

## **Розділ II**

---

Як одним із найперспективніших напрямків сучасної освіти, процес інтеграції знаходиться на експериментальній стадії та вимагає глибокого теоретичного обґрунтування його методологічних, психолого-педагогічних та змістовних аспектів.

### **Список використаних джерел**

1. *Іваницький О.І.* Сучасні технології навчання фізики в середній школі. — Запоріжжя: Прем'єр, 2001. — 266 с.
2. *Куриленко С.П.* Інтегративний підхід до підготовки майбутнього вчителя фізики //Методика навчання фізики у вищій школі. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Випуск 13. Серія: педагогічні науки. Збірник. У 2-х т. — Чернігів: ЧДПУ, 2002. — № 13. — Т. 2. — С. 196-197.
3. *Нечет В.І.* Основи теорії навчання фізики в загальноосвітній середній школі. — Запоріжжя: Мотор Січ, 1997. — 201с.
4. *Самойленко П.И., Сергеев А.В.* Развитие дидактики физики как интеграционный процесс //Среднее профессиональное образование. — 1998. — № 11-12. — С. 39-45; 1999. — № 2. — С. 26-33.
5. *Сергеев О.В., Куриленко С.П.* Тенденції інтеграції сучасної дидактики фізики як наукової дисципліни //Зб. наукових праць Кам'янець-Подільського держ. пед. університету: Серія педагогічна. — Коломия: ВПТ "ВІК", 2001. — Вип. 7. — С. 44-51.

УДК: 537.311.3

**Лисак В.А.**

*(Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти)*

---

## **МОЖЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО ДІОДА У ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ОПТИКИ**

---

У статті розглянуто нові можливості використання лазерного діода в навчальному фізичному експерименті з оптики. Звертається увага на необхідність застосування лазерного діода при проведенні різних видів самостійних короткочасних фронтальних дослідів-демонстрацій та лабораторних робіт.

In article is considered the new possibilities of using the laser diode in educational physical experiment on optics. The attention is addressed to necessity of using the laser diode at realization the different kinds of independent short-term frontal demonstrations and laboratory works.

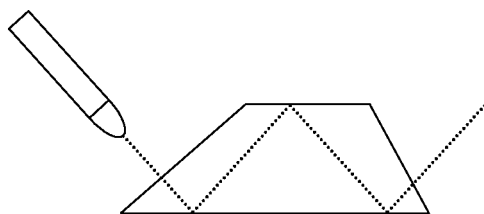
Система навчального фізичного експерименту нині перебудовується на ідеї поступового, поетапного підвищення самостійності учнів в процесі оволодіння знаннями. Але в структурі організації вивчення фізики, та зокрема оптики, досі переважає репродуктивний вид сприймання навчального матеріалу. Дослідне, пошукове навчання передбачає зміну наголосу на створення учням умов для постійної та послідовної, а не епізодичної дослідницької

## **Формування освітнього середовища. Взаємозумовленість...**

експериментальної діяльності, саме на залучення учнів до проведення різних видів самостійних короткочасних фронтальних дослідів-демонстрацій та лабораторних робіт. Адже лише самостійні фронтальні експерименти учнів сприяють розвитку фізичного мислення, вмінню спостерігати явища, моделювати об'єкти, що вивчаються, аналізувати закони і наслідки з них, перевіряти їх з допомогою дослідів, вимірювати фізичні величини.

Застосування напівпровідникового лазера (лазерного діода) у вигляді указки-брелка дозволяє удосконалити та збагатити шкільний фізичний експеримент з оптики, відкрити нові можливості як для підвищення якості багатьох дослідів-демонстрацій, передбачених програмою шкільного курсу фізики [1], так і для постановки нових дослідів.

Випромінювання напівпровідникового лазера в порівнянні з тепловими джерелами світла вигідно відрізняється унікальними властивостями: високим ступенем когерентності, монохроматичності, високою напрямленістю, високим ступенем поляризації, великою яскравістю пучка та малою його розбіжністю. Ці властивості лазера дозволяють покращити постановку складних дослідів-демонстрацій з інтерференції, дифракції та поляризації світла.



**Мал.1. Дія світловода**

Напівпровідниковий лазер (оптичний квантовий генератор) у вигляді указки-брелка дає безперервне випромінювання потужністю до 1 мВт (Output Power <math>< 1 \text{ mW}</math>); діаметр пучка променів на виході з лазера близько 2 мм; довжина хвилі випромінювання — 630-680 нм (Wavelength=630-680 нм), що відповідає довжинам хвиль червоного діапазону спектру. Прилад живиться постійним струмом з напругою 4,5 В від трьох акумуляторних батарей типу LR44 по 1,5 В кожній.

Лазерний діод указки-брелка має ряд суттєвих переваг не лише над тепловими джерелами світла, а й над шкільними навчальними газовими лазерами ЛГ-200, ЛГ-208А, ЛГ-209 та ЛГН-109. Найсуттєвішими недоліками газових лазерів є: складність налагодження та юстирування дзеркал резонатора; проблематичність зберігання: потребують систематичного (1-2 рази на місяць) вмикання на 15-20 хвилин; тенденція транспортування: слід уникати різких поштовхів та ударів; великі габарити; велика вартість.

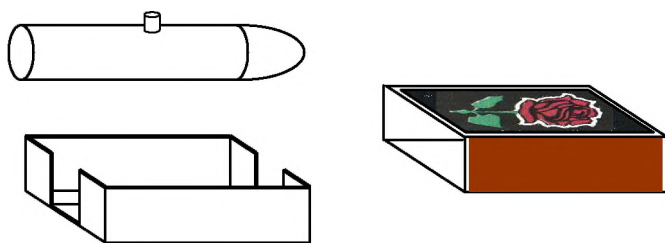
Серед основних переваг лазерного діода указки-брелка можна виділити такі: має компактну за розміром конструкцію, що дає змогу кріпити прилад на обмеженому просторі; невибагливий при транспортуванні та зберіганні; не потребує попереднього юстирування та налагодження під час проведення дослідів; дає змогу виконувати демонстрування навіть у

## Розділ II

злегка затемненому приміщенні (без яскравого освітлення); дає можливість одержувати яскравіші та переконливіші результати демонстрацій; відповідає санітарно-гігієнічним нормам (випромінювання не перевищує максимально допустимих значень); відповідає вимогам техніки електробезпеки (живиться постійним струмом з напругою 4,5 В від трьох сухих елементів по 1,5 В кожний).

Для виконання дослідів-демонстрацій з хвильової оптики лазерна указка-брелок може застосовуватися в комплекті з універсальним проєкційним апаратом з оптичною лавою (ФОС-67 або ФОС-115) та різноманітними насадками, що входять до набору з інтерференції та дифракції світла і набору з поляризації світла, які виготовлялися на заводі “Шкільне приладобудування” (м. Загорськ, Московської обл.). За відсутності в шкільному кабінеті фізики оптичної лави досліди-демонстрації з лазерною указкою можна виконувати, використовуючи штативи та легкі триніги для закріплення дисків-ширм і об’єктів спостереження.

Використовуючи лазерну указку-брелок та об’єкти, що входять до наборів, можна наочно, без затемнення кабінету (за відсутності яскравого освітлення), показати такі досліди-демонстрації: Д1. Інтерференція від біпризми Френеля. Д2. Інтерференція в приладі “Кільця Ньютона”. Д3. Інтерференція від товстої скляної пластинки. Д4. Дифракція від тонкого дроту. Д5. Дифракція від вузької щілини. Д6. Дифракція від дифракційної ґратки. Д7. Дифракція від круглого екрану та отвору. Д8. Дослідження поляризації світла поляроїдом. Д9. Поляризація світла при відбиванні та заломленні. Д10. Повертання площини поляризації світла розчином цукру. Д11. Дослідження подвійного променезаломлення ісландського шпату. Д12. Інтерференція в поляризованому світлі препарату з целофану. Д13. Дослідження деформації за допомогою поляризованого світла. Методика проведення демонстрацій в цілому співпадає з описаною для газових лазерів [2].



**Мал. 2. Саморобний тримач для лазерної указки-брелка**

Під час підготовки до виконання навчальних дослідів-демонстрацій спочатку на оптичній лаві збираємо відповідну оптичну схему, оптичною віссю в якій буде промінь від лазерної указки-брелка (лазерного діоду). На першому рейтері проєкційного апарату закріплюють підйомний столик, на якому розміщують лазерну указку-брелок.

Щоб лазерну указку-брелок не потрібно було постійно тримати в руках та для фіксації кнопки-вимикача в увімкненому положенні, доцільно встановити прилад в автономний тримач. Найпростіше тримач виготовити

## **Формування освітнього середовища. Взаємозумовленість...**

з коробка для сірників, зробивши в протилежних бокових гранях висувної частини коробка два прямокутні прорізи, ширина яких дорівнює розміру зовнішнього діаметру трубки-корпусу лазерної указки-брелка (мал. 2). Лазерну указку-брелок вставляють у прорізи висувної частини коробка так, щоб кнопка-вимикач була повернута вгору, тоді надіта зовнішня частина коробки надійно зафіксує кнопку-вимикач в увімкненому положенні.

Оскільки світловий пучок, що виходить з лазера, дуже тонкий, його потрібно розширити. Для розширення лазерного пучка доцільно використати одну короткофокусну збиральну лінзу: пучок розширюватиметься за фокусом лінзи, тому об'єкт для спостереження результатів демонстрації треба розмістити саме за фокусом лінзи. У нашому приладі було використано лінзу від окуляра мікроскопа (можна також використовувати лінзу від об'єктива мікроскопа).

Щоб закріпити лінзу від окуляра (чи об'єктива) мікроскопа на оптичній лаві потрібно з товстого картону вирізати квадрат за розмірами діапозитиву і в його центрі зробити отвір за зовнішнім діаметром окуляра (чи об'єктива) мікроскопа. Виготовлена оправа вставляється в діапозитивну рамку диска-ширми, а в наявний в ній отвір вставляється окуляр (чи об'єктив) мікроскопа. На оптичній лаві диск-ширму з лінзою треба розмістити так, щоб промінь від лазерної указки-брелка проходив через оптичний центр лінзи.

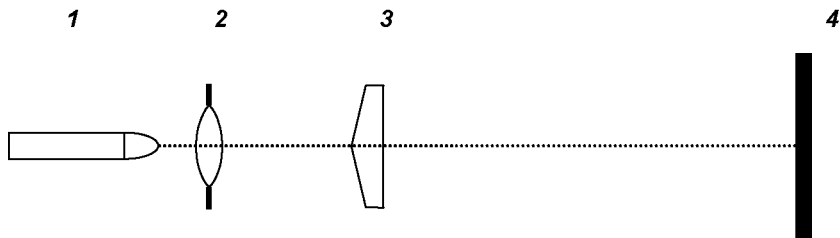
Екран для спостереження результатів демонстрацій розміщують на тій відстані, щоб утворилась якісна демонстраційна картина. При цьому слід врахувати її розміри та інтенсивність. Для "розтягування" на екрані утвореної картини, екран треба орієнтувати так, щоб пучок майже ковзав по його поверхні. Збільшити розміри спостережуваних картин можна, використавши дзеркало для відбивання зображення на екран (картина збільшується внаслідок збільшення шляху проходження розбіжного пучка світла до екрану).

Між лінзою та екраном на рейтерах проєкційного апарату закріплюють об'єкти спостереження та інші деталі установки.

Опишемо деякі названі досліди-демонстрації з хвильової оптики із застосуванням лазерної указки-брелка (лазерного діоду).

### **Д1. Інтерференція від біпризми Френеля**

**Обладнання:** лазерна указка-брелок з тримачем, окуляр мікроскопа ( $15^\times$  або  $20^\times$ ) в оправі, біпризма Френеля, екран, оптична лавка.



**Мал. 3. Оптична схема установки з біпризмою Френеля**

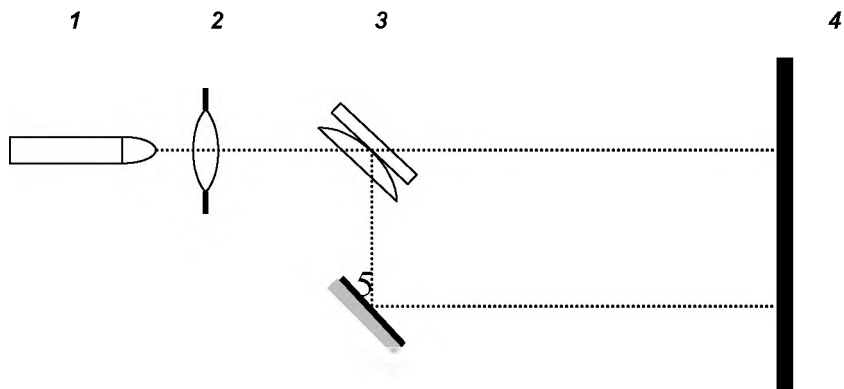
## Розділ II

Збираємо установку згідно оптичної схеми досліду (мал. 3), де 1 – лазерна указка-брелок, 2 – окуляр мікроскопа, 3 – біпризма Френеля, 4 – екран. Біпризму Френеля закріплюємо за допомогою диску-ширми в рейтері на висоті оптичної осі лазерного пучка. Якщо ребро біпризми Френеля встановити вертикально, тоді утворена інтерференційна картина матиме вигляд вертикальних світлих і темних смуг.

### Д2. Інтерференція в приладі “Кільця Ньютона”.

**Обладнання:** лазерна указка-брелок з тримачем, окуляр мікроскопа (15<sup>x</sup> або 20<sup>x</sup>) в оправі, прилад “Кільця Ньютона”, дзеркало із зовнішнім покриттям, екран, оптична лава, спиртівка, відрізок дроту діаметром 2,5-3 мм.

Збираємо установку згідно оптичної схеми досліду (мал. 4), де 1 – лазерна указка-брелок, 2 – окуляр мікроскопа, 3 – прилад “Кільця Ньютона”, 4 – екран, 5 – дзеркало із зовнішнім покриттям. Прилад “Кільця Ньютона” закріплюємо за допомогою диску-ширми в рейтері на висоті оптичної осі лазерного пучка, а дзеркало із зовнішнім покриттям закріплюємо так, щоб спрямувати відбитий від приладу “Кільця Ньютона” лазерний пучок на той самий екран. Дана установка дозволяє одночасно показати явище інтерференції як у прохідному, так і у відбитому світлі.



Мал. 4. Оптична схема установки з кільцями Ньютона

### Д11. Дослідження подвійного променезаломлення ісландського шпату

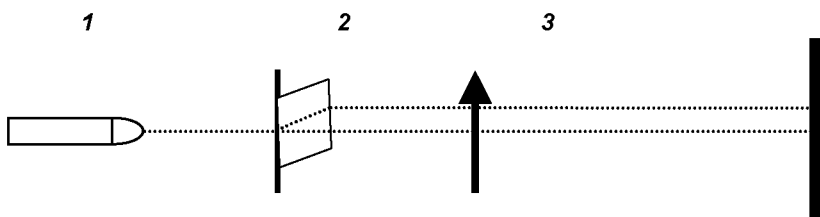
**Обладнання:** лазерна указка-брелок з тримачем, кристал ісландського шпату (карбонату кальцію  $\text{CaCO}_3$ ) на склі в оправі, поляроїд в оправі, екран, оптична лава.

Збираємо установку згідно оптичної схеми досліду (мал. 5), де 1 – лазерна указка-брелок, 2 – кристал ісландського шпату, 3 – поляроїд, 4 – екран. Спочатку одержуємо на екрані чітке зображення променя від лазера. Потім кристал ісландського шпату закріплюємо за допомогою диску-ширми в рейтері на висоті оптичної осі лазерного променя і одержуємо на екрані дві світних точки, тобто спостерігаємо так звані звичайний та незвичайний промені. Повертаючи кристал ісландського шпату в диску-ширмі навколо оптичної осі, спостерігаємо як одна світна точка обертається навко-

## **Формування освітнього середовища. Взаємозумовленість...**

ло іншої, а яскравість обох точок змінюється по черзі від максимального до мінімального значення під час повороту на кожні  $90^\circ$ . Щоб під час обертання кристалу в площині диску-ширми звичайний промінь не зміщувався (його зображення повинно залишатися на екрані на одному місці), а інше зображення рухалося по колу навколо першого, потрібно кристал та лазерну указку-брелок ретельно відцентрувати.

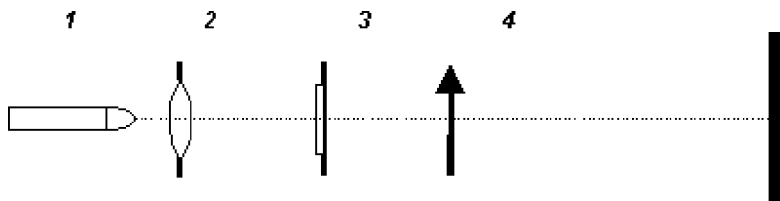
**Мал. 5. Оптична схема установки з ісландським шпато**



Щоб продемонструвати, що площини поляризації звичайного та незвичайного променів взаємно перпендикулярні, між кристалом ісландського шпату і екраном закріплюємо поляроїд за допомогою диску-ширми в рейтері на висоті оптичної осі лазерного пучка. Повільно повертаючи поляроїд за допомогою ручки на диску-ширмі на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  і  $360^\circ$ , спостерігаємо почергове затемнення зображення як від звичайного, так і від незвичайного променів. Щоб краще бачити на який кут повертається поляроїд, потрібно закріпити на ньому невеличку картонну стрілку.

### **Д13. Дослідження деформації за допомогою поляризованого світла.**

**Обладнання:** лазерна указка-брелок з тримачем, окуляр мікроскопа ( $15\times$  або  $20\times$ ) в оправі, поляроїд в оправі, металева рамка з гвинтом (прес), модель рейки з органічного скла, балка (пластина) з органічного скла з двома металевими ручками, екран, оптична лава, спиртівка, відрізок дроту діаметром 2,5-3 мм, пластинка віконного скла.



**Мал. 6. Оптична схема установки з деформованим тілом**

Збираємо установку згідно оптичної схеми досліду (мал. 6), де 1 – лазерна указка-брелок, 2 – окуляр мікроскопа, 3 – об'єкт для спостереження, 4 – поляроїд, 5 – екран.

**а) Демонстрування анізотронії в стиснутому склі.** Об'єктом для спостереження 3 в даному випадку буде модель рейки з органічно-

## Розділ II

---

го скла. Модель рейки вставляємо у металеву рамку з гвинтовим затискачем і закріплюємо в рейтері оптичної лави на висоті оптичної осі лазерного пучка. Спочатку потрібно спроектувати об'єкт на екран до одержання чіткого зображення моделі рейки та піднятого над нею гвинта. Потім поляроїд за допомогою диску-ширми закріплюємо в рейтері на висоті оптичної осі лазерного пучка і за допомогою ручки на диску-ширмі повертаємо поляроїд в площині ширми так, щоб зображення лазерного пучка на екрані повністю затемнилося. Після цього, повільно обертаючи гвинт, стискаємо рейку і спостерігаємо на екрані картину розподілу напружень в моделі у вигляді яскравих ліній неправильної форми. Поступово послаблюючи гвинт, спостерігаємо зникнення напружень в моделі.

**б) Демонстрування анізотропії скла при стисненні та розтягу.** Об'єктом для спостереження  $Z$  в даному випадку буде балка (пластина) з органічного скла з двома металевими ручками. Балку з органічного скла з двома металевими ручками за допомогою “вушок” закріплюємо у металевій рамці з гвинтовим затискачем, знявши попередньо модель рейки. Потім за допомогою ручки на диску-ширмі повертаємо встановлений поляроїд в площині ширми до одержання на екрані майже повного затемнення. Після цього, повільно стискаючи пластину двома пальцями за металеві ручки, спостерігаємо на екрані картину розподілу напружень в зігнутій пластині (біля верхнього та нижнього країв буде спостерігатися просвітлення, а всередині, в зоні відсутності напружень, буде залишатися темна смужка).

Отож підсумовуючи написане вище, зазначимо: 1) не слід забувати, що фізика — наука експериментальна. Тому щоб учні успішно засвоїли основний навчальний матеріал та виробили практичні вміння і навички, потрібно практикувати на уроках виконання різних видів навчального фізичного експерименту у вигляді короточасних фронтальних дослідів-демонстрацій та лабораторних робіт. Проведення короточасного експерименту під час вивчення навчального матеріалу та в процесі його повторення і закріплення надає учням можливості застосувати здобуті теоретичні знання на практиці і цим сприяє формуванню в них міцних знань та вмінь з фізики. 2) лазерний діод указки-брелка можна просто і ефективно використовувати також і в дослідах-демонстраціях з хвильової оптики як повноцінне лазерне джерело. 3) назріла необхідність отримання дозволу на застосування лазерного діода указки-брелка як навчального фізичного обладнання у фронтальних експериментах з оптики. Адже, як правило, експериментальна діяльність учнів у школі досі зводиться до виконання традиційних лабораторних робіт, розроблених і поставлених на обладнанні 30-40-річної давності.

### Список використаних джерел

1. *Програми* для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 7-11 класи. Астрономія. 11 клас. — К.: Шкільний світ, 2001. — 136 с.
2. *Величко С.П., Ковальов І.З.* Лазер у шкільному курсі фізики: Посібник для вчителя. — К.: Радянська школа, 1989. — 143 с.
3. *Демонстраційний експеримент по физике в средней школе: Пособие для учителей* /Под ред. А.А.Покровского. — Ч. 2: Колебания и волны. Оптика. Физика атома. — М.: Просвещение, 1979. — 287 с.