{2\pi\nu}{c} = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ , відповідно  $\lambda_0$  – довжина хвилі у вакуумі.

Добуток геометричної довжини  $S$  шляхи світлової довжини в даному середовищі на показник заломлення цього середовища називається **оптичною довжиною шляху  $L$** , а  $\Delta = L_2 - L_1$  – різниця оптичних довжин прохідних хвиль шляхів – називається **оптичною різницею ходу**.

Якщо оптична різниця ходу дорівнює цілому числу хвиль у вакуумі

$$\Delta = \pm m \lambda_0, \text{ де } m = 0, 1, 2, \dots \quad (1.7)$$

тоді  $\delta = \pm 2m\pi$  і коливання, порушені в точці  $M$  обома хвилями, будуть відбуватися в однаковій фазі. Отже, (1.7) є умовою **інтерференційного максимуму**.

$$\text{Якщо оптична різниця ходу } \Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}, \text{ де } m = 0, 1, 2, \dots, \quad (1.8)$$

то  $\delta = \pm(2m + 1)\pi$  і коливання, порушені в точці  $M$  обома хвилями, будуть відбуватися в протифазі. Тому рівняння (1.8) є умовою **інтерференційного мінімуму**.

### Опис лабораторної установки

Базою інтерферометра Юнга є корпус із профілю, що має квадратний переріз, всередині якого змонтована оптична схема (рис.6).

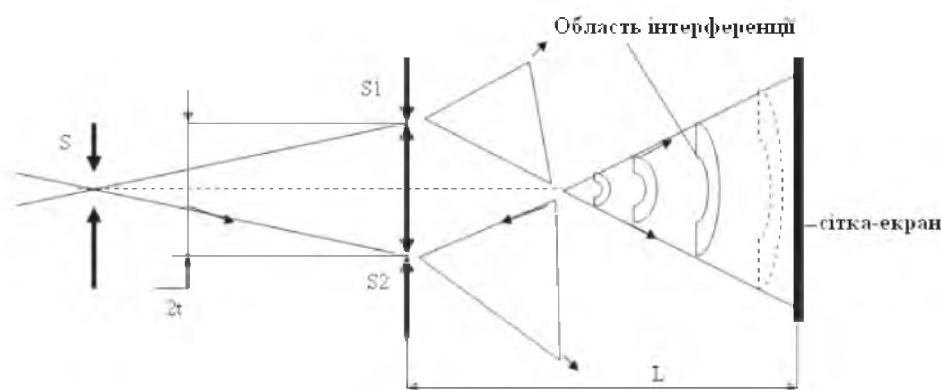


Рис. 6 Оптична схема класичного досліду Юнга:  $S$  – вхідна щілина,  $S_1$  і  $S_2$  – подвійна щілина Юнга,  $L$  – відстань між подвійною щілиною і сіткою,  $2t$  – відстань між щілинами в подвійній щілині Юнга

### Хід роботи

1. Встановлюють **тест-об'єкт № 2** у нейтральне положення „центр”.
2. Встановлюють планку з **тест-об'єктом № 1** у положення „2” (подвійна щілина).
3. Наводять окуляр на чітке зображення розподілів шкали сітки. Закріплюють на перехідній втулці інтерферометра штатний освітлювач, виконаний на 2-х світлодіодах.

4. Вмикають, по черзі, червоний і синій світлодіоди, спостерігають інтерференційну картинку і, одночасно, штрихи шкали сіткн окуляра інтерферометра.

**Примітка.** Для того, щоб інтерференційна картина була яскравішою, допускаються нахили освітлювача інтерферометра (вправо - уліво) у межах люфту посадкової втулки.

5. По шкалі сіткн вимірюють кількість темних (світлих) смуг  $N$ , що приходяться на відповідну кількість розподілів  $n$  сіткн. Тоді відстань між дифракційними мінімумами (максимумами) розраховується за формулою:

$$d = \frac{en}{N} \quad (1.9)$$

З огляду на те, що ціна мінімального розподілу вимірювальної сіткн в полі зору окуляра  $e = 0,2$  мм, одержимо:

$$d = \frac{0,2n}{N} \text{ (мм)} \quad (1.10)$$

Вимірювання повторюють 3 рази.

6. Вимірюють відстань між максимумами інтерференційних смуг для синього і червоного світлодіодів. Отримують:  $d_{\text{кр.}}$ ,  $d_{\text{син.}}$ . Підставляють значення у формулу для визначення довжини хвилі світла:  $d \sin \varphi = k\lambda$ .

7. Для першого порядку інтерференційної картини  $k = 1$ , а для малого кута  $\varphi$  на першій порядку  $\sin \varphi \approx \tan \varphi \approx \frac{2t}{L}$ . При цих умовах отримують:

$$\lambda = d_{\text{кр.}} \cdot (\text{син.}) \cdot \frac{2t}{L}, \text{ або } \lambda_{\text{кр.}} \cdot (\text{син.}) = \frac{0,2n}{N} \frac{2t}{L}, \quad (1.11)$$

де  $2t$  – відстань між щільностями в подвійній щільності Юнга ( $2t = 0,1$  мм), а  $L$  – відстань між подвійною щільною Юнга і шкалою сіткн ( $L = 100$  мм). З урахуванням цього довжина хвилі розраховується за формулою:

$$\lambda_{\text{кр.}} (\text{син.}) = \frac{0,2n}{N} 0,001 \text{ (мм)} \quad (1.12)$$

8. Розраховують за формулою (1.12) довжину хвилі для червоного і синього світлодіодів.

9. Розраховують абсолютну та відносну похибку й оформлюють звіт про роботу.

#### Контрольні питання

1. Дати визначення інтерференції світла?
2. Яким чином одержують когерентні хвилі?
3. Записати умови максимуму і мінімуму для інтерференції.
4. Розповісти про пристрій і принцип дії інтерферометра Юнга.
5. Які види інтерферометрів Ви знаєте?

**Висновок.** Входячи із зазначеного, ми вважаємо, що методика навчання фізики, зокрема з оптики, повинна узгоджуватися з використанням нового обладнання, технічними засобами навчання, відобразити сучасний рівень наукових досягнень з оптики, враховувати індивідуальні особливості учнів для покращення знань, вмінь та навичок при виконанні різного рівня складності завдань з оптики в профільній школі і належним чином розв'язувати завдання формування і розвитку особистості кожного школяра.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у удосконаленні даного навчального обладнання, що полягає у відпрацюванні методики і техніки виконання навчального експерименту з оптики в загальноосвітніх навчальних закладах різного типу та профілю.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 / Величко Степан Петрович. – К., 1998. – 460 с.

2. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / Величко С.П. – Кіровоград: КДПУ, 1998. – 302 с.
3. Величко С.П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту / С.П. Величко, В.П. Вовкотруб. – Монографія. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 128 с.
4. Величко С.П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики: [навчальний посібник для вчителів] / С.П. Величко, О.С. Кузьменко. – Кіровоград: ПП „Центр оперативної поліграфії „Авангард”, 2009. – 164 с.
5. Кузьменко О.С. Методика навчання оптики в умовах профільного навчання фізики: дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Кузьменко Ольга Степанівна. – Кіровоград, 2011. – 312 с.
6. Кузьменко О.С. Фропгальні лабораторні роботи з оптики: [посібник для вчителів фізики] / Кузьменко О.С.; за ред. проф. С.П. Величка. – Херсон: ТОВ „Айлант”, 2009. – 44 с.
7. Кузьменко О.С. Роботи фізичного практикуму з оптики: [посібник для вчителів фізики] / Кузьменко О.С.; за ред. проф. С.П. Величка. – Херсон: ТОВ „Айлант”, 2009. – 72 с.
8. Програма для середніх загальноосвітніх шкіл. Фізика. Астрономія. 7-11 класн / О.І. Бугайов (кер.), Л.А. Закота, Д.Я. Костюкевич, М.Т. Мартинюк. – К.: Шкільний світ, 2001. – 96 с.
9. Програми для профільних класів загальноосвітніх навч. закладів з укр. мовою навч. / О. Бугайов (кер.), М. Головка, Л. Закота, В. Коваль, Д. Костюкевич, М. Мартинюк, О. Хоменко – К.: Пед. преса, 2004. – 144 с.
10. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. Астрономія. 7 – 12 класн / Автори : фізика: О.І. Ляшенко (кер.), Є.В. Корняк, М.Т. Мартинюк, М.І. Шут; астрономія: М.І. Днбенко, В.Г. Коретніков, А.І. Клімпішин, В.Г. Кручиненко, І.П. Крячко. – К. – Ірпінь: Перун, 2005. – 81 с.

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**Кузьменко Ольга Степанівна** – кандидат педагогічних наук, викладач кафедр фізико-математичних наук, Кіровоградська льотна академія Національної академії України.

**Величко Степан Петрович** – професор кафедр фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* використання сучасних засобів навчання у фізичному експериментуванні з оптики.