

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**СОНДАК Олена Володимирівна**

УДК 377.36:61.016:535 (043.3)

## **ДИСЕРТАЦІЯ**

Формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів  
при вивченні оптики

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Подається на здобуття

наукового ступеня Кандидат педагогічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

О.В. Сондак

Науковий керівник: Ніколаєв Олексій Михайлович доктор педагогічних наук,  
доцент

Київ – 2018

## АНОТАЦІЯ

**Сондак О.В. Формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика). – Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, Кам'янець-Подільський, 2018 р.

У дисертації вперше запропоновано теоретичні та методологічні засади формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики в системі ступеневої підготовки медичних фахівців і показано, що предметна компетентність з фізики здійснює безпосередній вплив на становлення спеціальних (фахових) компетентностей. Вперше запропоновано методичні засади реалізації індивідуального підходу в навчанні фізики, які забезпечать підвищення рівня предметної компетентності студентів медичних коледжів з фізики. Вперше запропоновано структуру та зміст навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів як засобу підвищення рівня предметної компетентності з фізики з урахуванням складу і структури наукового знання, а також на основі принципів інтеграції предметів загального та професійного циклів підготовки та професійної спрямованості навчання. Удосконалено методичні підходи до формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних навчальних закладів при вивченні оптики. Подальшого розвитку набули методичні засади реалізації принципу наступності у навчанні фізики в медичних коледжах. Описано методику організації та проведення експерименту. Результати педагогічного експерименту були експериментально перевірені за допомогою критеріїв Крамера-Уелча, Вілкоксона-Манна-Уїтні, критерію однорідності  $\chi^2$ .

**Ключові слова:** предметна компетентність з фізики, фахова компетентність, індивідуальний підхід в навчанні фізики, медичний коледж, навчально-методичний комплект.

## ABSTRACT

**Sondak O.V. The Formation of the subject competence of Physics of students of medical colleges in the study of optics.** - The manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of pedagogical sciences in specialty 13.00.02 - theory and methods of teaching (physics). - Ivan Ogienko Kamyanets-Podilskyi National University, Kamyanets-Podilsky, 2018.

In the dissertation the theoretical and methodological principles of forming the subject competence of physics in students of medical colleges for the study of optics in the system of graduate training of medical specialists were proposed for the first time. It was shown that the subject competence in physics has a direct influence on the formation of special (professional) competencies. For the first time, the methodical principles of the implementation of an individual approach in the study of physics are proposed, which will provide an increase in the level of subject competence of students of medical colleges in physics. For the first time, the structure and content of the teaching-methodical package "Physics in medical colleges" for students and teachers of medical educational institutions were proposed as a means of raising the level of subject competence in physics, taking into account the composition and structure of scientific knowledge, as well as on the principles of integration of subjects of general and professional training cycles and professional training orientation. The methodical approaches to the formation of the subject competence in physics at medical students at the study of optics have been improved. Further development of the methodical principles of the implementation of the principle of continuity in the teaching of physics in medical colleges. The technique of organizing and conducting an experiment is described. The results of the pedagogical experiment were experimentally verified using the Cramer-Welch, Wilcoxon-Mann-Whitney criteria, and the  $\chi^2$  homogeneity criterion.

**Key words:** subject competence in physics, professional competence, individual approach in the study of physics, medical college, teaching and methodical kit.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Навчально-методичні посібники:*

1. Сондак О.В. Збірник задач з оптики. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 25 с.
2. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 48 с.
3. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 60 с.
4. Сондак О.В. Практичні і лабораторні роботи з оптики. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 39 с.

### *Методичні рекомендації:*

5. Сондак О.В. Формування мотивації у студентів при вивченні оптики. / О.В. Сондак // Методичні рекомендації для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 26 с.

### *Статті у наукових, фахових виданнях України:*

6. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Вип. 6. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 138-139.
7. Сондак О.В. Формування експериментальної складової предметної компетентності у майбутнього вчителя фізики / Атаманчук П.С., Ніколаєв

- О.М., Сондак О.В. // Наукові записки. – Випуск 6. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 150 с. – С. 46-50.
8. Сондак О.В. Предметні компетентності при вивченні фізики студентами-медиками засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 14. – Т. 2. - с.78-79.
  9. Сондак О.В. Забезпечення структури предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015 – с. 256 – 262.
  10. Сондак О.В. Дидактичні основи формування предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 7. – с. 143-145.
  11. Сондак О.В. Мотивації як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 9. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2016 – с. 185 – 192.
  12. Сондак О.В. Роль мотивації у формуванні предметних компетентностей з фізики у студентів-медиків. / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський

національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 15. – Т. 2. – с.73-75.

13. Сондак О.В. Методичні рекомендації при вивченні явища дифракції за допомогою індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. – Випуск 16. – Т. 2. – с.68-70.

*Статті у виданнях іноземних держав:*

14. Сондак О.В. Мотивація як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // *Pedagogy and Psychology*, IV (45), Issue: 93, 2016. Budapest. P. 59 – 63.

*Статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:*

15. Сондак О.В. Формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ I – II рівнів акредитації засобами індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Вип. 20. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 225 – 227.
16. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів медичних коледжів. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 21. – с. 224 – 228.

17. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення інтерференції світла з опорою на індивідуалізацію навчання / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 22. - с. 166 – 169.
18. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення хімічної та теплової дії світла на основі індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. – Випуск 23. – с.173 – 176.

*Матеріали наукових конференцій:*

19. Сондак О.В. Інноваційні технології індивідуалізації навчання з фізики в медичних коледжах. / О.В. Сондак, В.І. Тищук // Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю: Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції / [редкол.: П.С. Атаманчук (голов. ред.) та ін.]. - Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2013. – с. 242-245.
20. Сондак О.В. Структура предметних компетентностей, які формуються на основі індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Засоби і технології сучасного навчального середовища: Матеріали конференції, м.Кіровоград, 22-23 травня 2015 року./Відповідальний редактор: С.П.Величко – Кіровоград: ПП “Ексклюзив-Систем”, 2015. – с. 85-86.
21. Сондак О.В. Формування предметних компетентностей з фізики студентів медичних коледжів на основі індивідуалізованого процесу навчання. / О.В. Сондак // Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю: збірник матеріалів X Міжнародної наукової

конференції / [редкол.: П.С. Атаманчук (голов. ред.) та ін.]. - Кам'янець-Подільський: ТОВ "Друкарня Рута", 2015. – с. 89-90.

22. Сондак О.В. Мотивації як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Засоби і технології сучасного навчального середовища: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м.Кіровоград, 27-28 травня 2016 року./Відповідальний редактор: С.П.Величко – Кіровоград: ПП "Ексклюзив-Систем", 2016. – с. 47-50.
23. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення інтерференції світла з опорою на індивідуалізацію навчання. / О.В. Сондак // Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей: збірник матеріалів XI Міжнародної наукової конференції / [редкол.: П.С. Атаманчук (голов. ред.) та ін.]. - Кам'янець-Подільський: ТОВ "Друкарня Рута", 2016. – с. 106-107.



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>11</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ І МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ З ФІЗИКИ В МЕДИЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ</b>	
1.1. Структура предметної компетентності з фізики у студентів вищих медичних навчальних закладів.....	18
1.2. Процес формування предметної компетентності з фізики у студентів-медиків.....	25
1.3. Вплив медичних знань на процес формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.....	31
1.4. Розвиток мотивації в навчанні як засіб формування предметної компетентності з фізики.....	40
1.5. Методичні підходи у формуванні предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.....	50
Висновки до розділу 1.....	57
Список використаних джерел.....	58
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ У СТУДЕНТІВ МЕДИЧНИХ КОЛЕДЖІВ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ З ФІЗИКИ В НАВЧАННІ ХВИЛЬОВОЇ ТА КВАНТОВОЇ ОПТИКИ</b>	
2.1. Методичні підходи до створення навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах” .....	84
2.2. Методичні особливості вивчення хвильових властивостей світла та дисперсії світла.....	90
2.2.1. Формування фізичних знань у студентів при вивченні явищ інтерференції та дифракції світла.....	90
2.2.2. Методичні особливості вивчення явища поляризації та дисперсії світла.....	112

2.2.3. Формування світоглядних аспектів предметної компетентності з фізики при вивченні ультрафіолетового, інфрачервоного та рентгенівського випромінювання.....	139
2.3. Методичні особливості квантових властивостей світла: гіпотеза М.Планка, світлові кванти, енергія та імпульс фотона, явища фотоефекту.....	158
2.3.1. Практичне застосування знань про тиск світла, хімічну та теплову дії світла.....	160
2.3.2. Використання явища люмінесценції в діяльності медичних закладів...194	
2.3.3. Застосування квантових оптичних генераторів в медицині.....	199
Висновки до розділу 2.....	206
Список використаних джерел.....	207
<b>РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРОВЕДЕННЯ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.</b>	
3.1. Організація і методика проведення педагогічного експерименту.....	210
3.2. Інтерпретація результатів педагогічного експерименту.....	216
Висновки до розділу 3.....	232
Список використаних джерел.....	234
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	235
<b>ДОДАТКИ</b> .....	238

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Сучасні вимоги суспільства до фахової компетентності в контексті глобалізаційних тенденцій і викликів часу орієнтують на підвищення якості підготовки фахівців, що можливо лише за умов модернізації та реформування української системи освіти, інноваційної спрямованості її змісту та методичних підходів до навчання. Зокрема, освітній процес потребує уваги з погляду збільшення його можливостей щодо розвитку людської особистості, виявлення обдарованості, сприяння формуванню індивідуальних здібностей кожної молодої людини і створення відповідного розвивального середовища. Тому всі без винятку аспекти і ланки освіти потребують відповідного методичного супроводу з урахуванням акценту на розвитку людської індивідуальності.

Зрозуміло, що медична освіта вимагає особливої уваги, оскільки безпосередньо впливає на життя людей через кваліфікацію її працівників. Водночас фахова компетентність медичних працівників у значній мірі залежить від знань з фізики. Тому при формуванні предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів індивідуальний підхід набуває особливого значення. Проблема застосування індивідуального підходу у навчанні фізики висвітлена у працях таких українських науковців, як П.С. Атаманчук [4], [5] [9], [11], [12], [16], С.П. Величко [51], [52], [53], С.У. Гончаренко [69], [70], О.І. Ляшенко [142], [143], [144], М.Т. Мартинюк [148], В.Д. Сиротюк [224] та ін. Індивідуальний підхід розглядається як сукупність методів навчання, що забезпечують ціннісні корекції в освітньо-виховному процесі, і передбачає використання методів впливу на кожного студента окремо з урахуванням властивих йому особливостей (вікових, індивідуальних, статевих, за рівнем розвитку пізнавального інтересу і пізнавальних здібностей тощо), тобто виокремлених конкретних дій і ставлення до студента з боку викладача. Враховуючи особливості фізики як навчального предмета, можна із впевненістю стверджувати, що успішне формування предметної компетентності з фізики можливе лише за умов використання індивідуального підходу.

Проблема формування предметної компетентності з фізики, шляхи створення інноваційних дидактичних систем та оновлення методик навчання ґрунтовно досліджені у працях П.С. Атаманчука [6], [7], [8], [10], [13], [14], [17], [18], [19], [20], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], В.Ф. Заболотного [82], [83], [84], [85], [86], А.В. Касперського [112], [113], О.І. Ляшенка [142], [143], [144], М.Т. Мартинюка [148], В.В. Мендерецького [150], [151], [152], [153], В.П. Сергієнко [222], [223], В.Д. Сиротюка [224], Н.Л. Сосницької [239], [240], [241], Б.А. Суся [243], [244], [245], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], М.І. Шута [268], [269], [270] ін. Результати численних досліджень таких науковців, як П.С. Атаманчук [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], О.І. Бугайов [42], В.Ф. Заболотний [82], [83], [84], [85], С.П. Величко[51], [52], [53], Ю.М. Галатюк [63], М.В. Головка [67], С.У. Гончаренко [69], [70], О.І. Ляшенко [142], [143], [144], В.Д. Сиротюк [224], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], Г.О. Шишкін [266], [267], М.І. Шут [268], [269], [270] та ін. свідчать про те, що головною передумовою успішного формування предметної компетентності з фізики є перехід від знаннево-просвітницької концепції фізичної освіти до концепції продуктивного навчання, коли студенти засвоюють не готовий науковий доробок у галузі фізики, а беруть активну участь у самостійному вивченні та дослідженні навколишнього світу методами фізичної науки. При цьому найкращі умови для реалізації концепції продуктивного навчання забезпечує індивідуальний підхід, який сприяє поглибленню знань, розвитку пізнавального інтересу, ефективно впливає на ставлення студентів до навчання. У процесі використання індивідуального підходу встановлюються тісні контакти між викладачем і студентом, а також між самими студентами, створюється більше можливостей для вираження емоційних потреб, пізнавального інтересу, для забезпечення допомоги кожному студентові та здійснення коригувальних процедур. Індивідуальний підхід дозволяє поєднувати різні форми організації навчального процесу, здійснювати взаємні переходи між ними, що, у свою чергу, сприяє формуванню механізмів просування кожного студента на вищий рівень в особистій навчальній діяльності.

Незважаючи на достатню розробленість проблеми фізичної освіти, у навчанні фізики в медичних коледжах існують певні протиріччя, а саме:

а) між тим, що, з одного боку, індивідуальний підхід в освіті є на часі, та, з іншого боку – недостатньою теоретичною і практичною підготовкою викладачів до його використання в навчанні фізики;

б) між прогнозованим та наявним рівнями навчальних досягнень студентів медичних коледжів;

в) між задекларованим та реальним станом методичного забезпечення процесу реалізації індивідуального підходу в навчання фізики.

Отже, слід констатувати, що використання індивідуального підходу у навчанні фізики студентів медичних коледжів, розроблення підходів до його реалізації та навчально-методичного забезпечення на сьогоднішній день не досліджено у достатній мірі, що і зумовлює актуальність дисертаційної роботи **“Формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики”**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота є складовою двох держбюджетних тем: “Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутнього учителя фізико-технологічного профілю” (номер державної реєстрації 0113U000488; з 2013 року і до 2015 року) та “Теорія управління процесами формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього учителя фізико-технологічного профілю” (номер державної реєстрації 0117U000761; з 2017 року і до 2018 року), які розробляв колектив кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі (Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка).

Тему дисертаційної роботи затверджено вченою радою Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 4 від 27 березня 2014 року). Тему дисертаційної роботи затверджено Координаційною радою НАПН України (протокол № 5 від 27 травня 2014 року).

**Об'єкт дослідження** – освітній процес з фізики у медичних коледжах.

**Предмет дослідження** – індивідуальний підхід до формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики.

**Мета дослідження** – наукове обґрунтування і розроблення теоретичних і методичних засад формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики та створення навчального комплекту “Фізика в медичних коледжах” для викладачів та студентів медичних навчальних закладів.

З урахуванням мети, об’єкта і предмета дослідження визначено його основні **завдання**:

1. Здійснити аналіз стану розробленості проблеми формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів та визначити можливості оптики у набутті студентами досвіду діяльності, пов’язаної із засвоєнням, розумінням і застосуванням фізичних знань.

2. Розробити навчально-методичний комплект “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів, призначений для забезпечення ефективної реалізації методичних підходів для формування предметної компетентності з фізики студентів медичних коледжів при вивченні оптики, досягнення професійної спрямованості і наступності в її вивченні.

3. Визначити шляхи і прийоми діагностики результатів навчання, що дозволяють фіксувати рівень індивідуальних навчально-пізнавальних досягнень студента і динаміку розвитку особистості студента.

4. Теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити запропоновані методичні підходи до формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики, а також ефективність та педагогічну доцільність навчально-методичного комплекту “Фізика в медичних коледжах”.

Відповідно до завдань дослідження будуть застосовуватись такі **методи** дослідження: *теоретичні* (аналіз, синтез, порівняння, моделювання, систематизація, узагальнення): теоретичний аналіз педагогічної та психолого-педагогічної, науково-методичної літератури за темою дослідження з метою відбору

й осмислення фактичного матеріалу; *емпіричні* (анкетування, контрольні тести, бесіди, спостереження, педагогічний експеримент, методи математичної статистики, комп'ютерні технології оброблення даних експерименту), які застосовувалися з метою визначення результатів навчальної діяльності студентів; експериментальної перевірки ефективності запропонованої методичної моделі реалізації індивідуального підходу в навчанні фізики як процес формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів.

**Наукова новизна одержаних результатів дослідження** полягає в тому, що на основі науково-методичного аналізу і педагогічного експерименту:

- *вперше запропоновано* теоретичні та методологічні засади формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики в системі ступеневої підготовки медичних фахівців, які орієнтовані на досягнення рівня предметної компетентності з фізики, достатнього для забезпечення становлення спеціальних (фахових) компетентностей;

- *вперше запропоновано* методичні засади реалізації індивідуального підходу в навчанні фізики в умовах комплексного використання традиційних та інноваційних освітніх моделей, які забезпечать підвищення рівня предметної компетентності студентів медичних коледжів з фізики;

- *вперше запропоновано* структуру та зміст навчального комплексу “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів як засобу підвищення рівня предметної компетентності з фізики з урахуванням складу і структури наукового знання, а також на основі принципів інтеграції предметів загального та професійного циклів підготовки та професійної спрямованості навчання;

- *удосконалено* методичні підходи до формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних навчальних закладів при вивченні оптики;

- *подальшого розвитку набули* методичні засади реалізації принципу наступності у навчанні фізики в медичних коледжах.

**Практична значущість** дослідження полягає в тому, що:

Вперше створено та впроваджено в освітній процес з фізики в медичних коледжах навчально-методичний комплект “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів, який містить такі складові:

- навчально-методичний посібник “Практичні і лабораторні роботи з оптики” (рекомендовано науково-методичною радою Рівненського державного базового медичного коледжу, протокол № 3 від 17 січня 2017);

- навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла” (рекомендовано науково-методичною радою Рівненського державного базового медичного коледжу, протокол № 3 від 17 січня 2017);

- навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла” (рекомендовано науково-методичною радою Рівненського державного базового медичного коледжу, протокол № 3 від 17 січня 2017);

- навчально-методичний посібник “Збірник задач з оптики” (рекомендовано науково-методичною радою Рівненського державного базового медичного коледжу, протокол № 3 від 17 січня 2017);

- методичні рекомендації “Формування мотивації у студентів при вивченні оптики” (рекомендовано науково-методичною радою Рівненського державного базового медичного коледжу, протокол № 3 від 17 січня 2017).

Розроблене навчально-методичне забезпечення містить методичні рекомендації для вивченні оптики, різнорівневі завдання для організації роботи на усіх етапах навчання оптики, матеріали для діагностики рівня засвоєння знань і вмінь студентів, завдання і запитання для організації самостійної діяльності студентів. Результати дослідження можуть бути використані при розробленні й упровадженні змісту навчально-методичного забезпечення при вивченні різних розділів фізики в медичних коледжах, розробленні підходів до модернізації змісту навчання, оновленні методик навчання фізики майбутніх медичних фахівців та удосконаленні навчально-методичного забезпечення освітнього процесу з фізики у медичних коледжах.



**Особистий внесок автора** полягає в обґрунтуванні ідеї формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики студентами медичних коледжів, створенні навчально-методичних матеріалів для процесу формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів, створенні навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів, упровадженні результатів дисертаційного дослідження через опублікування дисертаційних матеріалів у науково-методичних статтях, участь у науково-методичних конференціях та запровадження їх у процесі викладання фізики.

**Апробація результатів дослідження** було представлено в доповідях на наукових, науково-практичних та науково-методичних конференціях:

- міжнародних: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка (м. Кам’янець-Подільський, 2014-2017 рр.);
- всеукраїнських: Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка (м. Кіровоград, 2015-2017 рр.);
- всеукраїнських семінарах: “Актуальні проблеми методики викладання фізики” (м. Київ, 2016 р.);
- щорічних звітних наукових конференціях викладачів, докторантів та аспірантів Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (м. Кам’янець-Подільський, 2014-2017 рр.).

**Публікації.** Результати дослідження висвітлено у 23 наукових працях, серед них: 4 одноосібні навчально-методичні посібники; 1 одноосібні методичні рекомендації; 7 статей у фахових виданнях України, затверджених ВАК України, з яких 6 одноосібних (“Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015”, Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна); 5 одноосібних статей у наукометричних виданнях; 5 публікацій у збірниках матеріалів конференцій, з яких 4 одноосібні; 1 стаття у науковому періодичному виданні іноземної держави.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ І МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ З ФІЗИКИ В МЕДИЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

#### 1.1. Структура предметної компетентності з фізики у студентів вищих медичних навчальних закладів.

Підготовка молодших спеціалістів на основі базової загальної середньої освіти здійснюється на основі навчальної програми для вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації, котра рекомендована Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти Міністерства освіти і науки України. В пояснювальній записці зазначено, що програма орієнтована на фізичний компонент, який передбачає системне вивчення студентами вищої школи основ природничих наук, формування і розвиток умінь практичного використання набутих знань та поглиблення компетентності у предметних галузях, які пов'язані з вибором професії чиподальшим навчанням. Особливістю фізики як навчального предмета є його важливе соціокультурне значення, спрямованість на використання людиною у повсякденному житті таких категорій знань, як уміння, навички, переконання та звички [24]. Водночас складовими навчальних досягнень студентів з курсу фізики є володіння навчальним матеріалом, здатність його відтворювати, вміння знаходити потрібну інформацію, аналізувати її та застосовувати в стандартних і нестандартних ситуаціях.

Актуальною проблемою в сучасній освіті є пошук шляхів реалізації компетентнісно орієнтованого підходу в навчанні фізики. Проблемою також залишається розробка структури предметної компетентності студентів-медиків з фізики, якість оволодіння якою є однією із головних передумов забезпечення якісної медичної освіти.

Наукове підґрунтя проблеми формування компетентного майбутнього вчителя фізики відображено у досвіді роботи відомих вчених-методистів П.С. Атаманчука

[6], [7], [8], [10], [13], [14], [17], [18], [19], [20], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], С.П. Величка [51], [52], [53], В.Ф. Заболотного [82], [83], [84], Є.В. Коршака [126], [127], [128], [129], А.М. Куха [137], [138], [139], [140], [141], О.І. Ляшенка [142], [143], [144], В.Ф. Савченка [218], В.Д. Сиротюка [224], М.І. Шута [268], [269], [270], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262]. Проведені дослідження дали змогу переконатись у доцільності осмислення, розробки та впровадження багаторівневої структури предметної компетентності з фізики студентів-медиків.

Випереджувальна, компетентнісно спрямована освіта базується на засадах самоорганізованої та саморозвивальної системи, в якій велике значення надається врахуванню вікових особливостей студентів [121]. Викладач не контролює вивчення і відтворення студентом певних знань і відповідних вмінь, а допомагає і підтримує його у процесі засвоєння і застосування нових знань на практиці з урахуванням його особистих здібностей та природних нахилів.

Основу уявлень І.Д Беха [29], Ю.Я. Пасічника [197], А.В. Хуторського [253], [254], О. В Щирби [271] та ін. про характеристику компетентності складають два аспекти: єдність теоретичного знання і практичної діяльності; спільність описання результатів навчально-пізнавальної діяльності в порівнянні їх з метою навчання. Таким чином, предметна компетентність – це фактично готовність і здатність діяти в конкретній предметній області. Цим пояснюється доречність формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.

І.В. Родигіна відмічає, що головним є не предмет, якому навчає викладач, а особистість, яку він формує; не предмет формує особистість, а викладач своєю діяльністю, пов'язаною з вивченням предмета [213]. У навчальному процесі головне – це вмiла організація навчально-пізнавальної діяльності студентів. Ретельний аналіз науково-методичної літератури свiдчить про недостатнє висвітлення методики формування предметної компетентності студентів-медиків з фізики, що дає підстави виділити у запропонованому способі вирішення даної проблеми елементи інновацій та безсумнівне практичне значення. Дослідження науково-методичних джерел дало підстави для можливості розробки авторської структури предметних

компетентностей (фізичних) студентів, враховуючи їхні індивідуальні особливості у навчанні.

А.В. Хуторський [253] вважає за необхідне розрізняти поняття «компетенція» и «компетентність». Компетенція – наперед задана соціальна вимога (норма) до освітньої підготовки студента, яка необхідна для його ефективної продуктивної діяльності в певній сфері. Компетентність – володіння студентом відповідною компетенцією, що включає його особистісне ставлення до неї і предмета діяльності. Компетентність – сукупність особистісних якостей студента (ціннісно-сміслових орієнтацій, знань, умінь, навичок, здібностей), обумовлених досвідом його діяльності в певній соціально і особистісно-значущій сфері [274].

О.М Ніколаєв вважає, що компетентність – це система знань в дії, що передбачає активну навчально-пізнавальну діяльність [166], [167], [168]. О.І. Пометун вважає компетентність складною інтегрованою характеристикою особистості, що включає в себе знання, уміння, навички, відносини, що дозволяють ефективно здійснювати діяльність або виконувати певні функції, забезпечуючи розв'язання проблем і досягнення певних стандартів у галузі професії або виді діяльності [207]. Тобто, це здатність людини реалізовувати на практиці свої компетенції.

Незважаючи на різноманітність підходів до змісту поняття компетентності, всі вони відображають перехід освіти від змістово-предметної орієнтації до ефективної особистісно-орієнтованої життєдіяльності кожної людини, чого не могла забезпечити традиційна система освіти [29]. Завдання життєздатної особистості – бути компетентною, конкурентноспроможною особистістю.

Дослідники відокремлюють різноманітні групи компетентностей:

- соціальні, полікультурні, комунікативні, інформаційні, саморозвитку й самоосвіти, продуктивної творчої діяльності;
- соціальні, мотиваційні, функціональні;
- вміння вчитись, загальнокультурна, громадська, підприємницька, соціальна, здоров'язберігаюча, ІКТ-компетентність;

- уміння вчитися, здоров'язберігаюча, загальнокультурна, соціально-трудова, інформаційна.

На нашу думку в системі загальної середньої освіти основними групами компетентностей, яких потребує сучасне життя, є: соціальні; полікультурні; комунікативні; інформаційні; саморозвитку та самоосвіти; компетентності, що реалізуються у прагненні і здатності до раціональної, продуктивної творчої діяльності. Соціальні, пов'язані з готовністю брати на себе відповідальність, бути активним у прийнятті рішень, у суспільному житті, у врегулюванні конфліктів, у функціонуванні й розвитку демократичних інститутів суспільства; полікультурні, що стосуються розуміння несхожості людей, взаємоповаги до їхньої мови, релігії, культури тощо; комунікативні, що передбачають опанування важливого у роботі та суспільному житті усного і письмового спілкування; інформаційні, що зумовлені зростанням ролі інформації в сучасному суспільстві та передбачають оволодіння інформаційними технологіями, уміннями здобувати, критично осмислювати й використовувати різноманітну інформацію; саморозвитку та самоосвіти, що пов'язані з потребою й готовністю постійно навчатися як у професійному відношенні, так і в особистому та суспільному житті; компетентності, що реалізуються в прагненні й здатності до раціональної продуктивної, творчої діяльності.

Уявлення про багатокomпонентність компетентності підтверджується ідеями переважної кількості дослідників. До поняття «компетентність» Л.Ю. Благодаренко [36] і В.В. Мендерецький [150] включають знання, уміння та навички у якості когнітивного та операційно-технологічного складників. Також виділяють мотиваційну та етичну, соціальну та поведінкову складові частини. О.В. Щирба [271] у якості складових частин компетентності розглядає когнітивний, ефективний та вольовий компоненти. У Н.Л. Сосницької [239] системними компонентами є когнітивний, операційно-діяльнісний та ціннісно-смысловий. Ю.М. Галатюк [63] виділяє предметне знання, уміння й навички діяльності, когнітивні здібності, розвиненість ціннісно-орієнтаційної та комунікативної області. Н.В. Подопрігора [206] розглядає професійно-змістовний, професійно-діяльнісний і професійно-

особистісний компоненти. У дослідженні Н.О.Єрмакової [78] компонентами предметної компетентності є мотиваційний, змістовний і дійовий.

Множинність підходів до визначення структури компетентності та різноманіття відокремлених структурних компонентів не є випадковими. Вони свідчать про об'єктивну складність цього педагогічного явища. Розглядаючи трактування структури компетентності, наведені вище, слід відзначити, що всі вони передбачають наявність в цій структурі знань, ґрунтування на них і пов'язують компетентність з їх використанням. Знання є абсолютно необхідним елементом компетентності. Другим обов'язковим елементом компетентності має стати діяльність, що пов'язана, зокрема, з використанням знань в конкретних ситуаціях – як стандартних, так і не стандартних, з практикою в якій відпрацьовуються та перевіряються знання, з умінням та навичками, як професійними так і загально предметними з досвідом в якому акумулюються знання та вміння, життєвим досвідом, досвідом творчої діяльності [182].

Також беззаперечним є те, що компетентність людини має ґрунтуватися на комплексі її особистісних якостей. Компетентність об'єктивно залежить від особистісних якостей людини, її темпераменту, характеру, інтелекту, здібностей та нахилів, її цінностей переконань, потреб, мотивів діяльності тощо. Адже відповідальність, сумлінність, творчий підхід, зацікавленість в результатах своєї роботи, позитивна мотивація, ініціатива потрібні для виконання будь-якої діяльності [12].

Помічаємо певну схожість підходів до структурування компетентності. Порівнюючи підходи учених-педагогів до методики формування компетентностей студентів, бачимо різні визначення складників компетентностей. Проте спільним, на наш погляд, є виділення:

- мотиваційно-ціннісного компонента,
- змістово-процесуального компонента,
- рефлексивного компонента.

Спираючись на науково-методичні розробки формування предметної компетентності студентів-медиків, ми визначили структуру предметної

компетентності студентів з фізики за такими рівнями: когнітивний, діяльнісний аксіологічний та особистісний компоненти (рис. 1.1.).



Рис. 1.1. Структура предметної компетентності з фізики

Когнітивний компонент містить зміст навчального матеріалу, що включає: наукові факти та фундаментальні ідеї; поняття, закони, принципи та теорії, які дають змогу пояснити перебіг фізичних явищ і процесів, з'ясувати їхні закономірності, характеризувати сучасну фізичну картину світу, зрозуміти наукові основи сучасного виробництва, техніки і технологій, оволодіти основними методами наукового пізнання і використати набуті знання в практичній діяльності; розкриття причинно-наслідкових зв'язків між фізичними явищами, процесами, законами; уміння систематизувати інформацію, інтерпретувати фізичні факти, явища, події з історії краю [18].

Діяльнісний компонент предметної компетентності з фізики пов'язаний із використанням фізичних знань у конкретних ситуаціях і передбачає наявність умінь розв'язувати різні типи фізичних задач; виконувати практичні роботи за запропонованою інструкцією; самостійно планувати проведення спостережень, дослідів (відбір необхідного обладнання, складання плану виконання роботи, гіпотеза), опрацьовувати результати досліджень, аналізувати, робити висновки, вміння самостійно здобувати інформацію з різних джерел; представляти набуті

фізичні знання у різних формах (усній, письмовій, графічній тощо) та використовувати їх на практиці; брати участь у груповій роботі, дискусії, висловлювати власні думки [16].

Аксіологічний – усвідомлення свого ставлення до вивчення фізики.

Особистісний компонент компетентності включає мотиви, емоції, цінності, особистісне ставлення, навички самоорганізації студента, передбачає виховання особистісних якостей студента, формування у нього ціннісного ставлення до набутих знань та досвіду[6].

Аналіз процесу становлення компетентнісного підходу в освіті, його основних етапів, а також процес розвитку понятійного апарату компетентнісного підходу, розгляд існуючих сьогодні інтерпретацій понять «компетенція» та «компетентність» провідними дослідниками в галузі психології та педагогіки дає змогу зробити висновок, що більшість з відомих компонентів предметної компетентності з фізики включають когнітивний, діяльнісний аксіологічний та особистісний компоненти [169].

Предметна компетентність з фізики студента-медика є визначальною складовою його професійної компетентності та трактується нами як інтегральна властивість особистості, що виражається в наявності глибоких і міцних знань з фізики, вміння вирішувати професійні проблеми і задачі, що виникають в конкретній ситуації майбутньої діяльності, здатності використовувати фізичні методи для досягнення значущих результатів і якості в діяльності і включає особистісне ставлення до предмета діяльності.

Формування предметної компетентності з фізики та визначення її структури сприятиме досягненню нової якості освіти на основі освоєння її вихованцями компетентностей, які дають їм змогу успішно інтегруватись у суспільство, визначати і втілювати свою життєву стратегію, бути мобільними і конкурентоспроможними, здатними до самоорганізації навчання протягом життя, самореалізації, розкриття творчого потенціалу, до свідомого життєвого вибору і прийняття відповідальних рішень [144].



## 1.2. Процес формування предметної компетентності з фізики у студентів-медиків.

Знання й компетентність стали найбільш цінними товарами, серед яких важливе місце посіли фізичні знання. На основі аналізу особливостей реформування вищої освіти в рамках багаторівневої системи підготовки розглядаємо приклад розвитку предметної компетентності студентів коледжів. Вказана компетентність є базовою для професійної підготовки студентів у вищих навчальних закладах. Важливу роль у цьому процесі відіграють фундаментальні дисципліни, зокрема, фізика. Проаналізуємо можливості застосування компетентнісного підходу в коледжах. Фізика потрібна людям багатьох професій, знання і компетентності, отримані на заняттях, можна буде використати в майбутньому. Тому важливим стає формування предметних компетентностей – навичок вирішення проблем і прийняття рішень, навичок роботи з інформацією – її пошуку, аналізу та обробки, навичок комунікації та співпраці тощо.

Л.Ю. Благодаренко означає термін «компетентність» означено: продемонстровану здатність особи застосовувати знання, навички, особисті здібності та досвід у щоденних та змінних робочих і навчальних ситуаціях, а також у особистому розвитку; інтегрований результат індивідуальної навчальної діяльності студентів, який формується на основі оволодіння ними змістовими, процесуальними і мотиваційними компонентами, його рівень виявляється в процесі оцінювання; готовність суб'єкта ефективно застосовувати внутрішні і зовнішні ресурси для постановки і досягнення мети діяльності [35].

Предметна компетентність з фізики може бути визначена як здатність людини: визначати та розпізнавати фізичні поняття й ідеї; проводити досліди й експерименти з фізичними явищами та процесами; розв'язувати теоретичні та прикладні проблеми, пов'язані з реальними ситуаціями в світі; пояснювати фізичні явища, використовуючи специфічні мову й терміни, шляхом моделювання, виведення; переносити й інтегрувати знання та методи з фізики й застосовувати їх в інших науках і технологіях (рис. 1.2.) [37].



Рис. 1.2. Предметна компетентність з фізики як здатність студента.

Предметна компетентність забезпечується засобами одного предмета, її зміст і структура чітко відповідає певним елементам навчального змісту [84]. Предметні компетентності студентів визначаються на основі вимог до навчальних досягнень, які сформульовано в програмах з фізики для вищих навчальних закладів [159].

Компетентнісний підхід робить акцент на застосування знань і умінь у життєвих ситуаціях і передбачає постановку і реалізацію діяльнісних цілей, серед яких – вміння оцінювати свою діяльність і її результати [15]. Для формування предметних компетентностей необхідна спеціальна організація навчального процесу. Важливо також враховувати вікові та індивідуальні особливості розвитку студентів [239]. Підібрані з урахуванням віку і здібностей задачі викликають інтерес і є гарним стимулом для мотивації вивчення фізики, підвищують рівень результатів. Дослідження процесу формування предметних компетентностей студентів вищих навчальних закладів хоч і є актуальним, проте мало вивченим [269]. Мета навчання як компонент педагогічного процесу та як передбачений кінцевий результат

навчання полягає у формуванні та розвитку особистості студента, розкритті його здібностей і талантів.

Можна стверджувати, що предметна компетентність студента з фізики, в першу чергу, є ознакою високої якості його навчальних умінь, можливості установлювати зв'язки між набутими фізичними знаннями та реальною ситуацією, здатності знаходити процедуру (метод) розв'язання, що відповідає проблемі та успішно використовувати свої уміння, сформовані протягом вивчення фізики як навчальної дисципліни [36].

Формування компетентностей студентів зумовлене не тільки реалізацією відповідного оновленого змісту освіти, але й адекватних методів та технологій навчання [270]. Перелік цих методів є досить широким, їх можливості — різноплановими. Необхідними педагогічними умовами формування предметної компетентності студентів з фізики виступатимуть: системність використання цих засобів; врахування пізнавальних можливостей та вікових особливостей студентів. Саме розвиток у особистості предметної компетентності з фізики може дати людині можливості орієнтуватись у сучасному суспільстві, інформаційному просторі, швидкоплинному розвитку ринку праці, та подальшому здобутті освіти. Поняття предметної компетентності передбачає сукупність фізичних та інтелектуальних якостей людини і властивостей, необхідних для самостійного й ефективного виходу з різних життєвих ситуацій, щоб створити кращі умови для себе в конструктивній взаємодії з іншими.

Ефективним засобом формування предметної компетентності студентів у процесі навчання фізики є запровадження інформаційних технологій у навчальний процес, який дає змогу індивідуалізувати процес навчання, значно розширити можливості викладача у реалізації формування предметної компетентності і тим самим підвищити якість засвоєння фізичних понять [86].

Значно більший навчальний результат може забезпечити реалізація індивідуальної форми організації навчальної діяльності, яка передбачає врахування індивідуальних особливостей, темпу, рівня підготовки та навчальних можливостей студентів. Індивідуальна форма організації навчальної діяльності сприяє

становленню самостійності, активності, відповідальності, і це робить реалізацію названої форми адекватною задачам формування компетентності студентів [35].

Умовою й результатом інноваційного типу навчання є сформованість у студентів бажання і здатності самостійно вчитися, шукати в різних джерелах інформацію і застосовувати нові знання, виробляти вміння діяти, прагнути творчості та саморозвитку. Наявність умінь студентів самостійно вчитися програмує індивідуальний досвід успішної праці студента, запобігає перевантаженню, сприяє пізнавальній активності, ініціативі, раціональному використанню часу та засобів учіння. Не менш важливо, що людина, яка звикла самостійно вчитися, не губиться в новій пізнавальній і життєвій ситуаціях, не зупиняється, якщо немає готових рішень, не чекає підказки, а самостійно шукає джерела інформації, шляхи розв'язання, бо вміння вчитися змінює стиль мислення та життя особистості [39].

Принцип індивідуального підходу до студента дає змогу в умовах колективної навчальної роботи кожному студентові йти до оволодіння навчальним матеріалом своїм шляхом. Реалізуючи цей принцип, потрібно враховувати рівень розумового розвитку студентів, їх знань і вмінь, пізнавальної та практичної самостійності, інтересів, вольового розвитку, працездатності. А предметна компетентність – це встановлення зв'язку студентом між знаннями і ситуацією, здатність виявити процедуру (знання і дія), яка підходить для виконання конкретної проблеми (задачі) [23]. Вона виражається сукупністю особистісних якостей студента і припускає наявність мінімального досвіду формування предметної компетентності. Враховуючи, що компетентність формується, розвивається і виявляється у процесі діяльності, методологічною основою розвитку фізичних компетентностей студентів обрано індивідуальний підхід.

Предметну компетентність не можна сформувати, надаючи студенту завдання, що вимагає репродукції знань і "включення" його у діяльність за певним алгоритмом. Студент повинен самостійно пройти через послідовність ситуацій, близьких до реальності, що вимагають від нього усе більш компетентних дій, оцінювань, рефлексії досвіду, який здобувається на кожному кроці діяльності [19].

Види діяльності студентів, які сприяють розвитку предметної компетентності з фізики: складання та розв'язування фізичних задач, конструювання фізичних приладів, виконання навчально-дослідних робіт, виконання цікавих дослідів, екскурсії у природу, туристичні походи, проведення домашніх досліджень та спостережень, виконання індивідуальних та групових проектів (рис. 1.3.).



Рис. 1.3. Види діяльності студентів-медиків, які сприяють формуванню предметної компетентності з фізики.

Впровадження таких видів діяльності студентів в процесі формування предметної компетентності з фізики у вищому навчальному закладі за умови виконання необхідних дидактичних умов та методичних рекомендацій забезпечить: а) ефективність формування фізичних компетентностей студентів, за рахунок гармонійного поєднання традиційних методик навчання та сучасних інформаційно-комунікативних технологій; б) сприяння виникненню пізнавального інтересу настільки сильного, що цей процес з часом може здійснюватися шляхом самоосвіти, саморегулювання, самоконтролю і самоврядування [35].

Отже, педагогічна модель розвитку предметної компетентності повинна включати комплекс умов, спрямованих на розвиток умінь студента застосовувати в

більшій чи меншій мірі знання із різних навчальних дисциплін в майбутній професійній діяльності.

Компетентним студент може стати лише самостійно, визначивши для себе і апробувавши на собі різні моделі поведінки в даній предметній області, відібравши з них ті, які найбільше відповідають його індивідуальному стилю, естетичним прагненням та моральним установкам. При цьому допомагає індивідуальний підхід, який полягає в адаптації (приспосованні) навчання до змісту і рівня знань, умінь та навичок кожного студента або до характерних для нього особливостей процесу засвоєння, або навіть до деяких стійких рис його особистості [15].

Отже, компетентність – це мобільні знання, які постійно оновлюються; гнучкі, дієві методи, які дають можливість використовувати ці знання у конкретній ситуації; критичне мислення, яке дозволяє оцінювати окремі ідеї щодо можливості їх використання в тій чи іншій ситуації. Формування предметної компетентності з фізики зумовлене не тільки реалізацією відповідного оновленого змісту освіти, але й адекватних методів та технологій навчання [86].

Під час роботи над даною проблемою, можна зробити висновок, що нові вимоги, які ставить перед сучасною освітою суспільство, можливо виконати лише за умови використання новітніх методів навчання в поєднанні з класичними. Ми впевнились, що основою формування предметної компетентності і світогляду студентів є їх залучення до активної навчально-пізнавальної діяльності.

На нашу думку, потрібно і надалі розробляти шляхи реалізації компетентнісного підходу в процесі вивчення фізики у коледжах, перевірити ефективність використання різних типів задач для формування предметної компетентності з фізики. Формування предметної компетентності з використанням задач є однією із актуальних проблем сучасної психології, педагогіки та методики викладання фізики і тому потребує подальшого дослідження.

### **1.3. Вплив медичних знань на процес формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.**

Однією з основних причин відносно низької ефективності навчання, на думку багатьох авторів, є недостатня реалізація індивідуального підходу в освітній процес у вищих навчальних закладах. Тому, вивчаючи різноманітні індивідуальні й психологічні особливості студента, виявляючи сильні й слабкі сторони особистості й відповідним чином, враховуючи ці особливості й специфічні якості вихованця, викладач може обирати методи, прийоми й засоби педагогічного впливу.

Удосконалюючи самостійну роботу студентів відповідно до їх індивідуальних здібностей, необхідно завдання підбирати для кожного студента з урахуванням його індивідуальних особливостей. Заняття повинні бути організовані так, щоб усі без винятку студенти були зайняті виконанням посильного для них пізнавального завдання. Викладач повинен добре знати індивідуальні особливості студентів [66]. Бажано так організувати заняття, щоб вони сприяли постановці досить високих вимог до самих підготовлених студентів, забезпечували їх максимальний інтелектуальний розвиток і в той же час створювали умови для успішного здобуття знань і вмінь менш підготовленими студентами [175].

Ефективність навчання підвищується, коли воно ґрунтується на всебічному й комплексному підході до вивчення особливостей студентів-медиків, що виявляються в направленості особистості, інтелектуальній, емоційній, вольовій сферах [55].

Оскільки для успішного опанування фізики в коледжі важливе не лише оволодіння знаннями, а й вироблення умінь та навичок, сучасне обладнання дає змогу студентові працювати в індивідуальному темпі. Комп'ютери дозволяють успішно використовувати у навчанні завдання на моделювання різних ситуацій, на пошук і усунення деяких проблем, коли є велике число варіативних способів вирішення [114].

Особливої уваги потребує виконання практичної частини, покликаної сформувати в студентів узагальнене експериментальне вміння: планування

експерименту, вимірювання фізичних величин, обробка результатів дослідів та ін. Усі лабораторні роботи та роботи фізичного практикуму є обов'язковими. Проте, в залежності від наявності лабораторного обладнання, викладач може коригувати тему лабораторної роботи чи фізичного практикуму. З метою раціонального використання часу доцільно частину лабораторних робіт проводити як короткочасні або домашні [75].

Застосування комп'ютерної техніки під час проведення занять дозволило підвищити індивідуалізацію групових завдань, оскільки окремі суб'єкти навчальної діяльності були майже незалежними щодо вибору темпу сприймання, обробки та засвоєння інформації [14]. Індивідуальний підхід до студентів виявлявся також у динамічній зміні складності поставлених перед ними завдань.

Під час добору методики подання та перевірки засвоєння предметних знань і вмінь студентів необхідно враховувати мотиваційні аспекти індивідуально-особистісні, психофізіологічні особливості кожного студента. Важливим є також забезпечення визначення і врахування індивідуального початкового рівня, тобто визначення обсягу та глибини засвоєння опорних знань, сформованості відповідних умінь, стійкості навичок [265].

Розвиток індивідуальної роботи зі студентами позитивно впливає на формування їх професійної мотивації та успішне входження у студентське середовище. За допомогою індивідуальних занять студент може розглядати навчальний матеріал, передбачений програмою для вивчення на даний проміжок часу; здійснювати повторення пройденого матеріалу; вивчати новий матеріал, випереджаючи програму.

Гармонічна інтеграція навчального, організаційно-методичного та наукового процесів у медичних коледжах – основа формування сучасного студента, який не може сформуватися як грамотний спеціаліст без інтегрального освоєння всіх трьох складових в період навчання. Через такий вид роботи він набуває навичок навчання, засвоєння, переробки та використання нової інформації [157]. Індивідуальне навчання в коледжі необхідно організовувати з метою створення оптимальних умов



для здобуття студентами освітнього рівня, який відповідає їх особистим потребам і можливостям, таланту.

Головною метою української системи освіти є створення умов для розвитку і самореалізації кожної особистості, а одним з пріоритетів державної політики є особистісна орієнтація освіти. Компетентнісний фахівець – особистість, якій притаманна здатність і готовність до діяльності, заснованої на знаннях і досвіді, які набуті в процесі навчання і соціалізації та орієнтовані на самостійну й успішну роботу [37]. У ринкових умовах крім знань потрібні вміння застосовувати їх на практиці. Модернізація освіти передбачає зміни цілей і планованого результату освіти, скорочення обсягу обов'язкового змісту, зміни методів і технологій засвоєння змісту на всіх рівнях навчання, індивідуалізацію процесу навчання, можливість варіативних систем освіти [199]. Відповідно до цього предметом змін будуть стандарти, програми, навчальні плани. Одна і та ж форма навчання може мати різну зовнішню модифікацію і структуру залежно від завдань і методів навчальної роботи. Тому залишається питання впливу принципу індивідуалізації на процес формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.

Вивченню питання розвитку індивідуальної роботи зі студентами вищих навчальних закладів приділялася належна увага педагогами та психологами, зокрема у працях П.С. Атаманчука [6], [7], [8], [10], [13], [14], [17], [18], [19], [20], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], В.Ф. Заболотного [82], [83], [84], [85], [86], А.В. Касперського [112], [113], О.І. Ляшенка [142], [143], [144], М.Т. Мартинюка [148], В.В. Мендерецького [150], [151], [152], [153], В.П. Сергієнко [222], [223], В.Д. Сиротюка [224], Н.Л. Сосницької [239], [240], [241], Б.А. Суся [243], [244], [245], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], М.І. Шута [268], [269], [270] та інших.

Наукове підґрунтя проблеми формування компетентного майбутнього фахівця відображено у досвіді роботи відомих вчених-методистів П.С. Атаманчук [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], О.І. Бугайов [42], В.Ф. Заболотний [82], [83], [84], [85], С.П. Величко[51], [52], [53],

Ю.М. Галатюк [63], М.В. Головка [67], С.У. Гончаренко [69], [70], О.І. Ляшенко [142], [143], [144], В.Д. Сиротюк [224], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], Г.О. Шишкін [266], [267], М.І. Шут [268], [269], [270].

На основі аналізу науково-педагогічної літератури з даної проблеми нами було визначено, що: компетентність тлумачиться як здатність, готовність, що проявляються в діяльності: П.С. Атаманчук [21], [22], [27], [28], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], В.Ф. Заболотний [82], [85], С.П. Величко[51], [53], В.Д. Сиротюк [224], М.І. Шут [268], [269], [270] й інші; компетентність – це сукупність якостей особистості, особистісна характеристика, властивість: О.І. Ляшенко [143], [144], М.Т. Мартинюк [148], В.В. Мендерецький [152], В.П. Сергієнко [222], В.Д. Сиротюк [224], Н.Л. Сосницька, [241], Б.А. Сусь [243], [245] та інші.

Завдання сучасної вищої освіти полягає не тільки в тому, щоб дати професійні знання, а й у тому, щоб підготувати фахівця, який глибоко розуміє і знає свою роль у суспільстві, вміє творчо використовувати здобуті знання на практиці, вміє працювати з людьми, у колективі, цінує колективний досвід, прислухається до думки колег, критично оцінює досягнуте [6].

Л.Ю. Благодаренко позначає предметну компетентність як здатність особистості здійснювати діяльність у будь-якій предметній області у відповідності з заданими вимогами, що формується у процесі вивчення відповідної навчальної дисципліни або групи дисциплін. А ми знаємо, що згідно з дидактичними вимогами, навчальна діяльність студентів, може бути організована фронтально, індивідуально та в груповій формі. Нині найбільш визнаними з них (у компетентнісному сенсі) є дві останні форми [35].

Індивідуальну форму організації навчальної діяльності студентів з метою формування в них предметної компетентності передбачено застосовувати під час: їхньої самостійної роботи; індивідуальних консультацій та занять; виконання індивідуальних завдань (курскових робіт, доповідей на конференціях, участі в олімпіадах).

Формування предметної компетентності з фізики – багатогранний процес, одним з аспектів якого є використання медичних знань, що здійснюється в рамках

навчання за фахом. У педагогічній літературі описують педагогічні умови, необхідні для ефективного формування предметної компетентності студентів з фізики, а саме: цільова спрямованість формування предметної компетентності під час навчання; систематизований зміст формування предметної компетентності; гнучке організаційно-методичне забезпечення навчального процесу; конструктивна операційно-діяльнісна спрямованість навчання; мотиваційно-ціннісна орієнтація навчання [37].

Головною метою навчання фізики є розвиток в студентів експериментальних умінь і дослідницьких навиків [12], тому провідна мета застосування медичних знань у навчанні фізики – формування предметної компетентності студентів.

При досягненні поставлених цілей та отриманні очікуваного результату особистість переживає внутрішнє задоволення, радість успіху. Бачення своїх перспектив, відчуття радості успіху, викликає позитивні емоції, стимулюють внутрішню активність і творчий розвиток. Саме, з метою допомоги студентам у знаходженні мотивів для активної діяльності у коледжах повинні бути створені працюючі моделі саморозвитку молоді: морального саморозвитку, соціального саморозвитку, професійно-особистісного саморозвитку [75].

Медичні знання сприяють кращому оволодінню основами наук, формуванню предметної компетентності, інтелектуальному розвитку студентів, їх естетичному вихованню. Безперечним є той факт, що у процесі формування предметної компетентності з фізики виявляються інтереси й здібності студентів. Адже вміє вчитися лише той студент, який сам визначає мету діяльності або приймає поставлену викладачем; проявляє зацікавленість у навчанні, докладає вольових зусиль; організовує свою працю для досягнення результату; відбирає або знаходить відповідні знання та способи для розв'язання задачі; виконує в певній послідовності сенсорні, розумові або практичні дії, прийоми, операції; усвідомлює свою діяльність і прагне її вдосконалення; має вміння й навички самоконтролю та самооцінки.

Суть формування предметної компетентності з фізики полягає в тому, щоб у ході навчально-виховного процесу з фізики студенти набули міцних та ґрунтовних знань з усіх тем цього предмету, передбачених навчальними та робочими

програмами з указаної дисципліни, а також оволоділи певними практичними вміннями та навичками [29]. Крім того, під час вивчення фізики та біофізики студенти повинні набути певного досвіду із застосування отриманих теоретичних знань на практиці та досвіду проведення фізичних досліджень, що знадобиться їм для майбутньої професійної діяльності [215]. На наш погляд медичні знання допомагають формуванню предметної компетентності з фізики.

В педагогічній діяльності висока ефективність навчання і виховання досягається завдяки всебічному знанню студентів з урахуванням їх вікових та індивідуальних особливостей [66]. Якщо говорити про фізичну компетентність, то вона включає в себе вміння бачити і застосовувати фізику в реальному житті, розуміти зміст і метод фізичного моделювання, вміння будувати модель, досліджувати її методами фізики, інтерпретувати отримані результати. Фізична компетентність визначається рівнями навчальних досягнень, для яких суттєвим є набуття фізичних умінь, до яких належать: уміння фізичного та логічного мислення, фізичного аргументування та моделювання, уміння постановки та розв'язування фізичних задач, презентації даних, уміння оперування фізичними конструкціями, законами, та використання результатів дослідження. Освітній процес потрібно перебудувати таким чином, щоб готувати конкурентноспроможного фахівця, здатного жити і творити в сучасному суспільстві, вчитися самому протягом всього життя і передавати свій досвід колегам [82]. В реалізації завдань важливого значення набуває діагностика рівня навченості і особливостей розвитку як на початку вивчення певного курсу, так і протягом всього його періоду. У цілому сформовані компетентності (комплекси компетенцій) можуть реалізовуватися студентами автономно.

Сучасна модернізація орієнтується на збереження фундаментальності освіти і одночасне підсилення її практичної, діяльнісної спрямованості, тому передбачається, що система обов'язкового формування знань, умінь і навичок буде замінена набором компетентностей (комплексом компетенцій), які мають стати у подальшому засобом розвитку студентів [269].

Не секрет, що студенти по різному сприймають новий матеріал з фізики. Є такі студенти, які потребують неодноразового пояснення теми. Виходячи з цілей і способів реалізації індивідуального підходу, зрозуміло, що він повинен пронизувати всі етапи становлення повноцінної особистості студента. Для того, щоб індивідуалізований підхід у навчанні виявляв свій розвиваючий ефект, необхідне включення в активну діяльність і спілкування студента, оскільки студент у процесі навчання є не тільки об'єктом, але і суб'єктом власного навчального процесу [22].

Сутність такого підходу полягає в тому, що оновлений зміст освіти буде основою формування предметної компетентності студентів, а процес засвоєння відібраного змісту буде носити діяльнісний характер [223]. Предметна компетентність, які формується, має низку характерних ознак: по-перше, вона багатофункціональна, оскільки може реалізовуватися у повсякденному житті студентів для розв'язання різноманітних проблем, для вирішення професійних завдань, для використання соціальних ролей і т.ін.; по-друге, вона забезпечує подальший інтелектуальний розвиток студента, його мислення, самооцінку, саморефлексію; по-третє, вона багатомірна, тобто може бути схарактеризована як із позицій розвитку розумових здібностей студентів, так і з позиції розвитку різних умінь, включаючи інтелектуальні уміння.

Предметна компетентність – це практико-орієнтовані вміння у сфері пізнання, готовність до вирішення творчих завдань, застосування та розвитку досягнутих умінь, навичок і способів дій у практичній діяльності. Педагог повинен пам'ятати, що кожен студент неповторний, він має свій індивідуальний темп росту і розвитку, що передбачає індивідуальний спосіб навчання [171]. Тому надзвичайно важливо створити такі умови, які сприяли б навчанню відповідно до рівня розвитку, забезпечували б у процесі навчання розвиток здібностей та інтересів студентів.

Формувати предметну компетентність студентів з фізики можна з використанням потенціалу курсу і цілеспрямованої побудови занять у відповідності з досягнутим студентом рівнем розвитку предметної компетенції. Необхідно підбирати завдання для кожного студента, якщо педагог знає, в якій послідовності він виконує завдання. Можна адаптувати матеріал відповідно до рівня його

розвитку, ускладнивши чи полегшивши його, можна міняти роль, яку відіграє викладач у становленні особистості, залежно від потреб дитини [191]. Предметна компетентність з фізики спрямована, з одного боку, на розвиток творчих здібностей студентів, а з іншого – на посилення прикладного, практичного характеру предметного навчання.

Сучасна матеріальна забезпеченість з фізики необхідними приладами, реактивами, посудом, комп'ютерною технікою тощо – одна з базових умов формування предметної компетентності з фізики у студентів. З її допомогою відбувається пошук навчальної інформації, відпрацьовуються предметні вміння та навички, здійснюється творча діяльність студентів. На жаль, нині спостерігається помітне відставання якості матеріальної бази медичних коледжів від сучасних потреб. Ця проблема суттєво сповільнює впровадження компетентнісних тенденцій у вищу освіту. Для забезпечення умов ефективного формування предметної компетентності з фізики необхідно використовувати медичні знання, оскільки вони удосконалюють і поглиблюють фізичні знання студентів, виходячи з їхніх інтересів і здібностей. Розвиваючою метою застосування медичних знань є формування і розвиток логічного мислення, креативності й умінь навчальної праці. Специфічною метою використання медичних знань можна вважати поліпшення навчальної мотивації і розвиток пізнавальних інтересів студентів. Завдяки застосуванню медичних знань в навчальний процес готуємо студентів до діяльності за обраною професією, тобто сприяємо формуванню предметної компетентності з фізики у студента.

Кожен студент під час навчання прагне розкрити свій особистий потенціал, який надала йому природа, і йому треба допомогти, створивши необхідні умови. Дійсно, кожний студент має свої особисті способи засвоєння нових знань [175]. Для викладача вищої школи важливо виявити ці способи, застосовуючи різні засоби, які дозволяють студентам обирати особистісно значущі для них способи навчання.

Звернення уваги науковців до формування предметної компетентності з фізики зумовлено переходом світової спільноти до інформаційного суспільства, де пріоритетним вважається не просте накопичення студентами знань та предметних

умінь і навичок, а й формування уміння вчитися, оволодіння навичками пошуку інформації, здатності до самонавчання впродовж життя, де ці новоутворення стають визначальною сферою професійної діяльності людини.

Формування предметної компетентності з фізики передбачає застосування відповідних засобів навчання. Проте перевагу при цьому передбачено надавати засобам, які стимулюватимуть активну діяльність студентів, залучатимуть їх досвід, мають соціальне та особистісне значення [14]. Медичні знання підвищують інформаційний багаж з фізики, передбачають розробку завдань, які не мають стандартних розв'язань і спрямовані на виявлення протиріч, прогнозування, моделювання, вивчення додаткової літератури, проведення пошуково-дослідницької роботи. Широке використання медичних знань відповідно до вікових особливостей студентів та їх здібностей навіє заохочення до вивчення наукових статей, монографій; написання робіт з певних професійних проблем у вигляді реферату, тез, твору, проекту, програми; розробки наочного дидактичного навчального матеріалу; підготовки статей до друку у журналі, виступів на конференціях, до студентських олімпіад, конкурсів тощо [199].

Формування предметної компетентності з фізики у студентів потребує від викладача обов'язкового врахування вікових особливостей студентів. Однак важливіше розуміти, які компетенції і як необхідно формувати, що має стати результатом навчання фізики. Набуття цих компетенцій студентами можливе, використовуючи медичні знання. Найефективніший вплив на людину здійснює та інформація, яка діє на кілька органів чуття, і запам'ятовується вона тим краще й міцніше, чим більше каналів сприймання було активовано [223]. Звідси й та роль, яка відводиться медичним знанням, оскільки вони дозволяють повніше враховувати інтереси, нахили і здібності студентів, створити умови для їх навчання відповідно до їхніх освітньо-професійних інтересів, забезпечувати умови для якісної освіти студентів відповідно до їх індивідуальних нахилів, забезпечити професійну орієнтацію студентів, забезпечити можливості постійного духовного самовдосконалення особистості, формувати інтелектуальний та культурний потенціал як найвищої цінності нації [16].

До основних завдань використання медичних знань відноситься формування системи уявлень, ціннісних орієнтацій, дослідницьких умінь і навичок – складових предметної компетентності, які забезпечать випускнику медичного коледжу можливість успішно само реалізуватися [222].

Отже, нами було доведено, що вплив медичних знань на процес формування предметної компетентності з фізики у студентів є очевидним, оскільки дає можливість швидко адаптуватись до вишівських умов і подальшому повноцінному розвитку, активізуватись в процесі навчання, а також забезпечують інтелектуальний розвиток студента, його мислення, самооцінку, формують в них здатність реалізуватись і застосовувати набуті фізичні знання в житті.

#### **1.4. Розвиток мотивації в навчанні як засіб формування предметної компетентності з фізики.**

В останні роки рівень підготовки з фізики в основній школі став різко падати. Небагато студентів швидко і успішно адаптуються до умов навчання, особливо при вивченні традиційно для них складної фізики. На сучасному рівні педагог не має право констатувати те, що студент не хоче вчитися, необхідно з'ясувати причину небажання вчитися, які аспекти мотиваційної сфери у нього не сформовані і які засоби впливу педагог повинен використовувати, щоб сформувати в студента мотивацію, яка відіграє важливу роль у формування предметної компетентності з фізики у студентів-медиків.

Викладач повинен організувати освітній процес таким чином, щоб вирішувалися завдання розвитку мотиваційної сфери на певному віковому етапі та підготовки студентів до наступного етапу розвитку особистості. У зв'язку з розкриттям резервів вікового розвитку мотивації здійснюється формування предметної компетентності з фізики, здійснюється особистісно-орієнтований підхід до навчання [112].

Проблему формування пізнавальної мотивації до вивчення фізики в науково-педагогічній літературі розглянуто у дослідженнях П.С. Атаманчука [6], [7], [8],



[10], [13], [14], [17], [18], [19], [20], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], В.Ф. Заболотного [82], [83], [84], [85], [86], А.В. Касперського [112], [113], О.І. Ляшенка [142], [143], [144], М.Т. Мартинюка [148], В.В. Мендерецького [150], [151], [152], [153], В.П. Сергієнко [222], [223], В.Д. Сиротюка [224], Н.Л. Сосницької [239], [240], [241], Б.А. Суся [243], [244], [245], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], М.І. Шута [268], [269], [270] та ін. Проте роль мотивації у формуванні предметної компетентності при вивченні фізики студентами-медиками залишається недостатньо дослідженою, хоча і надзвичайно важливою й актуальною.

Визначимо сутність, роль мотивації у формуванні предметної компетентності з фізики у студентів медичних навчальних закладів.

Проблема встановлення ролі мотивації навчання у формуванні предметної компетентності з фізики завжди була актуальною. Як відомо, зміст навчання, його значущість для студента є підґрунтям мотиваційної сфери. Від мотивації залежить спрямованість студента [142].

Зростання активності та самостійності студентів-медиків у навчальній діяльності безпосередньо пов'язані з наявністю і умілою підтримкою в них інтересу до вивчення фізики, що зумовлюється мотивованим тісним зв'язком з медициною. Дослідження підтверджують, що мотивація стимулює вивчення фізики студентами. Достатньо складна структура мотивації обумовлена відносно постійними і незалежними від конкретної ситуації чинниками – оволодінням певною галуззю науки, отримання диплому. Подібні чинники мають безпосереднє відношення до формування предметної компетентності з фізики, оскільки рівень оволодіння фізичними знаннями, поняттями, законами дає студентам можливість у майбутньому продовжити свою освіту й отримати престижну професію.

Проблема встановлення ролі мотивації навчання у формуванні предметної компетентності з фізики завжди була актуальною. Як відомо, зміст навчання, його значущість для студента є підґрунтям мотиваційної сфери [104]. Від мотивації залежить професійна спрямованість студента як визначальна характеристика фахівця, котра є передумовою для повного виявлення здібностей студента та творчого засвоєння обраної професії.

Більшість вітчизняних педагогів сходяться в думці, що результативність навчальної діяльності студентів залежить не тільки від природних здібностей, а й значною мірою від розвитку мотивації. До педагогічних засобів формування пізнавальної мотивації дослідники відносять, насамперед, прийоми спонукальної дії, узгоджені зі змістом навчального матеріалу, методами і формами навчання, наочними та технічними засобами навчання, дидактичними матеріалами, особистістю викладача, громадською думкою колективу [48].

Поняття «мотивація» у словнику практичного психолога тлумачиться як сукупність мотивів, які спонукають до дії і використовується у сучасній психології у двоякому розумінні: визначення системи факторів, детермінуючих поведінку, і характеристика процесу, який стимулює і підтримує поведінкову активність на певному рівні [228].

Можна вирізнити такі види мотиваційного впливу, як прямий і непрямий. Прямий — це чітке, зрозуміле повідомлення про необхідність засвоєння навчального матеріалу. Непрямий вплив являє собою натяк на необхідність засвоєння навчального матеріалу, за якого студенти самі доходять такого висновку, або створення специфічних умов автоматичного включення їх до виконання навчальних завдань [252].

Одним з дієвих прийомів стимулювання інтересу до навчання є створення в навчальному процесі ситуацій успіху у студентів, які відчують певні труднощі у навчанні. Особливі труднощі відчують викладачі при формуванні в студентів розуміння особистісної значущості успішного навчання з усіх навчальних предметів. Якщо студенти досить швидко розуміють значення засвоєння навчальних предметів, близьких до профілю очікуваної спеціалізації, то значимість засвоєння інших предметів їм все ж доводиться по'яснювати [162]. Для студентів-медиків необхідно наголосити на тому, що зв'язок фізики із сучасною медициною багатоплановий і багатогранний, що значення фізики для медицини зумовлюється трьома обставинами:

1. Фізика є теоретичною основою сучасної медичної техніки;

2. Фізика озброює медичних працівників знанням фізичних методів діагностики захворювань та лікування хворих;

3. Фізика створює потрібні передумови для правильного розуміння фізико-хімічних процесів, що відбуваються в біологічних системах.

Неможливо назвати таку галузь медицини, в якій не використовували б ті або інші закони фізики [28]. Будь-яка діяльність протікає більш ефективно і дає якісні результати, якщо при цьому в особистості є сильні, яскраві, глибокі мотиви, що викликають бажання діяти активно, з повною віддачею сил, долати неминучі труднощі, несприятливі умови та інші обставини, наполегливо просуваючись до наміченої мети.

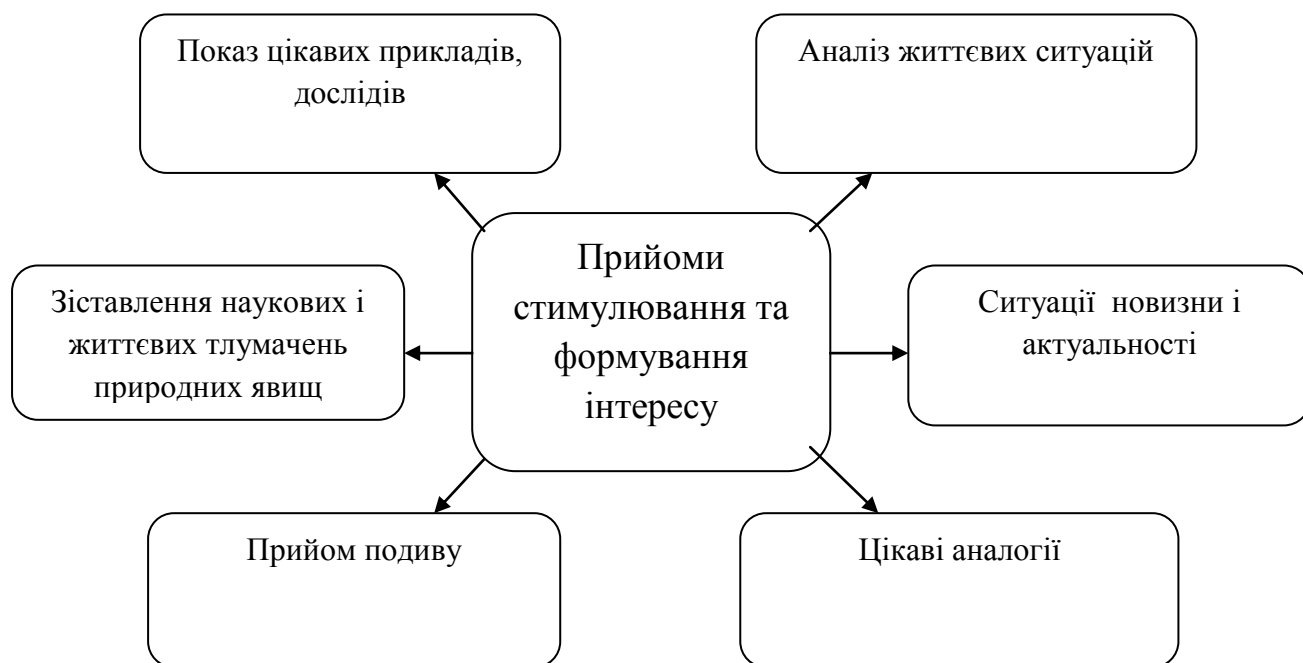


Рис. 1.4. Прийоми стимулювання та формування інтересу з фізики.

Все це має пряме відношення до навчальної діяльності, яка йде більш успішно, якщо в студентів сформовано позитивне ставлення до навчання, якщо у них є пізнавальний інтерес, потреба в здобутті знань, умінь, якщо у них виховані почуття обов'язку, відповідальності й інші мотиви навчання [102]. Звідси випливає, що в процесі навчання важливо забезпечувати виникнення позитивних емоцій по відношенню до навчальної діяльності, до її змісту, форм і методів здійснення.

Прийоми стимулювання та формування інтересу при вивченні фізичної оптики подамо у вигляді рисунку (рис 1.4.).

На початку вивчення навчальної дисципліни, а також на початку вивчення будь-якої навчальної теми дуже важливо «захопити» аудиторію, викликати інтерес. Так при вивченні розділу “Оптика” вже з перших тем мотивуємо, що явища і закони оптики відіграють важливу роль у медицині. Так, завдяки дифузному відбиванню світла людина сприймає навколишній світ у трьох вимірах, тобто об’ємно, а повне відбивання світла зумовлює блиск крапельок роси у ранішніх променях Сонця або бульбашок повітря у воді, виникнення марева в пустелях і т.д. Також важливою інформацією є те, що у медицині визначають абсолютний показник заломлення біологічних рідин, вимірюючи граничний кут повного відбивання світла за допомогою рефрактометра. На основі повного відбивання працюють прилади волоконної оптики, основу яких становлять гнучкі світловоди – тонкі волокна, виготовлені з прозорих для світла матеріалів, що мають різні показники заломлення. Прилади волоконної оптики використовують для візуального огляду внутрішніх порожнин організму: трахеї, бронхів, стінок шлунку, сечового міхура тощо. Волоконні світловоди дають змогу передавати лазерне випромінювання безпосередньо на злоякісні пухлини. Викликає дуже великий інтерес і той факт, що сітківка ока разом із зоровими нервами являють собою неперевершену волоконно-оптичну систему, яка складається із  $1,3 \cdot 10^8$  живих волокон.

Емоційні переживання викликають шляхом застосування прийому подиву. Незвичайність факту, парадоксальність досвіду, яке демонструють на занятті, грандіозність цифр, які свідчать про небувалий науково-технічний прогрес – все це при вмілому зіставленні даних, при переконливості цих прикладів незмінно викликає глибокі емоційні переживання в студентів. Наприклад, коли вивчаємо оптичну систему ока, то треба зазначити, що око складається з декількох заломлювальних середовищ, кожне з яких заломлює світлові промені так само, як і тонка збиральна лінза. Розглянемо їхні оптичні властивості. Рогівка має форму опукло-вгнутої лінзи з показником заломлення 1,38 і оптичною силою 40 дптр. Кришталик має показник заломлення 1,41 і оптичну силу 16 дптр. Між рогівкою і

кришталиком міститься передня камера ока, яка заповнена прозорою для світла рідиною з оптичною силою 5 дптр, а позаду кришталика розташоване склоподібне тіло – прозора драглиста маса, яка заповнює всю решту порожнину очного яблука з оптичною силою 12 дптр. Показники заломлення рідини передньої камери ока і скловидного тіла однакові і дорівнюють приблизно показникові заломлення води. Отже світловий промінь проходить чотири середовища з різними показниками заломлення і різною оптичною силою [264].

Подив у студентів-медиків виникає, коли викладач розповідає, що око може розрізняти кольори, оскільки у сітківці наявні рецептори чотирьох типів: палички і три типи колбочок (студенти з біології в школі вчили два типи рецепторів: палички і колбочки). Кожний тип рецепторів має свій особливий пігмент. Різні пігменти відрізняються своїм хімічним складом. Через це здатність поглинати світло з різною довжиною хвилі є різною. Пігмент паличок – родопсин найбільш чутливий до хвиль довжиною 510 нм, тобто в зеленій ділянці спектра. Пігменти колбочок трьох типів мають максимуми поглинання 430, 530 та 560 нм. Сприйняття кольорів залежить від інтенсивності збудження колбочок, чутливих до різних інтервалів довжин хвиль. Наприклад, внаслідок потрапляння в око світлових хвиль довжиною 450 нм найбільше реагують збуджені колбочки з чутливою речовиною до синього кольору, а хвиль довжиною 640 нм – до червоного [263].

У ролі прийому, що входить в методи формування інтересу до навчання, виступають і цікаві аналогії. Наприклад, коли при вивченні оптичної системи ока проводяться аналогії з оптичною системою фотоапарата. В оптичній системі ока кришталик є об'єктивом, зіниця – діафрагмою, а повіка – шторкою об'єктива. Зміною кривизни кришталика очними м'язами (змінною фокусної відстані) можна досягнути чіткого зображення. Автоматично також змінюється інтенсивність світлового потоку (діафрагма), звуженням зіниці при переході з темряви на світло. Можна запропонувати студентам самостійно розглянути відмінності оптичної системи ока і фотоапарата, а також провести аналогію між кришталиком ока і лінзою, оскільки їм властива аберація. На нашу думку, після оголошення таких даних студенти-медики будуть вчити теми даного розділу з великим задоволенням.

У цьому випадку студенти значно яскравіше і глибше усвідомлюють важливість, значимість досліджуваних питань і від того ставляться до них з великим інтересом. Ще одним із прийомів стимулювання є зіставлення наукових і життєвих тлумачень окремих природних явищ.

У всіх наведених вище прикладах ми показали, як входять до методів формування інтересу прийоми образності, яскравості, цікавості, подиву, морального переживання, які викликають емоційну піднесеність, які в свою чергу збуджують позитивне ставлення до навчальної діяльності і служать кроком на шляху до формування предметних компетентностей при вивченні фізики у студентів-медиків. Однак є й деякі спеціальні прийоми, спрямовані на підвищення стимулюючого впливу змісту навчання. До них в першу чергу можна віднести створення ситуації новизни, актуальності. Наприклад, за допомогою інтерференційних методів вимірювання в біології визначають товщину прозорих мікрооб'єктів і концентрацію сухої речовини, а в медицині – склад крові в разі хвороби, яку непросто розпізнати. Явище поляризації світла використовують у гістології для дослідження властивостей і внутрішньої структури тканин, яким притаманна оптична анізотропія, яка виявлена в м'язових, нервових, кісткових та колагенових волокнах. Дослідження в поляризованому світлі виконують за допомогою поляризаційного мікроскопа. У разі освітлення тканин поляризованим світлом з анізотропною структурою частина волокон затримує поляризоване світло й залишається затемнена, а крізь інші волокна поляризоване світло проходить вільно, й вони спостерігаються полі зору мікроскопа. Таким способом зручно досліджувати структуру анізотропних волокон, не препаруючи досліджуваних зразків. У живих організмах вони настільки щільно переплетені між собою, що їх препарування часто просто неможливе. Застосування поляризованого світла до деякої міри усуває ці труднощі [264]. Ці та багато інших оптичних методів дослідження і лікування поповнює запас нових знань студентів і є актуальними і дуже важливими.

В якості прийому стимулювання вчення використовується аналіз життєвих ситуацій. Цей метод навчання безпосередньо стимулює учіння за рахунок максимально можливої конкретизації знань. При вивченні питання “ Хімічна та

теплова дія світла” мотивуємо, що це важливе питання для студентів-медиків, оскільки теплова дія сонячного світла застосовується в медицині для лікування. Сонцелікування, або геліотерапію, застосовують як природний засіб гартування організму. У процесі геліотерапії на організм людини одночасно діють видимі, інфрачервоні та ультрафіолетові кванти світла. Кванти видимого світла спричинюють деяке нагрівання тіла, що збуджує нервову систему. Енергія інфрачервоних квантів частково перетворюються на теплову енергію м'яких тканин, а частково використовується організмом для утворення ферментів та гормонів. Ультрафіолетові кванти зумовлюють фотохімічні реакції, внаслідок яких у тканинах утворюється вітамін D, необхідний для засвоєння кальцію, й виникає пігментація шкіри. Необхідно також наголосити на тому, що в очі під дією світла відбувається розпад білка родопсину, а також утворення і ріст злоякісних клітин [263].

Успішно застосовуються і такі прийоми підвищення цікавості навчання, як розповіді про застосування в сучасних умовах тих чи інших передбачень науковців, показ цікавих дослідів. При вивченні плоских дзеркал викладач може звернути увагу на дослідження гортані, зубів і ясен за допомогою невеличкого плоского дзеркала в оправі – ларингоскоп, закріпленого на рукоятці під кутом  $120^\circ$ . При цьому викладач може дати завдання оглянути за допомогою ларингоскопа ротову порожнину у студентів. При цьому ознайомити їх з будовою ларингоскопа. Також при вивченні лупи викладач може звернути увагу на огляд очного яблука за допомогою лупи, яка входить до складу офтальмоскопа, який являє собою ввігнуте дзеркало, вмонтоване в оправу. Можна також дати студентам оглянути за допомогою офтальмоскопа очі своїх одногрупників. Студенти із задоволенням будуть виконувати завдання, оскільки вони зрозуміють, що вивчення фізики важливе для освоєння їхньої професії. Такі знання студенти будуть застосовувати і в повсякденному житті. Вважаємо, що дані прийоми підвищення цікавості призводять до формування предметних компетентностей при вивченні фізики у студентів-медиків, які формуються також засобами індивідуалізації навчання.

Одним із прийомів, що входять в метод емоційного стимулювання навчання, можна назвати прийом створення на занятті ситуацій цікавості – введення в

навчальний процес цікавих прикладів (викладач може розповісти про застосування інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання в медицині), дослідів, парадоксальних фактів. Наприклад, при вивченні рентгенівського випромінювання необхідно зупинитись на тому факті, що хоча дані промені дуже шкідливі для людського організму і викликають при тривалому опроміненні ними людського організму ряд захворювань, але за допомогою рентгенівських променів успішно лікують рак шийки матки й онкологічні хвороби шкіри. У рентгенотерапії використовують іонізаційні й бактерицидні властивості рентгенівських променів. Рентгенівське випромінювання, проходячи крізь тканини організму, спричинює інтенсивну йонізацію молекул і згубно діє на вогнища бактеріального характеру й злоякісні пухлини. Підбір таких цікавих фактів викликає незмінний інтерес у студентів-медиків, адже вони отримують знання не лише про фізичні поняття, але й про хвороби, які можуть виникати в людському організмі, а також методи лікування. Цікавою для студентів медичних навчальних закладів є вивчення теми “Лазери”, оскільки висока когерентність, монохроматичність і спрямованість лазерного випромінювання роблять його унікальним інструментом для проведення хірургічних операцій і тонких досліджень на живій клітині. Лазерний промінь можна вважати ідеальним різальним інструментом для хірургічних операцій: краї рани чисті, рівні й гладенькі. За допомогою сфокусованого лазерного проміння під мікроскопом можна виконувати унікальні операції буквально на одній клітині. Лазерне випромінювання з невеликою потужністю застосовується для теплового впливу на ті тканини організму, в яких виник патологічний процес (лазерна терапія). Одне з найбільш ефективних застосувань лазера в медицині – “приварювання” сітківки, що відшарувалася від очного дна. Кількість енергії в лазерному промені можна відрегулювати так, що він з ідеальною точністю подає рівно стільки енергії, скільки необхідно для того, щоб “приварити” сітківку до дна очного яблука [264]. Після таких фактів студенти із задоволенням будуть самостійно, індивідуально шукати і вивчати інформацію з даної теми. Тобто викладачу легше формувати предметну компетентність з фізики у студентів.



Процес здійснення діяльності учіння кожною людиною є індивідуальним, тому його мотивація має певні індивідуальні особливості й залежить від різних чинників. Важливо побудувати навчальний матеріал таким чином, щоб студенти стикалися з певними суперечностями між новими знаннями і власним життєвим досвідом, що буде спонукати їх до мислення, збуджувати інтерес до навчального матеріалу, а отже, сприяти формуванню предметної компетентності з фізики. Цього можна досягти за допомогою індивідуального підходу, що дає можливість спонукати студентів до пізнавальної активності, викликає потребу у вивченні матеріалу з фізики, оволодінні способами дій, актуалізує потребу досягнення успіху тощо. Такий підхід може створювати сприятливу атмосферу наукового пошуку, пізнавальної діяльності, збуджувати емоції, які полегшують досягнення цілей розвитку мотивації [12].

Формування предметної компетентності з фізики студентами-медиками не може бути забезпечене без систематичного застосування навчальної мотивації, виявлення реального рівня та можливих перспектив зони її найближчого розвитку у студентів, як окремо взятих, так і групи загалом [223]. Отже, розуміючи важливість досягнення цілей навчання, викладач має не тільки застосовувати методи стимулювання, а й створювати умови для формування предметної компетентності з фізики. І для цього існує цілий арсенал засобів навчання, знання і застосування яких потребує постійного творчого пошуку й удосконалення себе як викладача.

Вважаємо, що велику роль у формуванні предметної компетентності з фізики відіграє мотивація на заняттях, зіткнення студентів з трудностю, яку вони не можуть вирішити за допомогою запасу знань, що є у них; стикаючись з трудностю, вони переконуються в необхідності отримання нових знань або застосування старих в новій ситуації.

Таким чином, нами обґрунтовано очевидну роль мотивації у формуванні предметної компетентності з фізики у студентів-медиків, оскільки мотивація стимулює вивчення фізики, а також викликає і підтримує інтерес до фізики. Завдяки цьому становлення особистості відбувається через формування мотивації стати особистістю, а врахування вікових та індивідуальних особливостей студентів дає

можливість швидко адаптуватись до навчання в медичних коледжах, активізуватись в процесі навчання, і як наслідок – сформувати в них здатність до самореалізації та уміння застосовувати набуті фізичні знання в повсякденному житті.

### **1.5. Методичні підходи у формуванні предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів.**

Проблема формування предметної компетентності з фізики у студентів перебуває на етапі свого розв'язання. Різні аспекти запровадження компетентнісного підходу в освіті висвітлювали у своїх працях вчені П.С. Атаманчук [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], О.І. Бугайов [42], В.Ф. Заболотний [82], [83], [84], [85], С.П. Величко[51], [52], [53], Ю.М. Галатюк [63], М.В. Головка [67], С.У. Гончаренко [69], [70], О.І. Ляшенко [142], [143], [144], В.Д. Сиротюк [224], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], Г.О. Шишкін [266], [267], М.І. Шут [268], [269], [270] та ін.

У методиці навчання фізики П.С. Атаманчук досліджував дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів [12], М.В. Головка вивчав особливості навчання фізики у ВНЗ I-II рівні акредитації [67], О.І. Бугайов [42], М.Ю. Галатюк [63], В.Д. Шарко [260] та ін. досліджували формування та розвиток навчально-пізнавальних компетенцій учнів основної школи, О.І. Ляшенко досліджував технології оцінювання ключових і предметних компетентностей учнів основної і старшої школи [143], Н.О. Єрмакова вивчала розвиток предметних компетентностей учнів основної і старшої школи у процесі навчальної практики з фізики [78].

Погоджуємось з трактуванням поняття “підхід”, яке розглядається як “сукупність елементів, що перебувають у зв'язках один з одним, утворюючи певну цілісність, єдність” [37]. Тому методичні підходи розглядаємо як цілісне дидактичне утворення, що складається із взаємопов'язаних елементів: цілей, змісту, методів, засобів, організаційних форм навчання, а також контролю та діагностики.

Основою забезпечення формування предметної компетентності з фізики у студентів є створення та реалізація в освітньому процесі методичних підходів. Вивченню педагогічних об'єктів, таких як методичні підходи присвячено праці вітчизняних та зарубіжних науковців (П.С. Атаманчук [11], [12], [13], [14], Л.Ю. Благодаренко [34],[35], [36], [37], [38], О.І. Бугайов [42], В.Ф. Заболотний [82], [83], [84], [85], С.П. Величко[51], [52], [53], Ю.М. Галатюк [63], М.В. Головка [67], С.У. Гончаренко [69], [70], О.І. Ляшенко [142], [143], [144], В.Д. Сиротюк [224], В.Д. Шарко [257], [258], [259], [260], [261], [262], Г.О. Шишкін [266], [267], М.І. Шут [268], [269], [270] та ін.). Погоджуємось з твердженням, що будь-які підходи мають певну структуру, під якою розуміють сукупність стійких зв'язків між об'єктами, які забезпечують її цілісність і тотожність, тобто збереження основних властивостей при різних зовнішніх і внутрішніх змінах [37].

В. Монахов вважає, що методичні підходи розглядаються в таких аспектах, як: сукупність компонентів (структурних та функціональних), взаємодія яких обумовлює високий рівень організації процесу навчання [161]; О.М. Ніколаєв розглядає методичні підходи такими, у яких протікають педагогічні процеси [185]. Але спільним для всіх наведених означень, на нашу думку, є те, що методичні підходи складаються з деякої сукупності елементів, кожен з яких виконують власну функцію і взаємодіє з іншими елементами. Основною метою методичних підходів є забезпечення успішного формування предметної компетентності з фізики у студентів.

Л.Ю. Благодаренко [35] визначила методичні підходи навчання як сукупність п'яти ієрархічно пов'язаних компонентів: цілей навчання, його змісту, методів, засобів і організаційних форм навчання, що утворюють єдину цілісну функціональну структуру, орієнтовану на досягнення цілей навчання. В.Ф. Заболотний [82] об'єднує всі елементи системоутворювальними зв'язками, демонструючи їх тісну взаємозалежність і цілісність. Усі елементи методичних (педагогічних) підходів науковці об'єднують у два взаємозв'язаних блоки: методичне завдання і технологію його вирішення. Виходячи з такої структури,

визначають цільовий, змістовий та процесуальний компоненти методичних підходів [138].

О.П. Пінчук [202] включила у методичні підходи підготовки студентів з фізики такі складові: цільова, змістова, процесуальна. Цільова складова включала когнітивну, діяльнісну і особистісну складові. О.М. Кривонос [131] розбивав методичні підходи на блоки (цільовий, змістовний, організаційний, функціональний та результативний), які дають можливість уявити цілеспрямований процес формування відповідних компетентностей. Н.В. Куриленко [132] у своєму дослідженні виділяв сім блоків: нормативний, методологічний, цільовий, змістовно-технологічний, критеріально-рівневий, оціночно-результативний, а також блок педагогічних умов. С.А. Муравський [162] пропонує методичні підходи, які складаються із таких блоків: блок концептуальної та теоретико-методологічної основи методичних підходів; системоутворювальний блок – ієрархічно супідрядні цільовий, змістовий і процесуальний компоненти; блок педагогічних умов, що сприяють функціонуванню методичних підходів; результативний блок. Н.Б. Бурдейна [48] визначила блоки, на яких мають ґрунтуватись методичні підходи: нормативний, методологічний, цільовий, змістовий, технологічний, критеріально-рівневий, результативний та блок педагогічних умов.

При підборі методичних підходів, які забезпечать формування предметної компетентності з фізики у студентів-медиків ми спиралися також на визначення методичних підходів за В. Монаховим [161] і відштовхувалися від того, що: 1. Основоположним методологічним напрямом загальнонаукового пізнання в проблемі формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів нами обрано методичний підхід, а тому будемо виокремлювати їх компоненти, зв'язки і функції. 2. Методичні підходи формування предметної компетентності мають включати *цільовий, змістовий, технологічний* компоненти. 3. Кожна складова методичних підходів є також об'єктом, який виконує певні функції і в їх межах виявляє свою активність і самостійність. До функцій методичних підходів ми відносимо: *проектувальну, мотиваційну, аксіологічну, виховну, організаційну, інтегративну, рефлексивну*. 4. Перебіг будь-якого процесу передбачає поетапність.

У процесі формування предметної компетентності ми виділяємо такі етапи: *підготовчий, проектувальний, змістовно-організаційний та оцінно-рефлексивний*. 5. Створення методичних підходів, які забезпечать формування предметної компетентності з фізики повинно зумовлюватися певною логікою цього процесу та відповідати формальним критеріям. Методичні підходи для формування предметної компетентності у студентів, повинні відповідати таким **принципам**:

- *принцип цілеспрямованості* – передбачає, що напрями і результати методичних підходів у формуванні предметної компетентності з фізики загалом і їх елементів зокрема, повинні бути адекватні цілям навчання [177];

- *принцип взаємозв'язності* – означає, що при зміні елементів методичних підходів необхідно визначати впливи, які цим будуть викликані, на всі інші елементи і враховувати їх;

- *принцип повноти* – має на увазі той факт, що при вдосконаленні методичних підходів, що забезпечать формування предметної компетентності з фізики потрібно приділяти увагу кожному їх елементу.

На підставі вищезазначеного вважаємо, що методичні підходи повинні включати компоненти, що забезпечують професійну спрямованість і фундаментальність фізичної освіти, і базуються на принципах фундаментальності, науковості, міжпредметних зв'язків та професійної спрямованості.

Проаналізувавши дослідження вчених, визначимо складові методичних підходів, що забезпечують формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів: методологічний, цільовий, змістовий, критеріально-рівневий, результативний.

*Методологічний компонент* розкриває психолого-педагогічні засади побудови всіх структурних компонентів методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів, визначає теоретичні засади дослідження і включає системний, особистісний, діяльнісний, дослідницький, практико-орієнтований, компетентнісний та аксіологічний підходи. Вимоги цих підходів забезпечують досягнення поставлених цілей, пов'язаних з формуванням предметної компетентності у студентів. Теоретичною основою є група *принципів*: суб'єктності

навчання; проблемності навчання; практичної спрямованості навчання; цілеспрямованого формування предметної компетентності студентів у процесі вивчення оптики; системності й систематичності; єдності формування предметної і навчально-пізнавальної компетентності; професійної спрямованості навчання; співробітництва; керованості й можливості здійснювати корекцію процесу формування предметної компетентності студентів з фізики.

*Цільовий* компонент поданий стратегічною і тактичними цілями та цільовими завданнями, виконання яких сприяє отриманню запланованих результатів. Стратегічна мета пов'язана з формуванням в студентів предметної компетентності саме у процесі вивчення оптичних явищ, тактичні цілі полягають у формуванні та розвитку структурних компонентів предметної компетентності, а цільові завдання полягають у реалізації тактичних цілей на матеріалі кожного заняття [168]. Метою навчального процесу в цьому компоненті є реалізація та виконання таких завдань: розвиток логічного й абстрактного мислення студентів, стимулювання студентів до фахового вдосконалення, формування фахової спрямованості особистості. До цільового компоненту як підсистеми можемо включити навчальні, виховні і розвивальні цілі. Навчальні цілі передбачають поглиблення і розширення знань з фізики та інших природничих дисциплін; розуміння фізичних явищ, які студент спостерігає у навколишньому середовищі (побуті, виробництві, технічних пристроях); використання здобутих знань при розв'язанні фізичних задач. Виховні цілі пов'язані з соціалізацією студентів, формуванням у них певних особистісних якостей, що виражають ціннісне ставлення студентів до проблем стану навколишнього середовища та власного здоров'я, їх дії, переживання, почуття, які виявляються у відносинах до оточуючого (людей, явищ, природи, пізнання тощо). Розвивальні цілі утворюють систему цілей, пов'язаних із внесенням можливих змін до різних структурних сфер студента: інтелектуальної, психічної, духовної, соціальної, фізіологічної [221] тощо.

Змістовий компонент має інваріантну та варіативну складові. Варіативний компонент необхідний для формування позитивної мотивації студентів до занять з фізики. Він припускає демонстрацію практичних додатків теорій і законів фізики

для пояснення характерних для кожної спеціальності явищ і процесів, а також пояснення з точки зору фізики методів їх дослідження. Включення варіативного компонента в усі види занять дозволяє істотно підвищити мотивацію студентів до занять [152]. Змістовий компонент відбиває як загальну мету, так і кожне конкретне завдання і забезпечується змістом курсу фізики для рівня стандарту в медичних коледжах.

Критеріально-рівневий компонент розкриває результати здійснення моніторингу рівнів сформованості предметної компетентності, аналіз отриманих результатів та можливості коригування моделей процесу і методичних підходів з метою поліпшення їх результатів. Критеріально-рівневий компонент містить інформацію про механізм виявлення результатів формування предметної компетентності у студентів під час вивчення оптики. Його розробку здійснено з урахуванням компонентного складу компетентності та особливостей видів діяльності, пов'язаних з вивченням фізики та формуванням предметної компетентності [162]. З огляду на це, обрано три критерії, за якими пропоновано визначати стан сформованості предметної компетентності у студентів-медиків: *когнітивний, діяльнісний та особистісний*. Для їх визначення введено критерії, які включають: гнучкість, міцність, системність знань (когнітивний критерій); практичні вміння (діяльнісний критерій); пізнавальний інтерес, здатність до рефлексії (особистісний критерій). У якості рівнів сформованості предметної компетентності у студентів обрано початковий, середній, достатній і високий.

Рівневий підхід до оцінювання різних видів навчальної діяльності студентів у процесі формування предметної компетентності передбачає необхідність розробки *критеріїв оцінювання* результатів кожного виду діяльності, до яких залучаються студенти та на основі цього створення критеріїв сформованості предметної компетентності. При розробці критеріїв оцінювання різних видів навчальної діяльності студентів ми виходили з того, що у процесі вивчення оптики студенти залучалися до таких видів діяльності як: розв'язування задач (у тому числі медичного змісту), виконання дослідницьких лабораторних робіт, створення фізичних проектів [241]. Для таких видів діяльності як засвоєння теоретичного

матеріалу, розв'язування задач, виконання фізичного експерименту ми спиралися на критерії, наведені у навчальній програмі з фізики та враховували: характеристики відповіді студента: цілісність, повнота, логічність, обґрунтованість, правильність; якість знань: осмисленість, глибина, гнучкість, дієвість, системність, узагальненість, міцність; ступінь сформованості умінь, навичок та системи цінностей; рівень володіння розумовими операціями: вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, абстрагувати, класифікувати, узагальнювати, робити висновки тощо; досвід творчої діяльності (вміння виявляти проблеми та розв'язувати їх, формулювати гіпотези. Наведені критерії оцінювання досягнень студентів під час виконання обраних ними видів діяльності є орієнтовними. Результатом реалізації методичних підходів є формування предметної компетентності з оптики у студентів-медиків, котра полягає в набутті знань, умінь, навичок та особистісних якостей, розвиток яких дає змогу розв'язувати типові професійні задачі, а також проблеми, що виникають у реальних ситуаціях професійної діяльності та передбачає здатність до фахового зростання.

Таким чином, методичні підходи, які сприяють формуванню предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів-медиків є цілісними, багатокомпонентними, що складаються з інтегрованих і пов'язаних зв'язками елементів. Теоретичне усвідомлення проблеми дослідження підтвердило думку про те, що при визначенні моделі методичних підходів формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики головна мета полягає в тому, що використовуючи в єдиності зміст, методи, засоби та організаційні форми забезпечити гнучкість підходів, зробити їх здатними до швидкого реагування та пристосування до умов, які постійно змінюються.



## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Отже, нами було доведено, що вплив індивідуального підходу на процес формування предметної компетентності з фізики у студентів є очевидним, оскільки врахування вікових та індивідуальних особливостей студентів дає можливість швидко адаптуватись до нових умов і подальшому повноцінному розвитку, активізуватись в процесі навчання, а також забезпечують інтелектуальний розвиток студента, його мислення, самооцінку, саморефлексію, сформувати в них здатність реалізуватись і застосовувати набуті фізичні знання в житті.

Формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики студентами-медиками не може бути забезпечене без систематичного вивчення мотивації, виявлення реального рівня та можливих перспектив зони її найближчого розвитку у студентів, як окремо взятих, так і групи загалом. Отже, розуміючи важливість досягнення цілей навчання, викладач має не тільки застосовувати методи стимулювання, а й створювати умови для формування предметної компетентності з фізики. І для цього існує цілий арсенал засобів навчання, знання і застосування яких потребує постійного творчого пошуку й удосконалення себе як викладача.

Вважаємо, що велику роль у формуванні предметної компетентності з фізики відіграє мотивація на заняттях, зіткнення студентів з труднощами, яку вони не можуть вирішити за допомогою запасу знань, що є у них; стикаючись з труднощами, вони переконуються в необхідності отримання нових знань або застосування старих в новій ситуації. Отже, роль мотивації у формуванні предметної компетентності з фізики у студентів є очевидним, оскільки мотивація стимулює вивчення фізики, вона викликає і підтримує інтерес до фізики, яка тісно пов'язана з медициною. Таким чином, становлення особистості відбувається через формування мотивації стати особистістю. А врахування вікових та індивідуальних особливостей студентів дає можливість швидко адаптуватись до нових умов, активізуватись в процесі навчання, а також сформувати в них здатність реалізуватись і застосовувати набуті фізичні знання в житті.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексюк А.М. Педагогіка вищої освіти України. Історія. Теорія. Підручник для студентів, аспірантів та молодих викладачів вищих навчальних закладів / А.М. Алексюк. – К.: Либідь, 1998. – 560 с.
2. Андрєєв А.М. Розвиток уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики у процесі винахідницької діяльності старшокласників : автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / А.М. Андрєєв ; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2007. – 21 с.
3. Апунович С. Сучасні підходи до викладання фізики / Софія Апунович // Педагогіка і психологія професійної освіти : наук.-метод. журн. / Ін-т пед. освіти і освіти дорослих НАПН України, Львів. наук.-практ. центр проф.-техн. освіти НАПН України, Нац. ун-т "Львів. політехніка", 2013. – № 2. – С. 51-57.
4. Атаманчук П.С. Бінарна цільова програма як засіб планування елементів фахової підготовки майбутніх учителів фізики / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький // Зб. наук. пр.: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико–математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам.–Подільський: КПДПУ, інформ.–вид. від., 2004. – Вип. 10. – С. 9–12.
5. Атаманчук П.С. Дидактика фізики (основные аспекты). Монографія / П.С. Атаманчук, П.И. Самойленко. – Московский государственный университет технологий и управления, РИО, 2006. – 245 с.
6. Атаманчук П.С. Дидактичне забезпечення семінарських занять з курсу "Методика навчання фізики" (загальні питання): навчально-методичний посібник / П.С. Атаманчук, О.М. Семерня, Т.П. Поведа. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – 392 с.
7. Атаманчук П.С. Дидактичний аспект забезпечення дієвості управління навчанням фізиці / П.С. Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 10-13.
8. Атаманчук П.С. Елементи цілеорієнтацій експериментальної діяльності студентів з фізики / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, А.М. Кух // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2004. – С. 8 - 15.
9. Атаманчук П.С. Инновационная технология управления качеством компетентного становления будущего учителя / [П.С. Атаманчук, В.П. Атаманчук, А.Н. Кух, А.М. Николаев, Е.М. Диндилевич, М.О. Роздобудько] // «Physical,

mathematical and chemical sciences: theoretical, trends and applied studies», «Education as the basic of the society domination». Materials digest of the LI and LII International Research and Practice Conferences and I stage of the Championship in physical, mathematical and chemical sciences; II stage of the Championship in pedagogical sciences and Higher Education (21 – 26 May, 2013). – International Academy of Science and Higher Education; London: JASHE, 2013. – 182p. – p. 102 – 107.

10. Атаманчук П.С. Інноватики компетентнісно-світоглядного виміру в підготовці майбутнього вчителя фізики / Петро Сергійович Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 5-9.

11. Атаманчук П.С. Інноватики компетентнісного становлення майбутніх учителів фізико-технологічного профілю / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М., Павлюк О.М. Матеріали за 8-а міжнародна научна практична конференція «Новината за напреднали наука», – 2012. Том 13. Педагогически науки. – София. «Бял ГРАД-БГ» ООД. – 96 с. – С. 22-32.

12. Атаманчук П.С. Технологія цілеспрямованого управління якістю навчання майбутніх фахівців / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М., Губанова А.О // Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія № 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 17: зб. наук. праць. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2009. – С. 3-9.

13. Атаманчук П.С. Методичне забезпечення навчального фізичного експерименту (10 клас): навчальний посібник / Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2007. – 157 с.

14. Атаманчук П.С. Методичне забезпечення навчального фізичного експерименту (11-й клас): навчальний посібник / Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький, 2008. – 280 с.

15. Атаманчук П.С. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного експерименту: навчальний посібник / П.С. Атаманчук, О.І. Ляшенко, В.В. Мендерецький, А.М. Кух. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. – 216 с.

16. Атаманчук П.С. Методичні основи управління навчанням фізики : монографія / П. С. Атаманчук, О. М. Семерня. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, 2005. – 196 с.

17. Атаманчук П.С. Методологічні передумови створення освітнього середовища з фізики в навчанні молодших школярів / Атаманчук П.С.,

Ніколаєв О.М., Павлюк О.М. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24-25 квітня. «Психолого-дидактичні засади формування освітнього середовища навчально-дослідницької діяльності дітей. – Кіровоград, 2012. – С. 6-8.

18. Атаманчук П.С. Особенности экспериментальной подготовки будущих учителей физики в условиях личностно-ориентированного обучения / П.С. Атаманчук, В.В.Мендерецький // Модульные технологии обучения в системе непрерывного профессионального образования: Сборник научных трудов X Международной научно-методической конференции. Выпуск 8, часть 2. – Москва, 23-24 марта 2004 года. – С. 136 - 143.

19. Атаманчук П.С. Професійна компетентність майбутнього вчителя як основа педагогічного світогляду / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 99 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2012. – 392 с. – С. 155-159.

20. Атаманчук П.С. Тематичні завдання еталонних рівнів з фізики (7-11 класи): навчально-методичний посібник / П.С. Атаманчук, А.М. Кух. – Кам'янець-Подільський: КПДПУ, інформ.-видавн. відділ, 2002. – 116 с.

21. Атаманчук П.С. Теоретико-технологический аспект объективизации контроля в обучении: эталоны контроля учебной деятельности / Атаманчук П.С., Самойленко П.И., Сергеев А.В. // Среднее профессиональное образование. - 1995. – №6. – С. 22 - 30.

22. Атаманчук П.С. Теорія і методика управління пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики: автореф. дис... д-ра. пед. наук: 13.00.02 / Атаманчук Петро Сергійович; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2000. – 40 с.

23. Атаманчук П.С. Технология обучения физике как системный способ организации учебной деятельности / [П.С. Атаманчук, Е.М. Диндилевич, А.М. Николаев, А.Н. Павлюк, И.А. Слипихина]. – Vilnius: Lietuvos edukologijos universitetas, 2013. – Nr. 4 (36). – p. 112 – 122.

24. Атаманчук П.С. Технологія управління навчальною діяльністю майбутнього фахівця у навчальному процесі з фізики у ВНЗ / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв, А.В. Ткаченко, Л.О. Кулик // Pedagogy and Psychology, II (9), Issue: 19.2014. -161p. - P.21-26.

25. Атаманчук П.С. Формування експериментальної складової предметної компетентності у майбутнього вчителя фізики / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М., Сондак О.В. // Наукові записки. – Випуск 6. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 150 с. – С. 46-50.

26. Атаманчук П.С. Цільові орієнтації фізичних знань як засіб формування професійної компетентності майбутнього вчителя / Атаманчук П.С., Семерня О.М.,

Сусь Б.А. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск VII: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2008. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 254-262.

27. Атаманчук П.С., Панчук О.П. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів: монографія / П.С. Атаманчук, О.П. Панчук. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – 252с.

28. Атаманчук П.С., Сосницька Н.Л. Основи впровадження інноваційних технологій навчання фізиці / П.С. Атаманчук, Н.Л. Сосницька // Навчальний посібник – Кам'янець-Подільський: Абетка-НОВА, 2007.

29. Бех І.Д. Компетентнісний підхід у сучасній освіті / Іван Дмитрович Бех // Інститут проблем виховання НАПН України. <http://www.ipv.org.ua/component/content/article/8-beh/56-2012-09-04-22-32-01.html>.

30. Биков В.Ю. Теоретико-методологічні засади створення і розвитку сучасних засобів та е-технологій навчання// Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992 – 2002. Збірник наукових праць до 10 – річчя АПН України / Академія педагогічних наук України. – Частина – 2. – Харків: «ОВС», 2002. – С. 182 – 199.

31. Білик В.В. Компетенції і компетентності як нові освітні конструкти / В.В. Білик // Педагогічний дискурс : зб. наук. праць. – 2010. – Вип. 7. – С. 41-45.

32. Білоусова Л. І. Формування компетентності самоосвіти майбутнього вчителя у навчальному процесі сучасного педагогічного університету / Л. І. Білоусова, О. Б. Кисельова // Збірник наукових праць Кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – Вип. 16: Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 9 – 12.

33. Біляковська О.О. Дидактичні засади оцінювання навчальних досягнень старшокласників в умовах модульного навчання: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.09 / Біляковська Ольга Орестівна; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2008. – 21 с.

34. Благодаренко Л. Ю. Комплексний підхід у формуванні мотивації студентів педагогічних університетів до вивчення фізики / Л. Ю. Благодаренко, Л. В. Мініч, С. Л. Василенко // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету . Педагогічні науки. - 2013. - № 2. - С. 10-15.

35. Благодаренко Л. Педагогічні програмні засоби навчання фізики в основній школі / Л. Благодаренко, М. Шут // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету. - 2012. - Ч. 4. - С. 24-32.

36. Благодаренко Л. Ю. Підручник з фізики як потужний ресурс формування в учнів національної самосвідомості / Л. Ю. Благодаренко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2016. - Вип. 22. - С. 15-17.

37. Благодаренко Л. Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти державного стандарту базової середньої освіти: автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Благодаренко Л. Ю. ; Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – Київ, 2011. – 40 с.

38. Благодаренко Л. Ю. Узгодженість у конструюванні змісту навчальних предметів як визначальний чинник забезпечення якості базової фізичної освіти / Л. Ю. Благодаренко, Л. В. Мініч // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. – 2013. – Вип. 19. – С. 76-78.

39. Болотов В.А. "Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе" [Текст] / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. – 2003. – № 10. – С. 8-14.

40. Большой толковый психологический словарь / Ребер Артур (Penguin); пер. с англ. – М. : Вече, АСТ, 2000. – Том 1 (А-О). – 2000. – 592 с.

41. Борбат О.М., Смолянець В.В. Методика викладання оптики. / О.М. Борбат, В.В. Смолянець. – К.: "Радянська школа", 1978. – 110 с.

42. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы / А.И. Бугаев. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.

43. Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання: навч. посіб. / О.П. Буйницька. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 240 с.

44. Бургун І.В. Формування наукового світогляду учнів основної школи у навчанні фізики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Бургун Ірина Василівна; Запорізький держ. ун-т. – Запоріжжя, 2001. – К., 2001. – 304 с.

45. Бургун І.В. Навчально-пізнавальна компетенція як ключова компетенція освіти / І.В. Бургун // Збірник наукових праць Херсонського державного університету: Педагогічні науки. – Херсон: Видавництво. – Випуск LIV, 2009.

46. Бурдейна Н. Б. Використання мультимедійних презентацій на лекційних заняттях з фізики / Н. Б. Бурдейна, Л. Ю. Благодаренко, М. І. Шут // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна . - 2013. - Вип. 19. - С. 264-268.

47. Бурдейна, Н.Б. Методичні основи створення та використання навчального комплексу з фізики для студентів вищих будівельних навчальних закладів [Текст] : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Бурдейна Наталія Борисівна ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. - К., 2009. - 229 арк.

48. Бурдейна Н. Б. Методичні підходи до формування професійного світогляду майбутніх фахівців під час лекційних занять з фізики / Бурдейна Н. Б., Благодаренко Л. Ю., Шут М. І. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 13-16.

49. Бухлова Н.В. Формування здатності особистості до самонавчання. // Педагогічна скарбниця Донеччини. – 2002 - №1.

50. Бушок Г. Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе / Г. Ф. Бушок, Е. Ф. Венгер. – К.: ДП "Такі справи", 2000. – 415 с.

51. Величко С.П. Лазер у шкільному курсі фізики / С.П. Величко, І.З. Ковальов. – К.:Рад. шк., 1989. – 143 с.

52. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / С.П. Величко. – Кіровоград, 1998. –302 с.

53. Величко С.П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі: дис... д-ра. пед. наук: 13.00.02 / Величко Степан Петрович; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – Київ, 1998. – 460 с.

54. Величко С.П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики: посібник для вчителів / Величко С.П., Кузьменко О.С. –Кіровоград, КЛАН АУ, 2014. – 268 с.

55. Величко С.П. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (організація та основи методики): навчальний посібник / Гуржій А.М., Величко С.П., Жук Ю.О. – К.: ІЗМН, 1999. – 303 с.

56. Вікова та педагогічна психологія: Навч. посіб. / [О.В. Скрипченко, Л.В. Долинська, З.В. Огороднійчук та ін.]. – К.: Просвіта, 2001. – 416 с.

57. Власюк А. І. Досвід реалізації компетентнісного підходу під час навчання фізики / А. І. Власюк // Фізика в школах України. – 2011. – № 5. – С. 5 – 8.

58. Вовкотруб В.П. Теоретичні та методичні основи реалізації вимог ергономіки навчального фізичного експерименту: Автореф. дис. д-ра пед. наук: 13.00.02 / В.П. Вовкотруб ; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2007. – 44 с.

59. Войтків Г. В. Модернізація професійної діяльності педагога під час формування вмінь і навичок учнів розв'язувати фізичні задачі / Г. В. Войтків //Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер : Педагогічні науки . – 2014. – Вип. 1. – С. 87-91.

60. Володько В. М. Індивідуалізація і диференціація навчання: понятійно-категоріальний аналіз / В. М. Володько // Педагогіка і психологія. – 1997. – № 4. – С. 9-17.

61. Волькенштейн М.В. Биофизика / М.В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1981. – 575 с.
62. Гайдучок Г.М. Фронтальний експеримент з фізики в 7-11 класах середньої школи / Гайдучок Г.М., Нижник В.Г. – К.: Радянська школа, 1989. – 175 с.
63. Галатюк М.Ю. Розвиток навчально-пізнавальної компетентності старшокласників у процесі вивчення природничих предметів : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.09 / М.Ю. Галатюк. – Тернопіль, 2012. – 22 с.
64. Гельфгат І.М. Повний курс шкільної фізики в тестах / І.М. Гельфгат. – Х.: Вид-во “Ранок”, 2013. – 384 с.
65. Глейзер Г. Д. Проблема учета индивидуальных особенностей учащихся в процессе обучения в общеобразовательной школе взрослых // Проблемы индивидуализации и дифференциации обучения в вечерней школе. – Л. : НИИООВ, 1981. – С. 8-23
66. Глузман О. В. Базові компетентності: сутність та значення в життєвому досліді особистості / О. В. Глузман // Педагогіка і психологія. - 2009. - № 2. - С. 51-60.
67. Головка М. В. Формування навчально-методичного забезпечення курсу фізики в умовах профільної середньої освіти: від професійної школи до професійного ліцею / М. В. Головка // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2016. - Вип. 22. - С. 24-27.
68. Голубєва Н.В. Комп'ютерне тестування як одна з форм сучасного контролю знань / Н.В. Голубєва, В.О. Дурєєв, С.М. Бондаренко, М.М. Мурін // Інформаційно-телекомунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи: зб. наук. праць // Інститут педагогіки і психології професійної освіти АПН України – Львів, 2006. – Вип. 1. – С. 309-313.
69. Гончаренко С.У. Методика навчання фізики в середній школі. Механіка: посіб. для вчителів / С.У. Гончаренко. – К.: Рад. школа, 1984. – 207 с.
70. Гончаренко С.У. Методика навчання фізики в середній школі. Молекулярна фізика: посіб. для вчителів / С.У. Гончаренко. – К. : Рад. школа, 1988. – 169 с.
71. Горденко Т. А. Використання експериментальних задач з простим обладнанням на уроках фізики / Т. А. Горденко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. – 2013. – Вип. 19. – С. 150-153.
72. Грицька Т.С. Вплив професійної компетентності педагога на формування ключових компетентностей учнів у контексті ідей А. С. Макаренка / Т. С. Грицька // Витоки педагогічної майстерності : збірник наук. праць. – Вид-во Полтавського пед. університету, 2009. – № 4. – С. 215–219.



73. Дем'яненко Н.М. Педагогічна парадигма вищої школи України: генеза і еволюція / Н.М. Дем'яненко // Філософія освіти: науковий часопис. – 2006. – № 2(4). – К.: Вид-во НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2006. – С. 256-266.

74. Дятлов Ю.В. М. Пильчиков і його погляди на проблеми фізичної освіти в Україні в кінці XIX - на початку XX ст. / Ю.В. Дятлов // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г Шевченка: Збірник. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ. – 2002. – Вип. 13. – Т 2. – С 184-186.

75. Енциклопедія освіти / АПН України; голов. ред. В.Г. Кремень. – К.: Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.

76. Ємчик Л.Ф. Використання інноваційних технологій у процесі навчання фізики / Любов Ємчик // Педагогіка і психологія професійної освіти : наук.-метод. журн. / Ін-т пед. освіти і освіти дорослих НАПН України, Львів. наук.-практ. центр проф.-техн. освіти НАПН України, Нац. ун-т "Львів. політехніка", 2012. – № 5. – С. 44-51.

77. Ємчик Л.Ф., Кміт Я.М. Медична і біологічна фізика. / Л.Ф. Ємчик, Я.М. Кміт // Підручник. – Львів: Світ, 2003. – 592 с.

78. Єрмакова Н.О. Розвиток предметної компетентності учнів основної і старшої школи у процесі навчальної практики з фізики: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Єрмакова Наталія Олександрівна. – Херсон, 2005.

79. Жалдак М.І. Система підготовки вчителя до використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі / М.І. Жалдак // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 2: комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова., 2011. – №11(18) – С. 3-16.

80. Желюк О.М. Засоби НІТ у навчальному фізичному експерименті // Фізика та астрономія в школі. – 1999. - №2. – С. 5.

81. Жук Ю. О. Оцінювання рівня сформованості предметних компетентностей учнів основної школи методом семантичного диференціала в процесі навчання фізики / Ю. О. Жук, О. П. Пінчук // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 12 : зб. наук. пр. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2008. – С. 120 – 127.

82. Заболотний В. Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 / Заболотний Володимир Федорович; Національний педагогічний ун-т ім. МП. Драгоманова. – К., 2010. – 542 с.

83. Заболотний В. Ф. Предметно-освітня підготовка в системі формування фізичних знань курсу загальної фізики / Володимир Федорович Заболотний // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський

національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 32-35.

84. Заболотний В. Ф. Формування методичної компетентності учителя фізики засобами мультимедіа: [монографія] / Володимир Федорович Заболотний. – Вінниця: "Едельвейс і К", 2009. – 454 с.

85. Заболотний В.Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики: автореф. дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Заболотний Володимир Федорович; Національний педагогічний ун-т ім. МП. Драгоманова. – К., 2010. – 40 с.

86. Заболотний В.Ф. Формування методичної компетентності майбутніх учителів фізики / Володимир Заболотний // Збірник наукових праць Кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – Вип. 16: Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 21 - 23.

87. Загальна психологія: Підручник / [О.В. Скрипченко, Л.В. Долинська, З.В. Огороднійчук та ін.]. - К.: Каравела, 2011. - 464 с.

88. Зайченко І.В. Педагогіка. Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів, 2-е вид / І.В. Зайченко. - К.: Освіта України, "КНТ", 2008. - 528 с.

89. Закон України "Про вищу освіту" (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004) від 1 липня 2014 року.

90. Закон України "Про вищу освіту". Закон від 01.07.2014 № 1556-VII: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vnz.org.ua/zakonodavstvo/111-zakon-ukrayiny-pro-vyschu-osvitu>.

91. Закон України про Національну рамку кваліфікацій (проект) // Освіта. – 2011. – № 14 (5449). – С.7–8.

92. Занюк С. С. Мотивація діяльності: спонукання, активність, успіх. Навчальний посібник. – Луцьк: Вид-во Волинського держ. університету, 1998. – 124 с.

93. Занюк С. С. Мотиваційний тренінг. Спецпрактикум з психології мотивації. – Луцьк: Вид-во Волинського держ. університету, 1998. – 64 с.

94. Занюк С. С. Особливості та ефективність формування мотивації учіння у студентів // Філософія, соціологія, психологія. Збірник наукових праць. Вип. 5, ч. 2. Матеріали Міжнародної наукової конференції “Особистість в розбудові відкритого демократичного суспільства в Україні”, 6-7 жовтня 2000 р., Івано-Франківськ. – 2000. – С. 74-79.

95. Засекін Д. О. Постановка цілей навчання учнів розв'язувати фізичні задачі в профільній школі / Д. О. Засекін // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки . – 2013. – Вип. 109. – С. 52-55.

96. Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. Рівень стандарту. –Х.: Основа, 2010.

97. Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. Академічний рівень. –Х.: Основа, 2010.

98. Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. Профільний рівень. –Х.: Основа, 2010.

99. Зимняя И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34–42.

100. Зимняя И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. Авторская версия / Ирина Зимняя. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 40 с.

101. Зязюн І. А. Основи педагогічної майстерності / І. А. Зязюн. – К., 2004.

102. Іваницька Н. А. Проблемний метод навчання як основа розв'язування учнями задач у класах фізико-математичного профілю / Н. А. Іваницька, Т. О. Герасименко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки . - 2013. - Вип. 109. - С. 56-59.

103. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі: монографія / О.І. Іваницький. – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – 266 с.

104. Іваницький О.І. Технології навчання фізики: навчальний посібник (рекомендовано МОН України) / О.І. Іваницький, С.П. Ткаченко. – Запоріжжя : ЗНУ, 2010. – 256 с.

105. Іваницький О.І. Формування інформаційної культури майбутнього вчителя фізики в умовах інформаційно-комунікаційного середовища / О.І. Іваницький // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 13-15.

106. Ісичко Л. В. Математичне моделювання як один з етапів процесу розв'язування фізичних задач / Л. В. Ісичко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки . – 2013. – Вип. 109. – С. 176-180.

107. Каким быть школьному физическому образованию? //Физика в школе. - 1990. -№3. - с. 18 - 22; №6.- с. 19 - 25; 1991. - №1. - с. 30 - 35.

108. Каменецкий С.Е. Методика решения задач по физике в средней школе: кн. для учителя / С.Е. Каменецкий, В.П. Орехов. 3-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 336 с.

109. Каменецкий С.Е. Теория и методика обучения физики в школе: общие вопросы: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурьшева, Н.Е. Важеевская. – М: Академия, 2000. – 368 с.

110. Каменецкий С.Е. Теория и методика обучения физики в школе: частные вопросы: учеб. пособие для студ. пед. вузов. / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурьшева, Т.И. Носова. – М: Академия, 2000. – 384 с.

111. Карамішева Н. В. Логіка (теоретична і прикладна): навч. посіб. / Н. В. Карамішева. - К. : Знання, 2011. - 455 с.

112. Касперський А. В. Методичні засади формування базових знань юриспруденції аспірантів технологічної освітньої галузі / А. В. Касперський, І. Т. Богданов, О. М. Кучменко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2016. - Вип. 22. - С. 83-86.

113. Касперський А. В. Формування фахової компетентності майбутніх учителів технологій в процесі вивчення хімії / А. В. Касперський, О. М. Кучменко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2014. - Вип. 20. - С. 21-23.

114. Касьян В.І. Філософія: Відповіді на питання екзаменаційних білетів: Навч. посіб. – 5-те вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2008. – 347 с.

115. Килимник С. М. Педагогічні умови забезпечення професійно-орієнтованої діяльності студентів коледжів з фізики / С. М. Килимник, А. М. Кух // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2015. - Вип. 21. - С. 244-247.

116. Кирик Л.А. Фізика. 11 клас: Розробки уроків / Л. А.Кирик. – Х.: Веста: Вид-во “Ранок”, 2007. – 448 с.

117. Коваленко К. В. Формування предметної компетентності учнів основної школи шляхом розв'язування фізичних задач графічним методом / К. В. Коваленко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. – 2013. – Вип. 19. – С. 85-88.

118. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: бібліотека з освітньої політики / Під заг. ред. О.В.Овчарук. – К.: К.І.С., 2004. – 112 с.

119. [Компетентність \[Електронний ресурс\]: / Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Компетентність.](http://uk.wikipedia.org/wiki/Компетентність)

120. Кондратюк О. П. Методи і форми організації навчання / О.П. Кондратюк, О.І. Дьомін. – К. : Радянська школа, 1975. – 112 с.

121. Конет І.М. Професорові Атаманчуку П.С. – 75! / І.М. Конет, О.М. Ніколаєв // Фізика та астрономія в рідній школі: науково-методичний журнал. – № 6 (117) листопад-грудень 2014. – С. 44-45.

122. Коробова І. В. Компетентність учителя як результат набуття суб'єктного досвіду методичної діяльності / І.В. Коробова // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 35-37.

123. Коробова І. В. Уміння запитувати як показник методичної компетентності майбутнього вчителя фізики / І. В. Коробова // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер : Педагогічні науки . - 2014. - Вип. 2. - с. 88-94. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/nzbdpu\\_2014\\_2\\_17.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/nzbdpu_2014_2_17.pdf).

124. Королєв В. А. Обратная связь как система / В. А. Королєв // Методы менеджмента качества. – 2005. – № 8. – С. 10–14.

125. Корсак К.В. Фізика. Письмовий екзамен / К.В. Корсак // Посібник для вступників до вузів. – К.: Либідь, 1993 – 224 с.

126. Коршак Є. В. Фізика. 7клас: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К.: Перун, 2000. – 160 с.

127. Коршак Є. В. Фізика. 8клас: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К.: Генеза, 2008. – 208 с.

128. Коршак Є. В. Фізика. 9клас: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К.: Генеза, 2009. – 160 с.

129. Коршак Є.В. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту / Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. – К.: Вища школа, 1981. – 280 с.

130. Краевский В.В., Хуторской А.В. Предметное и общепредметное в образовательных стандартах // Педагогика. – 2003. – № 3. – С. 3-10.

131. Кривонос О. М. Результати впровадження елементів методичної системи формування інформаційно-комунікаційних компетентностей майбутніх учителів інформатики в процесі навчання програмування // О. М. Кривонос // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск X : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – Т. 3 : Теорія та методика навчання інформатики. – С. 62–66.

132. Кузьменко О. С. Формування професійної компетентності студентів вищих навчальних закладів з позиції акмеологічного підходу / О.С. Кузьменко //Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна . – 2013. – Вип. 19. – С. 93-96.

133. Кузьмінський А.І. Педагогіка вищої школи. Навчальний посібник / Анатолій Кузьмінський. – К.: Знання, 2005. – 486 с.
134. Кузьмінський А.І. Теорія і методика виховання: навч. посіб. / Омеляненко В.Л., Кузьмінський А.І. — К.: Знання, 2008. — 415 с.
135. Кузьмінський А.І. Технологія і техніка шкільного уроку : навч. посіб. / А.І. Кузьмінський, С.В. Омеляненко. – К.: Знання, 2010. – 335 с.
136. Кулик Л.О. Якісні задачі як необхідна складова процесу навчання фізики студентів ВНЗ / Л.О. Кулик, А.В.Ткаченко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки / Черніг. нац. пед. ун-т ім. Т.Г. Шевченка. – Чернігів: ЧДПУ, 2012. – Вип. 99. –с. 219-222.
137. Кух А. М. Модель технології адаптивного навчання фізики / А. М. Кух // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2014. - Вип. 20. - С. 34-36.
138. Кух А.М. Організація навчально-пізнавальної діяльності учнів з фізики на основі завдань еталонного характеру: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Кух Аркадій Миколайович; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 1998. – 16 с.
139. Кух А.М. Професійні компетенції учителя фізики та процес їх формування / А.М. Кух// Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 16. Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 206-208.
140. Кух А. М. Система формування методичної компетентності майбутніх вчителів фізики / А. М. Кух, О. М. Кух // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. - 2016. - Вип. 138. - С. 85-90.
141. Кух А. М. Технологія уточнення компетентностей і професійно-методична підготовка учителя фізики / А. М. Кух, О. М. Кух // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. - 2017. - Вип. 23. - С. 166-170.
142. Ляшенко О.І. Розвиток навчально-пізнавальної компетентності учнів основної школи у навчанні фізики / О.І. Ляшенко, І.В. Бургун // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2013. – Вип. 109. – С. 68-73.
143. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: логіко-дидактичні основи / О.І. Ляшенко. – К.: Генеза, 1996. – 128 с.
144. Ляшенко О.І. Якість освіти як основа функціонування й розвитку сучасних систем освіти / О.І. Ляшенко // Педагогіка і психологія. – № 1 (46), 2005. – С. 5-12.

145. Максименко С.Д. Загальна психологія: навчальний посібник / Максименко С.Д., Соловієнко В.О. К.: МАУП, 2000. – 256 с.

146. Максимюк С.П. Педагогіка: навчальний посібник / С.П. Максимюк. – К.: Кондор, 2009. - 670 с.

147. Малафіїк І. В. Дидактика: навчальний посібник / І. В. Малафіїк. – К.: Кондор, 2009. – 406 с.

148. Мартинюк М.Т. Науково-методичні засади навчання фізики в основній школі: Автореф. дис... д-ра пед. наук: 13.00.02 / М.Т. Мартинюк ; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 1999. – 34 с.

149. Марченко О.А., Мінаєв Ю.П., Тищук В.І. Комп'ютерний помічник для початкового ознайомлення з поняттями роботи і енергії у межах інтеграційного курсу “Мехматика” / О.А. Марченко, Ю.П. Мінаєв, В.І. Тищук // Збірник науково-методичних праць: “ Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін”. Вип. 13. – Рівне: РВВ РДГУ, 2009. – С. 119-125.

150. Мендерецький В. В. Сучасний стан проблеми розвитку предметних компетентностей студентів у процесі вивчення фізики / В. В. Мендерецький, С. А. Муравський // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки . - 2013. - Вип. 109. - С. 205-207.

151. Мендерецький В.В. Методична система експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики: автореф. дис... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Мендерецький Вадим Владиславович; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2007. – 30 с.

152. Мендерецький В.В. Модель методичної системи експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики / В.В. Мендерецький // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики і підручника фізики (астрономії) в умовах формування європейського простору вищої освіти. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2007. – Вип. 13. – С. 140-143.

153. Мендерецький В.В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики: монографія / В.В. Мендерецький. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, 2006. – 256 с.

154. Методи розв'язування фізичних задач / Галатюк Ю. М., Левшенюк В. Я., Левшенюк Я. Ф., Тищук В. І., Трофімчук А. Б. – Х.: Основа, 2010. – 224 с.

155. Методика і техніка навчального фізичного експерименту в основній школі: підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – 292 с.

156. Методика і техніка навчального фізичного експерименту в старшій школі: підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Атаманчук П.С.,

Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – 420 с.

157. Методика преподавания физики в 8 – 10 классах средней школы. Часть 2 / Под ред. В.П. Орехова и А.В. Усовой. – М.: “Просвещение”, 1980. – 348 с.

158. Мініч, Л. В. Підвищення рівня загальноосвітньої підготовки учнів основної школи в процесі гурткової роботи / Л. В. Мініч // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 3 : Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – Вип. 5. – С. 34-37.

159. Мініч, Л. В. Формування позитивної мотивації до навчання / Л. В. Мініч, Н. М. Зазимко // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 3 : Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2014. – Вип. 14. – С. 12-18.

160. Мойсеюк Н.Є. Педагогіка. Навчальний посібник / Н.Є. Мойсеюк. – К., 2007. - 656 с.

161. Монахов В.М. Технология проектирования методических систем с заданными свойствами в высшей школе/ В.М.Монахов// Педагогика. – 2011. – №6. – С. 43 – 46.

162. Муравський С. А. Формування предметної компетентності студентів у процесі розв'язування фізичних задач / С. А. Муравський // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 159-161.

163. Навчальні програми для 10-11 класів шкіл з українською мовою навчання: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://osvita.ua/school/materials/program/30993/>.

164. Національна доктрина розвитку освіти. Затверджено Указом Президента України від 17 квітня 2002 року № 347 / 2002 // Освіта України. – № 33 від 23 квітня 2002 р. – С.4-6.

165. Ніколаєв О.М. Виділення критеріїв предметної компетентності майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка. – Випуск 109. – Чернігів: ЧНПУ, 2013. – 324 с. – С 216 – 219.

166. Ніколаєв О.М. Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв // Вісник Черкаського університету. Серія педагогічні науки. – Випуск № 12 (225). – Черкаси: Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького, 2012. – С. 3-10.



167. Ніколаєв О.М. Компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв // Зб. наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. — Умань: ПП Жовтий О.О., 2012. — Ч.4. — С. 9-18.

168. Ніколаєв О.М. Компетентність та компетенція у сучасній педагогіці як педагогічні категорії / О.М. Ніколаєв // Проблеми сучасної психології: Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, Інституту психології ім. Г.С. Костюка НАПН України / За ред. С.Д. Максименка, Л.А. Онуфрієвої. – Вип. 15. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2011.

169. Ніколаєв О.М. Методичне забезпечення оперативного та тематичного контролю в умовах особистісно орієнтованого навчання фізики: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Ніколаєв Олександр Михайлович; Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2004. – 20 с.

170. Ніколаєв О.М. Методичні засади формування предметних компетентностей майбутнього вчителя фізики в ході фахової підготовки / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип. 20: Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю. – С. 294-297.

171. Ніколаєв О.М. Методологія управління процесом формування професійних компетентностей майбутнього вчителя фізики / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв // Вісник Черкаського університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки. – Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – Вип. № 8 (341). – С. 128-135.

172. Ніколаєв О.М. Методологічні передумови створення освітнього середовища з фізики в навчанні молодших школярів / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв, О.М. Павлюк // Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки. – К. : МАН України, 2012. – Вип. 1. – С. 70-78.

173. Ніколаєв О.М. Організація лабораторного практикуму в системі фахової підготовки майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики і підручника фізики (астрономії) в умовах формування європейського простору вищої освіти. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2007. – Вип. 13. – С. 147-149.

174. Ніколаєв О.М. Організація управління пізнавальною діяльністю в ході фахової підготовки майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія

педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 220-222.

175. Ніколаєв О.М. Організація фізичного практикуму в старшій школі / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – Вип. 16: Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – 328 с. – С. 159-161.

176. Ніколаєв О.М. Освітнє середовище як засіб формування професійних компетенцій майбутнього учителя фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2008. – Вип. 14: Інновації в навчанні фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі: міжнародний та вітчизняний досвід. – С. 82-84.

177. Ніколаєв О.М. Розв'язування задач з фізики у системі формування предметних компетентностей майбутнього фахівця / О.М. Ніколаєв // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. - Випуск 7. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. . - 173 с. – С.89-93.

178. Ніколаєв О.М. Співвідношення понять «компетентність» та «компетенція» у сучасній освіті / О.М. Ніколаєв // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. –Вип. 4. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – 188 с. – С. 142-146.

179. Ніколаєв О.М. Структура предметної компетентності майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. – Випуск 6. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2013.

180. Ніколаєв О.М. Технологія формування завдань еталонного змісту у навчальному фізичному експерименті / О.М. Ніколаєв // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів. – Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – Т. 2. – 174 с. – С. 38-39.

181. Ніколаєв О.М. Управління пізнавальною діяльністю в ході фахової підготовки майбутнього вчителя фізики / П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв // Зб. наукових праць "Педагогічні науки". – Херсон: ХДУ, 2012. – Вип. 61. – С. 164 - 167.

182. Ніколаєв О.М. Управління процесом формування предметної компетентності майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 29 – 31.

183. Ніколаєв О.М. Управління якістю навчання майбутніх фахівців на основі компетентнісного підходу / О.М. Ніколаєв // Наукові записки. – Випуск 108. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – С. 93-97.

184. Ніколаєв О.М. Формування освітнього середовища в методиці навчання фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету: Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет, 2008. – Вип. 14: Інновації в навчанні фізиці та дисциплін технологічної освітньої галузі: міжнародний та вітчизняний досвід. – С. 82-84.

185. Ніколаєв О.М. Формування педагогічної компетентності майбутнього фахівця в ході навчального фізичного експерименту / Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. – Випуск 5. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012.

186. Ніколаєв О.М. Формування предметної компетентності майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Засоби і технології сучасного навчального середовища: Матеріали конференції, м. Кіровоград (17-18 травня 2013 року). – Кіровоград: ПП «Ексклюзив систем», 2013. – 212 с. - С. 125-127.

187. Ніколаєв О.М. Формування професійних компетенцій майбутнього вчителя фізики / О.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 161-163.

188. Нісімчук А.С. Педагогіка: підручник / А.С. Нісімчук.- К.: Атіка, 2007. - 344 с.

189. Новиков А.М. Про розвиток методичних систем // Фахівець. – 2006. – №№ 9-10. – [електронний ресурс].- Режим доступу: [//anovikov/artikle/met\\_sys.htm](http://anovikov/artikle/met_sys.htm).

190. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) / Д.А. Новиков. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.

191. Овчарук О.В. Компетентності як ключ до оновлення змісту освіти / О.В. Овчарук // Стратегія реформування освіти в Україні. – К.: КІС, 2003. – С. 33–42.
192. Орищин Ю.М. Теорія і практика вдосконалення курсу загальної фізики засобами сучасного навчального фізичного експерименту: автореф. дис... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Орищин Юрій Михайлович; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2006. – 40 с.
193. Осадчук Л.А. Методика преподавания физики / Л.А. Осадчук. – К.: Вища школа, 1984. - 364 с.
194. Основи психології: Підручник / За заг. ред. О. В. Киричука, В. А. Роменця. – 4-те вид., стереотип. – К.: Либідь, 1999. – 632 с.
195. Павленко А.І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач: (теоретичні основи) / А.І. Павленко. – К.: Міжнародна фінансова агенція, 1997. – 177 с.
196. Пальчевський С.С. Педагогіка: Навч. посіб. 2-е вид / С.С. Пальчевський. – К.: Каравела, 2008. – 496 с.
197. Пасічник Ю.А. Проблеми компетентнісного підходу при викладанні курсу фізики у середніх і вищих навчальних закладах / Ю.А. Пасічник // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: ЧПНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2007. – Вип. 46(2). – С.66-70.
198. Пастернак Н. В. Методика викладання фізики: Навчальні експерименти / Н.В. Пастернак, О.І. Конопельник, О.В. Радковська. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 106 с.
199. Пастушенко С.М. Технології навчання фізики в технічному університеті з урахуванням міжпредметних зв'язків // Фізика та астрономія в школі. - 2010. - № 10. - С. 13-16.
200. Педагогіка: Учебное пособие для студентов пед. ин-тов / Под ред. Ю.К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1983. – 608 с.
201. Педагогічна психологія. Навч. посіб. / [Сергеєнкова О. П., Столярчук О. А., Коханова О. П., Пасєка О. В.]. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 168 с.
202. Пінчук О. П. Формування предметних компетентностей учнів основної школи в процесі навчання фізики засобами мультимедійних технологій: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Пінчук О.П.; Нац. пед. ун-т імені М.П. Драгоманова. – Київ, 2011. – 20 с.
203. Пінчук О.П. Предметна компетентність з фізики у системі спеціальних компетентностей учнів загальноосвітніх навчальних закладів / О.П. Пінчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – Вип. 17: Інноваційні технології

управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 165 - 167.

204. Пістун П.Ф. Фізика. Задачі – дослідження. 9-11 кл / Пістун П.Ф., Будний Б.Є., Козуб І.О. – Вип. 4.– Т.: Навчальна книга–Богдан, 2000.– 64 с.

205. Пістун П.Ф. Фізика. Самостійні та контрольні роботи. 10 клас / Пістун П.Ф., Будний Б.Є.– Т.: Навчальна книга–Богдан, 2000.– 64с.

206. Подопригора Н.В. Формування моделюючої компетентності вчителя фізики / Наталія Подопригора // Збірник наукових праць Кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. – Вип. 16: Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 51 – 54.

207. Пометун О. І. Теорія та практика послідовної реалізації компетентнісного підходу в досвіді зарубіжних країн / О. І. Пометун // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. – К. : К.І.С., 2004. – С.16 – 25.

208. Постанова Кабінету міністрів України "Про затвердження Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти" від 23 листопада 2011 № 1392.

209. Постанова Кабінету міністрів України "Про затвердження Національної рамки кваліфікацій" від 23 листопада 2011 р. № 1341.

210. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. Астрономія. 7 – 12 класи. – К.: ВТФ "Перун", 2005, 2006. – 80 с.

211. Равен Д. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация / Д. Равен. – М., 2002. – С.150-155, 275-298.

212. Равен Д. Педагогическое тестирование: Проблемы, заблуждения, перспективы / Джон Равен // Пер. с англ. – М.: Когито-Центр, 1999. – 144 с.

213. Радигіна І.В. Компетентнісно-орієнтований підхід до навчання / І.В. Радигіна. – Харків: Основа, 2008.

214. Раков С. А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ: монографія / С. А. Раков. – Х.: Факт, 2005. – 360 с.

215. Раков С.А. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу в навчанні з використанням інформаційних технологій: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Раков Сергій Анатолійович; Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди. – Харків, 2005. – 489 с.

216. Резніков Л.І. Фізична оптика в середній школі./ Л.І. Резніков – М.: "Просвещение", 1971. – 264 с.

217. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика / А.Н. Ремизов. – М.: Высшая школа, 1999. – 616 с.

218. Савченко В. Ф. Структурно-логічний аналіз лекції з методики навчання фізики як один з етапів процесу підвищення її дидактичної якості / В. Ф. Савченко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 19-21.

219. Савченко О.Я. Компетентнісний підхід як чинник модернізації змісту і методики початкової освіти: [Електронний ресурс] / Олександра Яківна Савченко. – Режим доступу: [http://www.undp.org.ua/files/ua\\_33582maket\\_competence\\_ukr\\_ost.pdf](http://www.undp.org.ua/files/ua_33582maket_competence_ukr_ost.pdf).

220. Садовий М.І. Вибрані питання загальної методики навчання фізики: [навчальний посібник] / Садовий М.І., Вовкотруб В.П., Трифонова О.М. – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. – 252 с.

221. Самойленко П.И. Физика: дидактические материалы. Учебное пособие для учащихся СПТУ и преподавателей / Самойленко П.И., Фадеева А.А. – М.: Высшая школа, 1988. – 128 с.

222. Сергієнко В. П. Міждисциплінарне е-навчання в контексті забезпечення якості професійної підготовки майбутніх економістів / В. П. Сергієнко, Г. О. Ковальчук // Наукові записки Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова. Серія: Педагогічні та історичні науки / Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. - К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2013. - Вип. 113. - С. 173-182.

223. Сергієнко В.П. Становлення і розвиток фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України / В.П. Сергієнко, А.В. Касперський // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський державний університет, 2005. – Вип. 11. – С 80-84.

224. Сиротюк В. Д. Теоретико-методичні засади використання дидактичних засобів у навчанні фізики в школах інтенсивної педагогічної корекції : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Сиротюк В.Д. ; Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – Київ, 2005. – 420 с.

225. Сисоєва С. О. Основи педагогічної творчості: підручник / С.О. Сисоєва. –К.: Міленіум, 2006. – 346 с.

226. Сікорський П.І. Теоретико-методологічні основи диференційованого навчання / П.І. Сікорський. – Львів : Каменяр, 1998. – 196 с.

227. Сірик Е.П. Дидактичні основи розробки та використання сучасних джерел випромінювання у шкільному фізичному експерименті: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Сірик Е.П.; Нац. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – Київ, 2007. – 20 с.

228. Словник психолого-педагогічних понять і термінів [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://ru.osvita.ua/school/method/psychology/1270/>.

229. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Вип. 6. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 138 – 139.

230. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів медичних коледжів. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 21. – с. 224 – 228.

231. Сондак О.В. Дидактичні основи формування предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 6. – с. 143 – 145.

232. Сондак О.В. Забезпечення структури предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015 – с. 256 – 262.

233. Сондак О.В. Мотивація як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Pedagogy and Psychology, IV (45), Issue: 93, 2016. Budapest. P. 59 – 63.

234. Сондак О.В. Мотивації як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 9. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2016 – с. 185 – 192.

235. Сондак О.В. Предметні компетентності при вивченні фізики студентами-медиками засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 14. – Т. 2. - с.78-79.

236. Сондак О.В. Роль мотивації у формуванні предметних компетентностей з фізики у студентів-медиків. / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-

Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 15. – Т. 2. - с.73-75.

237. Сондак О.В. Формування експериментальної складової предметної компетентності у майбутнього вчителя фізики / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М., Сондак О.В. // Наукові записки. – Випуск 6. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 150 с. – С. 46-50.

238. Сондак О.В. Формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ I – II рівнів акредитації засобами індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Вип. 20. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 225 – 227.

239. Сосницька Н.Л. Особливості викладання природничо-математичних дисциплін у професійно-технічних закладах. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського. Педагогічні науки : збірник наукових праць. Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського. 2016. № 1 (52). С. 57-61.

240. Сосницька Н.Л. Принципи розробки змісту навчальних посібників для підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін. Проблеми сучасного підручника : зб. наук. праць К. : Педагогічна думка. 2016. Вип. 17. С. 454 – 465.

241. Сосницька Н. Л. Формування і розвиток змісту шкільної фізичної освіти в Україні (історико-методологічний контекст): автореф. дис... на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук: 13.00.02 / Сосницька Н. Л.; Національний педагогічний ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2008.

242. Степанченко О. В. Шкільний фізичний експеримент як засіб формування дослідницьких умінь учнів / О. В. Степанченко, М. Є. Чумак, В.Д. Сиротюк // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 51-55.

243. Сусь Б.А. Дидактичні та методичні основи активізації самостійної діяльності студентів (курсантів) при різних формах занять з фізики : навч.-метод. посібник / Б.А. Сусь, КВІУЗ . – Київ : КВІУЗ, 1996 . – 185 с.

244. Сусь Б. А. Розвиток критичного мислення студентів як важливої умови дослідницьких здібностей / Б. А. Сусь, А. М. Шут // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету . Педагогічні науки. - 2013. - № 3. - С. 118-122.

245. Сусь Б. А. Формування фахової компетентності майбутніх вчителів шляхом розвитку їх критичного мислення / Б. А. Сусь, Б. Б. Сусь // Збірник



наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. - 2013. - Вип. 19. - С. 55-57.

246. Таланова Ж. В. Реалізація компетентнісного підходу в докторській підготовці. Європейський досвід // Педагогіка і психологія. 2009. - № 3. - С. 90-98.

247. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у ВНЗ: проблеми, стан і перспективи / Ю.В.Триус // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2010. – №9 (16). – С. 16-29.

248. Унт И.Э. Индивидуализация и дифференциация обучения / И.Э. Унт. – М.: Педагогика, 1990. – 192 с.

249. Фізика. Оптика і хвилі. Під ред. Ахматова А.С. – М.: “Наука”, 1973. – 400 с.

250. Фіцула М. М. Педагогіка : навч. посіб. / М. М. Фіцула. – 3-тє вид., стер. – К. : Академвидав, 2009. – 560 с.

251. Фурман А. В. Теорія і практика розвивального підручника: монографія / А. В. Фурман. – Тернопіль : Економічна думка, 2004. – 286 с.

252. Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность: В 2-х т.: Пер. с нем. / Под ред. Б.М. Величковского; предисловие Л.И. Анциферовой, Б.М. Величковского. – М.: Педагогика, 1986. – Т.1. – 408 с; – Т.2. – 392 с.

253. Хуторской А. В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций [Електронний ресурс] / А.В. Хуторской // Интернет-журнал "Эйдос", 2005. – 12 декабря. – Режим доступа : <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>.

254. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно ориентированной парадигмы / А. В. Хуторской // Народное образование. - 2003. - № 2. - С. 58-64.

255. Чайка В. М. Основы дидактики: навч. посіб. / В. М. Чайка. – К.: Академвидав, 2011. – 240 с.

256. Черченко О. А. Особливості змісту учнівських завдань з фізики в умовах реалізації компетентнісного підходу / О. А. Черченко // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. - С. 194-196.

257. Шарко В.Д. Компетентнісно-орієнтоване навчання учнів фізики як методична проблема / В. Д. Шарко // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: КПНУ ім. І. Огієнка, 2015. – Вип. 21: Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю. – С. 158-161.

258. Шарко В.Д. Методологічні засади сучасного уроку / В. Д. Шарко // Посібник для студентів, керівників шкіл, вчителів, працівників післядипломної освіти. – Херсон: Видавництво ХНТУ, 2009. – 120 с.

259. Шарко В.Д. Нові технології в шкільній і вузівській дидактиці фізики [монографія] / В. Д. Шарко, І. В. Коробова, Т. Л. Гончаренко / За ред. В. Д. Шарко. – Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2015. – 258 с.

260. Шарко В.Д. Підготовка вчителя фізики до формування пізнавальної самостійності учнів засобами інформаційних технологій / В.Д. Шарко, А.О. Солодовник // Інформаційні технології в освіті. - 2012. - № 12. - С. 31-38.

261. Шарко В. Д. Психолого-педагогічні основи розвитку творчих здібностей учнів загальноосвітніх навчальних закладів фізико-технічного профілю у позакласній роботі з фізики / В. Д. Шарко, М. І. Пашко // Збірник наукових праць [Херсонського державного університету]. Педагогічні науки. - 2014. - Вип. 66. - С. 165-171.

262. Шарко В.Д. Сучасний урок фізики: технологічний аспект / В. Д. Шарко // Посібник для вчителів і студентів. – 2005. – 220с.

263. Швець Є.Я., Небеснюк О.Ю., Ніконова З.А., Ніконова А.О. Біофізика. / Є.Я. Швець, О.Ю. Небеснюк, З.А. Ніконова, А.О. Ніконова // Навчальний посібник. – Запоріжжя.: Видавництво ЗДІА, 2008. – 306 с.

264. Шевченко А.Ф. Основи медичної і біологічної фізики: підручник./А.Ф. Шевченко. – К.: Медицина, 2008. – 656 с.

265. Шевчук О. В. Лабораторні роботи як засіб формування фахових компетентностей майбутніх учителів фізики / О. В. Шевчук // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. - С. 253-255.

266. Шишкін Г. О. Науково-методичні засади побудови моделі фізико-математичної підготовки майбутніх учителів технологій / Г. О. Шишкін // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. - 2016. - Вип. 138. - С. 196-201.

267. Шишкін Г. О. Фізика як навчальна дисципліна в системі підготовки майбутніх учителів технологій / Г. О. Шишкін // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 3 : Фізика і математика у вищій і середній школі. - 2013. - Вип. 12. - С. 103-110.

268. Шут М. І. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти нового державного стандарту базової і повної середньої освіти / М. І. Шут, М. Т. Мартинюк, Л. Ю. Благодаренко // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-

Подільський : КПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 135-138.

269. Шут М.І. Психолого-педагогічні основи розуміння фізики / М.І. Шут // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Сер. Педагогічна: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії.- Кам'янець-Подільський: КПДПУ, 2003. – Вип. 9.– С. 52-54.

270. Шут М.І. Фундаментальна підготовка з фізики майбутніх вчителів і навчальний процес в контексті Болонського процесу / Шут М.І., Пасічник Ю.А. // Болонський процес: тенденції, проблеми, перспективи /За ред. В.П.Андрущенко. – К.: НПУ, 2004. – С. 168-186.

271. Щирба О. В. Методологічні основи забезпечення професійної компетентності учителя фізики в проведенні чисельних експериментів та процес їх формування / О. В. Щирба, В. С. Щирба // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 255-257.

272. [ЮНІСЕФ \[Електронний ресурс\]: / Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Дитячий\\_фонд\\_ООН.](http://uk.wikipedia.org/wiki/Дитячий_фонд_ООН)

273. Яковлева О. М. Формування наукового світогляду учнів професійно-технічного навчального закладу у процесі вивчення простору та часу / О.М. Яковлева, М. І. Садовий // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 49-52.

274. Atamanchuk P., Nikolaev O., Tkachenko A., Kulyk L.. Didactic Features of Modeling Professional Competence of the Physics Education Students / American Journal of Educational Research (Vol. 2, No.12B, 2014). – P. 28- 32.

275. Laura H. Salganik, Dominique S. Rychen, Urs Moser, John W. Konstant (1999), Projects on Competencies in the OECD Context: Analysis of Theoretical and Conceptual Foundations, SFSO, OECD, ESSI, Neuchatel. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/41529556.pdf>.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ У СТУДЕНТІВ МЕДИЧНИХ КОЛЕДЖІВ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ З ФІЗИКИ В НАВЧАННІ ХВИЛЬОВОЇ ТА КВАНТОВОЇ ОПТИКИ

#### 2.1. Методичні підходи до створення навчально-методичного комплекту “Фізика в медичних коледжах”

У розділі запропоновано теоретичні і методичні підходи до змістового наповнення і конструювання навчально-методичного забезпечення для різних форм організації освітнього процесу та за умов використання різних видів навчально-пізнавальної діяльності студентів. Розроблене забезпечення разом навчально-методичними посібниками, призначеними безпосередньо для вивчення фізики, та методичними рекомендаціями утворило навчально-методичний комплект “Фізика в медичних коледжах”.

Розроблений комплект містить такі складові: методичні рекомендації “Формування мотивації у студентів при вивченні оптики”, навчально-методичний посібник “Практичні і лабораторні роботи з оптики”, навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла”, навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла”, навчально-методичний посібник “Збірник задач з оптики”. Навчально-методичні матеріали включають різноманітні завдання для організації роботи на усіх етапах навчання фізики, матеріали для діагностики рівня засвоєння знань і вмінь студентів, приклади завдань і запитань для організації самостійної діяльності студентів. Вдосконалено дидактичну модель процесу формування фізичних понять з оптики у студентів Вищих навчальних закладів, які здійснюють підготовку молодших спеціалістів на базі середньої освіти. Доведено, що перевагами комплекту є спільна теоретико-методологічна основа, на якій розроблено його складові, а також

адаптованість навчальної інформації до цілей і завдань формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики та фахової компетентності (рис. 2.1.).



Рис. 2.1. Навчально-методичний комплект “Фізика в медичних коледжах”

Методичні рекомендації “Формування мотивації у студентів при вивченні оптики” спрямовані на те, щоб допомогти викладачу мотивувати студента-медика, сприяти кращому оволодінню основами наук, формуванню предметної компетентності з фізики, інтелектуальному розвитку студентів, їх естетичному вихованню. Від мотивації залежить спрямованість студента. Для студентів-медиків необхідно наголошувати на тому, що зв’язок фізики із сучасною медициною багатоплановий і багатогранний. Неможливо назвати таку галузь медицини, в якій не використовували б ті або інші закони фізики. Будь-яка діяльність протікає більш ефективно і дає якісні

результати, якщо при цьому в особистості є сильні, яскраві, глибокі мотиви, що викликають бажання діяти активно, з повною віддачею сил, долати неминучі труднощі, несприятливі умови та інші обставини, наполегливо просуваючись до наміченої мети. Все це має пряме відношення до навчальної діяльності, яка йде більш успішно, якщо в студентів сформовано позитивне ставлення до навчання, якщо у них є пізнавальний інтерес, потреба в здобутті знань, умінь, якщо у них виховані почуття обов'язку, відповідальності й інші мотиви навчання.

Запропоновано в даній частині навчального комплексу методичні підходи до формування у студентів умінь щодо розгляду фізичних явищ та процесів у їх взаємозв'язку та взаємодії з медициною. Обґрунтовано, що з цієї точки зору значення навчального матеріалу з фізики при підготовці студентів-медиків важко переоцінити. Запропоновано методичні підходи до формування мотивації при вивченні фізики у студентів медичних коледжів. Виокремлено закони, поняття, які мають засвоїти студенти з метою застосування їх в медицині. Доведено, що матеріал, в якому подається застосування оптичних законів в медицину має спиратися на конкретний навчальний матеріал, що зумовлює нагальну необхідність доповнення змісту предмету «Фізика» навчальним матеріалом медичного змісту.

Запропоновано методичні підходи до проведення теоретичних занять в контексті підвищення рівня компетентності з фізики. Навчально-методичний посібник «Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла» – допомагає викладачеві висвітлювати інформацію про хвильові властивості світла. В посібнику обґрунтовано і розроблено методичні підходи формування системи фундаментальних фізичних явищ (інтерференція, дифракція, поляризація, дисперсія), понять (інтерференційна картина, когерентність, кільця Ньютона, умови максимуму і мінімуму, дифракційна ґратка, плоскополяризований промінь, площина поляризації, спектр, спектральна чутливість ока, інфрачервоне, ультрафіолетове і рентгенівське випромінювання, шкала електромагнітних хвиль), подано методичні підходи щодо проведення дослідів і експериментів. В посібнику приділяється значна увага застосуванню хвильових властивостей світла в медицині. Дана частина спрямована на те, щоб структурувати матеріал, аналізувати, узагальнювати, розуміти основні

положення, закони, закономірності, означення, формули та їх виведення, будову та принцип дії приладів.

Навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла” допомагає висвітлювати інформацію про квантові властивості світла. В посібнику обґрунтовано і розроблено методичні підходи формування системи фундаментальних фізичних явищ (фотоефект, люмінесценція), понять (фотон, маса та імпульс фотона, дискретний характер випромінювання і поглинання енергії, тиск світла), подано рекомендації щодо проведення дослідів і експериментів. Показано взаємозв’язок і взаємозбагачення загальнофізичних, релятивістських, квантовооптичних і філософських понять – діалектично-суперечливий характер розвитку науки. В посібнику приділяється значна увага застосуванню квантових властивостей світла в медицині.

Обґрунтовано, що вирішальний вплив на зростання вимог до професійної компетентності майбутніх медичних фахівців зумовили наукові досягнення в галузі фізики, які спричинили розвиток галузей медицини. Показано, що саме на використанні фізичних законів засноване створення всіх без винятку видів техніки, що застосовується в медицині. У зв’язку з цим відзначено, що студенти повинні не просто засвоїти поняття, закони і теорії фізики, але й осмислити їх у нерозривній єдності з професійними знаннями. Саме на такому підході ґрунтується запропоновані методичні підходи до проведення занять з фізики з орієнтацією їх на формування знань професійної спрямованості.

Навчально-методичний посібник “Практичні і лабораторні роботи з оптики” — складається з чотирьох лабораторних робіт і двох практичних робіт. В даному посібнику розроблено методичні підходи до проектування і проведення практичних занять з фізики та конструювання фізичних задач відповідно до вимог. У зв’язку з тим, що програми з фізики визначили напрям на підвищення наукового рівня знань, внаслідок чого підвищились вимоги й до виконання студентами лабораторних робіт, вжито певних заходів з підвищення якості експериментаторської діяльності студентів, зокрема: 1. Запропоновано оновлене структурування практичних і лабораторних робіт. Кожна робота містить тему, науково-методичне обґрунтування теми, навчальні цілі за

чотирма рівнями, цілі розвитку майбутнього фахівця (виховні цілі), міжпредметна інтеграція, яка подана у вигляді таблиці, план та організаційна структура заняття (подана у вигляді таблиці), теоретичні відомості до роботи, матеріали активізації студентів під час проведення лабораторної чи практичної роботи, які містять: матеріали контролю для підготовчого етапу заняття, матеріали методичного забезпечення основного етапу заняття і матеріали контролю для кінцевого етапу; також робота містить домашнє завдання. 2. Оновлено і за необхідності змінено контрольні запитання до лабораторних робіт з урахуванням того, що контрольні запитання мають на меті виявлення рівня оволодіння студентами того навчального матеріалу, який був підґрунтям для виконання лабораторної роботи. 3. Розроблено нові додаткові завдання практичних робіт, призначені для реалізації творчого розвитку студентів-медиків, оскільки дозволяє їм використати набуті теоретичні знання, уміння, практичні навички, а також конкретні одержані результати для встановлення нових причинно-наслідкових зв'язків, для одержання нових продуктів навчальної діяльності. 4. З метою дотримання наступності у навчанні фізики та інтеграції різних форм організації освітнього процесу розроблено самостійні роботи з оптики, виконання яких передбачає наявність у студентів знань. Доведено, що практичні і лабораторні заняття у медичних коледжах є важливим засобом утворення у студентів нових інформаційно-комунікаційних структур у процесі навчання з урахуванням умов освітнього середовища та особистісних чинників. Даний навчальний посібник дозволяє більш ефективно використовувати час; стимулює і активізує розумову діяльність студентів; створює умови управління навчальним процесом викладачем. Дана частина цінна тим, що на основі даного алгоритму практичних і лабораторних робіт можна створити будь-яку лабораторну чи практичну роботу.

Встановлено, що у медичних коледжах предмет «Фізика» відіграє величезну роль в організації та реалізації науково-дослідної діяльності студентів. Проте для того, щоб така діяльність була ефективною, студентів необхідно наполегливо та системно готувати до її здійснення. Тому до того, як пропонувати студентам участь у науково-дослідній роботі, в них необхідно сформувати здатність до одержання знань не лише в процесі репродуктивних видів діяльності, але й через логічні міркування та евристичні



процедури. Для цього в освітній процес необхідно системно впроваджувати різні пізнавальні задачі і формувати у студентів уміння щодо проектування можливих шляхів їх розв'язання. Такі можливості забезпечує використання проектної діяльності. Враховуючи, що в медичних коледжах фізика вивчається на першому курсі, а біофізика на другому курсі, засвоєння основ проектної діяльності дозволить створити міцну основу для безпосереднього переходу студентів до наукових досліджень, оскільки проектна діяльність і наукові дослідження тісно взаємопов'язані.

Навчально-методичний посібник “Збірник задач з оптики” містить якісні та кількісні задачі різного рівня складності. Завдання підібрані з метою проведення ефективної самостійної роботи та ознайомлення з додатковим матеріалом. Робота з такими завданнями розрахована на тих студентів, яким важко дається вивчення оптики, та в підсумку сприятиме підвищенню їхнього рівня навчальних досягнень, стимулюватиме розумову діяльність студентів.

Запропоновано методичні підходи дистанційного навчання фізики майбутніх медичних працівників, в основу якої покладено навчальне мережне середовище, що містить спеціально розроблені навчально-методичні матеріали. Розроблено і впроваджено електронні курси на базі платформи MOODLE як потужний засіб підвищення ефективності самостійної діяльності студентів, що забезпечує для них можливість засвоєння курсу фізики в єдиному інформаційному середовищі. Визначено переваги електронних навчальних курсів з фізики порівняно з іншими інноваційними методами навчання у напрямі реалізації методичних функцій освітнього процесу. Встановлено, що формування предметної компетентності з фізики дозволяє студентам набувати знань і умінь в процесі самостійного виконання завдань навчального характеру, які розроблені з урахуванням вікових та індивідуальних особливостей студентів, використовувати набуті знання і навички для виконання навчальних завдань, розвивати комунікативні уміння в процесі групової діяльності.

## **2.2. Методичні особливості вивчення хвильових властивостей світла та дисперсії світла.**

### **2.2.1. Формування фізичних знань у студентів при вивченні явищ інтерференції та дифракції світла.**

Важливою та доленосною особливістю вищої освіти України є її інтеграція до європейського простору вищої освіти, що створило умови для розширення мобільності студентів та викладачів, а також для їх можливого працевлаштування в європейських країнах. Водночас сьогодні варто звернути увагу на таке: оскільки об'єм знань, якими повинен оволодіти студент за період навчання збільшився, то нестача часу на його вивчення, а отже, і перенавантаження студентів стали очевидними. Також існує явна невідповідність між об'ємом навчального матеріалу і часом, який відводиться на його вивчення.

У вищих медичних навчальних закладах фізика має забезпечити майбутньому фахівцеві не тільки знання загальних природничих законів і закономірностей, але й озброїти його такими знаннями, які б дозволили йому свідомо застосувати сучасні фізичні методи лікування й діагностики, пояснювати біологічні процеси, що відбуваються в організмі людини та оволодівати навичками роботи з сучасною медичною технікою. Кожне велике відкриття у фізиці збагачує медицину новими приладами і апаратами, новими методами діагностики і лікування. Разом з тим, як показує досвід, сьогодні особливо велике навантаження припадає на студентів з середнім рівнем знань і здібностей. Оскільки такі студенти складають більшість, то викладачі змушені знижувати темп і глибину викладання матеріалу. Але такий рівень і темп викладу навчального матеріалу не завжди задовільняє студентів з високим рівнем знань.

На нашу думку, на заняттях, присвячених вивченню інтерференції світла, необхідно ставити завдання експериментально обґрунтувати хвильову природу світла, дати поняття про довжину світлової хвилі, вказати спосіб її вимірювання і

звернути увагу на формування понять когерентності і однорідності випромінювання.

Рекомендуємо наголосити, що інтерференція світла має широке застосування в медицині, оскільки за допомогою інтерференційних методів вимірювання в біології визначають товщину прозорих мікрооб'єктів і концентрацію сухої речовини, а в медицині – склад крові в разі хвороби, яку непросто розпізнати. Увагу студентів треба звернути на те, що прямим доказом хвильової природи світла є інтерференція. Перед вивченням явища інтерференції світла радимо повторити з студентами матеріал про інтерференцію механічних і електромагнітних хвиль, звертаючи їх увагу на те, що стійка інтерференційна картина спостерігається тільки тоді, коли джерела хвиль мають однакові частоти, напрями коливань, а різниця фаз коливань залишається сталою.

Далі визначаємо умови, необхідні для утворення інтерференції, – когерентність. Наводимо приклад з коливаннями двох механічних вібраторів, насаджених на одну сталеву пластинку, і підкреслюємо, що вони роблять коливання з однаковою частотою, в однакових фазах і в одній площині. Даємо визначення когерентності і вказуємо, що когерентні джерела утворюють когерентні хвилі. Далі нам необхідно знайти різницю фаз для когерентних хвиль і пригадати формули максимумів і мінімумів коливань.

Доцільно в якості основного експерименту з інтерференції вибирати або дослід Юнга, або дослід з бідзеркалом або біпризмою Френеля. Стосовно дослідів Юнга варто зауважити, що він простий за своєю ідеєю, не вимагає додаткової побудови променів, як в інших дослідях. Для пояснення дослідів з бідзеркалом або біпризмою Френеля необхідно знати лише відповідно закон відбивання або заломлення. І незважаючи на те, що явище відбивання простіше заломлення, побудова відбитих пучків і уявних джерел в двох дзеркалах видається більш складним, ніж в біпризмі. Тому дослід з біпризмою Френеля, на нашу думку, варто вибирати в якості вихідного з інтерференції. Зауважуємо, що для отримання когерентних хвиль треба випромінювання від одного джерела світла будь-яким способом роздвоїти а потім звести в одне місце. Звертаємо увагу на те, що світло від

двох електричних лампочок не інтерферує. Це відбувається тому, що незалежні один від одного джерела світла і світлові хвилі, випромінювані ними, некогерентні. Усі природні джерела світла мають саме таку характеристику. Тоді, здавалося б, не можна взагалі утворити інтерференційну картину. Проте відомо, що інтерференційна картина часто виникає в природі, наприклад, на мокрому асфальті, коли на нього впаде крапля бензину, або біля причалів суден, де плаває плівка нафти. Через це в якості основних експериментів з інтерференції світла розглядаємо досліди з тонкими плівками. Інтерференцію в тонких плівках можна продемонструвати за допомогою відомих дослідів з мильною плівкою. Досліди спочатку ставимо в однорідному світлі. Потім освітлюємо плівку білим світлом. Замість темних і світлих смуг бачимо смуги яскраво забарвлені в різні кольори. Пояснюємо, що світлові хвилі, які відповідають різним кольорам, мають різну довжину хвилі і тому утворюють світлі інтерференційні смуги в різних місцях певної товщини.

В досліді з інтерференції з біпризмою Френеля в білому світлі звертаємо увагу на характер інтерференційної картини: центральна смуга завжди біла; по обидва боки від неї – темні смуги; потім кольорові смуги максимумів світла, розділені темними проміжками; послідовність розташування кольорових смуг – від фіолетового до червоного, причому перша ближче до центральної білої смуги.

Через нестачу навчального часу рекомендуємо не виводити формулу для обчислення довжини хвилі: важливо роз'яснити лише метод її вимірювання. А виведення даної формули можна запропонувати для ознайомлення індивідуально. Нагадуємо порядок розташування кольорів в призматичному спектрі і вказуємо, що довжина хвилі зменшується в ньому від червоного ділянки до фіолетового. Користуючись цими відомостями, доцільно дати поняття про однорідне світло як про світло з однією частотою коливань і незмінною амплітудою.

Рекомендуємо розглянути ще один випадок інтерференції – кольори тонких плівок – і провести такі самостійні спостереження студентів на занятті:

1. Лезо від безпечної бритви закріплюється в держаку і нагрівається в полум'ї газового пальника або спиртівки. Після нагрівання від 220°C до 420°C сталеві

вироби набувають забарвлення блідо-жовтого (до  $220^{\circ}\text{C}$ ), золотисто-жовтого ( $245^{\circ}\text{C}$ ), пурпурового ( $250^{\circ}\text{C}$ ), фіолетового ( $265^{\circ}\text{C}$ ), темно-пурпурового ( $280^{\circ}\text{C}$ ), блакитного ( $300^{\circ}\text{C}$ ), синього ( $315^{\circ}\text{C}$ ) і чорного забарвлення ( $420^{\circ}\text{C}$ ). При нерівномірному нагріванні, окремі частини леза фарбуються в різні кольори.

Ці кольори пояснюються інтерференцією світла в дуже тонкій плівці оксидів заліза на лезі, які утворюються при його нагріванні. За цими кольорами приблизно визначається температура випуску сталевих виробів.

2. З фотографічних пластинок розміром  $9 \times 12$  см, відмитих в теплій воді від світлочутливого шару, нарізають пластинки менших розмірів. Якщо їх притиснути один до одного, то на ділянках скла між пальцями спостерігається інтерференція (перед заняттям бажано протерти скло спиртом і добре їх просушити).

Цікаву рухому картину інтерференції можна показати на плівках рідини, яка швидко випаровується. Дзеркальна поверхня скла протирається ганчіркою, змоченою бензином. В процесі випаровування рідини з цієї поверхні у відбитому світлі спостерігають мінливу картину інтерференції.

На нашу думку, аналогічні досліди можна поставити з тонкою плівкою лаку, целулоїдною плівкою тощо. Звертаємо увагу студентів на те, що кольори, які ми бачимо в досліді з мильною плівкою або плівкою лаку, можна спостерігати і тоді, коли маємо справу з тонким шаром речовини. Так ми бачимо райдужні кольори в тонкому шарі гасу чи олії на поверхні води, в тонких бульбашках, що видуються з мильної води чи скла, райдужне забарвлення крил мух, метеликів тощо. Доцільно показати рухому картину інтерференції світла в тонких плівках легкої рідини – ефіру, бензину тощо. На нікельовану або хромовану металеву пластинку чи дзеркальну поверхню скла спрямовуємо збоку під певним кутом пучок світла. Шматочком вати або пульверизатором наносимо на поверхню пластинки шар бензину або ефіру і через кілька секунд спостерігаємо інтерференційну картину, яка в міру випаровування плівки пересувається з одного місця пластинки на інше.

В якості додаткових ілюстрацій рекомендуємо розглянути кільця Ньютона. На завершення доцільно розповісти про інтерферометр Майкельсона, який використовується для надточних вимірювань багатьох фізичних величин, адже, у

разі мізерно малої зміни оптичної різниці ходу хвиль спостерігається помітне зміщення інтерференційних смуг.

Щоб студенти краще засвоїли матеріал, рекомендуємо такі вправи:

Накреслити дві системи концентричних кола з однаковими радіусами так, щоб горб хвилі зображувався товстою лінією, а западина – тонкою. Точки, в яких різниця фаз коливань від обох хвиль однакова, з'єднати лініями.

Вказівка. Лінії найбільшої і найменшої інтенсивності коливань накреслити різними кольорами, наприклад червоним і синім олівцем.

На двох використаних плівках від рентгенівських знімків, відмитих в теплій воді, накреслити тушшю по одній системі концентричних кіл, як в попередній вправі.

Накласти плівки один на одного. Спостерігати за зміною інтерференційної картини при відносному зсуві плівок.

Дротяний каркас (круглої, прямокутної або трикутної форми) опустити в мильний розчин і витягнути з нього. Коли каркас затягнеться плівкою, розглянути інтерференційну картину. Як вона зміниться, якщо дивитися на плівку через кольорове скло або зафарбований тонкий целофан?

Вказівка. Плівку розташувати у вертикальній площині.

Яку форму мають інтерференційні смуги в таких випадках: сферична лінза опуклістю покладена на плоску скляну пластинку; циліндрична збиральна лінза покладена на ту ж пластинку; скляні пластинки утворюють повітряний клин; між двома складеними скляними пластинками посередині знаходиться дуже тонка дротина паралельно їх бічним сторонам; пластинки затиснуті по кутам?

При переході світла з повітря у воду довжина хвилі зменшується. Чи означає це, що водолаз, який знаходиться під водою, побачить червоний захід сонця в іншому кольорі? Відповідь обґрунтувати.

Під час експерименту з біпризмою Френеля встановлено, що при відстані між сусідніми світлими смугами інтерференції в 2 мм довжина хвилі дорівнює 590 мкм. Визначити довжину світлової хвилі, якщо при освітленні іншим світлом відстань між тими ж сусідніми смугами стало рівним 1,5 мм; 2,5 мм.

Пояснити, чому від точкового джерела світла і за допомогою однієї лінзи не можна отримати інтерференцію світла, а за допомогою тієї ж лінзи, розрізаної поперек на дві частини, інтерференція спостерігається.

Вважаємо, що дані вправи можна запропонувати студентам розглянути вдома, якщо вони не зможуть дати відповіді на запитання.

На нашу думку, цікавий дослід Вуда з інтерференції в тонких пластинках слюди слід подати для індивідуального вивчення.

З метою проведення ефективної самостійної роботи та ознайомлення з додатковим матеріалом ми розробили комплекс додаткових завдань для студентів. Робота з такими завданнями розрахована на тих студентів, яким важко дається вивчення оптики, та в підсумку сприятиме підвищенню їхнього рівня навчальних досягнень.

1. Протягом якого часу спостереження можна було б помітити інтерференційну картину, утворену світлом від двох звичайних електролампочок?

2. Чи можна в інтерференційних установках з тепловими джерелами світла спостерігати інтерференцію при як завгодно великій різниці ходу променів?

3. Тонка плівка при освітленні білим світлом видається зеленою у відбитому світлі, якщо на неї дивитись в напрямі перпендикуляра до її поверхні. Що відбуватиметься із забарвленням плівки, якщо її нахилити відносно світлових променів?

4. Світло рухається з повітря на скляну пластинку і відбивається двічі – на першій та другій поверхні скла. У якому випадку фаза світлового коливання змінюється на  $180^\circ$  (де “втрачається” половина довжини хвилі)?

5. Яка мінімальна відстань між двома сусідніми максимумами при інтерференції зустрічних когерентних хвиль довжиною  $d$ ?

6. При освітленні двох плівок з однакового прозорого матеріалу білим світлом, яке падає перпендикулярно до їхньої поверхні, обидві плівки у відбитому світлі здаються зеленими. Чи можна вважати, що товщина цих плівок однакова?

7. Чи дістанемо на екрані інтерференційну картину, якщо точкове джерело розташоване між фокусом та білінзою, що утворює два когерентні пучки?

8. Як зміниться вигляд багатоколірної мильної бульбашки, якщо освітити її монохроматичним світлом?

9. В останній момент перед тим, як розірватись і утворити отвір, мильна бульбашка втрачає прозорість. Як це пояснити, адже в цей момент товщина плівки найменша?

10. Центр кілець Ньютона, утворених у відбитому світлі за допомогою сферичної лінзи, покладеної опуклою поверхнею на гладеньке скло, як правило, темний. Чим це пояснити?

11. За яких умов освітлення можна спостерігати інтерференцію навіть на товстому склі для вікон чи вітрин?

12. Кольорові яскраві смуги утворюються від краплі бензину лише тоді, коли вона падає на вологу, а не на суху поверхню асфальту. Поясніть, чому?

13. Очевидно, що поверхня віконного скла нерівна і змінність товщини може бути причиною утворення інтерференційних смуг. Чому їх не видно при освітленні денним світлом?

14. Невеликі зміни кута падіння променів на дуже тонкі плівки мало змінюють їх видимий колір. У випадку товстих плівок це дає значні зміни кольору. Чому?

15. Вкрита просвітлюючим шаром лінза фотоапарата має синьо-фіолетовий колір у відбитому світлі. Але промені, що проходять крізь неї, не забарвлюються. Як це пояснити?

16. Якщо у віконному склі спостерігати віддалені ліхтарі, то в певний момент можна бачити кольорові кільця навколо них. Яка причина їх появи?

17. Внаслідок дефекту обробки поверхні в одному місці лінзи утворився вигин кілець Ньютона, розмір якого дорівнює ширині двох кілець. Яке співвідношення між висотою дефекту і довжиною хвилі освітлення?

18. Якої форми лінзу слід покласти на поверхню плоского скла, щоб замість кілець Ньютона дістати систему паралельних смуг змінної ширини.



19. Чи можна, зменшуючи переріз лазерного пучка, досягти такої високої температури в точці його попадання на перешкоду, щоб вона випаровувалася і утворила вузький розділ – розріз з шириною, близькою до довжини хвилі [4].

Для “сильніших” студентів також можна дати розв’язувати такі задачі:

1. В одне із плеч інтерферометра вміщується скляна пластинка товщиною 12 мкм. При цьому інтерференційна картина зміщується на 8 смуг. Визначити показник заломлення скла, якщо довжина хвилі падаючого світла 750 нм та світло проходить через пластинку один раз, падаючи на неї нормально.
2. В установці для спостереження кільця Ньютона плосковипукла лінза зроблена рухомою і може переміщатися в напрямку, перпендикулярному платівці. Що буде відбуватися з кільцями Ньютона при видаленні і наближенні лінзи до пластини? Кільця утворюються при падінні монохроматичного світла.
3. Плоскоопуклу лінзу з радіусом кривизни 12 м покладено опуклим боком на плоскопаралельну пластинку. На плоску грань лінзи нормально падає монохроматичне світло, й у відбитому світлі утворюються темні й світлі кільця. Визначте довжину хвилі монохроматичного світла, якщо радіус шостого темного кільця дорівнює  $7,2 \cdot 10^{-3}$  м.
4. Коли монохроматичне світло падає нормально на поверхню мильної плівки, інтенсивність відбитого світла залежить від довжини хвилі: вона має максимум при  $\lambda_1 = 630$  нм і найближчий до нього мінімум при  $\lambda_2 = 525$  нм. Чому дорівнює товщина плівки? Показник заломлення плівки 1,33.
5. Точкове джерело монохроматичного світла розміщено на відстані  $S = 1$  мм від великого плоского дзеркала й на відстані  $L = 4$  м від екрана, перпендикулярного до дзеркала. Чому дорівнює відстань  $x$  між сусідніми максимумами освітленості? Довжина світлової хвилі 600 нм.
6. Різниця ходу двох інтерферуючих хвиль у вакуумі дорівнює: а) 0; б)  $0,2 \lambda$ ; в)  $0,5 \lambda$ ; г)  $\lambda$ . Чому дорівнює відповідна різниця фаз?
7. Оптична різниця ходу інтерферуючих променів  $\Delta r = 2,5$  мкм. Знайдіть всі довжини хвиль видимого діапазону (0,76 - 0,4 мкм), які дають в цьому

випадку максимум інтерференції.

8. На мильну плівку ( $n = 1,33$ ) падає біле світло під кутом  $\alpha = 45^\circ$ . При якій найменшій товщині плівка у відбитому світлі буде забарвлена в жовтий колір ( $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$  см)?
9. Між двома відшліфованими скляними пластинами потрапила волосина, в результаті чого утворився повітряний клин. Чому у відбитому світлі можна спостерігати інтерференційну картину?

Для перевірки знань студентів ми розробили самостійну роботу за рівнями знань, яка подана в додатку В.

Зазвичай **явище дифракції** визначають як огинання хвиль за краї непрозорих предметів. Однак найбільш характерно для дифракції не так огинання за краї перешкод, скільки виникнення за перешкодою інтерференційної картини. Оскільки до моменту вивчення дифракції світла студенти вже добре знають, що світло – електромагнітна хвиля, то на основі принципу Гюйгенса вони розуміють, що повинно спостерігатися явище огинання світлом непрозорих перешкод, тобто явище дифракції світла. Тим часом з геометричної оптики (і з практичного досвіду) їм відомо, що світло дає різко окреслені тіні і інтерференційні смуги не спостерігаються.

Таким чином, виникає проблемна ситуація. Отже, завдання полягає зовсім не в тому, щоб довести можливість дифракції світла, а в тому, щоб пояснити, чому дифракцію світла так важко спостерігати. Для цієї мети використовуємо принцип Гюйгенса-Френеля, тим самим пояснення явища дифракції зводимо до аналізу інтерференційної картини, яка виникає при складанні коливань від усіх елементарних джерел, якими служать малі ділянки фронту хвилі (метод зон Френеля).

Вважаємо, що спочатку слід повторити матеріал про дифракцію механічних і електромагнітних хвиль і принцип Гюйгенса-Френеля, а потім – організувати фронтальне спостереження дифракції світла.

Принцип Гюйгенса-Френеля розглядається до вивчення дифракції. Пропонуємо ознайомити студентів з цим принципом лише в зв'язку з поясненням дифракційних явищ.

Доцільно підкреслити, що дифракція виходить і від великих екранів, але в цьому випадку вона утворюється далеко за ними і інтенсивність світла на великих відстанях буває недостатньою. Залишається пояснити, як утворюється явище дифракції в області геометричної тіні і там, де, здавалося, можна було б очікувати рівномірну освітленість.

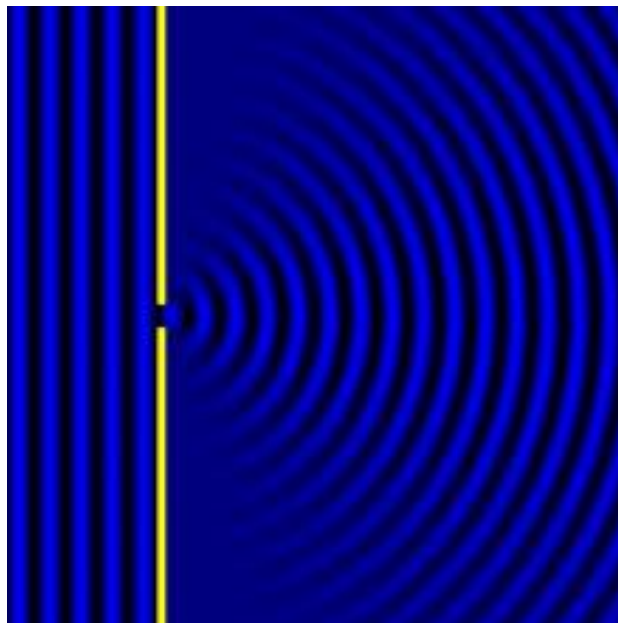


Рис. 2.2. Дифракція світла від щілини.

Рекомендуємо в аудиторії показати досліди з дифракції світла від щілини і нитки. В обох випадках через недостатню видимість явище доводиться спостерігати окремими групами студентів.

При цьому, обережно переміщаючи екран вздовж напрямку променів світла, потрібно обов'язково показати, що в середині дифракційної картини за ниткою з'являється то світла, то темна смужка. Для кращої видимості явища бажано студентам роздати лупи.

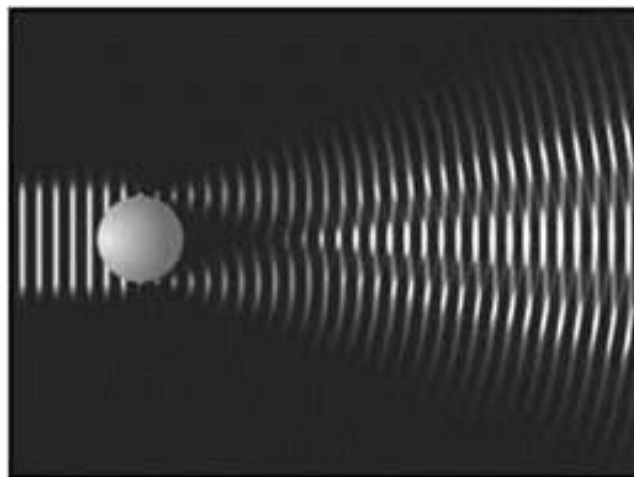


Рис. 2.3. Дифракція світла за непрозорою кулькою

Звертаємо увагу на те, що на додаток до зазначених демонстраційних дослідів проводиться лабораторна робота зі спостереження дифракції світла. В аудиторії можна роздати студентам штангенциркулі або мікрометри і дати завдання: «Спостерігати дифракційну картину, змінюючи відстань між вимірювальними поверхнями». При зазорі між

ніжками штангенциркуля в 0,1-0,05 мм спостерігається яскравий дифракційний спектр прямого світла електролампи.

Переконані, що цікаві спостереження дифракції світла студенти можуть виконати і в домашніх умовах; в тому числі корисно запропонувати таку експериментальну задачу:

Поставте на шляху яскравого світла, бажано на шляху сонячних променів, паралельно один одному два рівних олівця (рис. 2.4.), і, пересуваючи їх, отримуйте на плоскому екрані пучки світла різної ширини. Отримайте якомога більш вузький пучок і проведіть вздовж нього лінію. Який висновок можна зробити про розповсюдження пучків світла на основі цього досвіду?

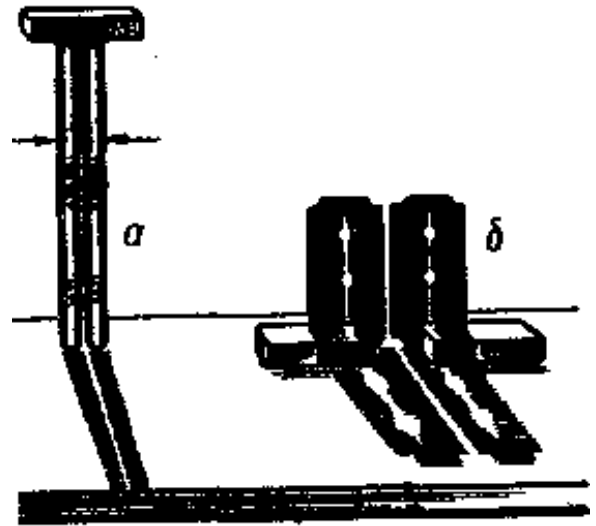


Рис. 2.4. Дифракція від двох олівців і від двох лез від бритви

а) Здавлюючи пальцями збоку олівці, добийтеся того, щоб пучок світла став менш яскравим, але більш широким. У чому причина такої зміни пучка світла?

б) Виконайте дослід, аналогічний попередньому, але з двома бритвеними лезами (рис. 2.4.), поставивши їх так, щоб щілина мала форму гострого клину.

Чому пучок світла від того місця щілини, яке розташоване близько вістря клина, виходить більш широким і розмитим?

Вважаємо, що важливість врахування дифракції в практиці слід показати на прикладі оптичних приладів. З цією метою корисно розв'язати такі завдання:

Маємо “діркову камеру” і вигляд зображення “стрілки” при розмірах отвору:

а) 3 мм; б) 1 мм; в) 0,5 мм; г) 0,03 мм. Як пояснювати відмінність зображень?

Відповідь. Зі зменшенням до певної межі розміру отвору чіткість зображення збільшується. Відповідно до законів геометричної оптики прямолінійні промені, що йдуть від кожної точки предмета, проходячи отвір, дають на екрані освітлену круглу пляму. Світлі плями великих розмірів грубо окреслюють контури деталі світлого

предмета, а малих розмірів – точніше. Але при дуже малому отворі, порівнянний з довжиною світлової хвилі, різкість зображення зменшується. Через дифракцію світла зображення світної точки виходить вже у вигляді світлого центрального кола, оточеного темними і світлими кільцями, що чергуються.

Далі варто пояснити, що дифракційна картина залежить як від розмірів отвору  $O$ , так і від відстаней  $l_1$  і  $l_2$  (рис. 2.5.).

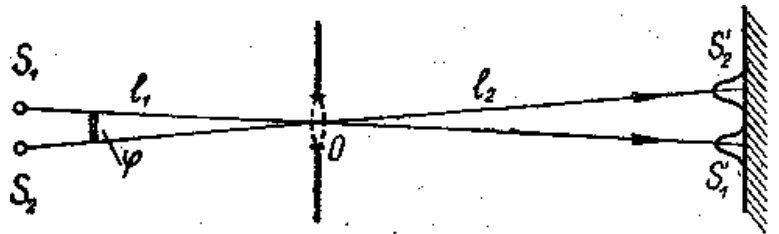


Рис. 2.5. Залежність дифракційної картини від відстаней  $l_1$  і  $l_2$

Дифракційна картина вийде і від великого отвору, наприклад діаметром 10-20 см, але тільки на відстані  $l_2$  в кілька кілометрів.

Зображення двох світних точок  $S_1$  і  $S_2$  вийде у вигляді двох світлих кіл, з темними і світлими кільцями навколо них. При малій кутовій відстані  $\varphi$  між точками  $S_1$  і  $S_2$  ці системи можуть так накладатися одна на одну, що вже не будуть розрізнятися оком як окремі [52].

Якщо замість дротини візьмемо вузьку розсувну щілину і змінюватимемо її ширину, то можна також дістати на екрані дифракційну картину. Після цього доцільно поставити класичний досвід Юнга (дифракція від двох щілин). Його можна провести в такій формі. На відстані кількох метрів від студентів установлюємо електричну лампочку з прямою ниткою розжарення або, якщо такої немає, вузьку, добре освітлену щілину. Загороджуємо щілину червоним склом. Роздаємо студентам екранчики з двома дуже вузькими щілинами, розміщеними на відстані 0,5 мм одна від одної.

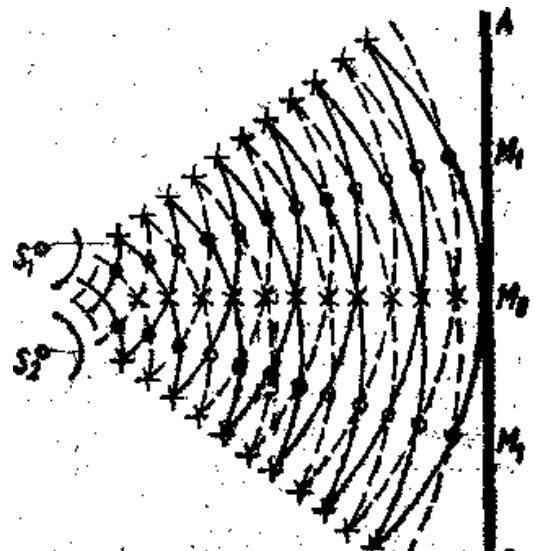


Рис. 2.6. Дифракція від двох щілин.

Такі щілини можна дістати, зробивши лезом бритви прорізи в шарі темного негатива. Студенти тримають екранчики перед оком і дивляться через дві щілини на освітлену щілину. Вони спостерігають ряд темних і світлих смуг по обидва боки від

світної нитки. Загороджуємо верхню половину освітленої щілини червоним склом, а нижню — синім. Студенти бачать, що вгорі темні смуги розміщені рідше, внизу — густіше. Студентам необхідно пояснити явище.

Рекомендуємо дати студентам на самостійне опрацювання коротко ознайомитись з дослідами В. К. Аркадьева, оскільки це дасть можливість запобігти дуже поширеній помилці, нібито дифракція спостерігається тільки в тих випадках, коли довжина світлової хвилі такого ж порядку, як і розміри перешкоди. Помилка виникає внаслідок того, що не враховується вплив відстані від джерела світла до перешкоди.

Нижче наводимо опис самостійних спостережень студентів.

1. Щілина, що знаходиться на відстані 5 м від спостерігача, освітлюється сильним джерелом світла. Кожен студент крізь лупу на тлі освітленої щілини розглядає шпильку. При її переміщенні від лінзи до щілини можна помітити появу дифракційних смуг.

2. Вертикально розташована софітна лампа (потужністю, наприклад, 50 Вт) розглядається через листочок чорного паперу, в якій вирізана щілина, яка має форму клина (його довжина 1,5 см і ширина у основи 0,5 см). Тримавши його обома руками близько біля ока і змінюючи ширину щілини, легко помітити дифракційні смуги. (Для всіх спостерігачів потрібна одна лампа, яка поміщається на демонстраційному столі). Результати спостережень записуються в зошит.

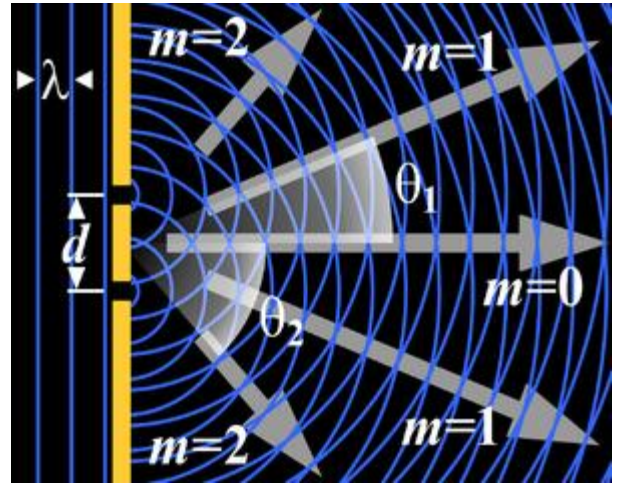


Рис. 2.7. Дифракція від двох щілин

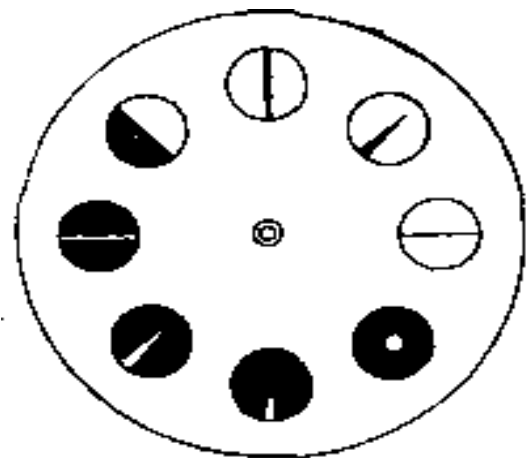


Рис. 2.8. Диск для візуального спостереження дифракції

3. Візуальні спостереження в фізичному практикумі можна провести за допомогою тубуса шкільного мікроскопа (без об'єктива). Перед тубусом на осі обертається диск (рис. 2.8.), за допомогою якого в полі зору з'являються тіла різної форми і розмірів – голка, край леза від безпечної бритви, тонка дротинка і т. д.

Різні дифракційні картини студент може спостерігати тривалий час і описати явища.

Звертаємо увагу на те, що при наявності ртутної лампи надвисокого тиску (кульова ртутно-кварцова лампа потужністю 250 Вт) на гурткових заняттях можна отримати фотографії дифракційних картин, наприклад, від пера, леза безпечної бритви, металевої кульки і інших тіл, підвішених на дуже тонкому дроті (0,07 мм).

З наших досліджень випливає, що фотографії картин інтерференції і дифракції можна отримати і з слабким джерелом світла, наприклад, скориставшись лампочкою від кишенькового ліхтаря, і лінзою №2.

На нашу думку, одним з важливих питань вчення про оптичні інструменти є межа їх роздільної здатності. Це поняття не входить в даний час в шкільний курс фізики. Однак студенти вже підготовлені до його засвоєння.

Цікаво звернути увагу студентів на способи розширення межі дозволу оптичних приладів: збільшення діаметра об'єктивів і скорочення довжини світлової хвилі. При цьому дифракційні кільця розташовуються тісніше і дві світлові точки розглядаються окремо при менших відстанях між ними. Однак лінзи великого діаметра важко виготовити, а зменшення довжини хвилі в оптичних інструментах обмежена видимим ділянкою спектра.

В електронних мікроскопах виходять збільшення в багато десятків і навіть, сотні тисяч разів більше, ніж в звичайних мікроскопах. У них зображення виходить на флюоресційному екрані або фіксується на чутливих до дії потоку електронів плівках і пластинках. Ці знімки можуть бути збільшені на звичайному фотозбільшувач. Так фотографуються великі молекули розмірами порядку  $10^{-9}$  м.

Нижче наводимо можливі вправи.

Спостереження дифракції: від малого круглого отвору, зробленого голкою в картоні; від вузької щілини, утвореної двома лезами безпечної бритви; від тонкого дроту або волоса; від пластинки, покритої лікоподієм.

На рис. 2.9. показано, як поширюються хвилі за екраном АВ, поставленим на їхньому шляху. Суцільними лініями відзначені горби, а штриховими – западини.

а) Показати точками місця ослаблення і посилення коливань за екраном.

б) Довести, що за екраном у всіх точках перпендикуляра, поставленого до середини екрану, відбувається посилення коливань.

в) Кольоровими олівцями накреслити лінії максимумів і мінімумів.

Вказівки. Для виконання завдання малюнок повинен бути викреслений в зошиті; максимумами і мінімумами відзначаються лініями різного кольору.

Задаємо питання: чому збільшується глибина різкості зображення, якщо при фотографуванні діаметр діафрагми зменшується? (Адже при цьому дифракція збільшується).

При розгляді дифракції світла від двох щілин приймаємо їх за точкові джерела світла і виконуємо або повторюємо побудови, подібні до тих, які робили для механічних хвиль. В результаті отримуємо умову максимуму світла  $d \cdot \sin \varphi = k\lambda$ , де  $d$  – відстань між джерелами світла.

Вважаємо за необхідне, дані поняття закріпити шляхом розв'язання експериментального завдання:

З щільного паперу (хороший чорний папір, що застосовується для упаковки фотоматеріалів) зробіть два екрани. В одному проріжте бритвою щілину довжиною 2-3 см і товщиною 0,5-1 мм, а в іншому – дві тонкі щілини такої ж довжини на

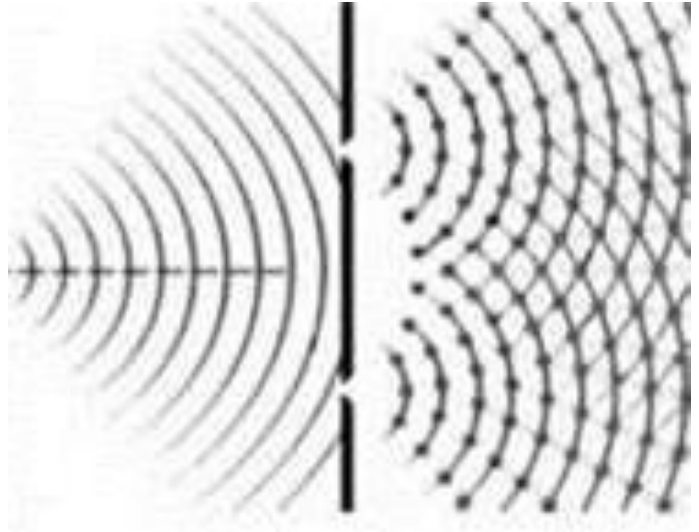


Рис. 2.9. Поширення хвиль за екраном АВ



відстані 0,1-0,2 мм один від одного. Освітивши велику щілину яскравим сонячним або електричним світлом, подивіться на неї через дві інші щілини. Як пояснити виникнення з боків щілини світлих і темних смуг і їх кольорове забарвлення? Замалюйте і поясніть порядок чергування кольорів в смугах [19].

Якщо завдання розв'язують в аудиторії, то екрани з двома прорізами повинні бути заготовлені заздалегідь і роздані студентам. Яскраво освітлену щілину можна отримати, закривши чорним папером з прорізом конденсор проекційного ліхтаря. Ще краще скористатися лампою з прямою ниткою розжарення.

У зв'язку з розв'язком цього завдання слід докладно розглянути особливості дифракційного спектра в порівнянні зі спектром призматичним. Призма дає один спектр. Дві щілини дають цілий ряд симетрично розташованих відносно центральної смуги спектрів (1-го, 2-го і т. д. порядку). Порядок розташування кольорів в спектрах протилежний: в призматичному спектрі найбільше відхиляються фіолетові промені, а в дифракційному – червоні.

Рекомендуємо особливу увагу приділити ознайомленню студентів з дифракційною решіткою. Якщо не вистачає часу, можна не розглядати всіх поданих вище прикладів дифракції, а пояснити на занятті тільки дію дифракційної решітки. При цьому обмежуємося паралельними променями, що падають на решітку перпендикулярно. В цьому випадку матимемо коливання в усіх щілинах у тій самій фазі.

Перед демонструванням дифракційних спектрів за допомогою мікропроекції показуємо збільшене зображення дифракційної решітки.

Для демонстрування дифракційних спектрів користуємося установкою, складеною за схемою (рис. 2.10). На відстані 10—15 см від конденсора 1 вертикально встановлюємо

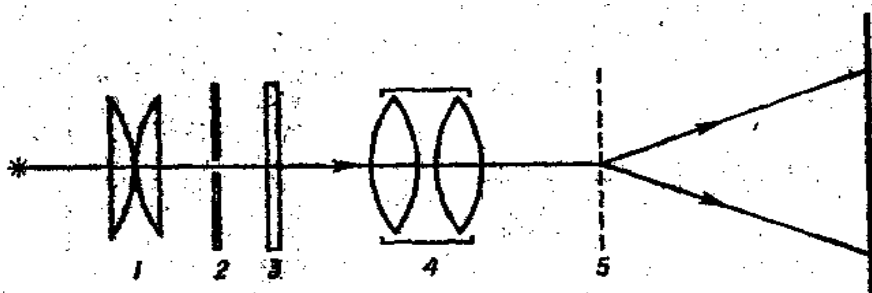


Рис. 2.10. Схема демонстрування дифракційних спектрів

розсувну щілину 2, ширина якої має 0,5—1 мм. Переміщуючи об'єктив 4,

проекуємо щілину на екран, встановлений від неї за 1—1,5 м. Діставши на екрані чітке зображення щілини, між щілиною і об'єктивом уміщуємо світлофільтр 3, а за об'єктивом — дифракційну решітку 5. На екрані дістаємо ряд кольоровий смуг (спектрів), симетрично розміщених відносно центральної смуги (спектра нульовою порядку). Дослід повторюємо з різними світлофільтрами, а також закриваючи одну половину щілини червоним, а другу зеленим світлофільтром. Звертаємо увагу на те, що бічні максимуми зеленого світла розміщені густіше, ніж червоні.

Спрямувавши на решітку біле світло, демонструємо дифракційний спектр, повернутий своїм фіолетовим кінцем до центрального білого зображення щілини.

Доцільно показати і вплив сталої решітки на вигляд спектра. Для цього, звернувши ще раз увагу на розміщення світлих смуг при червоному світлі, замінюємо дифракційну решітку іншою, з меншою сталою, підкреслюємо, що бічні зображення (червоні) розміщені далі від середнього зображення.

Пояснюємо дію дифракційної решітки у випадку нормального падіння на решітку променів і виводимо формулу для головних максимумів:

$$d \sin \varphi = k \lambda \quad (2.1)$$

Показуємо, як можна виміряти довжину світлової хвилі, наприклад, червоного світла. Для цього, користуючись масштабною лінійкою або рулеткою, вимірюємо відстань  $l$  хоча б першого дифракційного зображення від середнього зображення щілини і його відстань від дифракційної решітки  $L$ . Сталу решітки (період) вказано в її паспорті, а  $\sin \alpha = \frac{l}{L}$ . Обчислюємо довжину світлової хвилі, підставивши дані у формулу: — —.

Ознайомлення з дифракцією світла закінчуємо розглядом кількох прикладів а повсякденного життя: виникнення райдужних вінців навколо Сонця чи Місяця, райдужні відтінки й переливи перламутру тощо [19].

На нашу думку, аналіз явищ в дифракційній решітці цінний тим, що дозволяє, з одного боку, ще раз закріпити основні положення, що стосуються інтерференції світла, а з іншого – ознайомити студентів із зручним і точним методом вимірювання довжини світлової хвилі, з яким вони зустрінуться в фізичному практикумі.

Розповівши про пристрій дифракційної решітки і продемонстрували її дію в монохроматичному світлі (за допомогою світлофільтру), а потім в білому світлі, звертаємо увагу студентів на такі факти: за рахунок дифракції на вузьких щілинах світлові хвилі поширюються під будь-яким кутом  $\varphi$  у всіх напрямках так, що щілини решітки тим самим виявляються тонкими і довгими вторинними джерелами світла; оскільки всі ці джерела висвітлюються одним пучком від щілинної діафрагми, то вони когерентні, внаслідок чого на екрані виникає інтерференційна картина; головні максимуми виникають в напрямках, які визначаються умовою інтерференційних максимумів, а саме в тих напрямках, де різниця ходу  $\Delta = d \sin \varphi$  дорівнює парним числом напівхвиль:  $d \sin \varphi = k \lambda$  (тут  $k$  – номер максимуму, відрахованого від нульового максимуму, розташованого в центрі інтерференційної картини); формула решітки для головних максимумів тим самим має вигляд:  $d \sin \varphi = k \lambda$ .

З формули решітки легко пояснити, чому вона дає спектральне розкладання: нульовий максимум виходить в центрі картини незалежно від довжини хвилі (при  $k = 0$  маємо  $\sin \varphi = 0$  і  $\varphi = 0$  незалежно від  $\lambda$ ), всі інші максимуми відхиляються від нульового тим сильніше, чим більша довжина хвилі, – при одному і тому ж номері максимуму  $k$  виконується умова  $d \sin \varphi = k \lambda$ , а при малих кутах  $\sin \varphi \approx \varphi$ , тому дифракційний спектр часто називають нормальним.

У демонстраційному досліді, знаючи постійну решітки  $d$ , вимірявши відстань від решітки до екрана  $L$  і відстань від першого (або другого) спектра до нульового  $Z_k$ , маємо:  $Z_k = L \tan \varphi$ , звідки довжина хвилі  $\lambda = \frac{d Z_k}{L k}$ .

У досліді з дифракційною решіткою спостерігається інтерференція від  $N$  джерел, де  $N$  – загальне число штрихів. Тому амплітуда в головному максимумі дорівнює  $A_{max} = N A_0$ , де  $A_0$  – амплітуда хвилі, випромінюваної однією щілиною. Так як енергія хвилі пропорційна квадрату амплітуди, то інтенсивність хвилі в головному максимумі пропорційна квадрату загального числа штрихів:  $I_{max} = N^2 I_0$ , де  $I_0$  – інтенсивність хвилі, випромінюваної однією щілиною. Але при інтерференції виконується закон збереження енергії; отже, виникнення максимумів з надлишковою інтенсивністю можливе лише за рахунок того, що ці максимуми

досить вузькі, а між ними є широкі мінімуми, де інтенсивність хвилі дуже мала і близька до нуля.

Як підтверджує наш досвід, для ілюстрації цієї надзвичайно важливої властивості дифракційної решітки можемо використати графік розподілу інтенсивності в інтерференційній картині, де зображені максимуми від чотирьох щілин і видно, як різко звужуються і зростають по інтенсивності головні максимуми зі збільшенням загального числа штрихів на решітці.

Останнє дуже важливо для спектральних вимірювань. Справді, якщо треба в спектрі виміряти дві близькі довжини хвиль  $\lambda_1 = \lambda$  і  $\lambda_2 = \lambda + \Delta\lambda$  то необхідно, щоб ці лінії спектра було видно роздільно; як кажуть, решітка повинна їх розділити. Для цього близько розташовані лінії повинні бути розділені темними мінімумами, що можливо, якщо  $\Delta\lambda > \lambda/k$ , де  $k$  – номер максимуму. Звідси ясно, чому хороші дифракційні решітки мають близько  $10^4 - 10^5$  штрихів, незважаючи на те, що виготовлення решітки з таким великим числом строго паралельних штрихів являє собою досить складну технічну задачу.

Рекомендуємо поставити у вигляді фронтальних лабораторних робіт два завдання: спостереження інтерференції світла; спостереження дифракції світла.

Зауважимо, що замість штангенциркуля можна використовувати вузькі щілини, виготовлені самими студентами. Для цієї мети слід на скло або целофан наклеїти металеву фольгу і лезом бритви прорізати вузьку щілину, на якій добре спостерігається дифракція.

Рекомендуємо спостереження інтерференції і дифракції світла виконати студентам також у вигляді домашнього завдання:

а) На дно блюдця покладіть шматочок чорного паперу, залийте водою і зверху капніть гасу або бензину; розгляньте розтікаючу краплю під різними кутами.

б) Видуваючи мильну бульбашку, зверніть увагу, як при цьому змінюється його колір; поясніть явище.

в) Розжарите використане лезо безпечної бритви в полум'ї газового пальника або спиртівки; поясніть виникнення “кольорів мінливості”.

г) Поясніть, чому змінюється колір пташиного пір'я, перламутру, перлів при повороті на різні кути.

д) Сильно примружившись, подивіться на нитку палаючої лампочки; поясніть помічений ефект. Як буде змінюватися картина, яка спостерігається при зміні просвіту між віями?

Звертаємо увагу на те, що ці та аналогічні завдання корисні тим, що явища інтерференції і дифракції будуть сприйматися студентами не як особливий ефект, для спостереження якого в лабораторії слід поставити спеціальні досліди, а як повсякденне явище, на яке раніше вони не звертали уваги. При розгляді цих завдань важливо відзначити тісний зв'язок явищ інтерференції і дифракції: обидва вони наслідок принципу суперпозиції. Але зв'язок полягає і в тому, що при дифракції відбувається інтерференція дифрагуючих хвиль.

На закінчення вивчення дифракції корисно розв'язати завдання:

1. На дифракційну решітку падає біле світло, граничні хвилі якого  $\lambda_1 = 680$  нм і  $\lambda_2 = 420$  нм. В спектрі якого порядку не буде спостерігатися перекривання червоної і фіолетової ділянок?

2. Як зміниться дифракційна картина, що утворюється на екрані за допомогою дифракційної ґратки, якщо зробити непрозорою кожну другу щілину ґратки?

3. Чому ґратки виготовляють з якомога більшою загальною кількістю штрихів при одночасній максимально можливій їх кількості на кожному міліметрі ширини ґратки?

4. Половину дифракційної ґратки закрили непрозорою площиною так, що число рисок зменшилося вдвоє. Як зміняться:

- а) положення максимумів;
- б) інтенсивність центрального максимуму;
- в) ширина максимумів?

5. Відомо, що в сутінках із-за повністю відкритої зіниці ока якість зображення невисока і ми не розрізняємо дрібних деталей зображення. Чому в сонячну погоду

максимальна роздільна здатність ока спостерігається не при мінімальному отворі зіниці ока?

6. Яким вимогам мають задовольняти очі гірського орла, щоб він міг роздивитись мишу з висоти 5-6 км?

7. Чи істотно підвищуватиметься роздільна здатність людського ока, якщо значно зменшуватимуться розміри рецепторів світла й розміщення їх у сітківці стане можливим на меншій відстані?

8. Дифракційна решітка, освітлюється світлом з довжиною хвилі 687 нм. Стала дифракційної решітки 0,004мм. Під яким кутом до решітки необхідно проводити спостереження, щоб бачити зображення другого спектру?

9. Визначити сталу дифракційної решітки, якщо при її освітленні світлом з довжиною хвилі 656 нм другий спектр видно під кутом  $15^\circ$ .

10. При освітленні дифракційної решітки світлом з довжиною хвилі 590 нм спектр третього порядку видно під кутом  $10^\circ 12'$ . Визначити довжину хвилі, для якої спектр другого порядку буде видно під кутом  $6^\circ 18'$ .

11. Визначити довжину хвилі для лінії в дифракційному спектрі третього порядку, яка співпадає з зображенням лінії в спектрі четвертого порядку з довжиною хвилі 490 нм.

12. Який найбільший порядок спектра можна побачити в дифракційній решітці, яка має 500 штрихів на 1 мм, при освітленні її світлом з довжиною хвилі 720 нм?

13. Спектри дифракційної решітки із 100 штрихами на 1 мм проектується на екран, розташований паралельно до решітки на відстані 1,8 м від неї. Визначити довжину хвилі монохроматичного світла, яке падає на решітку, якщо відстань від другого спектру до центральної світлої смуги 21,4 см.

14. Відстань між екраном і дифракційною решіткою, яка має 125 штрихів на 1 мм,дорівнює 2,5 м. при освітленні решітки світлом з довжиною хвилі 420 нм на екрані видно сині лінії. Визначити відстань від центральної лінії до першої лінії на екрані.

15. Визначити довжину хвилі, яка падає на дифракційну решітку, на кожному міліметрі якої нанесено 400 штрихів. Дифракційна решітка розташована на відстані 25 см від екрана. При вимірюванні на екрані виявилось, що відстань між третіми лініями зліва і справа від нульової дорівнює 27,4 см.

16. При освітлюванні дифракційної решітки світлом  $\lambda = 627$  нм на екрані вийшли смуги; відстань між центральною і першою смугами 39,6 см. Знаючи, що екран знаходиться на відстані 120 см від решітки, знайти сталу решітки.

17. Чому в центральній частині спектра, отриманого на екрані при освітленні дифракційної решітки білим світлом, завжди спостерігається біла смуга?

18. В школі є дифракційні ґратки, які мають 50 і 100 штрихів на 1 мм. Яка з них дасть на екрані більш широкий спектр при інших рівних умовах.

19. Для визначення періоду решітки на неї направили світловий пучок через червоний світлофільтр, який пропускає промені з довжиною хвилі 0,76 мкм. Який період решітки, якщо на екран, віддаленим від решітки на 1 м, відстань між спектрами першого порядку дорівнює 15,2 см?

20. Яка ширина всього спектра першого порядку (довжини хвиль мають межі від 0,38 до 0,76 мкм), отриманого на екрані, який віддалений на 3 м від дифракційної решітки з періодом 0,01 мм?

21. На дифракційну решітку з періодом  $d = 0,004$  мм падає нормально монохроматичне світло. При цьому максимуму четвертого порядку відповідає відхилення на кут  $30^\circ$ . Визначити довжину хвилі світла.

22. На дифракційну решітку падає нормально світло. При цьому максимум другого порядку для  $\lambda_1 = 0,65$  мкм відповідає куту  $\alpha_1 = 45^\circ$ . Знайдіть кут, який відповідає максимуму третього порядку для  $\lambda_2 = 0,5$  мкм.

23. Знайдіть найбільший порядок дифракційного спектра жовтої лінії натрію ( $\lambda = 589$  нм) в дифракційній решітці, яка містить 200 штрихів на 1 мм.

24. Чи можуть перекриватися спектри першого і другого порядків дифракційної решітки при освітленні її видимим світлом ( $\lambda_{\text{ф}} = 400$  нм і  $\lambda_{\text{ч}} = 760$  нм)?

25. Чому призматичний спектр частіше застосовують для вивчення складу короткохвильового випромінювання, а у випадку довгохвильового випромінювання користуються дифракційним спектром?

Для перевірки знань студентів ми розробили самостійну роботу за рівнями знань, яка подана в додатку Г.

### **2.2.2. Методичні особливості вивчення явища поляризації та дисперсії світла.**

Вивчення явища поляризації відіграє важливу роль у формуванні в студентів правильних уявлень про світло. Справді, експериментальне підтвердження того факту, що у світлових хвиль немає поздовжньої складової і що отже, світло – чисто поперечна хвиля, незаперечно доводить, що світло не може бути пружною хвилею, бо у пружних хвиль завжди порушується поздовжня складова.

Звертаємо увагу на те, що явище поляризації світла використовують у гістології для дослідження властивостей і внутрішньої структури тканин, яким притаманна оптична анізотропія. Оптична анізотропія виявлена в м'язових, нервових, кісткових та колагенових (сполучнотканинних) волокнах. Анізотропними також є й міцели в м'якушевій оболонці нейрофібрил. Дослідження в поляризованому світлі виконують за допомогою поляризаційного мікроскопа. Це звичайний біологічний мікроскоп, в оптичну систему якого вмонтовані поляризатор і аналізатор. Поляризатор розміщений перед конденсором, а аналізатор — між об'єктивом і окуляром. Таким чином, досліджуваний зразок освітлюють поляризованим світлом і розглядають крізь аналізатор.

Доцільно запропонувати студентам розглянути поляризацію при проходженні світла через кристал з анізотропією поглинання (явище дихроїзму) самостійно чи підготувати повідомлення. На нашу думку даний матеріал важливий тим, що, по-перше, на цьому принципі заснована дія поляроїдів, широко використовуваних для демонстрації ряду дослідів з поляризації світла, і, по-друге, анізотропія поглинання дуже просто пояснюється і демонструється в експерименті з сантиметровими



хвилями. Ці міркування дозволяють по аналогії пояснити анізотропію поглинання світла кристалами. Нарешті, на основі цієї найпростішої моделі можна пояснити причину просвітлення поля зору, коли між схрещеними поляроїдами поміщена оптично анізотропна платівка. Аналіз явища дихроїзму дозволяє поглибити і розширити уявлення студентів про найважливішу властивість кристала – анізотропії.

Світлові хвилі, як правило, не проявляють асиметрії відносно напрямку свого поширення: як би ми не обертали лінзу чи джерело світла, зображення освітленого предмета, наприклад щілини, не зміниться. Переконані, що спочатку доцільно розповісти про те, що в природному світлі (світло від сонця, дуг, іскор, різних ламп) є коливання різноманітних напрямів, перпендикулярних до променя. Забігаючи наперед пояснюємо, що світлова хвиля складається з великої кількості хвиль, що випускають окремі атоми. Площина коливань орієнтується довільно. Тому в результуючій хвилі існують коливання різних напрямів.

Уявлення про природне світло як суму великої кількості поперечних коливань, що поширюються в одному напрямі, відповідає положенню сучасної теорії, за якою світло випромінюється атомами окремими незалежними порціями — квантами. Кожний атом дає лінійно поляризоване світло. Наступний акт випромінювання може давати хвилю з іншою площиною коливань. Але оскільки джерело складається з величезної кількості атомів і площини їх світлових коливань, взагалі кажучи, не збігаються, то завдяки цьому в потоці світла, площина коливань електромагнітних хвиль виявляються розподіленими рівномірно в усіх напрямках, перпендикулярних до напрямку поширення коливань, тому природне світло не поляризоване.

Переконані, що вивчати поляризацію доцільно на прикладі явища поляризації в прохідному світлі, яке зручно демонструвати за допомогою двох турмалінових пластинок, або поляроїди. Схема демонстраційної установки показана на рис.2.11. За конденсором ліхтаря 1 встановлюємо діафрагму 2 з круглим отвором, плоскопаралельну кювету з водою 3, поляроїди 4 і 5 і об'єктив 6. Кювета з водою виконує роль теплового фільтра і потрібна для захисту поляроїдів від нагрівання. Світло від ліхтаря проектуємо на екран 7. Дослід проводимо в такій послідовності.

Вийнявши обидва поляроїди, дістаємо на екрані чітке зображення отвору діафрагми. Між діафрагмою і об'єктивом встановлюємо поляроїд 4 і, повертаючи його на  $360^\circ$ , показуємо, що освітленість ділянки на екрані при цьому не змінюється. Поляроїд 4 витягуємо, вставляємо поляроїд 5, повертаючи його теж на  $360^\circ$ . Освітленість не змінюється. Потім вставляємо поляроїд 4 на попереднє місце. При обертанні поляроїда 5 освітленість змінюється. При повороті на  $360^\circ$  освітленість екрана двічі змінюється

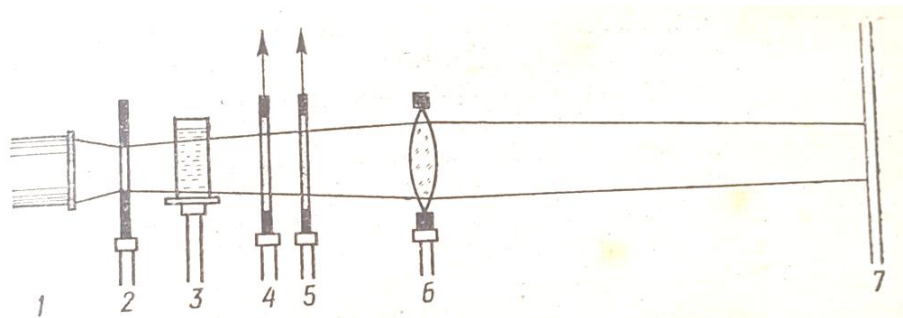


Рис. 2.11. Схема демонстраційної установки для вивчення поляризації.

від максимуму до нуля. Якщо поляроїди встановити так, що вони тільки частково перекривають один одного, то освітленість змінюється не по всьому світловому полю.

Важливо оптичний дослід з поляризації світла зіставити з аналогічним дослідом з електромагнітними хвилями. Пояснюємо дослід з поляроїдами поперечністю світлових хвиль; користуючись при цьому механічними аналогіями. В пучку природного світла, яке падає на перший поляроїд коливання здійснюються в різних напрямках відносно осі пучка. Природне світло не поляризоване. Проходячи через перший поляроїд, воно з природного перетворюється в плоскополяризоване, що пояснюється властивістю поляроїда пропускати світло з коливаннями в певному напрямі. Якщо на шляху світлового пучка стоять два поляроїди і напрямки, в яких вони пропускають коливання, паралельні, то світло через них проходить і освітленість кружка на екрані максимальна. Якщо ж відповідні напрямки поляроїдів взаємно перпендикулярні, то другий поляроїд не пропускає світла на екран.

Обидва поляроїди пропускають світло при будь-якій орієнтації поляроїда. Цей факт можна пояснити, припустивши, що природне світло містить поперечні коливання всіх можливих напрямів.

Доцільно звернути увагу на те, що природне світло поляризується не лише тоді, коли воно проходить через анізотропні кристали. Відбите й заломлене прозорим діелектриком світло завжди частково поляризоване. Учений Брюстер установив, що при певному куті падіння (кут Брюстера) відбитий промінь повністю поляризується. Водночас заломлене світло при цьому лишається частково поляризованим, хоч величина часткової поляризації при такому куті падіння буде більшою, ніж для будь-якого іншого кута падіння променя. Зауважимо, що відбитий та заломлений промені при куті падіння Брюстера утворюють між собою кут  $90^\circ$ . Здавалося б, діелектрик, орієнтований до природного світла під кутом Брюстера, може бути добрим поляризатором. Проте це не зовсім так, бо під цим кутом відбивається всього близько 10% світла. Тому на практиці користуються заломленим світлом, доводячи його поляризацію до повної. Це роблять так. На шляху природного світла ставлять під кутом Брюстера не одну пластинку діелектрика, а кілька. Оскільки від кожної пластинки (між якими невеликий прошарок повітря) відфільтровується внаслідок відбивання повністю поляризоване світло одного напрямку, то в пучку, що проходить, зростає величина поляризації. Поляризаційні стопи іноді використовуються в шкільних демонстраціях.

Існує ще одна цікава галузь застосування поляризованого світла. Є розчини (наприклад, розчин цукру), проходячи крізь які поляризований промінь змінює положення площини поляризації — розчин обертає її на певний кут. Такі речовини називають *оптично активними*. Явище обертання площини поляризації можна легко продемонструвати на такому досліді. Коли між двома схрещеними поляроїдами, на які падає природне світло, поставити кювету з розчином цукру, то екран світлішає; щоб екран знову затемнився, треба другий поляроїд повернути на якийсь кут. Цей кут дорівнює куту повороту площини поляризації. Оскільки поворот площини поляризації залежить від вмісту цукру, такий прилад може бути *цукрометром*. З студентами можна розглянути, наприклад, принцип будови й дії цукрометра,

поляризаційного мікроскопа чи фотометра.

Розповідь про записування і відтворення звуку на кіноплівці можна дати підготувати студентам самостійно. Принцип записування можна розповісти після вивчення повороту площини поляризації. Для цього розповідаємо, що розчин нітробензолу, внесений в електричне поле, теж виявляє оптичну активність, яка зростає із збільшенням напруженості поля. Коли дія поля припиняється, активність зникає (явище Керра).

Пропонуємо поставити дослід з двома поляроїдами. Поляроїд виготовляється з листа прозорого матеріалу, наприклад целулоїду, який покривається плівкою кристаликів сірчаноокислого йодхініна. Вони мають властивість подвійного променезаломлення. Так як кристали орієнтовані в плівці однаково, то остання перетворює природне світло в поляризоване (інший поляризований промінь поглинається плівкою).

За конденсором проєкційного ліхтаря 1 (рис. 2.12) поміщається діафрагма 2, потім плоскопаралельну кювету з водою 3, поляроїди 4 і 5 і об'єктив 6. Шар води охороняє поляроїди від нагрівання. Світло від ліхтаря проєктується на екран. Дослід проводиться в такій послідовності. При повороті поляроїда 4 навколо поздовжньої осі всієї установки освітленість екрана не змінюється. При внесенні другого поляроїда 5 і повільному його обертанні навколо тієї ж осі на  $360^\circ$  освітленість екрану двічі змінюється від максимуму (стрілки розміщені паралельно) до нуля (коли вони розташовані взаємно перпендикулярно). Якщо поляроїди лише частково перекривають один одного, то освітленість змінюється не по всьому світловому полю (рис. 2.13).

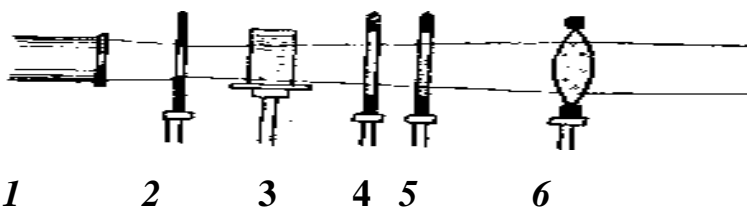


Рис. 2.12. Схема досліду з двома поляроїдами

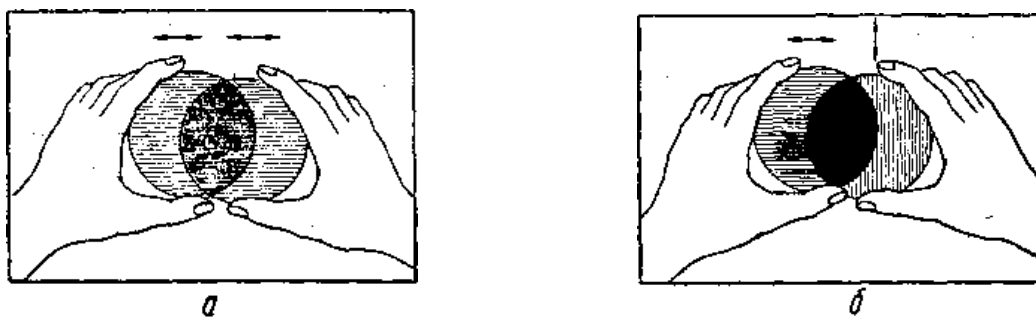


Рис. 2.13. Паралельні (а) і схрещені (б) поляроїди

Рекомендуємо показати і таку модель. Щетинки йоршика для чищення пробірок і лампових стекол розташовані в різних площинах, а затиснуті між двома скляними пластинками – лежать, в одній площині.

Звертаємо увагу на те, що платівки з поляроїда встановлені на передньому склі і фарах. Площини поляризації всіх поляроїдів на кожному автомобілі паралельні. При зустрічному русі площини поляризації поляроїдів на двох автомобілях виявляються взаємно перпендикулярними.

Під час вивчення явища поляризації дуже великого розповсюдження набули рідкокристалічні індикатори та монітори, принцип дії яких заснований на ефектах поляризації світла та обертання площини поляризації в оптично-активних речовинах. Цю проблему можна досить легко вирішити, маючи скляну трубку закрити з торців прозорими вікнами, концентрований розчин цукру і лазерну указку. Суть методу полягає у використанні ефекту Умова, який виконав дуже яскравий демонстраційний дослід, заснований на обертанні площини поляризації (гвинт Умова).

Циліндрична скляна посудина довжиною 0,5-1 м і діаметром приблизно 10 см заповнюється концентрованим розчином цукру і герметично закривається з торців скляними вікнами, яка розташовується між поляризатором та аналізатором. Якщо через трубку пропустити уздовж її осі плоскополяризоване біле світло, то при спостереженні збоку рідина уявляється заповненою навитими навколо осі циліндра кольорово-забарвленими смугами. При обертанні поляризатора вся картина зміщується уздовж осі циліндра.

Щоб зрозуміти причини виникнення гвинта Умова, розглянемо проходження плоскополяризованого монохроматичного світла через розчин цукру, що знаходиться в циліндрі з плоскими скляними вікнами. При спостереженні збоку ми побачимо розсіяне світло. Якби розчин цукру не обертав площину поляризації, вимушені коливання зарядів, обумовлені світлом, яке проходить через розчин, відбувалися б в одній площині, що співпадає з площиною поляризатора. Внаслідок спрямованості випромінювання електричного диполя інтенсивність розсіяного світла максимальна в напрямі, перпендикулярному до площини, і рівна нулю в напрямках, що лежать в цій площині. Оптична активність цукру призводить до того, що напрям коливань повертається у міру проходження плоскополяризованого світла через циліндр. Тому в одних місцях коливання зарядів відбуваються у вертикальному напрямі (при спостереженні збоку ці місця будуть світлими), в інших місцях – в горизонтальному напрямі (ці місця будуть темними).

Таким чином, збоку рідина буде мати вигляд світлих і темних смуг, перпендикулярних до променя світла, що йде через циліндр. Відстань між сусідніми світлими (або темними) шарами дорівнює тому шляху, при проходженні якого площина поляризації повертається на  $180^\circ$ . При пропусканні білого світла, через дисперсію обертальної здатності, максимумами інтенсивності розсіяного світла для різних довжин хвиль припадуть на різні ділянки циліндра, так що будемо мати вигляд рідини, яка забарвлена похилими кольоровими смугами. Для цукру кут обертання площини поляризації дорівнює  $55,7^\circ$  на відстані 1 дм, при концентрації розчину 26 грам цукру на  $100 \text{ см}^3$  води, тоді ми отримаємо паралельні світні смуги на відстані, приблизно 3,2 дм. Збільшуючи концентрацію розчину в три рази, відповідно, зменшиться і відстань між смугами до 1 дм.

Рекомендуємо запропонувати студентам визначити або активну речовину, що знаходиться в скляному циліндрі, знаючи відстань між смугами та питоме значення обертання площини поляризації, або визначити концентрацію розчину.

Наводимо приклади використання поляризації світла: для дослідження пружних напружень в деталях споруд і машин (в фермах мостів, в балках і т. п.); для

вимірювання концентрації цукру в розчинах; для усунення сліпучого світла від фар при зустрічному русі автомобілів і т. п.

Рекомендуємо на закінчення пояснити будову та принцип дії поляриметра.

**Поляриметр** – оптичний прилад, який застосовується у багатьох наукових дослідженнях: астрофізиці, інженерії, хімії, медицині. В основу роботи пристрою закладено вимірювання рівня поляризації випромінювань різної природи і оцінка оптичної активності однорідних і прозорих середовищ. Класичний поляриметр для лабораторій хімічної, харчової, фармацевтичної, медичної промисловості складається з декількох базових елементів. До них відносяться: джерело випромінювання, світлофільтр, поляризатори, пластини-компенсатори, вимірювальний пристрій. У вигляді джерела світла зазвичай використовуються натрієві елементи або лампи розжарювання з захисним екраном, що не допускає потрапляння випромінювання на зразок. Для підвищення об'єктивності вимірювань в конструкцію вводиться матове скло, що забезпечує рівномірну подачу променя на аналізовану область. Фільтр необхідний для виділення певної ділянки в спектрі, оскільки даний метод дослідження заснований на монохроматичному світінні. Зазвичай з цією метою використовується призма або фільтруюча пластинка. Зразок під час експерименту розміщується між двома поляризаторами, один з яких завжди є поляроїд, а другий може бути призмою. Обов'язковими елементами приладу також є пластини-компенсатори (товщина яких кратна довжині хвилі, що дозволяє підібрати ефективний метод вимірювань) і вимірювальний пристрій (електронний датчик). За допомогою поляриметра з успіхом проводять дослідження будь-яких однорідних прозорих розчинів, визначають концентрацію оптично активних компонентів, вимірюють вміст у рідині білка і вміст цукру. Це один з основних інструментів для спостереження за пацієнтами з цукровим діабетом, який може використовуватися в домашніх умовах.

Щоб індивідуалізувати процес навчання рекомендуємо студентам виконати завдання:

1. Які механічні хвилі – поздовжні чи поперечні – не мають поляризації?

2. Чи інтерферують між собою два плоскополяризовані пучки променів однакової довжини хвилі, площини поляризації яких:

- а) перпендикулярні;
- б) паралельні?

3. Чому поляризаційні сонцезахисні окуляри з двох рухомих скелець (поляризатора і аналізатора) значно ефективніше, ніж звичайні з затемненого скла?

4. Світло не проходило крізь схрещені поляризатор та аналізатор, але введення між ними деякої речовини сприяло частковому проходженню світлових променів. Що можна сказати про оптичні властивості цієї речовини?

5. Чи можна використати описане у попередній задачі фізичне явище для вимірювання концентрації цукру в його розчині у воді?

6. Чи може бути поляризованим по колу:

- а) радіовипромінювання радарів;
- б) звучання гучномовців?

7. Якщо оптична вісь ісландського шпату лежить у площині пластинки, вирізаної з цього кристалу, то крізь кількामіліметрову пластинку добре видно два зображення всіх предметів під нею. Якщо ж дивитися на Місяць, то подвоєння його зображення не спостерігається. Чому саме?

8. Між схрещеними поляризатором і аналізатором поставили пластинку з органічного скла. На поляризатор направили біле світло. Вкажіть на відмінність у тому, що видно крізь аналізатор, для двох випадків:

- а) пластинку стискають по вертикалі;
- б) пластинка не деформується.

9. Світло проходило крізь паралельні поляризатор і аналізатор. Як зміниться його інтенсивність, якщо аналізатор повернути на  $45^\circ$ ?

10. Між двома схрещеними поляроїдами помістили кварцовий клин із кутом заломлення  $\varphi = 3,5^\circ$ . Оптична вісь клина паралельна до його ребра і має кут  $45^\circ$  з головним напрямом поляроїдів. При проходженні через цю систему світла з довжиною хвилі  $\lambda = 550$  нм спостерігаються інтерференційні смуги. Ширина кожної смуги  $\Delta x = 1$  мм. Визначити різницю показників заломлення кварца  $\Delta n$  для



звичайного та незвичайного променів даної довжини хвилі.

11. Природне монохроматичне світло падає на систему з двох схрещених ніколей, між якими знаходиться кварцева пластинка, вирізана перпендикулярно до оптичної осі. Знайдіть мінімальну товщину пластинки, за якої світло, яке виходить з другого ніколя послаблений порівняно з падаючим в  $n$  разів, якщо стала обертання  $\alpha$ .

12. Дві поляроїдні пластинки розташовані під прямим кутом, а третя розміщена між ними так, що її вісь утворює кут  $\theta$  з віссю першого поляроїда. Яка інтенсивність світла, яке проходить через такий пристрій, якщо поляроїди ідеальні (втрат немає)?

13. Показники заломлення кристалічного кварца для світла з довжиною хвилі 600 нм рівні  $n_o = 1,544$  і  $n_e = 1,553$  для звичайного і незвичайного променів відповідно. В кристалі кварца, який вирізаний паралельно до оптичної осі, можна отримати максимальну різницю швидкостей звичайного і незвичайного променів, якщо вони нормально падають на поверхню кристала. Яка повинна бути товщина кристала, щоб відбувся зсув фаз цих променів на  $90^\circ$ , якщо використовується світло вказаної довжини хвилі?

14. На шляху природного пучка світла помістили два неідеальних однакових поляризатори. Виявилось, що при паралельних площинах поляризаторів ця система пропускає в  $n = 10$  разів більше світла, ніж при схрещених площинах. Знайти ступінь поляризації світла, яку утворює: а) кожен поляризатор окремо; б) вся система при паралельних площинах поляризаторів.

15. Місяць видно під кутом  $10^\circ$  над горизонтом. Розрахуйте яскравість її зображення в спокійному озері порівняно з яскравістю самого Місяця, вважаючи, що випромінювання від самого Місяця не поляризоване. Покажіть, що інтенсивність відбитих променів досягає 100 %.

16. Вам дана відполірована пластинка з чорного обсидіана. Необхідно виміряти показник заломлення цього матеріалу. Яким чином ви це зробите?

17. Визначте товщину пластинки з кальциту, яка в жовтому світлі з довжиною хвилі 589,3 нм утворює зсув фаз між звичайним та незвичайним променями, який

рівний  $\pi/2$ . Який зсув фаз виникає при цьому у фіолетовому світлі (404,7 нм), яке проходить через цю ж пластинку?

18. Чому дорівнює кут між головними площинами поляризатора і аналізатора, якщо інтенсивність природного світла зменшилася в 4 рази?

19. У скільки разів послаблюється природне світло, проходячи через два поляроїди, оптичні осі яких розміщені під кутом  $\varphi = 30^\circ$ , якщо в кожному із поляроїдів на відбивання і поглинання втрачається 10% падаючого світлового потоку?

20. Кут заломлення світла в рідині  $\alpha = 35^\circ$ . Визначити показник заломлення рідини, вважаючи відбитий промінь максимально поляризованим.

21. Під яким кутом до горизонту має бути Сонце, щоб його промені, відбиті від поверхні моря, були повністю поляризовані?

22. Визначити кут повороту площини коливань світлового променя для сечі хворого діабетом, при концентрації цукру  $c = 0,05 \text{ г/см}^3$ . Довжина трубки  $l = 20 \text{ см}$ , стала обертання цукру для даного світла  $[\alpha_0] = 6,67 \text{ (град. см}^2/\text{г)}$ .

23. Розчин цукру, налитий в трубку довжиною  $l = 20 \text{ см}$  і поміщений між поляризатором і аналізатором, повертає площину поляризації світла ( $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ ) на  $\alpha = 30^\circ$ . Знайти (в  $\text{г/см}^3$ ) концентрацію цукру в розчині, якщо стала обертання для даної довжини хвилі  $[\alpha_0] = 6,67 \text{ (град. см}^2/\text{г)}$ .

Щоб розкрити поняття **дисперсії** світла, доцільно розповісти студентам про досліди Ньютона з розкладанням сонячного світла призмою. Ньютон довів, що сонячне світло складне і що показник заломлення світла залежить від його кольору. Інтерференція світла свідчить про те, що колір світла визначається довжиною його хвилі  $\lambda$ . Отже, показник заломлення залежить від довжини світлової хвилі. Цю залежність називають *дисперсією світла*. Але з принципу Гюйгенса випливає, що показник заломлення визначається швидкістю поширення світла в речовині. Тому можна сказати, що *дисперсія* — це залежність швидкості поширення світла в речовині від довжини хвилі (або від частоти коливань).

З явищем дисперсії світла ознайомлюємо студентів на дослідах.

На нашу думку, спочатку слід показати залежність показника заломлення скла призми від частоти падаючого світла, а потім розглянути розкладання білого світла в призмі як результат дисперсії (залежності показника заломлення речовини від довжини хвилі випромінювання). Для цього на екрані дістаємо чітке зображення вертикальної щілини, встановленої між конденсором і об'єктивом проєкційного ліхтаря, і відмічаємо її положення на екрані. Потім за допомогою червоного фільтра пропускаємо червоне світло через тригранну призму й відмічаємо на екрані відхилення червоного пучка. Замінюємо червоний світлофільтр синім, фіолетовим або іншим і відмічаємо нове положення зображення щілини. З цих дослідів робимо висновок, що “однорідне” випромінювання неоднакових частот відхиляється призмою на різні кути, тобто показник заломлення залежить від кольору випромінювання.

Демонструємо утворення суцільного спектра і розглядаємо розкладання білого світла в призмі як результат дисперсії. Доцільно продемонструвати дослід з водяною призмою, заломлююче ребро якої таке саме, як у скляної, щоб переконати студентів, що довжина спектра залежить від речовини призми. На досліді показуємо, що кожний спектральний колір не розкладається призмою на інші кольори і в цьому розумінні він “однорідний”.

Оскільки показник заломлення залежить, від швидкості світла в речовині, то неоднакова величина заломлення різних кольорових променів вказує на неоднакову швидкість поширення в речовині хвиль різної довжини. Дисперсія тому й відбувається, що швидкість хвиль різної частоти в розглядуваній речовині неоднакова. Тому не існує показника заломлення взагалі, а існують показники заломлення світла певної хвилі в даній речовині.

Дослід на спектральне розкладання білого світла мав бути перевірений зворотним дослідом – додаванням спектральних кольорів.

Чому ж швидкість поширення світла, однакова у вакуумі для всіх довжин хвиль, стає різною в речовині? Щоб пояснити якісну картину, рекомендуємо розповісти про гіпотезу Лоренца, згідно з якою припускається, що електрони в атомах і молекулах пружно зв'язані з ядром. Якщо їх якось вивести з рівноваги,

вони починають коливатися, поступово втрачаючи енергію коливання на випускання електромагнітних хвиль. Коли світло проходить через речовину, кожний електрон починає коливатися і випромінює вторинні хвилі. Розрахунки показують, що вторинна хвиля додаючись до первинної, дає результуючу, яка вже поширюється з меншою швидкістю. Для прозорих речовин швидкості зменшується із зменшенням довжини хвилі. Цю залежності можна виявити, скориставшись, як це зробив Ньютон, 60-градусною призмою.

Доцільно нагадати студентам, що у вакуумі дисперсії світла немає. Це підтверджується спостереженням над різними небесними явищами. Важливим також є висновок, що хроматична аберація простих лінз пояснюється явищем дисперсії. Після цього ставимо дослід з дисперсії білого пучка світла. Для демонстрації спектру бажано використовувати призму з крона і можливо сильніше джерело світла. Рекомендуємо для отримання спектру користуватися і призмою прямого зору, коротко пояснивши студентам її будову. Застосувавши червоний, жовтий і синій світлофільтри, виявляємо, що червоні, жовті і сині промені лягають на ті ж місця екрану, де були ділянки однойменного забарвлення, і вже не розкладаються на інші світлові пучки.

Ставимо також відомі досліди по складанню спектральних кольорів з отриманням білого світла. З дослідів робимо висновок про складний склад білого світла, різному коефіцієнті заломлення різних електромагнітних хвиль і, отже, їх різною швидкістю в якій-небудь одній середовищі.

Для закріплення і поглиблення матеріалу корисно розв'язати такі завдання:

1. Червоний ( $n = 1,640$ ) і фіолетовий ( $n = 1,690$ ) промені світла падають в одну точку перпендикулярно грані трикутної скляної призми з важкого крона. На який кут розійдуться промені при виході з призми? Де потрібно помістити екран, щоб відстань між променями дорівнювало 10 см? Кут заломлення призми  $\beta = 10^\circ$ .

Вважаємо, що розв'язання цього завдання можна використовувати для того, щоб дати студентам поняття хроматичної аберації. Лінза, яку певним чином можна уявити як сукупність призм, має стільки фокусів, скільки різних кольорів містить падаюче на неї світло.

2. У воді на відстані 20 м один аквалангіст подає сигнал іншому за допомогою білого світла. На яку відстань і на який час на цьому шляху червоні промені випередять фіолетові? Показник заломлення червоних променів  $n = 1,329$ ; фіолетових –  $n = 1,344$ .

Відповідь. Помітити таку різницю в часі приходу світлових сигналів очі людини не можуть. Тому аквалангіст не виявить розкладання світла. Однак в принципі можна поставити уявний експеримент, який дозволив би таким чином виявити дисперсію світлових хвиль в середовищі.

Крім видимих, слід виявити існування інфрачервоних і ультрафіолетових променів. Інфрачервоні промені виявляють за допомогою термостовпчика або сірчистосрібного фотоелемента, які приєднують до гальванометра. Ультрафіолетові промені виявляють за допомогою рентгенівського екрану з платиносінеродним барієм. При переміщенні цього екрану в області коротких променів спектр стає довшим. Як освітлювача найкраще використовувати ртутно-кварцову лампу.

Розкладання білого світла в призмі (спектральне розкладання) розглядаємо як результат дисперсії. Між конденсором і об'єктивом проєкційного ліхтаря поміщаємо розсувну щілину, яка повністю освітлюється білим світлом (рис. 2.14, а; світлофільтр 4 забирають). На екрані, розташованому на дошці, отримуємо зображення щілини. Потім на шляху світлового пучка, що пройшов через об'єктив, поміщаємо призму на кут найменшого відхилення. Ребро, що її заломлює має бути паралельним щілини. На іншому екрані утворюється суцільний спектр.

Суцільний спектр виходить також при використанні призми прямого зору. Проте в перших дослідах з розкладання світла рекомендуємо все ж користуватись тригранною призмою, для того щоб демонстраційний дослід відповідав малюнкам в підручнику і в зошитах студентів.

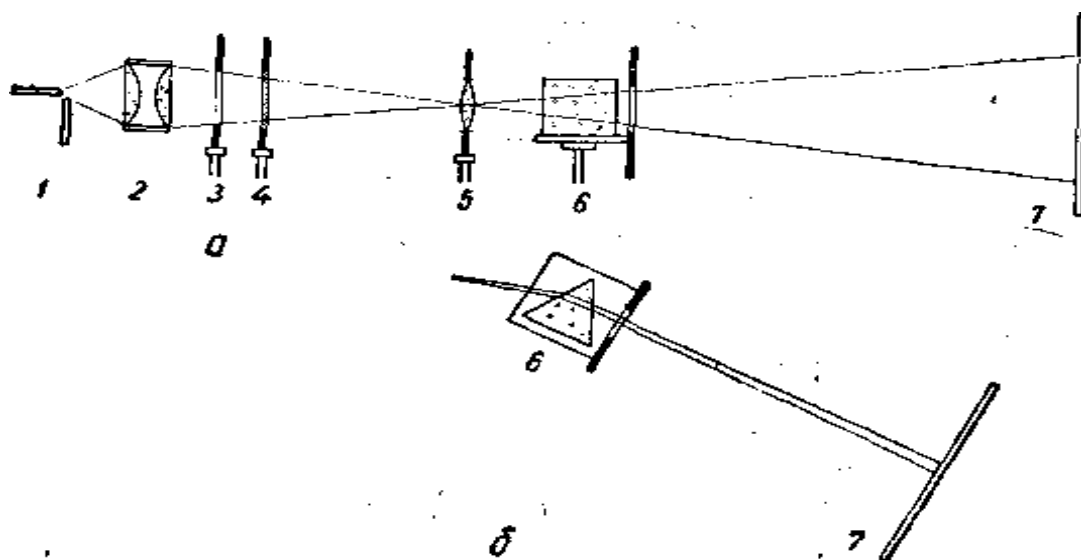


Рис. 2.14. Відхилення пучка світла призмою:

1 — джерело світла; 2 — конденсор; 3 — розсувна щілина; 4 — світлофільтр в рамці; 5 — об'єктив; 6 — тригранна призма на столику, за якою знаходиться діафрагма з прямокутним отвором; 7 — екран: *a* — при отриманні зображення щілини 3 на екрані 7 столик *б* з призмою забирається: *б* — відхилення світлового пучка, який пройшов через світлофільтр 4, призмою *б* (вигляд зверху).

На нашу думку, дослід з водяною призмою, заломлююче ребро якої таке ж, як у скляній, переконує студентів в тому, що довжина спектра залежить від речовини призми.

Рекомендуємо роздати студентам призми і запропонувати розглянути джерело світла (нитка розжарення софітних лампи, люмінесцентну трубку), встановлене на демонстраційному столі і закрите екраном зі щілиною. Пояснюємо, що сукупність кольорових зображень джерела світла утворює суцільний спектр; біле світло є нескінченним набором частот (однорідних випромінювань). Причиною спектрального розкладання є дисперсія. При заломленні складного випромінювання завжди має місце спектральне розкладання. Але в цьому випадку спектр виходить дуже вузьким і його важко виявити. Тому застосовуються дві заломлювальні поверхні, поставлені під кутом один до одного (клин). На дошці викреслюємо малюнок і звертаємо увагу на хід променів усередині призми і за нею.

Ставимо дослід, який показує, що кожен з спектральних кольорів не розкладається призмою на інші кольори і в цьому сенсі він “однорідний”.

За допомогою призми прямого зору демонструємо суцільний спектр. Потім щілинною діафрагмою 6 з нього вирізуємо вузьку смугу, наприклад зелену (рис. 2.15).

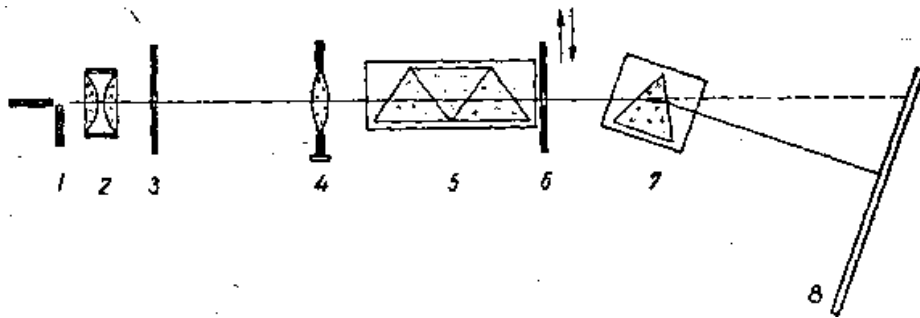


Рис. 2.15. Схема установки для отримання «однорідного» пучка світла (вигляд зверху):

1 — джерело світла; 2 — конденсор; 3 і 6 — розсувні щілини; 4 — об'єктив 5 — призма прямого зору; 7 — тригранна призма; 8 — екран.

На її шляху ставимо іншу призму, яка заломлює пучок світла, але помітним чином не змінює його забарвлення. Переміщаючи діафрагму перпендикулярно пучку світла, можна виділити по черзі інші ділянки спектра і спостерігати аналогічне явище.

Рекомендуємо вказати, що виділена щілиною частина світлового пучка не є строго однорідним виромінюванням. За будь-якої навіть дуже вузької щілини завжди виділяється набір частот. Але помітити відмінність кольорів в пучку після другої призми важко.

Нарешті, вивчаємо синтез білого світла з спектральних кольорів. Тут рекомендуємо такі демонстрації і спостереження (за вибором викладача):

1. Показуємо попередній дослід, але замість щілинної діафрагми поміщаємо екран з круглим отвором такого діаметра, щоб через нього пройшов весь спектр. На шляху пучка ставимо лінзу, що збирає спектральні кольори в одне місце на екрані, де і виходить біла пляма.

2. Сітківка ока являє собою екран, куди попадає світло через зіницю. Тому якщо око помістимо за збиральною лінзою і будемо дивитися через неї на суцільний спектр, то побачимо біле світло. Цей дослід можна провести в аудиторії (всі студенти по черзі дивляться через лінзу на суцільний спектр).

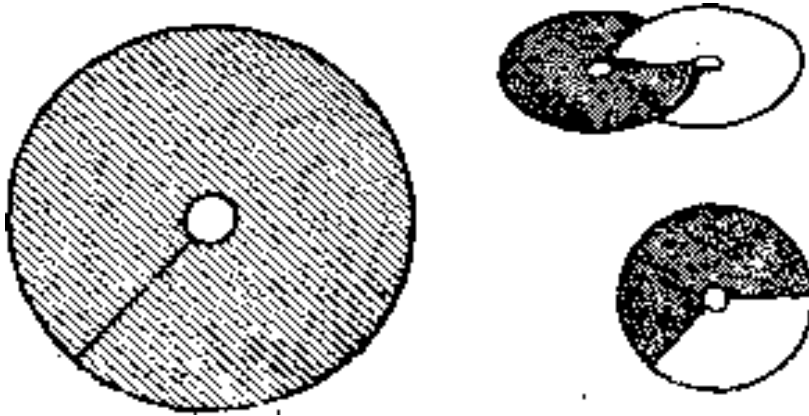


Рис. 2.16. Круги для диска, за допомогою якого демонструється змішування кольорів.

З семи кольорових кругів збираємо диск, що складається з різнокольорових секторів (рис. 2.16).

При обертанні диска на центробіжній машині або на осі електричного двигуна, попередньо підбравши величину окремих секторів, можна отримати білий колір.

3. На систему дзеркальних смужок направляється суцільний спектр, а потім, повертаючи їх, збирають всі ділянки спектра в одне місце екрану, де буде видно білу смугу.

Якщо в досліді 1 за лінзою помістимо олівець, що загороджує один з ділянок спектра, то на екрані утворюється додатковий колір. Він може бути отриманий і на диску шляхом видалення окремих секторів.

Рекомендуємо при вивченні суцільного спектра ретельно розглянути процес його утворення в спектроскопі: освітлювана щілина знаходиться в фокусі лінзи; на призму направляється паралельний пучок світла; кожен однокольоровий пучок світла після призми також залишається паралельним, але різні пучки не паралельні між собою; спектральні кольори сфокусовані в фокальній площині другої лінзи, де утворюється суцільний спектр; спектр розглядається через третю лінзу, вона служить в якості лупи.

На нашу думку, для студентів цікавим є те, що відкриття спектрального складу білого світла й основних кольорів спектра дали змогу вибудувати теорію кольорового зору людини. Механізм виникнення кольорових відчуттів у зоровому апараті людини остаточно ще не вивчений, але його основні закономірності відомі



завдяки працям М.В. Ломоносова, Т. Юнга і Г. Гельмгольца.

Наголошуємо, що основна роль у формуванні кольорових відчуттів належить сітківці ока. Вона складається з двох типів світлочутливих клітин — паличок і колбочок. Чутливість паличок і колбочок щодо білого світла неоднакова: палички більш чутливі, ніж колбочки. Колбочки майже зовсім не реагують на світло за недостатньої освітленості — увечері, вночі або в затемненому приміщенні. У цих випадках світло сприймається лише одними паличками. При великій освітленості, навпаки, світло в основному сприймається колбочками.

Як відомо, кольорове світло ми бачимо лише вдень, тобто коли світло сприймається одними колбочками. За малої освітленості, коли “працюють” лише палички, кольори не розрізняються зовсім. Звідси можемо зробити висновок, що колбочки здійснюють кольоровий (денний) зір, а палички — сутінковий, нічний зір.

Зауважимо, що згідно з трикомпонентною теорією кольорового зору, колбочки мають три види світлочутливих елементів, кожен з яких реагує лише на один основний колір спектра: червоний, зелений або синій. При одночасному збудженні двох видів світлочутливих елементів виникає відчуття оранжевого, жовтого або фіолетового кольору. При одночасному збудженні всіх трьох типів світлочутливих елементів виникає відчуття білого світла.

Звертаємо увагу на те, що здатність ока до сприймання білого світла має назву загальної світлочутливості ока. *Загальна світлочутливість ока надзвичайно висока й коливається в дуже широких межах.* Око сприймає світлові хвилі, інтенсивність яких не менша за  $2 \cdot 10^{-12}$  Вт/м. Максимальна інтенсивність світлових хвиль, яка ще не призводить до больових відчуттів, дорівнює  $2 \cdot 10$  Вт/м<sup>2</sup>, тобто змінюється в  $10^{13}$  разів. (До речі чутливість органів слуху щодо сприйняття звукових хвиль коливається в таких самих межах.)

*Здатність ока до сприймання світлових променів різного кольору має назву спектральної чутливості ока.* Колбочки неоднаково реагують на промені різного кольору. Вони максимально чутливі до променів зеленого кольору, якому відповідає світлова хвиля довжиною 555 нм. Крім основних кольорів спектра, око, за даними спеціальних досліджень, розрізняє ще майже 200 перехідних кольорів і відтінків.

Рекомендуємо студентам розглянути такі завдання:

1. Чим відрізнятимуться смужки спектрів білого світла, одержані за допомогою призм однакового розміру й форми, виготовлених: а) зі скла; б) з води; в) алмазу?

2. Подивіться крізь призму на білий аркуш паперу, коли її заломлююче ребро паралельне одному з боків аркуша. Як і чому розташовані кольорові смуги відносно аркуша?

3. У спектроскопі зі скляною призмою і щілиною, яка виконує роль джерела світла, стали поступово збільшувати ширину щілини. Як це вплине на вигляд смужки спектра від білого світла?

4. Що видно крізь: а) червоний фільтр; б) синій фільтр; в) два такі фільтри, складені разом?

5. Між якими кольорами у смужці спектра розташовані: а) жовтий; б) рожевий; в) коричневий кольори?

6. Чи зміниться колір полум'я свічки, якщо спостерігати його крізь шар пари води?

7. Якого кольору має бути скельце, крізь яке не можна побачити зелений напис на білому папері?

**Спектральний аналіз. Види спектрів.** Оскільки з явищем дисперсії світла студенти вже ознайомилися, то рекомендуємо відразу перейти до розгляду будови апаратів для спостереження і вивчення спектрів. Слід пояснити будову призмового спектроскопа і його різновидів — спектрографа й монохроматора.

Спектроскоп складається з двох трубок — коліматорної 1 і зорової 2 (рис. 2.17). Між коліматором й зоровою трубками на невеличкому

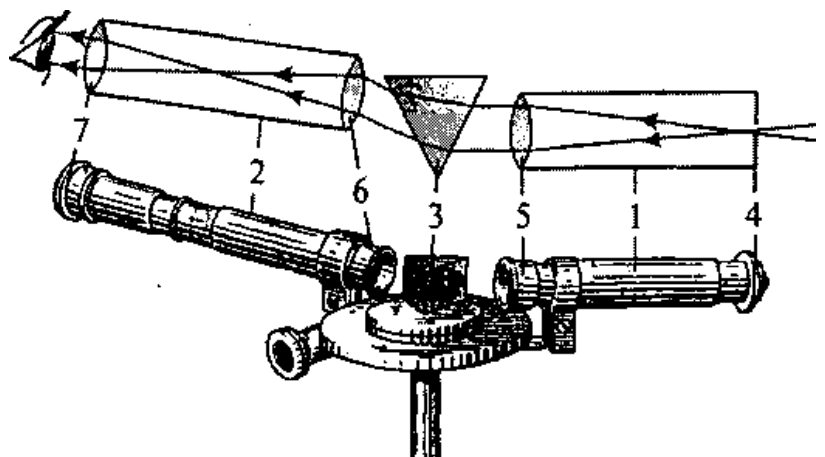


Рис. 2.17. Спектроскоп

столику розміщується тригранна призма 3. На передньому кінці коліматорної трубки змонтована вузька щілина — коліматор 4, а на протилежному кінці — перший об'єктив 5. Зорова трубка складається з об'єктива 6 і окуляра 7, які можуть мати по кілька лінз. Коліматорну трубку спектроскопа спрямовують на джерело світла. Світло, що пройшло крізь коліматор, виходить із нього розбіжним пучком. Перший об'єктив перетворює розбіжний пучок світла на паралельний, який падає на заломлювальну грань призми. Призма відхиляє промені до своєї основи на різні кути залежно від довжини світлових хвиль: однорідний пучок світла розділяється на складові й далі збирається об'єктивом зорової трубки в його фокальній площині, де й виходить зображення спектра, яке спостерігається через окуляр.

Звертаємо увагу на те, що досконаліші спектроскопи забезпечуються ще й третьою трубкою, за допомогою якої у фокальну площину об'єктива зорової трубки проектується шкала довжин світлових хвиль. Це дає змогу не лише спостерігати одержані спектри візуально, а й вимірювати довжину хвиль досліджуваного випромінювання. Такий спектроскоп називається *спектрометром*.

Якщо у фокальну площину об'єктива зорової трубки помістити фотоплівку, то отриманий спектр можна сфотографувати. Спектральні апарати, призначені для фотографування спектрів, називаються *спектрографами*.

У фокальну площину об'єктива зорової трубки можна помістити щілинну діафрагму і таким способом з усього спектра виділити вузький пучок променів одного кольору, тобто одержати монохроматичне світло. Такі спектральні прилади називаються *монохроматорами*.

Розглянувши будову спектральних приладів, переходимо до демонстрування і пояснення спектрів випускання. Із суцільним спектром студенти вже знайомі. Його знову демонструємо і з'ясовуємо, що він утворюється під час розкладання світла, випромінюваного розжареними твердими тілами і рідинами (розплавленими металами). Пояснюючи механізм утворення суцільного спектра, слід мати на увазі, що такий спектр можуть давати не тільки тверді й рідкі тіла і дуже стиснуті гази, а й розріджені гази за деяких певних умов (досить великий об'єм газу, сильна іонізація).

Оскільки попереднє уявлення про спектр, зокрема неперервний, студенти вже

мають, то тут рекомендуємо зосередити увагу на умовах, за яких спостерігаються спектри випромінювання (лінійчастий та смугастий) і поглинання, на поясненні цих спектрів з погляду фотонних уявлень, на спектральному аналізі.

Насамперед демонструємо різні види *спектрів випромінювань*.

Для спостереження лінійчастих спектрів випромінювання варто мати кілька спектральних трубок з різними газами: воднем, гелієм, неоном, парою ртуті. Рекомендуємо спостереження організувати як фронтальне. Для цього кілька спектральних трубок підключаємо паралельно одній індукційній котушці і пропонуємо студентам спостерігати світіння трубок через спектроскоп. Працювати можна в незатемненому приміщенні. На нашу думку, спектр водню слід розглянути детальніше, оскільки він відіграє особливу роль у розвитку науки про будову атома.

Варто для спостереження лінійчастого спектра ртуті скористатися як джерелом світла ртутно-кварцевою лампою. У спектрі цих ламп чітко видно жовту, зелену й фіолетову лінії.

Щоб підвести студентів до розуміння принципу *спектрального аналізу*, рекомендуємо продемонструвати також лінійчасті спектрограми пари металів в електричній дузі. Для цього, як і в попередньому випадку, замість лампи розжарювання ставимо дугу. На екрані видно суцільну спектрограму. Щоб утворити лінійчасту спектрограму із слабким фоном суцільної, слід домогтися, щоб зображення розжарених кінців вуглин не потрапляло у відкриту частину щілини.

Після цього в дугу вводимо тонку скляну паличку натрію, сіль якого входить до складу скла, дає лінійчасту спектрограму: дві чіткі жовті лінії, які при недостатній дисперсії можуть злитися в одну яскраву лінію. Можна використати також клаптик азбесту, попередньо змочений розчином  $NaCl$  і висушений.

Доцільно для демонстрування спектрів інших металів заздалегідь підготувати вуглини, додавши до них солі або ошурки металу, спектр якого досліджується (можна взяти мідь, цинк, кальцій, натрій тощо). У нижній вертикальній вуглині висвердлюють канал, який набивають сіллю. Цікавий результат дає інший варіант цієї демонстрації, коли поверхню верхньої вуглини покривають ошурками металу або сіллю.

Розглядаємо механізм утворення дискретного спектра. Атом кожного хімічного елемента характеризується певним набором енергетичних рівнів. Під час переходу в основний стан збуджені атоми хімічного елемента випускають випромінювання, лінійчаста спектрограма якого значно відрізняється від лінійчастих спектрограм атомів інших хімічних елементів. Рекомендуємо порівняти з студентами спектрограми різних речовин, зокрема натрію, водню, гелію, зображені на кольоровій вклейці підручника, вказавши на те, що вони відрізняються як за кількістю спектральних ліній, так і за довжинами їх хвиль та інтенсивностями.

Звертаємо увагу на такі сторони вивченого явища: спектральні лінії можна виявити і в невидимих ділянках спектра (наприклад, фотографуванням); різні гази випромінюють неоднакові лінійчасті спектри (це явище лежить в основі спектрального аналізу); незважаючи на велику різноманітність лінійчастих спектрів, в них є певна закономірність; незмінність спектра кожного газу свідчить про стійкість його атомів.

Переконані, що у цьому місці курсу фізики можна дати і пояснити визначення одиниці довжини – метр, прийнятої в Міжнародній системі одиниць. Поняття про масове число і ізотопи студенти мають з курсу хімії. При вивченні будови атома вважаємо за необхідне пояснити також механізм випромінювання світла атомом.

Доцільно також, на нашу думку, спостерігати смугастий спектр від полум'я газового пальника. Це полум'я складається з трьох частин: внутрішнього і зовнішнього конусів і області між ними. Верхня частина внутрішнього конуса є джерелом інтенсивних смуг у спектрі; їх дають молекули  $C_2$ , радикали  $CH$  і  $OH$ , причому смуги, які дають  $C_2$  і  $CH$ , належать до видимої частини спектра. Смугастий спектр від полум'я природного газу зручний тим, що в ньому смуги чітко розділені і добре спостерігаються в шкільний двотрубний спектроскоп.

Після ознайомлення студентів з різними видами спектрів випромінювання коротко спиняємося на механізмі їх утворення.

Лінійчасті спектри випромінювання характерні для збуджених вільних атомів, тому речовина обов'язково повинна бути в газоподібному чи пароподібному стані; при цьому багатоатомні молекули мають бути розщеплені на окремі атоми.

Лінійчасті спектри утворюються вільними, не зв'язаними один з одним, атомами (актів випромінювання під час взаємодії між атомами дуже мало порівняно із загальним випромінюванням внаслідок зіткнення атомів).

Наголошуємо, що для всіх, газів і пари, що світиться, характерний свій лінійчастий спектр. Залежно від умов збудження може змінюватися й вигляд лінійчастого спектра певної речовини. Наприклад, лінійчасті спектри газу, утворені в дуговому й іскровому розряді, різні, оскільки в другому випадку газ йонізується. Отже, з того, який вигляд має спектр, певною мірою можна судити про ступінь йонізації речовини, тобто про її плазмовий стан.

Смугасті спектри розглядаємо як різновид лінійчастих; вони належать молекулам речовини. Тому лінійчасті спектри називаються атомними, а смугасті — молекулярними. Для утворення молекулярних спектрів треба, щоб речовина також перебувала в газоподібному стані, при цьому молекули не повинні бути розщеплені на окремі атоми.

Рекомендуємо вивчення спектрів поглинання почати з демонстрування ліній натрію. На екрані дістаємо суцільний спектр, а потім між щілиною і об'єктивом (ближче до щілини) в полум'ї спиртівки чи газового пальника спалюємо натрій або сіль натрію. На екрані в жовто-оранжевій частині спектра з'являється виразна чорна лінія. Пояснюємо, що коли температура розжареного газу (наприклад, пари натрію а полум'ї спиртівки) нижча за температуру, яка дає суцільний спектр, то на фоні останнього утворюється темна лінія. Коли ж джерело суцільного спектра погасити, то на екрані видно жовту лінію.

Потім замість пальника між щілиною і об'єктивом уміщуємо скляну кювету, наповнену водою, і демонструємо суцільний спектр. Замінивши в кюветі воду спочатку розчином марганцевокислого калію, а потім мідного купоросу, звертаємо увагу студентів на характерні особливості спектрів поглинання для кожного розчину. Речовину, яка забарвлює розчин, слід поступово доливати в розчинник у процесі досліду. Тоді видно розширення смуг поглинання в спектрі.

Щоб продемонструвати поглинання світла скляними світлофільтрами або кольоровим целофаном, вміщуємо на шляху променів, що утворюють на екрані

суцільний спектр, червоний, фіолетовий або зелений світлофільтри. Колір світлофільтра визначається тим, яку частину спектра він пропускає.

Утворення спектрів поглинання пояснюємо тим, що всяке тіло, незалежно від його природи, при певній температурі найбільше вбирає ті промені, які саме випромінює при такій самій температурі (закон Кірхгофа).

Цю закономірність пояснюємо на основі квантових уявлень. Атоми можуть поглинати лише ті фотони, енергії яких відповідають переходам з основного енергетичного стану в будь-який дозволений збуджений. Обернений перехід із збудженого стану супроводжується випусканням фотонів цієї самої частоти. Слід розглянути також можливість виникнення *фотонів каскадних переходів*, користуючись схемою енергетичних рівнів атома водню, наголошуємо на тому, що виникнення додаткових фотонів каскадних переходів також легко пояснити на основі квантових уявлень.

Пояснюємо наявність *темних ліній Фраунгофера* в суцільній спектрограмі Сонця. Показуємо на таблиці (або через спектроскоп прямого зору) спектр Сонця, відмічаємо фраунгоферові лінії, пояснюємо їх. Підкреслюємо, що в момент повного сонячного затемнення темні лінії сонячного спектра стають кольоровими. Пропонуємо студентам самостійно пояснити таку зміну в спектрі.

Вивчаючи розміщення фраунгоферових ліній і порівнюючи їх із спектрограмами відомих елементів, робимо висновок про хімічну будову атмосфери Сонця. Аналогічно досліджуємо спектри зірок. Було виявлено, що зорі складаються з таких самих хімічних елементів, які є і на Землі. Підкреслюємо, що цей факт — свідчення матеріальної єдності Всесвіту.

Звертаємо увагу на те, що у твердих тілах або рідинах, а також сильно стиснутих газах електрони взаємодіють з величезним числом атомних ядер і інших електронів. Можливі різні комбінації цієї взаємодії, які дуже мало відрізняються один від одного енергією. А це означає, що речовина в концентрованому стані (тверде тіло, рідина, сильно стиснений газ) випускає фотони, енергії яких дуже близькі один до одного, або, на хвильовій мові, – хвилі зі всілякими, дуже близькими один до одного частотами (довжинами хвиль). Відповідно в одну

суцільну смугу зіллються і лінії, відповідні частотам (довжинах хвиль), які можуть випускати електрони твердого тіла при переході з одного стану в інший. Отже, спектр випромінювання твердого тіла, рідини або сильно стисненого газу суцільний, в цьому випромінюванні присутні хвилі будь-яких частот.

Зауважимо, що у запропонованому підході до пояснення видів спектрів випромінювання найбільші труднощі зустрічаються на початковому етапі, при аналізі лінійчастого спектра. Тут необхідно багато розрахунків частот хвиль, що випускаються атомом при переходах між різними станами, а це вимагає порівняно великої витрати навчального часу. Ці труднощі можна зняти двояким шляхом.

По-перше, можна запропонувати розрахувати не частоти хвиль, які випромінюються, а циклічні частоти (в атомній фізиці їх теж називають частотами). По-друге, доцільно розподілити розрахунки між різними групами студентів. Наприклад, одній групі запропонувати розрахувати частоти хвиль, що випромінюються при переході атома на перший рівень, іншій – частоти хвиль, які випускаються при переходах атома на другий рівень, а інші студенти будуть розраховувати частоти хвиль, пов'язаних з переходами атома на третій рівень і при переході з п'ятого рівня на четвертий. Викладач виписує результати на зарання підготовлену числову вісь циклічних частот.

Звертаємо увагу студентів, що атоми різних хімічних елементів відрізняються зарядом ядра і числом електронів. У атомів різних хімічних елементів різний набір можливих значень внутрішньої енергії, тобто вони мають різний набір енергетичних рівнів; відповідно різниться набір значень частот хвиль, які випромінюються: атоми кожного хімічного елемента і молекули кожної речовини мають індивідуальний, властивий тільки їм набір ліній в спектрах випромінювання і поглинання світла.

Звертаємо увагу на те, що молекули хімічних речовин, як і атоми, мають характерні спектри випромінювання, але набагато складніші. Тому визначити молекулярну сполуку за її спектром дуже складно.

Після цього даємо поняття про спектральний аналіз, звертаючи увагу на те, що *якісний спектральний аналіз* ґрунтується на вивченні спектрів випромінювання. Інтенсивність спектральних ліній певного хімічного елемента залежить від його



концентрації в досліджуваному зразку. На цьому базується *кількісний спектральний аналіз*. Зіставляючи інтенсивність спектральної лінії окремого елемента в спектрограмі досліджуваного зразка з інтенсивністю цієї самої лінії у спектрограмі зразка з відомою концентрацією (еталона), визначають відсотковий вміст даного елемента. Кількісний спектральний аналіз має велике значення в сучасній промисловості як метод контролю якості різних металевих виробів. Сучасна спектральна установка — *квантометр* дає змогу виконувати хімічний аналіз сплаву з 12 елементів за 2—4 хв. Завдяки цьому можна контролювати сплав безпосередньо в період плавки, що повністю виключає брак, зумовлений невідповідністю хімічного складу.

Наголошуємо, що для медицини велике практичне значення має спектр гемоглобіну крові. Гемоглобін крові, насичений киснем, у своєму спектрі поглинання має три темні смуги: у жовтій, зеленій і синьо-фіолетовій частинах спектра. Гемоглобін, позбавлений кисню, має всього дві темні смуги: у жовтій і синьо-фіолетовій частинах спектра. Порівнюючи між собою спектр поглинання гемоглобіну в нормі і в патології, за допомогою якісного адсорбційного аналізу, досліджують функціональний стан кровоносної системи хворого.

Звертаємо увагу на те, що за допомогою спектрального аналізу в медицині досліджують наявність мікроелементів у тканинах людського організму. Наприклад, було доведено, що в організмі людини в незначних кількостях міститься залізо, кобальт, хром, титан, а також інші хімічні елементи, що відіграють важливу роль у нормальному функціонуванні органів.

Методами спектрального аналізу в судовій медицині виявляють сліди крові, наявність отрути чи шкідливих домішок у харчових продуктах. У гігієні досліджують ступінь забрудненості повітря в промислових приміщеннях і навколишньому середовищі. Кількісний спектральний аналіз застосовують для визначення вмісту вітамінів у продуктах харчування.

Під час медико-біологічних досліджень майже винятково застосовують адсорбційний спектральний аналіз. Це пояснюється тим, що для одержання спектрів випромінювання досліджувану речовину потрібно нагріти до температури свічення.

За високих температур органічні речовини живих організмів розкладаються, а спектри поглинання спостерігаються за звичайних кімнатних температур.

Пропонуємо студентам розглянути такі задачі:

1. Залізну і кварцову пластинки однакового розміру й форми нагріли до  $1000^{\circ}\text{C}$ . Чи однакою інтенсивність світіння вони матимуть?

2. Пояснюючи практичне використання спектрального аналізу, учень сказав: «Щоб визначити склад сплаву, дротину з нього дуже нагрівають струмом і ставлять біля щілини спектроскопа. За результатами аналізу смужки спектра роблять висновки про склад сплаву». У чому помилявся, відповідаючи, учень?

3. Якого кольору набиратиме у темряві тіло, яке при поступовому підвищенні його температури починає світитись?

4. Чому під час спостереження у телескоп одні зорі здаються червонуваті, інші – з голубим відтінком? Яке співвідношення між температурами їх поверхонь і температурою Сонця?

5. Підвищення температури батареї опалення лише на 20% їх початкової абсолютної температури дуже помітно підвищує обігрівальні властивості. Чим це пояснити?

6. На матовому склі спектроскопа одержали спектр гарячого газу у вигляді окремих яскравих тонких ліній. Що змінюватиметься при значному підвищенні густини газу?

7. За яких умов скляна призма відхилить промені не до основи, а до заломлюючого ребра?

8. У якому випадку веселка матиме форму кільця?

9. Поясніть механізм утворення додаткової веселки, яку можна бачити за сприятливих умов.

10. Чи є обмеження на кількість веселок, які можуть утворитися від сонячних променів на дощових краплях і які може бачити одночасно один і той самий спостерігач?

11. Після проходження циклону з інтенсивними дощами небо особливо синє, а перед тим воно було блакитним з помітним сірим відтінком. Як це пояснити?

12. Як і чому змінюється колір неба із збільшенням висоти людини над поверхнею Землі?

13. За яких умов у момент заходу Сонця світло від нього стає зеленим?

14. Трансформаторне масло у процесі роботи трансформатора змінює свій хімічний склад. Як можна визначити його хімічний склад, не проводячи хімічного аналізу?

15. Деталь, оброблена на токарному верстаті, має температуру 340 К. Який діапазон частот випромінює ця деталь?

16. Як визначити хімічний склад речовини за його спектром?

17. Яким обладнанням можна виявити приховані дефекти деталей?

Для розгляду даних задач студентам необхідно розглянути додатковий матеріал з цієї теми, а це допоможе краще засвоїти матеріал і формувати предметні компетентності при вивченні даної теми.

До даної теми ми склали самостійну роботу, яка подана в додатку Д.

### **2.2.3. Формування світоглядних аспектів предметної компетентності з фізики при вивченні ультрафіолетового, інфрачервоного та рентгенівського випромінювання.**

Пропонуємо інфрачервоне, ультрафіолетове і рентгенівське випромінювання розглядати за такою загальною схемою: джерела, приймачі, властивості випромінювань і їх застосування. Повідомляємо, що інфрачервоне випромінювання випускають тіла при будь-якій температурі (наприклад, лід, поверхня Землі, тіло людини, кипляча вода, розплавлена сталь). Джерелами інфрачервоного випромінювання є електрична дуга, квантові генератори (мазери), Сонце, зірки. Частина реліктового випромінювання теж інфрачервона. Лампи розжарювання до 80% загального випромінювання випромінюють в інфрачервоній області. Скло балона електричної лампи розжарювання пропускає випромінювання з довжиною хвилі коротшою 3 мкм.

Рекомендуємо виникнення *інфрачервоних променів* продемонструвати за

допомогою термостовпчика, увімкненого в коло чутливого демонстраційного гальванометра (можна дзеркального). Наявність інфрачервоних променів у відсутності видимого світла можна продемонструвати, використавши як джерело цього випромінювання нагріту не до червоного жару спіраль електроплитки, поверхню праски, а як індикатор — теплоприймач, з'єднаний з рідинним манометром.

Інфрачервоні промені можна виявити також за допомогою радіометра. Якщо його поставити проти невидимої інфрачервоної частини спектра, то крильця радіометра обертатимуться. Як підтверджує наш досвід, з цікавістю студенти сприймають дослід, за допомогою якого можна зафіксувати теплове випромінювання тіла людини. Для цього до термостовпчика, з'єднаного з чутливим гальванометром, досить піднести руку: гальванометр покаже збільшення сили струму. Варто за допомогою вгнутих металевих дзеркал показати, що інфрачервоні промені поширюються прямолінійно і відбиваються так само, як і видиме світло. Доцільно продемонструвати запалення легкозаймистої фотоплівки за допомогою інфрачервоних променів, відбитих від увігнутого дзеркала.

Рекомендуємо продемонструвати також явище поглинання інфрачервоних променів різними тілами. На шляху інфрачервоних променів, які спрямовані на термостовпчик, з'єднаний з гальванометром, ставимо плоскопаралельну посудину таких розмірів, щоб промені проходили шар рідини завтовшки близько 1 см. В одну посудину наливають воду, а в другу таку саму — розчин йоду і в сірковуглеці (другу посудину слід закрити скляною пластинкою). Спостерігаємо, що інфрачервоні промені краще проходять крізь непрозорий для видимих променів розчин йоду в сірковуглеці, ніж крізь воду, прозору для видимих променів. Якщо на шляху інфрачервоних променів поставимо темну целофанову плівку, то вона буде досить «прозорою» для інфрачервоних променів.

Рекомендуємо також продемонструвати дослід на поглинання інфрачервоних променів різними речовинами. На шляху пучка світла, що йде від призми, розміщуємо плоскопаралельну кювету з розчином мідного купоросу і показуємо, що на ділянці за кінцем спектра стрілка гальванометра не відхиляється. Отже, розчин

мідного купоросу непрозорий для інфрачервоних променів, він поглинає їх.

Наголошуємо на тому, що інфрачервоні промені краще проходять крізь повітря, ніж видиме світло. Це використовується у військовій техніці, зокрема у приладах нічного бачення.

Звичайно, безпосередньо на занятті за браком часу з усіма різноманітними застосуваннями інфрачервоних променів студентів ознайомити неможливо, тому рекомендуємо вибрати окремі найбільш цікаві приклади, а інші розглянути в позаурочний час. Варто також запропонувати написати реферати про використання інфрачервоних променів.

Наголошуємо, що неправильно називати інфрачервоні промені тепловими. Інфрачервоні хвилі, як і хвилі видимої частоти спектра, електромагнітні. Коли ці хвилі поглинаються тілом енергія їх перетворюється у внутрішню енергію тіла.

Звертаємо увагу, що інфрачервоні промені випромінюють і всі клітини нашого тіла, забираючи надлишок теплової енергії з організму. Так здійснюється терморегуляція організму шляхом електромагнітного випромінювання. Щосекунди інфрачервоні промені виносять із тіла людини майже 40 джоулів енергії. Якби наші очі сприймали інфрачервоні промені, то кожен з нас “світвся” б як 40-ватна лампочка.

Зауважимо, що тепла дія інфрачервоних променів знайшла застосування в медицині. Короткохвильове інфрачервоне випромінювання ( $\lambda = 0,76—2,5$  мкм) проникає в тканини на глибину 15 — 20 мм, а інфрачервоні промені, що належать до середньої ділянки інфрачервоного випромінювання ( $\lambda = 2,5—50$  мкм), — на глибину 8—12 мм. Прогрівання тканин, спричинюване інфрачервоними променями, активізує діяльність терморегуляційної системи організму й посилює кровообіг на опромінюваній ділянці тіла. Для опромінювання тканин застосовують спеціальні джерела інфрачервоних променів: лампу солюкс, лампу інфраруж і лампу Мініна.

*Лампа солюкс* (сонячне світло) — це звичайна лампа розжарювання 1 (рис. 2.18, а) потужністю 500—1000 Вт, яка поміщена у спеціальний рефлектор 2. Під час проходження змінного струму спіраль лампи розжарюється до температури 2300 — 2700 °С і стає потужним джерелом видимих та інфрачервоних променів. Максимум

випромінювання в таких лампах припадає на електромагнітні хвилі довжиною 1,5—2,5 мкм, тобто лежить у близькій зоні інфрачервоного випромінювання.

У лампі інфраруж (рис. 2.18, б) джерелом інфрачервоного випромінювання є ніхромова спіраль 1, яка навивається на керамічну основу 2. Спіраль розжарюється змінним електричним струмом до температури 500 — 600°C й стає джерелом інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 4—5 мкм (середня область інфрачервоного випромінювання). Лампу вміщують усередину сферичного або параболичного рефлектора 3.

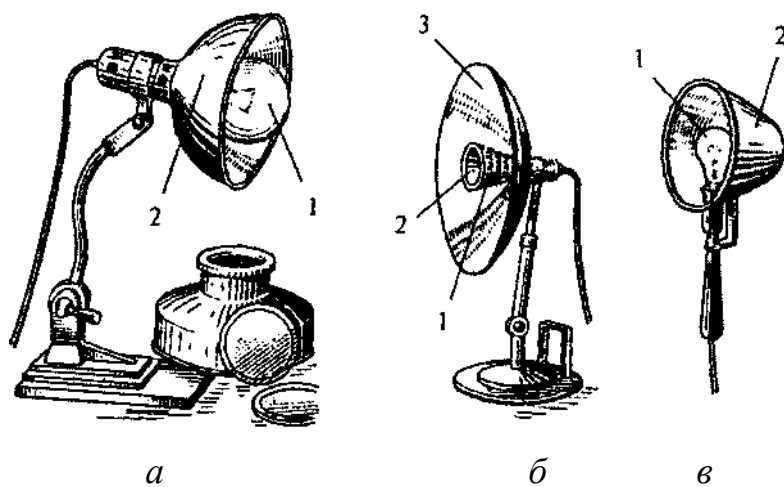


Рис. 2.18. Лампи

У домашніх умовах застосовують синю лампу Мініна 1 (рис. 2.18, в), яку вміщують усередину невеликого параболичного рефлектора 2. Синій балон лампи виконує роль фільтра, який пропускає лише сині й фіолетові промені, а решту спектра поглинає. При цьому скляний балон лампи нагрівається й стає джерелом інтенсивного інфрачервоного випромінювання, яке поглинається тканинами організму. З цієї причини синя лампа Мініна створює відчуття інтенсивнішого тепла, ніж звичайна лампа такої самої потужності.

Звертаємо увагу на те, що тіло людини випромінює інфрачервоні хвилі з довжиною порядку кількох мікрометрів. Найбільшу кількість енергії забирають з тіла людини хвилі довжиною 9 мкм. Інтенсивність випромінювання залежить від місцевої температури тканин і зростає з її підвищенням. Завдяки цьому інфрачервоне випромінювання тканин організму є досить точним індикатором

їхньої температури. Запальні процеси й різного виду пухлини підвищують місцеву температуру тканин, і тому найменша зміна інтенсивності інфрачервоного випромінювання свідчить про наявність патологічного процесу. *Визначення місцевої температури тканин організму за інтенсивністю їхнього інфрачервоного випромінювання називається термографією.* Прилади, за допомогою яких реєструють теплове випромінювання тіл, називають *тепловізорами.*

Тепловізор складається з приймача інфрачервоного випромінювання і електронно-оптичного перетворювача, за допомогою якого картину розподілу інтенсивності інфрачервоного випромінювання можна зробити видимою (див. додаток 3). Ті ділянки тіла, температура яких вища, на термограмі-фотографії світяться яскравіше, а ділянки з нижчою температурою мають темніший вигляд. Температура деяких видів пухлин на 1,5—4 °С вища, ніж сусідніх, ще не ушкоджених, тканинах. На екрані тепловізора такі ділянки тіла мають вигляд яскравої плями. Це дає змогу виявляти пухлини діаметром лише в кілька міліметрів, які складно розпізнати іншими методами.

Зауважимо, що властивість інфрачервоного випромінювання діяти на спеціальні фотоемульсії використовують для одержання фотографій в інфрачервоних променях. Такі фотографії дають більшу кількість інформації, ніж зняті у видимій частині спектра. На рис. 2.19 показані фотографія ноги хворого у видимих променях (а) і в інфрачервоних променях (б). На першій з них ми бачимо лише поверхню шкіри хворого. На другій чітко видно не тільки шкіру, а й вени. Додаткова інформація, одержана за допомогою інфрачервоних фотографій, має суттєве значення під час діагностування хвороб шкіри й судин.

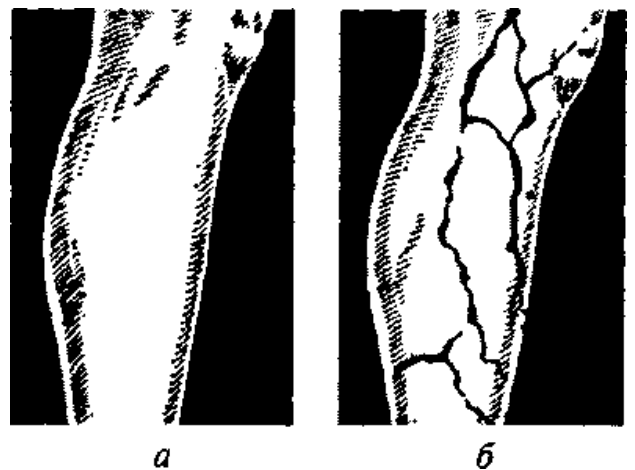


Рис. 2.19. Фотографія ноги хворого

За допомогою фільтрів можна виділити зі складного по спектрального складу світлового потоку тільки ультрафіолетове випромінювання. Перераховуємо джерела

ультрафіолетового випромінювання: електрична дуга з вугільними і металевими електродами, газорозрядні лампи (ртутно-кварцові, люмінесцентні), Сонце, зірки. В оптичних приладах для дослідження в діапазоні ультрафіолетового випромінювання застосовується кварцова оптика (призми, лінзи).

Пояснюємо, що *ультрафіолетові промені* виявляють так само, як і інфрачервоні, тільки за індикатор треба обрати будь-який люмінесціюючий екран. Щоб продемонструвати дію ближніх ультрафіолетових променів, можна утворити за допомогою тригранної призми флінт (або призми Амічі) суцільну спектрограму електричної дуги і вносити в неї з боку фіолетової частини шкільний набір з фосфоресценції з трьох пластин, покритих фосфорами. Пластини світяться не тільки у видимій, а й в ультрафіолетовій ділянці спектра. Найкращий ефект спостерігається з люмінофором, що світиться зеленим кольором.

Ультрафіолетове випромінювання можна виявити за допомогою екрану для рентгенівського просвічування, або люмінесціюючих речовин (флюоресцеїн, уранове скло). Від потужної лампи на білій стіні отримують суцільний спектр. Потім екран вносять в спектр таким чином, щоб він частково перекривав фіолетову область і виходив за межі спектра. По світінню екрана можна судити про наявність невидимого ультрафіолетового випромінювання. При вимкненні джерела спостерігається післясвітіння екрану. Якщо він поміщений в середній частині спектра, то післясвітіння не спостерігається.

Екран від рентгенівської установки частково перекриваємо рукою і освітлюємо електричною дугою, вміщеною в проєкційному ліхтарі, з якого видалена скляна оптика. Після нетривалого опромінення і вимкнення дуги руку треба зняти з екрану, на якому видно темний обрис руки. Якщо опромінювати екран ртутно-кварцовою лампою, то його слід закрити не рукою, а скляною пластинкою. Вказуємо діапазон довжин хвиль ультрафіолетового випромінювання (від 400 до 5 мкм).

Рекомендуємо для виявлення ультрафіолетового випромінювання найпростіше скористатися люмінесціюючим екраном або екраном від шкільної рентгенівської трубки. На настільному екрані дістаємо невеликий, але яскравий



суцільний спектр від дугової лампи проекційного ліхтаря, з якого попередньо витягли конденсор. Потім люмінесціюючим в ультрафіолетових променях екраном прикриваємо верхню половину фіолетового кінця спектра і показуємо, що спектр став довшим: екран світиться світло-зеленим світлом і в невидимій частині спектра, далеко за фіолетовим кінцем спектра. Після вимикання дугової лампи в темряві спостерігаємо післясвічення екрана.

Звертаємо увагу на те, що характерними властивостями ультрафіолетового випромінювання є його фотохімічна дія і здатність викликати люмінесценцію різних речовин. Спрямувавши пучок ультрафіолетових променів убік від студентів, вносимо в нього різні люмінесціюючі речовини (набір трубок з флуоресценції, наповнених розчинами еозину, флуоресцеїну і родоміну, набір з фосфоресценції — три сектори з люмінофорами) і демонструємо їх яскраве різнокольорове світіння.

Поставивши на шляху пучка ультрафіолетових променів металевий лист під будь-яким кутом, можна за допомогою люмінофора продемонструвати їх відбивання.

Розглядаємо властивості ультрафіолетового випромінювання на дослідах. Отримуємо випромінювання від проекційного апарату з електричною дугою і за допомогою круглої діафрагми “вирізаємо” майже паралельний світловий пучок. Потім за допомогою фільтра з увіолевого скла або скла “Віта” затримуємо видиме і пропускаємо ультрафіолетове випромінювання. Під кутом до осі пучка поміщаємо лист алюмінію. Відбитий пучок ультрафіолетового випромінювання направляємо на люмінесцентний екран. На досліді перевіряємо закон відбивання.

Демонструємо дослід із заломлення ультрафіолетового випромінювання аналогічно досліді з інфрачервоним випромінюванням. Заломлений пучок виявляємо за допомогою люмінесцентного екрану. При цьому використовуємо призму з оргскла, а не із звичайного скла.

Відзначаємо, що на дослідах виявлено хвильові властивості ультрафіолетових випромінювань (інтерференція, дифракція, поляризація). Показати ці досліди в шкільних умовах досить важко.

Розглядаємо різні дії ультрафіолетового випромінювання: хімічне (в

фотографії), біологічне (в медицині і сільському господарстві), люмінесцентне і фотоелектричне. Називаємо речовини, “прозорі” для цього випромінювання (наприклад, кварц).

Як підтверджує наш досвід, для студентів цікавою є демонстрація світіння під дією ультрафіолетового випромінювання будь-якої картинки (орнаменту або написи), виконаної різними люмінесцентними фарбами. І інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання відбиваються, заломлюються, інтерферують, розкладаються в спектр, як і видиме світло. Підкреслюємо, що ці види випромінювання, як і світло, мають одночасно хвильові та квантові властивості.

На нашу думку, дуже важливим для розвитку фізичних уявлень є питання про розподіл енергії в спектрі випромінювання. З якісної сторони воно може бути простежено на досліді з термостовпчиками при його переміщенні по ультрафіолетовій і інфрачервоній ділянці спектра (рис. 2.20). Індикатор випромінювання з'єднаний з дзеркальним гальванометром. Варто на занятті підкреслити, що з підвищенням температури спектральний склад випромінювання змінюється. При температурі нижче  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  тіла випромінюють тільки інфрачервоні хвилі, вище  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  з'являється видиме випромінювання, а при температурі в кілька тисяч градусів інтенсивним буде ультрафіолетове випромінювання. При підвищенні температури максимум енергії випромінювання зміщується в бік коротких хвиль.

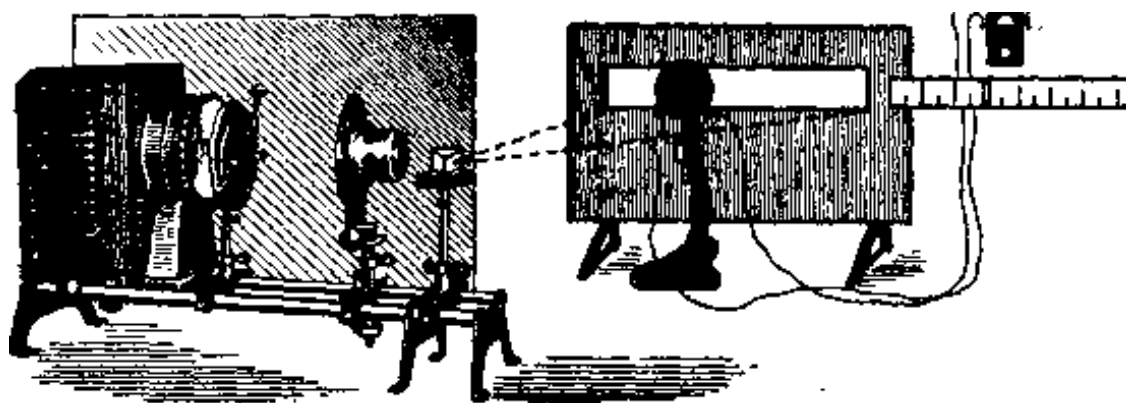


Рис. 2.20. Вимірювання розподілу енергії в спектрі

Рекомендуємо на закінчення коротко розповісти про застосування ультрафіолетових променів у дефектоскопії, біології й медицині.

Вважаємо за необхідне розповісти про біологічну дію ультрафіолетових променів, їх вплив на живі організми, що пов'язано з фотохімічними реакціями, які виникають при їх поглинанні. Всередину тканин організму ультрафіолетові промені проникають неглибоко (від 0,1 до 1 мм), але викликають складну біохімічну реакцію, наслідком якої є почервоніння шкіри людини (еритема), яке потім проходить, але лишає світло-коричневу пігментацію (загар). Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання залежить від його довжини: випромінювання з довжиною хвил 400—315 мкм (антирахітне) діє на організм як загартовуючий зміцнюючий засіб, під їх впливом вітамін *A* перетворюється на вітамін *D*. Брак цього вітаміну в організмі призводить до порушення фосфорно-кальцієвого обміну: фосфор і кальцій вимиваються з кісткової речовини. У похилому віці кістки стають крихкими й легко ламаються навіть за незначних навантажень, а в дитячому — виникає рахіт, використовується з гігієнічною та профілактичною метою; 315—280 мкм — лікувальна дія, зумовлюють складну фотохімічну реакцію в організмі, яка називається *еритемою*. При опроміненні променями цієї зони через 6—12 год. спостерігається почервоніння шкіри, яке утримується протягом кількох днів і потім зникає, але не безслідно: шкіра набуває світло-коричневої пігментації, яку називають загаром. При надлишковому опроміненні промені цієї зони можуть призвести до опіку й зумовити виникнення онкологічних захворювань; 280—200 мкм — бактерицидна дія, використовується для дезінфекції (особливо з довжиною хвилі 254 мкм). Біологічна дія ультрафіолетових променів використовується в медицині, у тваринництві, рослинництві.

**Рентгенівське випромінювання.** Після розгляду ультрафіолетового випромінювання логічно поставити запитання про можливість існування променів з ще коротшою довжиною хвилі. Спочатку коротко розповідаємо про історію відкриття променів, в потім визначаємо властивості, дії рентгенівських променів і їх застосування.

Переходячи до вивчення *рентгенівських променів*, доцільно порівняти властивості інфрачервоних, видимих і ультрафіолетових променів, підкресливши,

що відмінність їхніх властивостей залежить від різниці довжин хвиль. Бажано запитати студентів, як можна дістати промені, хвилі в яких коротші, ніж в ультрафіолетових променів, потім ознайомлюємо з історією відкриття рентгенівських променів (для цього можна доручити студентам підготувати короткі повідомлення). Потім, на прикладі будови рентгенівської трубки пояснюємо механізм виникнення гальмівного рентгенівського випромінювання.

Наголошуємо, що джерелами рентгенівського випромінювання є не тільки спеціальні (рентгенівські) трубки. Як джерело рентгенівського випромінювання застосовується бетатрон – індукційний прискорювач електронів. Деякі радіоактивні елементи випускають характеристичне рентгенівське випромінювання.

Далі пояснюємо механізм утворення рентгенівського випромінювання. Електрони, що вилітають з розжареного катода (термоелектрони), розганяються в сильному електричному полі. При різниці потенціалів  $U$  між катодом і анодом електрон набуває кінетичну енергію за рахунок роботи сил електричного поля  $eU$ , досконалої при переміщенні електрона в полі. Тут  $U$  виражено у вольтах.

При ударі об електрод електрони відчують сильне гальмування в електричних полях атомів металу. Частина їх енергії перетворюється у внутрішню енергію металу, інша частина – в енергію нового виду випромінювання – рентгенівських променів, що виходять з металу (антикатада).

Рекомендуємо звернути увагу на таке:

1. Проникаюча здатність рентгенівського випромінювання залежить від величини прикладеної до трубки різниці потенціалів. Чим вона більша, тим жорсткіше випромінювання (коротша довжина хвилі).

2. Різні матеріали неоднаково «прозорі» для нього. Менш густіші речовини більш «прозорі». Наприклад, 1 мм свинцю послаблює рентгенівське випромінювання в такій же мірі, в якій 6,5 мм сталі або 1 м дерева. Тому при роботі на рентгенівських установках як захисні засоби використовуються екрани з свинцю, рукавички і фартухи з свинцевої гуми, свинцеве скло.

3. «Прозорість» одного і того ж матеріалу залежить від жорсткості рентгенівського випромінювання.

4. Хвильова природа рентгенівського випромінювання спостерігалась в дифракції на кристалічній решітці.

Звертаємо увагу на те, що існує два різних види рентгенівського випромінювання: гальмівне і характеристичне. Виникнення гальмівного випромінювання пояснюємо на основі уявлень електродинаміки: при гальмуванні електронів в речовині виникає електромагнітне випромінювання із суцільним спектром. При цьому завжди є чітко виражена короткохвильова межа спектра, яка визначається співвідношенням  $eU = h\nu_{max}$ , де  $U$  – прискорююча напруга. Збільшення енергії електронів дає можливість зменшувати довжину хвилі і збільшувати проникаючу здатність випромінювання. Напруга в різних рентгенівських установках варіюється в широких межах (від десятків вольт до 100 В). вважаємо, що можливість управляти довжиною хвилі випромінювання за допомогою зміни електричних параметрів досліду є одним з переконливих аргументів в обґрунтуванні електромагнітної природи рентгенівського випромінювання.

При наявності часу або на факультативних заняттях рекомендуємо розглянути природу характеристичного рентгенівського випромінювання. Механізм виникнення характеристичного випромінювання схожий з випусканням атомами лінійного випромінювання і пов'язаний з переходом атомів з верхніх рівнів енергії на нижні. Спектр характеристичного випромінювання лінійчастий. Важливо, що лінійчастий характер спектра виходить з речовини, що знаходиться в твердому стані, чого не може бути в разі оптичного випромінювання. Причиною цієї відмінності є те, що рентгенівський спектр породжується переходами електронів внутрішніх шарів атомів. Внутрішні шари атомів не змінюються при зміні агрегатного стану речовини і хімічних зв'язків атомів. Завдяки цьому можливо за допомогою характеристичного рентгенівського випромінювання визначати склад мінералів і інших твердих тіл.

Велика проникаюча здатність рентгенівського випромінювання – його сама чудова властивість. Вона може бути пояснена великою енергією рентгенівських квантів.

Доцільно розповісти про ті труднощі, які виникали у процесі вивчення

природи рентгенівського випромінювання. Твердження про електромагнітну природу цих променів буде для студентів переконливішим, якщо їх ознайомимо з ідеями й результатами досліду М. Лауе. Припущення, що рентгенівські промені являють собою електромагнітні хвилі, які виникають під час гальмування електронів у моменті удару об анод, спочатку не підтверджувалося дослідами. Ряд властивостей рентгенівських променів ніби не свідчив про їх хвильову природу. Рентгенівські промені не відбивались і не заломлювались на межі двох середовищ, як звичайні світлові хвилі, не дифрагували й не інтерферували при використанні звичайних дифракційних решіток.

Пояснюємо суть дослідів М. Лауе з дифракції рентгенівських і променів на кристалічних решітках, якими було доведено, що ці промені здатні дифрагувати, отже вони мають хвильову природу; тільки довжина хвилі для рентгенівських променів значно менша, ніж у видимих чи ультрафіолетових. Довжина хвиль рентгенівського випромінювання знаходиться в діапазоні 5—0,01 нм.

Рекомендуємо познайомити студентів з основами рентгенівського структурного аналізу. Щоб сформувати у студентів уявлення про фізичну суть структурного аналізу, можна виконати досліди за допомогою його оптичної моделі, використавши дифракцію світла від двох схрещених під кутом  $90^\circ$  дифракційних решіток або, ще краще, трьох дифракційних решіток схрещених під кутами  $60^\circ$  і  $120^\circ$ . Доцільно при цьому порівняти утворену картину з реальною рентгенограмою.

Переконані, що будову й дію йонної рентгенівської трубки вивчати не слід, бо вона вийшла з ужитку.

Впевнені, що доцільно розповісти про галузі застосування рентгенівського випромінювання: для лікування й діагностики хвороб, виявлення дефектів у деталях, вивчення структури речовини (рентгенівський спектральний і люмінесцентний аналіз) тощо. Бажано заздалегідь підготувати до заняття таблиці із схемами рентгенівських установок, що застосовуються в різних галузях техніки, медицини тощо.

При наявності часу повідомляємо, що доза рентгенівського і гамма-випромінювань є мірою випромінювання, заснованої на їх йонізуючій здатності. За

одоміну дозі рентгенівського і гамма-випромінювань приймається рентген.

Рентген – це доза рентгенівського і гамма-випромінювання, при якій в повітрі масою  $1,293 \cdot 10^{-6}$  кг утворюються йони із загальним електричним зарядом для йонів кожного знака, рівним — кулона.

Тут  $c$  – числове значення швидкості світла у вакуумі, м / с,  $1,293 \cdot 10^{-6}$  кг повітря при температурі  $0^\circ\text{C}$  і тиску  $101\,325\text{ Н/ м}^2$  займає об'єм  $0,000001\text{ м}^3$ .

Наголошуємо, що одиницю вимірювання рентгенівського і гамма-випромінювання треба відрізнити від потужності дози цих випромінювань, вимірюваної в рентгенах в секунду (р/с). Наприклад, якщо опромінювати об'єкт з потужністю дози  $0,5$  р/с, то протягом  $8$  хв він отримає дозу випромінювання у  $8 \cdot 60 \cdot 0,5 = 240$  р.

Рекомендуємо таку вправу:

Рентгенівська трубка працює при напрузі  $90$  кВ. Яка найменша довжина хвилі випромінювання?

Розв'язування. Енергія, що повідомляється електрону, рівна  $eU$ . Вона перетворюється в енергію кванта випромінювання

$$- \quad (2.2)$$

Тому

$$- \quad (2.3)$$

Звідки

$$- \quad (2.4)$$

Тут  $A$  постійна Планка  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с,  $c$  – швидкість світла у вакуумі,  $e$  – заряд електрона,  $U$  – напруга на трубці  $90$  кВ і  $\lambda_{\text{мін}}$  – найменша довжина випромінювання.

Далі розповідаємо, що голубою мрією лікарів у всі часи було бажання мати в своєму розпорядженні таке магічне дзеркальце, за допомогою якого можна було б спостерігати внутрішні органи людини, коли вона ще жива, а не тоді, коли вона вже лежить на столі патологоанатома.

Одвічна мрія лікарів стала реальністю з відкриттям рентгенівських променів. Є два основних методи рентгенодіагностики: рентгеноскопія й рентгенографія.

Під час рентгеноскопії хворого розміщують між рентгенівською трубкою 1 (рис. 2.21) та екраном 2, покритим сульфідом цинку з додаванням солей кадмію. Пучок рентгенівських променів обмежується свинцевою діафрагмою 3. Рентгенівські промені поглинаються м'якими тканинами й кістковою речовиною неоднаково, тому одні ділянки екрана виявляються світлішими, а інші — темнішими, й на екрані виникає тіньове зображення внутрішніх органів людини.

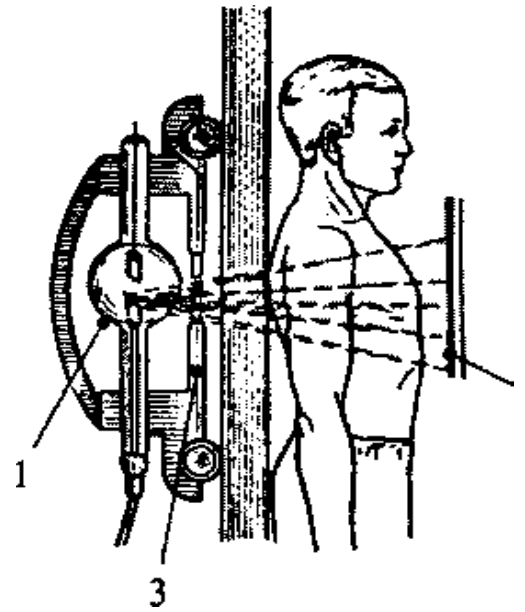


Рис.2.21.Рентгеноскопія

Поглинання рентгенівських променів атомами речовини не залежить від того, в якому хімічному сполученні міститься елемент у конкретній речовині. Кістки  $[Ca_3(PO_4)_2]$  в основному складаються з кальцію й фосфору, а м'які тканини на 70—80 % — з води. Атомні номери кальцію й фосфору відповідно дорівнюють 20 і 15, а гідрогену (водню) й оксигену (кисню) — 1 і 8. Тому кістки поглинають рентгенівське випромінювання значно сильніше, ніж м'які тканини тіла людини. Внаслідок цього інтенсивність рентгенівського випромінювання, що пройшло крізь кістки, значно менша, ніж інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь м'які тканини. Яскравість тіньового зображення на люмінесцентному екрані тим більша, чим більша інтенсивність рентгенівського випромінювання, що падає на нього. Завдяки цьому можна спостерігати зображення внутрішніх органів тіла людини й кісток скелета в тіньовій проекції на екран.

Якщо досліджуваний орган і прилягаючі тканини однаково поглинають рентгенівське випромінювання, то їх зображення на екрані неможливо відрізнити одне від одного. У цьому разі в досліджуваний орган (шлунок, кишки) вводять контрастну речовину — сульфат барію (“барієву кашу”,  $BaSO_4$ ). Атоми сульфуру



(сірки) й барію сильніше поглинають рентгенівське випромінювання, ніж атоми гідрогену й кисню, що входять до складу прилягаючих тканин. І тому шлунок чи кишки, заповнені “барієвою кашею”, стають видимими на екрані рентгенівського апарата.

*Під час рентгенографії* екран заміняють на фотоплівку великих розмірів. Її вкладають у спеціальну касету, непрозору для видимого світла. Під дією рентгенівських променів фотоплівка темніє прямо пропорційно їхній інтенсивності. Фотографія, одержана в рентгенівських променях, дає чіткіше зображення і на ній можна розгледіти більше деталей, ніж на екрані, а також зробити потрібні вимірювання. Її можна вивчати порівняно довго, а час перебування хворого під безпосередньою дією рентгенівського випромінювання за можливості має бути обмеженим. Знімок, який одержують під час рентгенографії, дає негативне зображення відносно картини, що спостерігається на екрані: місця, темні на екрані, виявляються світлими на знімку, й навпаки.

*У рентгенотерапії* використовують йонізаційні й бактерицидні властивості рентгенівських променів. Рентгенівське випромінювання, проходячи крізь тканини організму, спричинює інтенсивну йонізацію молекул і згубно діє на вогнища бактеріального характеру й злоякісні пухлини. За допомогою рентгенівських променів успішно лікують рак шийки матки й онкологічні хвороби шкіри.

**Шкала електромагнітних хвиль.** Після ознайомлення з різними видами випромінювань логічно, на нашу думку, зробити загальний огляд електромагнітних хвиль. Вивчення радіохвиль різної довжини, світлових хвиль *видимої* частини спектра, інфрачервоних, ультрафіолетових і рентгенівських променів показало, що, незважаючи на різні способи утворення і якісні відмінності, вони мають однакову фізичну природу — всі вони електромагнітні хвилі. Лише незначна частина їх діє безпосередньо на наші органи чуття, а про всі інші ми дістаємо уявлення за допомогою відповідних приладів. З фізичної точки зору всі хвилі відрізняються одна від одної тільки частотою (довжиною хвилі) й амплітудою. Тому їх можна розмістити в безперервний ряд за послідовним зменшенням довжини хвилі, інакше кажучи, за зростанням частоти коливань. Такий *ряд* називається шкалою

електромагнітних хвиль.

Пояснюючи цей матеріал, слід скористатися спеціальною таблицею шкали електромагнітних хвиль. У цьому місці курсу огляд робимо, класифікуючи випромінювання по довжинах хвиль (частотах). Однак випромінювання, крім хвильової, володіє також дискретною структурою і властивостями. Тому до огляду електромагнітних випромінювань слід звертатися неодноразово: після вивчення хвильової, потім квантової оптики, тобто вести цей огляд відповідно на мові хвильової, фотонної теорії і корпускулярно-хвильового дуалізму. Шкала електромагнітних випромінювань повинна містити необхідну для цього наукову і технічну інформацію. У ній відображені фізичні підходи до аналізу електромагнітних випромінювань, особливо спектральний і енергетичний.

Повторення і узагальнення навчального матеріалу охоплює такі відомості. Електромагнітний спектр за способом генерації випромінювань умовно розділений на такі області: гамма-випромінювання (розпад радіоактивних ядер атомів і деяких елементарних частинок), рентгенівське випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, видиме випромінювання (освітлювальні лампи розжарювання, люмінесцентні джерела, лазери), інфрачервоне випромінювання (теплові джерела, деякі лазери), радіовипромінювання (радіопристрої для зв'язку, локації, навігації, мовлення, телебачення), низькочастотне випромінювання (електричні генератори).

Розподіл електромагнітного спектра на діапазони може бути вироблено і за іншими ознаками, наприклад за характером впливу випромінювання на речовину, за ступенем проникаючої здатності випромінювання.

Під час обговорення доказів електромагнітної природи світла випромінювань вважаємо за необхідне спиратися на такі факти: 1) Існують такі ділянки спектра випромінювань, електромагнітна природа яких переконливо виступає з умов їх виникнення. Сюди відносяться радіовипромінювання коливального контуру і гальмівне рентгенівське випромінювання. 2) На «стиках» діапазонів випромінювання можуть бути отримані різними методами. При перекритті довжин хвиль утворюються ідентичні за властивостями випромінювання (наприклад, інфрачервоні оптичні промені до субміліметрові радіохвилі Лебедева і Глагольєвої-

Аркадьєва). З цього зробимо висновок, що інфрачервоне випромінювання має електромагнітну природу. 3) Сучасна наука і техніка дають нові докази електромагнітної природи світла: випромінювання Вавілова-Черенкова, викликане рухом швидких електронів в речовині; явище, що отримало назву «електрон, що світиться» (випромінювання видимого світла електронами в бетатроні); перекриття генеруючих лазерами різних діапазонів випромінювань (починаючи від радіодіапазона і закінчуючи короткохвильовим оптичним випромінюванням); виявлення космічних об'єктів, випромінюючих, поряд з оптичним, також і радіо-, рентгенівське і гамма-випромінювання. 4) Експериментальний доказ численних наслідків і передбачень електромагнітної теорії дисперсії, поглинання, розсіювання, генерування та інших явищ не залишає ніяких сумнівів в справедливості висновку про електромагнітну природу розглянутих випромінювань. 5) Спільність природи розглянутих випромінювань виражається і в установленому теорією відносності граничному характері їх швидкості у вакуумі, що несумісно з гіпотезою світлоносного середовища (ефіру).

Зауважимо, що світло, як і інші різновиди електромагнітних хвиль, є особливим видом матерії. Різниця частот приводить до розрізнення їх властивостей при єдиній електромагнітній природі. У шкали електромагнітних хвиль повинне слугувати узагальнення, повторення і закріплення навчального матеріалу. Важливо не тільки показати, як можна зробити відлік за шкалою, а на основі отриманих знань поз'яснити також її фізичну сторону. Коротко повторюємо, де використовуються електромагнітні випромінювання в науці, техніці, медицині.

Велике пізнавальне значення мають відомості про створення в наш час всехвильової астрономії. Крім видимого випромінювання, астрономічні об'єкти випускають радіо-, інфрачервоне, ультрафіолетове, рентгенівське і гамма-випромінювання (а також корпускулярне випромінювання). За цим випромінюванням досліджуються будова, властивості і розвиток астрономічних об'єктів. Розробляються теорії еволюції Всесвіту, створені космологічні моделі і теорії, розширюються межі пізнання природи.

Характер взаємодії різних видів випромінювання з речовиною змінюється в

залежності від довжини хвилі (або частоти). Це приклад прояву одного з найважливіших законів матеріалістичної діалектики – закону переходу кількісних змін у якісні і назад.

На нашу думку, велике фізичне значення мають питання про колір тіл, змішуванні спектральних кольорів, принцип дії кольорового кінескопа. Їх можна розглянути на заняттях фізичного гуртка.

Вважаємо, що дана тема повинна носити характер підсумкового узагальнення вивчених випромінювань. Остаточний висновок про їх єдину електромагнітну природу повинен бути обґрунтований шляхом зіставлення властивостей хвиль різних діапазонів.

Студентам пропонуємо підготувати з кожного виду випромінювання (з кожного діапазону хвиль) такі повідомлення:

1. Способи генерування.
2. Способи реєстрації.
3. Методи дослідження спектра.
4. Основні характеристики і властивості (діапазон частот, фізичні властивості).
5. Практичне застосування.

Крім того, ряду студентів доручаємо підготувати повідомлення з таких питань:

1. Роботи П. К. Лебедева з вивчення електромагнітних випромінювань (міліметрові хвилі; тиск світла).
2. Досліди А. А. Глагольєвої-Аркадьєва.
3. Вивчення космосу за допомогою радіо-, рентгенівського і гамма-випромінювань.
4. Око і Сонце.
5. Кольори тіл.

Рекомендуємо провести екскурсію в рентгенівський кабінет медичної установи, в рентгеноструктурну лабораторію заводу або інституту.

Пропонуємо студентам дати відповіді на запитання:

1. Чим пояснюється надійна орієнтація змій уночі, коли вони успішно полюють на здобич?
2. Чи можна одержати збільшений або зменшений знімок людських органів під час просвічування їх рентгенівськими променями?
3. Біля установок, що випромінюють короткохвильове ультрафіолетове світло, можна відчутися запах озону. Як це пояснити?
4. Чому скляна призма не придатна для отримання спектрів інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання? Які призми необхідні для цього?
5. Чому медична лампа, яка дає багато ультрафіолетових променів називається “чорним сонцем”?
6. Чому колір деяких матеріалів при денному і електричному освітленні відрізняється?
7. Якими лампами краще користуватись для освітлення відділу магазину, в якому продають текстильні матеріали?
8. Чому в парниках температура значно вища, ніж у навколишнього повітря навіть за відсутності опалення і добрив?
9. Для чого при спектральному аналізі досліджувану речовину поміщають в полум’я горілки чи вводять в електричну дугу?
10. Що можна дізнатись про склад сплаву при вивченні яскравості спектральних ліній в його спектрі?
11. Чому на рентгенівські трубки дають високу напругу – в десятки чи сотні кіловольт?
12. Чому суцільний рентгенівський спектр, який випускається трубкою, має різку межу зі сторони коротких хвиль? Чим визначається його розташування?
13. Чи випромінює електромагнітні хвилі стілець, на якому ви сидите? Книга, яку ви читаєте?
14. Коли чайник утворює більше випромінювання: коли в ньому окріп чи вода кімнатної температури?

Задачі високого рівня складності можна запропонувати студентам розв’язати самостійно:

1. Яка напруга між катодом і анодом, якщо величина кінетичної енергії електрона, з якою він долетів до анода рентгенівської трубки становить  $8 \cdot 10^{-15}$  Дж?
2. З якою швидкістю долітають електрони до анода рентгенівської трубки, яка працює при напрузі 80 кВ?
3. Знайдіть границю гальмівного рентгенівського випромінювання (частоту і довжину хвилі) для напруг  $U_1 = 2$  кВ і  $U_2 = 20$  кВ. У скільки разів енергія фотонів цих випромінювань більше енергії фотона, що відповідає  $\lambda = 760$  нм (червоний колір)?
4. Знайдіть потік рентгенівського випромінювання при  $U = 10$  кВ,  $I = 1$  мА. Анод вольфрамовий.
5. Визначте у скільки разів масовий коефіцієнт послаблення кісток ( $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ) більший масового коефіцієнта послаблення води.
6. Для рентгенодіагностики застосовують контрастні речовини. Наприклад, шлунок і кишечник заповнюють кашкою з сульфату барію  $\text{BaSO}_4$ . Порівняйте масові коефіцієнти послаблення сульфату барію і м'яких тканин (води).
7. Рентгенівська трубка, що працює під напругою 50 кВ і при струмі 2 мА, випромінює  $5 \cdot 10^{18}$  фотонів за секунду, при довжині хвилі 0,1 нм. Визначити ККД трубки, тобто скільки відсотків від потужності споживаного струму становить потужність рентгенівського випромінювання.
8. У скільки разів зменшиться інтенсивність рентгенівських променів з довжиною хвилі 20 нм при проходженні через шар заліза товщиною 0,15 мм? Масовий коефіцієнт поглинання заліза для цієї довжини хвилі  $1,1 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

### **2.3. Методичні особливості квантових властивостей світла: гіпотеза М.Планка, світлові кванти, енергія та імпульс фотона, явища фотоефекту.**

На нашу думку, центральним методичним завданням теми є формування у студентів поняття про дискретний характер випромінювання і поглинання енергії, про кванти світла, про квантову теорію і її значення в сучасній фізиці.

Вивчення фотоефекту, законів, яким підкоряється це явище, їх пояснення на

основі квантової теорії світла, вивчення хімічної дії світла і його тиску мають велике значення для формування поняття «фотон» («квант світла»), а також для розкриття перед студентами правомірності використання закону збереження і перетворення енергії стосовно пояснення світлових явищ.

Вважаємо, що ознайомлення студентів з дуалізмом властивостей світла, переконання в матеріальності його сприяє формуванню у них поняття про сучасну квантово-хвильову фізичну картину світла.

На нашу думку, одне з найважливіших завдань теми – ознайомлення із застосуванням явищ фотоефекту, хімічного дії світла, з роллю фотосинтезу в природі і способами використання цього явища в інтересах людини.

У темі можливо особливо яскраво, повно показати студентам взаємозв'язок і взаємозбагачення загальнофізичних, релятивістських, квантовооптичних і філософських понять – діалектично-суперечливий характер розвитку науки (на прикладі розвитку уявлень про природу світла).

Поглиблюючи уявлення про квантову структуру світла, розширюємо поняття про фотон як елементарну частинку, що має енергію, масу та імпульс.

На нашу думку, матеріал цього розділу має велике значення з методологічного і політехнічного боку. В цьому розділі розглядаємо явища, пов'язані з різними перетвореннями світлової енергії, формуємо й поглиблюємо два фундаментальних поняття сучасної фізики — про дискретність енергетичних станів атома й про фотон, обґрунтовуємо сучасну теорію світла, яка являє собою синтез корпускулярної і хвильової теорій. Вважаємо, що під час вивчення цього розділу треба пояснити, що природа світла електромагнітна, а властивості світла — хвильові й корпускулярні. При взаємодії випромінювання з речовиною в одних випадках на перший план виступають хвильові властивості випромінювання, а в інших, навпаки, істотну роль відіграють квантові властивості випромінювання, а його хвильові властивості не мають істотного значення. При малих частотах, тобто при великих довжинах хвиль, величина кванта дуже мала і виявити квантовий характер взаємодії довгохвильового випромінювання з речовиною важко. В таких випадках чітко виявляється хвильовий характер випромінювання, тому такі явища добре

пояснюються хвильовою теорією. Прикладами таких явищ є поглинання й випромінювання радіохвиль, при яких квантова природа випромінювання не має практичного значення.

Навпаки під час випромінювання і поглинання рентгенівських променів, кванти яких в мільярди разів більші за кванти радіохвиль, істотну роль відіграє квантова природа рентгенівських променів, тому їх випромінювання і поглинання пояснюються за допомогою квантової теорії.

При взаємодії з речовиною інфрачервоних, видимих і ультрафіолетових променів виявляються як хвильові, так і квантові властивості випромінювання. В цих випадках, описуючи явища, користуються обома теоріями випромінювання.

У цьому розділі студенти ознайомляться з важливими і різноманітними застосуваннями фотоелементів і фотореле, зокрема в автоматичних установках, з хімічною дією світла у фотографії, з люмінесцентними лампами, записом і відтворенням звуку тощо.

### **2.3.1. Практичне застосування знань про тиск світла, хімічну та теплову дії світла**

Перед початком вивчення нових для студентів квантових властивостей світла рекомендуємо повторити такі питання: 1. Шкала електромагнітних хвиль. 2. Експериментальні факти, що свідчать про електромагнітну природу світла. 3. Робота сил електричного поля з переміщення заряду в електричному полі.

Впевнені, що бесіда з цих питань на занятті допоможе студентам чіткіше усвідомити неможливість пояснення нових для них наукових фактів (розподіл енергії в спектрі абсолютно чорного тіла; незалежність енергії електронів, які вириваються з речовини під дією світла від освітленості поверхні) з точки зору хвильової теорії світла.

Далі відзначаємо, що до кінця XIX ст. всі відомі оптичні явища пояснювалися з точки зору електромагнітної теорії світла. Всі відомі на той час факти підтверджували, що природа світла єдина з природою радіохвиль і рентгенівського



випромінювання. Уявлення про електромагнітну природу світла привели вчених до думки про те, що енергія випромінювання передається безперервно – так само, як безперервно розповсюджується сама електромагнітна хвиля. Однак в кінці XIX в. були виявлені явища, які виявилось неможливо пояснити на основі класичної електродинаміки. Що ж це за явища? Коли і ким вони були відкриті?

Перш ніж відповісти на ці питання, пропонуємо згадати, яким чином виявляються ті чи інші властивості світла.

У процесі бесіди студенти приходять до висновку, що всі відомі до цього часу їм світлові явища виявлялися по взаємодії світла з речовиною. Всі взаємодії світла з речовиною супроводжуються певними змінами, що відбуваються з речовиною, і змінами при взаємодії з нею світла. Світло відбивається, заломлюється, поглинається речовиною.

Вивчення явищ, якими супроводжується взаємодія світла з речовиною, законів, яким вони підкоряються, дозволяє глибше пізнати природу світла, його структуру, його внутрішню сутність. Такими явищами, відкриття і вивчення яких призвело до корінних змін уявлень про природу світла, виявилися випромінювання абсолютно чорного тіла і фотоефект. Далі розглядаємо історію виникнення (введення) в фізиці поняття “квант” і початок зародження квантової теорії.

Впевнені, що яке б поняття не формувалося у студентів, необхідна мотивація. А це може бути здійснено лише на основі розкриття недостатності вже існуючої в науці системи понять для пояснення знову встановлених наукових фактів, для пояснення виявлених явищ або для розв’язання завдань, висунутих практикою. При формуванні фундаментальних понять, таких, як поняття “квант”, дотримання цієї вимоги теорії формування понять має особливо важливе значення. Студенти повинні знати, добре розуміти, що поняття в науці вводяться не випадково. Вони “виникають” на певних етапах розвитку науки в результаті вирішення протиріч, що виникають між наявними знаннями (поняттями) і науковими чи практичними завданнями. В даному випадку таким науковим фактом, який привів до введення в науку поняття “квант”, стало встановлення неможливості пояснити спостережувані на дослідах закономірності розподілу енергії в спектрі абсолютно чорного тіла на

основі електромагнітної теорії світла і законів електромагнетизму, встановлених Максвеллом. Електродинаміка Максвелла, передбачила існування електромагнітних хвиль і чудово описує процеси їх випромінювання і поширення, зайшла в суперечність зі знову встановленими фактами.

Сутність суперечності полягала в такому. Згідно електромагнітної теорії нагріте тіло внаслідок випромінювання електромагнітних хвиль має охолотитися до абсолютного нуля. Однак повсякденний досвід показує, що нічого подібного не відбувається. Суть протиріччя полягає також в тому, що згідно класичної фізики в суцільному спектрі “абсолютно чорного тіла”, нагрітого до білого світіння, найбільше кількості енергії повинно припадати на випромінювання з найкоротшою довжиною хвилі. Цей висновок впливав з усього попереднього розвитку фізики. Практичні ж вимірювання показали, що при найбільш високих температурах максимум енергії не перебуває в області найкоротших хвиль, тобто в ультрафіолетовій частині спектру випромінювання.

Німецький фізик Макс Планк (1858-1947) в пошуках виходу протиріччя висловив думку, що невірним є вихідне положення класичної фізики про неперервне випромінювання світла (енергії). Він прийшов до висновку, що його положення має бути замінено новим: світло випромінюється тілом не неперервно, а дискретно, особливими порціями, які Планк назвав квантами. Пізніше вони були названі фотонами. Планк запропонував, що енергія кожної порції пропорційна частоті випромінювання:

$$E = h\nu \quad (2.5)$$

Коефіцієнт пропорційності  $h$  в честь вченого був названий пізніше постійної Планка.

Планк показав, що класичний осцилятор не може володіти середньою енергією, як це впливає з теореми про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності, а має енергію, що відповідає її частоті:

$$\frac{E}{\nu} = h \quad (2.6)$$

Повідомляємо, що Планк, використовуючи знайдений їм зв'язок між енергією рівноважного випромінювання в одиниці об'єму поля випромінювання і середньою енергією осцилятора:

$$\text{---} \quad (2.7)$$

отримав свою знамениту формулу для розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла:

$$\text{---} \quad (2.8)$$

З неї отримуємо закон Стефана-Больцмана для енергії, випромінюваної абсолютно чорним тілом з одиниці поверхні отвору ( $E = \sigma T^4$ , де  $\sigma$  – постійна Стефана - Больцмана).

Планк записав свою формулу так:  $f(\nu) = n(\nu) h\nu$ , де  $n(\nu)$  – число квантів, рівне  $\text{---}$ , а  $\text{---}$  – енергія кванта.

Звертаємо увагу, що припущення Планка, по суті, означало твердження про непридатність законів класичної фізики до явищ мікросвіту. Відкриття Планка мало настільки важливе значення, що воно привело до створення в наступні роки нової теорії – квантової теорії світла і нового розділу сучасної фізики – квантової механіки.

Поняття про фотон вводимо на основі аналізу явища фотоелектричного ефекту, який досить легко демонструвати. Слід вказати на істотний недолік підходу до введення поняття фотона та існування дискретних енергетичних станів атома, який дається у вигляді постулату і не доводиться експериментально. У зв'язку з цим можна починати і формування поняття фотона з доказів існування дискретних рівнів енергії атома.

Порівнюючи властивості кванта випромінювання з відомими студентам властивостями частинок, приходимо до висновку, що квант випромінювання поводить в ряді випадків як частинка. Ця частинка називається фотоном. При

формуванні поняття про фотон розглядаємо такі його характеристики і відмінні особливості:

- фотон – матеріальна частинка, електрично нейтральна; енергія фотона дорівнює  $E = h\nu$ , тобто визначається частотою відповідної електромагнітної хвилі;

- швидкість фотона завжди дорівнює  $c$  – швидкості світла у вакуумі; все, що сказано про швидкість світла (кінечність, граничність, інваріантність щодо будь-якої системи відліку), відноситься і до фотону, так як фотони і є світло;

- фотон – ультрарелятивістська частинка; на відміну від частинок речовини (нуклонів, електронів, мезонів і інших елементарних частинок), швидкість яких завжди менша і які мають ненульову масу спокою, він не має маси спокою.

Оскільки у фотона немає маси спокою, то він не підкоряється законам Ньютона. Зокрема, його не можна ні прискорити, ні загальмувати і ніякі сили на нього не діють. Викривлення світлових променів в поле тяжіння Сонця і зірок пояснюється не притяганням фотонів, а зміною геометрії простору-часу, завдяки чому найкоротша відстань між двома точками виявляється вже не прямою, а кривою лінією.

Імпульс фотона дорівнює  $p = h\nu/c = h/\lambda$ , де  $\lambda$  і  $\nu$  – відповідно довжина і частота світлової хвилі. Це вказує на зв'язок корпускулярних і хвильових властивостей світла: адже  $p$  – імпульс частинки, а  $\lambda$  і  $\nu$  – характеристики хвилі.

Зауважимо, що фотон не ділиться на частини. Він випромінюється, відбивається, заломлюється, поглинається тільки цілком. “Розмінювання” енергії фотона можливе тільки шляхом перевипромінювання в два етапи: один фотон поглинається, а інший випускається. Випускання фотонів тілом, яке світиться відбувається статистично безладно. Тому в світловому потоці є флуктуації концентрації фотонів.

Слід підкреслити, що прийняття фотонної теорії світла не означає повернення до нової теорії. З точки зору Ньютона і його послідовників, світлові корпускули розглядались як звичайні частинки, що підкоряються законам ньютонівської механіки. Фотон принципово відрізняється від класичної корпускули тим, що його

властивості нерозривно пов'язані з електромагнітною хвилею: його енергія і імпульс повністю визначаються її частотою (або довжиною хвилі).

Таким чином, фотон володіє подвійними властивостями – як корпускулярними, так і хвильовими.

Звертаємо увагу, що залежність енергії фотона від частоти хвилі (довжини хвилі) дозволяє пояснити мутагенну дію рентгенівських і гамма-променів. Виявляється, що фотони видимого випромінювання, енергія яких дорівнює приблизно 1,8-3,1 еВ, не можуть проникнути всередину організму, вони поглинаються в зовнішньому шарі. Фотони ультрафіолетового випромінювання, енергія яких в 1,5-2 рази більша, ніж видимого, проникають глибше в шкіру, але затримуються пігментним шаром, що призводить до засмаги.

Фотони рентгенівського і гамма-діапазону, енергія у яких в  $10^4$ - $10^7$  разів більше, ніж у фотонів видимого світла, потрапляють в середину організму. Впливаючи на хромосоми статевих клітин, вони можуть розірвати зв'язки між їх окремими ділянками, що призводить до виникнення мутацій. Більшість мутацій носить летальний характер, але іноді можуть виникнути і життєдіяльні мутовані організми, що використовується в генетиці і селекції нових видів рослин, тварин і мікроорганізмів.

Варто наголосити, що основним експериментальним доказом наявності у фотона імпульсу є ефект Комптона, відкритий в 1922 р при вивченні розсіювання рентгенівського випромінювання в речовині. У 1923 р А. Комптон і незалежно від нього П. Дебай пояснили це явище з точки зору квантової теорії. Розглянемо коротко його суть.

Відповідно до класичної електромагнітної теорії розсіяне випромінювання повинно мати ту ж частоту (і ту ж довжину хвилі), що і падаюче на речовину випромінювання. Дійсно, випромінювання, падаючи на речовину, викликає вимушені коливання електронів, які за рахунок цього випромінюють електромагнітні хвилі. Але при цьому частота хвилі мінатися не повинна, бо частота вимушених коливань дорівнює частоті змушуючої сили, в даному випадку – частоті падаючої на речовину електромагнітної хвилі.

Комптон виявив, що якщо рентгенівське випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda_0$  розсіюється речовиною (наприклад, воднем або металами), то в розсіяному потоці поряд з випромінюванням з тією ж довжиною хвилі  $\lambda$  спостерігається випромінювання з більшою довжиною хвилі (рис. 2.22):

$$- \quad (2.9)$$

де  $\Theta$  - кут розсіювання, а  $\Lambda = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м} = 2,43 \cdot 10^{-3} \text{ нм}$  (ця величина, звана комптонівською довжиною хвилі, не залежить від властивостей розсіювальної речовини).

Кількісний розрахунок ефекту Комптона пов'язаний з громіздкими обчисленнями, можна запропонувати студентам на самостійне опрацювання, але програмою він не передбачений.

Збіг експериментальних і теоретичних даних, що стосуються ефекту Комптона, дає змогу зробити висновок про застосовність законів збереження енергії та імпульсу до окремих, елементарних процесів, а також підтвердити уявлення про фотон як елементарну частинку.

Вагомість фотона у полі тяжіння Землі підтверджується дослідом американських фізиків Паунда і Ребка, проведеним у 1960 р. у Гарвардському університеті. Цей дослід простий за своєю ідеєю, тому про нього можна також розповісти студентам.

Явище фотоефекту доводить квантовий характер поглинання, а не квантовий характер випромінювання. Квантовий характер випромінювання впливає з розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Щоб підтвердити квантовий характер випромінювання розглядаємо ідею дослідів Боте, який доводить фотонну структуру рентгенівського випромінювання. Вона полягає в тому, що на тонку металеву фольгу спрямовують рентгенівські або  $\gamma$ -промені малої

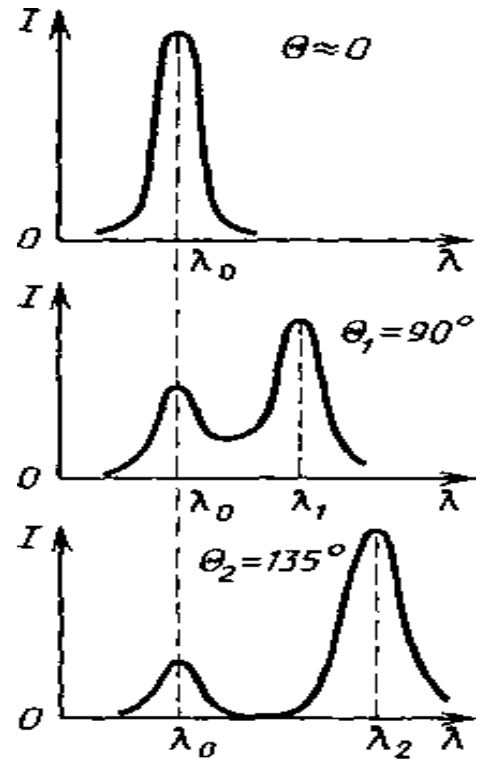


Рис. 2.22. Графіки рентгенівського випромінювання

інтенсивності. Під їхньою дією фольга стає джерелом рентгенівських променів слабкої інтенсивності, які реєструються двома лічильниками Гейгера. Якби рентгенівське випромінювання було неперервним, то одночасно спрацьовували б обидва лічильники. Проте дослід показує, що ці два лічильники спрацьовують не одночасно, незалежно один від одного, що свідчить про дискретний, квантовий характер випромінювання. Схему спрощеного демонстраційного варіанту досліду Боте запропонував Д. І. Пеннер.

Можна показати модель досліду Боте також у такому демонстраційному варіанті. Джерелом квантів є радіоактивний препарат, а для реєстрації використовують два лічильники Гейгера. Якщо з'єднати два лічильники Гейгера A і B (рис. 2.23), то на екрані осцилоскопа при ввімкненій горизонтальній розгортці спостерігатимемо імпульси «вгору» або «вниз», залежно від того, на який з лічильників — A чи B попадає квант. Вигляд імпульсів свідчить про дискретний характер  $\gamma$ -випромінювання радіоактивного препарату. На нашу думку, цей дослід зручний тим, що в ньому використовується стандартне шкільне обладнання з незначною переробкою (потрібно лише два резистори).

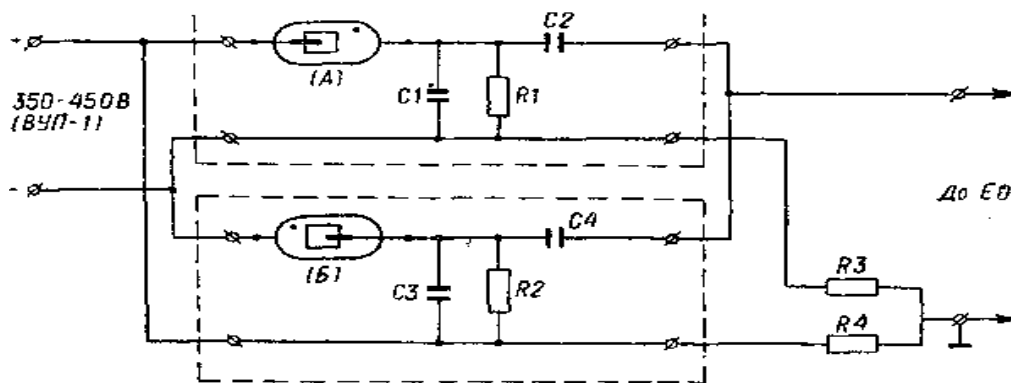


Рис. 2.23. Модель досліду Боте

Для пояснення суті корпускулярно-хвильового дуалізму велике значення має дослід С. І. Вавилова з флуктуації світлового поля слабкої інтенсивності, в якому одночасно виявляються хвильові й квантові властивості світла. Бажано ознайомити студентів з цим дослідом.

Впевнені, що дослід С. І. Вавилова зовсім по-іншому висвітлює явища інтерференції та дифракції: при звичайних інтенсивностях ці явища виявляють хвильові властивості світла, а при малих інтенсивностях — квантові. Отже, квантова

теорія світла, синтезуючи хвильовий і корпускулярний аспекти випромінювання, дає єдине тлумачення всіх оптичних явищ для будь-яких інтенсивностей світла.

Вважаємо, що треба підвести студентів до розуміння суті двоїстості (дуалізму) властивостей світла, пояснити, що така двоїстість є проявом його діалектичної сутності “Квантові і хвильові властивості” органічно доповнюють, а не заперечують одна одну. Ці ідеї розвинув Луї де Бройль. Він поширив на всі частинки речовини двоїстість поняття «частинка і хвиля» і встановив зв’язок механічних величин — енергії й імпульсу частинки — з хвильовими величинами — частотою  $\nu$  і довжиною хвилі  $\lambda$ , які виражені через співвідношення, з тією тільки відмінністю, що замість швидкості світла в цих виразах стояла швидкість руху частинки. Ідея де Бройля була підтверджена рядом дослідів (дифракція електронів тощо) і покладена в основу хвильової (квантової) механіки.

Отже, студенти повинні зрозуміти, що корпускулярно-хвильові властивості світла відбивають об’єктивну реальність, яка існує в природі. Світло — вид матерії, якому притаманні певні характерні властивості, що проявляються, зокрема, в квантово-оптичних явищах.

Підкреслюємо, що питання про те, що ж таке світло — хвиля чи частинка — не має фізичного змісту, бо світло ні те, ні друге в класичному розумінні цього слова. Світло має електромагнітну природу і корпускулярно-хвильову структуру. Залежно від частоти світла, більшою чи меншою мірою виявляються хвильові або корпускулярні властивості: при малих частотах (радіохвилі) переважно виявляються хвильові властивості, а при великих (рентгенівське і  $\gamma$ -проміння) — квантові. *Світло виявляє діалектичну єдність протилежних властивостей — неперервності і дискретності.* Розкриття квантовою теорією цієї єдності підтвердило велич діалектичного закону єдності протилежностей як такого, що відбиває глибинні закономірності явищ природи.

Для закріплення матеріалу доцільно розглянути питання:

1. Чому збільшення довжини хвилі при розсіюванні спостерігається у рентгенівського і гамма-випромінювань і не спостерігається у видимого світла,



ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання? Адже механізм їх розсіювання один і той же?

2. Як зміниться тиск пучка світла, що падає перпендикулярно на чорну поверхню при перпендикулярному падінні, якщо  $k$ -частина фотонів дзеркально відбиватиметься від поверхні?

3. На плоскопаралельну пластинку світло падає під кутом. Який буде напрям прискорення пластинки під дією світла, якщо пластинка: а) поглинає всі фотони; б) дзеркально відбиває їх?

4. Частинка у хвості комети набула прискорення під дією сонячного світла. Поясніть причину збільшення її кінетичної енергії та порівняйте енергію падаючих і відбитих фотонів.

5. Відомо, що хвости комет направлені від Сонця. Як можна пояснити появу у деяких комет менш яскравих і коротших хвостів, направлених до Сонця?

6. Чи зміниться температура поверхні Землі, якщо абсолютна температура половини поверхні Сонця дорівнюватиме нулю, а друга половина поверхні матиме температуру  $12\,000^\circ\text{C}$ ?

7. При розсіюванні короткохвильових фотонів на електронах довжина хвилі фотона після розсіювання виявляється більшою, ніж до розсіювання. Як змінюється частота фотонів?

8. У якому випадку – при розсіюванні на електроні чи при розсіюванні на ядрі атома – зміна довжини хвилі фотона виявляється більшою?

9. У якому випадку спостерігається більша зміна довжини хвилі фотона: при розсіюванні на кут  $90^\circ$  чи на  $180^\circ$ ?

10. Око людини сприймає світло з довжиною хвилі  $0,5\ \mu\text{м}$ , якщо світлові промені несуть енергію не меншу від  $20,8 \cdot 10^{-18}\ \text{Дж/с}$ . Яка кількість квантів світла при цьому потрапляє на сітківку ока щосекунди?

11. Визначити масу, енергію та імпульс фотона, якому відповідає довжина хвилі: а)  $\lambda_1 = 700\ \text{нм}$ ; б)  $\lambda_1 = 400\ \text{нм}$ .

12. Яка кількість фотонів світла з довжиною хвилі  $\lambda = 500\ \text{нм}$  відповідає енергії  $E = 10\ \text{еВ}$ ?

13. Визначити довжину хвилі фотона, імпульс якого дорівнює імпульсу електрона з швидкістю  $v = 10^4$  км/с.

14. Яку енергію повинен мати фотон, щоб його маса була рівна масі спокою електрона?

15. Електрон рухається з швидкістю  $v = 10^8$  см/с. В результаті гальмування електрона в полі атома він зупиняється і випускає один фотон. Визначити довжину хвилі випромінюваного світла.

16. З якою швидкістю повинен рухатися електрон, щоб його імпульс дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі  $\lambda = 500$  нм.

Для перевірки знань студентів з даної теми ми склали самостійну роботу, яка подана в додатку Є.

На нашу думку, важливе значення для формування у студентів квантових уявлень має явище фотоефекту, оскільки воно наочно підтверджує теоретичні висновки експериментом, який можна провести в аудиторії.

Пристаюючи до вивчення явища фотоефекту, слід зазначити, що відкриття цього явища і вивчення закономірностей його перебігу зіграло важливу роль в розвитку уявлень про природу світла. Вперше явище фотоефекту було виявлено німецьким фізиком Генріхом Герцем (1857-1894) в 1887 р.

Розглядаємо дослід Герца (1887), в якому від'ємно заряджена цинкова кулька розрядника опромінювалась ультрафіолетовим світлом і цим зменшувався електричний розряд електрометра, який з'єднаний з цинковою пластинкою, покритою амальгамою ртуті, заряджається від'ємним зарядом від попередньо натертої хутром ебонітової палички. При освітленні цинку електричною дугою (без скляної оптики), що знаходиться від пластинки на відстані до 1 м, спостерігається розрядка електрометра. Цинкову пластинку можна поставити окремо на ізолюючій підставці. Потім електрометр, з'єднаний, з пластинкою, попередньо заряджається додатним зарядом від натертої шовком скляної палички. При вмиканні електричної дуги електрометр не розряджається. Можна поставити досліди з фотоефекту з різними металевими кругами (діаметром приблизно 15 см) з алюмінію, цинку, міді,

латуні і т. д. Одна сторона зачищається наждачним папером до блиску, а інша залишається необробленою. Фотоефект спостерігається з кожною з цих пластинок, але швидкість розрядження електрометра неоднакова (за однакових умов). З неочищених поверхонь пластин фотоефект не спостерігається. Для отримання більш інтенсивного ультрафіолетового випромінювання пропонується в нижньому вугільному електроді просверлити циліндричне заглиблення і щільно вставити в нього алюмінієвий дріт. Пояснюються результати попередніх дослідів, поки без введення поняття про квантові властивості світла, і дається визначення фотоефекту. Розглядається схема досліду А. Г. Столетова з фотоефекту.

Складаємо установку за схемою, поданою на рис. 2.24. Цинкову амальгамовану пластинку (12 X 12 см) закріплюємо, в одному пазу ебонітового бруска. На відстані 1 см від пластинки закріплюємо мідну сітку. Цинкову пластинку і сітку підключаємо до джерела постійної напруги на 250—300 В — кенотронного випрямляча. Для зміни напруги силових ліній, електричного поля між електродами використовується перемикач. В коло вмикаємо також чутливий гальванометр. Щоб визначити напрям силових ліній електричного поля між пластинкою і сіткою,

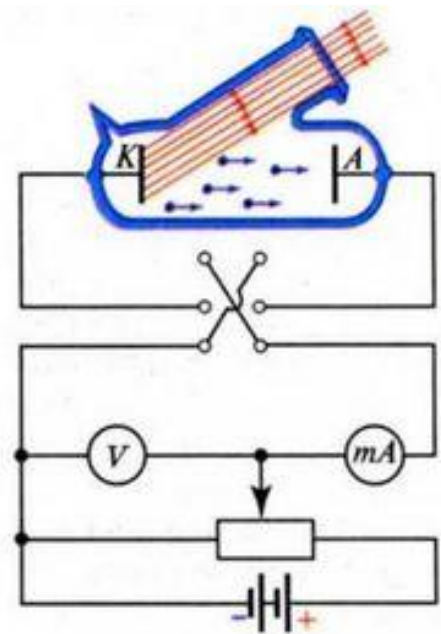


Рис. 2.24. Схема досліду А.Г. Столетова

вмикаємо демонстраційний вольтметр з нульовою поділкою посередині шкали.

При хорошій ізоляції між пластинкою й мідною сіткою в замкнутому колі струму не буде. Освітлюємо цинкову пластинку через мідну сітку ультрафіолетовим світлом від кварцової лампи або від електричної дуги. Помічаємо відхилення стрілки гальванометра, а це означає, що в колі проходить струм. Якщо змінити знак потенціалу цинкової пластинки на додатний, струм в колі не проходитиме. На основі цього досліду робимо висновок, що під дією світла цинкова пластинка випускає від'ємні заряди.

Звертаємо увагу на таке: 1. Фотострум виникає, коли цинкова пластинка з'єднана з від'ємним, а сітка – з додатним полюсом батареї. При перемиканні полюсів фотоструму немає. 2. Стрілка гальванометра відхиляється, тобто струм виявляється тільки при опроміненні. При вимкненні світла струм припиняється. 3. Вектор напруженості електричного поля направлений від сітки до металеві пластинки, а електрони рухаються в протилежному напрямку. При постійній напрузі величина фотоструму пропорційна світловому потоку (цей потік можна змінювати при видаленні джерела світла від сітки або наближенні до неї). При незмінному світловому потоці величина фотоструму пропорційна прикладеній напрузі (потенціометром знімається задана напруга на пластинці і сітці). При певній напрузі і незмінному світловому потоці настає фотострум насичення. Перераховані випадки можна показати в двох графіках. 5. Фотоефект спостерігається практично одразу (через  $10^{-9}$  сек) при освітленні і зникає при затемненні. 6. Фотострум спостерігається переважно при опроміненні ультрафіолетовим випромінюванням. Якщо світловий потік перекрити скляною пластинкою, то електричний струм не спостерігається. Формулюється перший закон фотоефекту А. Г. Столетова і пояснюється, чому настає струм насичення.

При цьому рекомендуємо використовувати наявні у студентів електронні уявлення. Якщо припустити, що число звільнених з металу електронів за одиницю часу при даному світловому потоці залишається незмінним, то величина фотоструму насичення  $I_n = en$ , де  $e$  – заряд електрона і всі  $n$  електронів беруть участь в струмі. При зростанні напруги число вибитих з поверхні металу електронів не збільшується.

Потім доцільно за допомогою установки з фотоелементом для ілюстрування закону О. Г. Столетова показати залежність сили фотоструму насичення від величини редукованого потоку випромінювання, сили фотоструму від напруги. Рекомендуємо продемонструвати вольт-амперну характеристику вакуумного фотоелемента, використавши для цього гальванометр з підсилювачем постійного струму. Для проведення таких дослідів краще користуватися монохроматичним світлом, закриваючи джерело світла світлофільтрами, що відповідають спектральній чутливості фотоелемента, який використовується в досліді.

На основі цих дослідів робимо висновок про те, що кількість електронів, які вириваються з поверхні металу за одиницю часу, прямо пропорційна редукованому потоку випромінювання. Слід підкреслити, що саме прямо пропорційна, а не дорівнює, бо частина фотонів, що падають на метал, відбивається, та й не всі фотони, які поглинаються, виривають фотоелектрони.

У позаурочний час доцільно побудувати із студентами експериментальні криві залежності фотоструму від напруги для двох значень редукованого потоку випромінювання (для сталої довжини світлової хвилі) і проаналізувати їх. Вольтамперну характеристику вакуумного фотоелемента можна продемонструвати, використавши осцилограф.

Після експериментального підтвердження *першого закону фотоефекту* О. Г. Столетова про те, що сила фотоструму насичення  $I_n$  прямо пропорційна редукованому потоку випромінювання  $\Phi$ , звертаємо увагу студентів на те, що цей закон можна пояснити з погляду електронної теорії та хвильової теорії світла, однак квантова теорія дає найчіткіше пояснення. Формулюємо перший закон фотоефекту: фотострум насичення прямо пропорційний інтенсивності випромінювання, що падає на катод (тобто інтенсивності поглиненої світлової хвилі).

Зауважимо, що закони фотоефекту також можна вивчати на таких дослідах. Для цього складаємо установку за схемою, поданою на рис. 2.25. Установка складається з фотоелемента, демонстраційного гальванометра з підсилювачем постійного струму, потенціометра з опором 25 – 30 Ом, вимикача для зміни полярності прикладеної напруги, джерела струму з напругою 1,5 В і вольтметра в 1 В. Оскільки перший закон фотоефекту виражає залежність сили фотоструму від освітленості фотокатода, то під час досліду зручно користуватись освітлювачем з

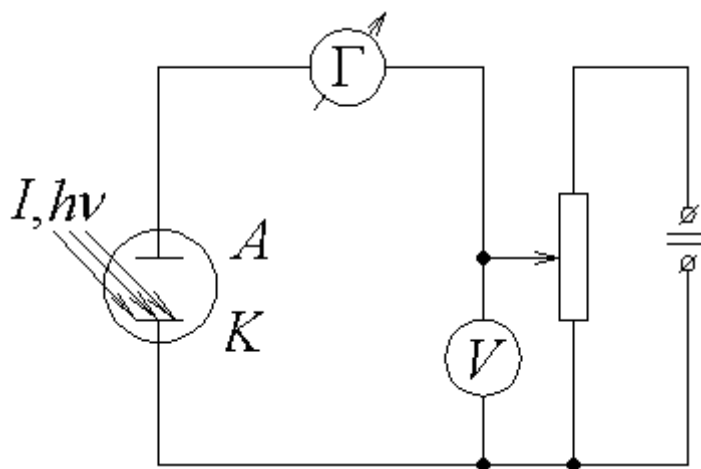


Рис. 2.25. Схема для вивчення законів фотоефекту

трьох однакових ламп розжарення потужністю 15-25 Вт, з'єднаних паралельно. Такий освітлювач дає змогу збільшувати освітленість фотокатода приблизно в 2-3 рази порівняно з освітленістю, створюваною однією лампою.

Увімкнувши одну лампу, визначаємо за гальванометром силу струму, утвореного потоком електронів, звільнених світлом. Вмикаємо другу і третю лампи освітлювача і показуємо, що збільшення освітленості в 2-3 рази приводить до збільшення фотоструму приблизно в стільки ж разів. Робимо висновок, що кількість електронів, звільнюваних світлом з металу, залежить від освітленості його поверхні.

Для з'ясування залежності швидкості фотоелектронів від частоти падаючого світла, переводимо перемикач в положення 2. Потенціометр живлення треба повернути на нуль і замінити лампи освітлювачем проєкційного ліхтаря з набором світлофільтрів. Спочатку за схемою з'ясуємо, як за величиною гальмівної напруги можна визначити швидкість електронів, у даному випадку фотоелектронів.

Пригадуємо: —  $eU$ , з якої дістаємо формулу для обчислення швидкості електрона:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (2.10)$$

Освітлюючи фотоелемент оранжевим, зеленим і синім світлом, вимірюємо для кожного кольору величину гальмівної напруги. Це робимо так. Після вимірювання сили фотоструму переміщуємо повзунок потенціометра, збільшуючи гальмівну напругу, і спостерігаємо, при якій напрузі припиняється фотострум. Ця напруга й буде гальмівною напругою для даного кольору променів. За добутими значеннями напруги студенти обчислюють швидкість електронів і роблять висновок, що швидкість фотоелектронів зростає із збільшенням частоти світлових коливань, формулюють другий закон фотоєфекту.

Варто показати, що швидкість фотоелектронів не залежить від освітленості фотокатода, змінивши за допомогою реостата розжарення лампи проєкційного ліхтаря, при тому самому світлофільтрі вимірявши величину гальмівної напруги. Щоразу вона буде однаковою. Формулюємо другий закон фотоєфекту: максимальна кінетична енергія фотоелектронів лінійно зростає з частотою світла і не залежить від

інтенсивності світла.

Далі зазначаємо, що сила фотоструму залежить також від швидкості електронів, що вириваються з металу: кінетична енергія фотоелектронів, які вилітають не залежить від падаючого світлового потоку, а залежить тільки від довжини хвилі падаючого світла. Чим коротша довжина хвиль падаючого на тіло світла, тим більша енергія електрона, який виривається. Цей експериментально встановлений факт отримав назву другого закону фотоефекту. У тому, що промені світла різної довжини хвиль по-різному діють на речовину, потрібно переконати студентів на досліді. У попередній установці при незмінному положенні джерела світла поміщаємо на шляху променів світлофільтри. Сила фотоструму при цьому змінюється. При переміщенні червоного світлофільтру сила фотоструму різко знижується (практично стає рівною нулю). Досліди з пластинками з різних металів показують, що промені однієї і тієї ж довжини хвилі по-різному діють на різні речовини.

Після вивчення двох основних законів фотоефекту важливо підкреслити існування його межі — для кожного металу існує певна мінімальна частота  $\nu_0$ , або певна гранична довжина світлової хвилі  $\lambda_0$ , під дією якої з нього можуть вилітати фотоелектрони. Опромінювання металу світловими хвилями, довшими за  $\lambda_0$  не дає фотоефекту (незалежно від інтенсивності світла). Найбільша довжина хвилі, під дією якої ще відбувається фотоефект, називається червоною межею фотоефекту. Для різних металів вона неоднакова. Формулюємо третій закон фотоефекту: для кожної речовини існує червона межа фотоефекту, тобто найменша частота  $\nu_{min}$ , при якій ще можливий фотоефект; при всіх  $\nu < \nu_{min}$  фотоефект не відбудеться ні за якої інтенсивності хвилі, падаючої на фотокатод.

При введенні першого закону фотоефекту коротко повторюємо поняття про струм насичення в електронній лампі і газовому розряді, а також поняття інтенсивності хвилі – поверхневої густини потоку випромінювання. При введенні другого закону пояснюємо метод визначення максимальної енергії фотоелектронів по замикаючому потенціалу. Для закріплення поняття замикаючого потенціалу і визначення порядку кінетичної енергії і швидкості фотоелектронів слід розв'язати

одну-дві задачі, скориставшись графіком (рис. 2.26), на якому зображено значення запірного потенціалу як функції частоти для деяких металів.

При поясненні третього закону фотоефекту роз'яснюємо зміст терміну «червона межа»: червоне світло лежить в області менших частот, ніж синій чи фіолетовий, а «червона межа», хоча вона може, в залежності від речовини катода, знаходиться в будь-

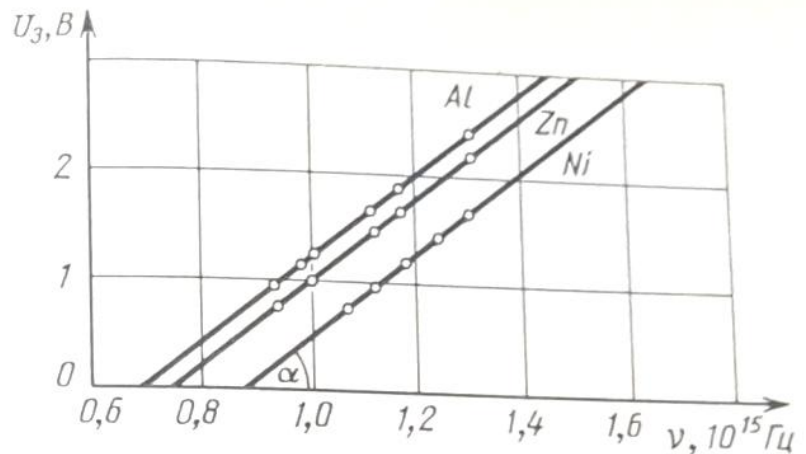


Рис.2.26. Графік залежності запірного потенціалу як функції частоти для деяких металів.

якій області спектра (наприклад, для цинку – в ультрафіолетовій), все ж ближче до червоної ділянки, ніж всі інші частоти, що викликають фотоефект.

Повідомляємо студентам, що свого часу пояснення законів фотоефекту на основі класичної хвильової теорії викликало певні труднощі і що А. Ейнштейн подолав ці труднощі на основі квантової теорії. Тут перед студентами можемо поставити проблему: спробувати продумати, як пояснити другий і третій закони фотоефекту на основі квантової теорії. Ідеєю тут може послужити розрахунок енергії кванта випромінювання для деяких частот (або довжин хвиль) з різних ділянок спектра, наприклад інфрачервоного ( $\lambda = 3$  мкм), червоного ( $\lambda = 600$  нм), ультрафіолетового ( $\lambda = 300$  нм) і рентгенівського ( $\lambda = 0,3$  нм) випромінювань. При цьому студенти повторять формулу  $\lambda = c/\nu$ , якою вони весь час будуть користуватися надалі, і зможуть порівняти енергії квантів різних діапазонів спектра. Енергію бажано виразити не тільки в джоулях, а й в електронвольтах.

Впевнені, що розрахунок енергії кванта для зазначених вище довжин хвиль (0,4 еВ; 2,1 еВ; 4,1 еВ; 4,1 кеВ) дасть студентам наочне уявлення про енергію квантів випромінювання і дозволить якісно пояснити другий і третій закони фотоефекту. При цьому формулюємо основну ідею елементарного фотоефекту: кожен фотоелектрон виривається з катода за рахунок дії одного кванта



випромінювання. Звідси стає зрозумілим, чому кінетична енергія фотоелектронів залежить від енергії одного кванта (тобто частоти хвилі), а не від повної енергії хвилі. Також якісно пояснюємо наявність «червоної межі»: квант енергії, відповідний хвилі з малою частотою, може виявитися менше енергії, необхідної для виривання фотоелектронів з катода.

Для отримання кількісної залежності – закону Ейнштейна для фотоефекту – треба ввести поняття про роботу виходу електрона. Рекомендуємо це зробити якісно на рівні класичної електронної теорії, пояснивши, що:

- при виході електрона з металу в ньому утворюється додатний заряд; він притягує електрон до металу;

- електрони можуть вийти з металу і віддалитися від його поверхні на малі відстані; над металом створюється тонкий від'ємно заряджений електронний шар, який разом з додатними йонами поверхні металу, які знаходяться у вузлах кристалічної ґратки, утворює своєрідний заряджений конденсатор, поле якого протидіє виходу нових електронів. Тому для виривання електрона з металу потрібно виконати роботу проти сил, що перешкоджають виходу електронів з поверхні тіла. Мінімальна додаткова енергія, яку треба надати електрону для його видалення з поверхні тіла у вакуум, називається роботою виходу. Елементарний розрахунок роботи виходу, що дає по порядку величини правильний результат, можна студентам запропонувати розрахувати самостійно.

Робота виходу для різних речовин неоднакова і залежить від чистоти поверхні. При покритті металу деякими плівками іншої речовини, наприклад, при нанесенні на барій шару цезію, робота виходу значно зменшується. Це явище використовується для виготовлення фотокатодов.

Безінерційність фотоефекту, його другий закон та червона межа наводять на міркування про неможливість пояснення фотоефекту з точки зору хвильової теорії. Справді, відповідно до хвильової теорії світла, електромагнітна хвиля, яка падає на поверхню металу, спричинює коливання вільних електронів. При наявності резонансу між електромагнітними коливаннями, що надходять, та власною частотою коливань електронів останні здатні набути достатньої кінетичної енергії

для виходу за межі поверхні металу. Отже швидкість фотоелектронів залежатиме від амплітуди падаючої хвилі, тобто від інтенсивності світла. Проте численні досліді показують незалежність швидкості фотоелектронів від інтенсивності світла. Підвищення інтенсивності світла збільшує кількість електронів, що вилітають з поверхні речовини, а не їх швидкість, яка залежить від частоти падаючого світла.

Щоб електрод під дією світла вийшов з поверхні металу, треба виконати роботу проти сил електричного притягання на межі поверхні. Якщо з речовини виривається не вільний електрон, а електрон, що входить до складу атома, то додатково потрібна енергія на йонізацію атома. Електрон, що вилетів з металу, має деяку швидкість  $v$  і кінетичну енергію —. Записуємо формулу закону збереження енергії для фотоелектричного ефекту: —. На основі цієї формули розглядаємо закони фотоефекту, викладені вище на основі дослідів. Підкреслюємо, що за частотою світла, яке опромінює метал, і швидкістю фотоелектронів для певної металевої поверхні можна визначити величину сталої Планка  $h$  з рівняння Ейнштейна.

Вважаємо, що при вивченні застосування фотоефекту необхідно розкрити студентам принципи пристрою і дії ряду установок, в основі яких лежить внутрішній або зовнішній фотоефект. Тут важливо розкрити саме фізичний принцип, а не технічні деталі. Матеріал цей нескладний і разом з тим цікавий для студентів. Тому велика частина матеріалу може бути запропонована на самостійного опрацювання.

Доцільно запропонувати кільком студентам підготувати короткі повідомлення (на 5-6 хв) про застосування фотоелементів. Для любителів конструювання електронних схем рекомендуємо запропонувати виготовити кілька фотоелектронних реле з різними виконавчими механізмами. Ці установки слід продемонструвати на занятті. На нашу думку, тема «Фотоефект і його застосування» буде цікавою для семінару або студентської конференції.

Вакуумний фотоелемент. Роз'яснюємо принцип пристрою фотоелемента. Наводимо умовні позначення вакуумного і газонаповненого фотоелементів.

Матеріалом, з якого виготовлений фотокатод, визначається значення роботи виходу і тим самим чутливість фотоелемента до певних ділянок спектра – інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового.

Показуємо на досліді спосіб зняття напруги в анодному ланцюзі фотоелемента. Для цього в анодний ланцюг послідовно вмикаємо резистор опором, наприклад, 100 кОм (рис. 2.27). При висвітленні фотоелемента на резисторі падає напруга, останнє залежить від сили фотоструму, а значить, від інтенсивності хвилі. Ця вихідна

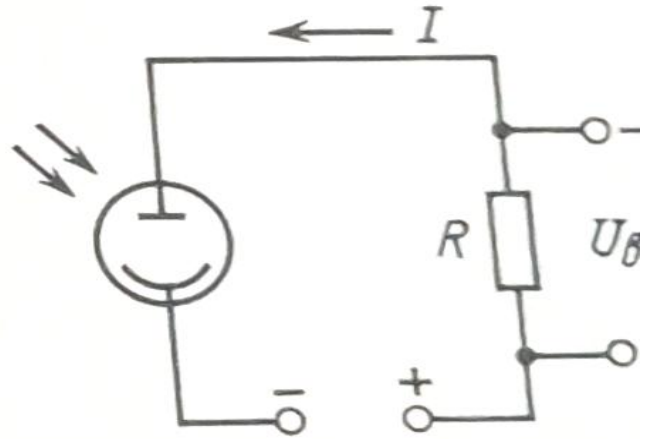


Рис. 2.27. Схема досліді зняття напруги в анодному ланцюзі фотоелемента

напруга в анодному ланцюзі потім підсилюється і використовується для автоматичного вмикання електричних пристроїв та інших практичних цілей.

**Внутрішній фотоефект, фоторезистор.** Явище внутрішнього фотоефекту слід показати на досліді. Розглядаємо механізм внутрішнього фотоефекту. При попаданні випромінювання всередину речовини відбуваються два явища. Одні кванти випромінювання, поглинаючись атомами (або йонами), збільшують кінетичну енергію їх теплового руху, тому речовина нагрівається. Інші кванти випромінювання, поглинаючись атомами, виробляють фотойонізацію, в результаті чого в речовині утворюються додаткові носії заряду – електрони провідності і дірки. Їх освітлення веде до зменшення електричного опору (збільшення електричної провідності).

Звертаємо увагу на те, що на відміну від зовнішнього фотоефекту тут фотоелектрони не виходять за межі напівпровідника, а накопичуються між вузлами кристалічної ґратки. Так як електрони і дірки в напівпровіднику при зустрічі рекомбінують, то, для того щоб сила струму в ньому залишалася незмінною, напівпровідник безперервно опромінюють.

Багато привести схему підключення фоторезистора до підсилювача. Корисно зібрати на занятті таку установку і показати її в дії. Напівпровідниковий фотогальванічний елемент – це прилад, в якому утворюється електрорушійна сила в електричному переході між різнорідними напівпровідниками при дії на нього електромагнітного випромінювання.

Випрямну дію р-n-переходу вже вивчено студентами. Тому розглядаємо дію цього переходу при його освітленні, коли він стає генератором. Згадуємо пристрій германієвого напівпровідникового фотоелемента і пояснюємо мікромеханізм його дії при освітленні, тобто коли він працює в режимі фотогенератора.

При поглинанні кванта випромінювання електронним напівпровідником звільняється додаткова пара носіїв заряду – електрон провідності і дірка, які рухаються в різних напрямках: генеруюча дірка рухається в сторону діркового напівпровідника, а генеруючий електрон провідності – в сторону електронного напівпровідника. В результаті утворюється надлишок електронів провідності в одному напівпровіднику і надлишок дірок в іншому. Так на електродах фотоелемента створюється фотоелектрорушійна сила.

Пояснюємо, що порівняно малі розміри і куляста форма вакуумних і газонаповнених фотоелементів зумовлені прагненням дістати найбільшу величину фотоструму: куляста форма сприяє багаторазовому відбиванню світла від внутрішніх стінок і цим зумовлює повне використання фотоелементом світла, що падає на катод крізь віконце фотоелемента. Пояснюємо, чому газонаповнені фотоелементи чутливіші, ніж вакуумні.

Багато розглянути (рекомендуємо це зробити самостійно) будову і дію *фотоелектронного помножувача*, в якому використовується метод підсилення фотоструму за рахунок явища *вторинної електронної емісії*, запропонований Л.О. Кубицьким у 1934 р.

Особливу увагу приділяємо використанню фотоелементів у техніці, будові і дії фотореле, широкому застосуванню їх у сучасній промисловості, транспорті і зв'язку, значенню для автоматизації виробництва й телемеханіки, для записування і відтворення звуку в кіно тощо.

З'ясовуючи принцип дії вентиляного фотоелемента, можемо поставити фронтальний експеримент, використавши вентиляний фотоелемент з набору для вивчення напівпровідників. Якщо таких фотоелементів немає, можемо використати низькочастотний транзистор, заздалегідь обережно знявши напилком або ножівкою верх корпусу транзистора. Виводи емітера і колектора з'єднуємо з чутливим гальванометром. При освітленні транзистора гальванометр показує струм. Рекомендуємо підкреслити широке застосування в техніці *вентильних фотоелементів*, зокрема у фотоелектричних фотометрах та в так званих сонячних батареях. *Сонячна батарея* (фотоелектрична батарея або фотоелектричний генератор) — це сукупність вентиляних фотоелементів, які перетворюють світлову енергію (від Сонця або штучних джерел світла) в електричну. У сонячних батареях використовуються *кремнієві фотоелементи*, в яких досить висока робоча температура (до 150°C), а к.к.д. досягає 15% для сонячного випромінювання і значно більших значень для штучних джерел світла (наприклад, випромінювання оптичних квантових генераторів). Сонячні батареї використовуються разом з буферними акумуляторами для забезпечення електроенергією радіоапаратури штучних супутників Землі, міжпланетних кораблів тощо.

Особливу увагу звертаємо на те, що вакуумні фотоелементи мають надзвичайно широку сферу застосування у медицині. Їх використовують для об'єктивного визначення концентрації речовин у розчинах. Дослідження проводять, освітлюючи розчин монохроматичним світлом. Такий метод дослідження називають колориметрією, а прилади, які застосовуються для цього, — колориметрами (не плутати з калориметрами). Існують різні типи колориметрів. Колориметр, принцип дії якого ґрунтується на явищі фотоелектричного ефекту, має назву *електрофотоколориметра*. Світло від електричної лампочки проходить крізь світлофільтр, лінзу, кювету з досліджуваним розчином і попадає на фотоелемент. Чим вища концентрація розчину, тим більше світла поглинається в ньому й тим менший світловий потік падає на фотоелемент, відповідно меншу силу струму показує гальванометр, і навпаки. Таким чином, сила струму в колі фотоелемента залежить від концентрації речовини в розчині. Це дозволяє проградувати шкалу гальванометра

безпосередньо в одиницях концентрації розчину. Поряд з мікроскопом, електрофотокolorиметр є настільним приладом для проведення клініко-лабораторних аналізів.

Звертаємо увагу на те, що фотометричний метод дослідження із застосуванням вакуумних фотоелементів використовують також і для визначення ступеня насичення артеріальної крові киснем (оксигеметрія). Гемоглобін, насичений киснем (оксигемоглобін), поглинає в основному жовті, зелені й синьо-фіолетові промені; а гемоглобін, позбавлений кисню, зеленого світла не поглинає зовсім. Ця властивість гемоглобіну дає змогу за інтенсивністю зелених променів, що пройшли крізь тканини, збагачених артеріальною кров'ю, робити висновок про ступінь насичення крові киснем. На цьому принципі побудований фотометричний оксигеметр. Світло від маленької лампочки проходить діафрагму, яка перетворює розбіжний пучок світла на паралельний. Виділений таким способом пучок світла далі проходить крізь тканини, якими протікає артеріальна кров (вушна раковина). Світлофільтр поглинає всі промені, що пройшли через тканини, крім зелених, які й падають на світлочутливий шар фотоелемента. Вони несуть інформацію про кількість кисню, засвоєного гемоглобіном: чим більший світловий потік падає на фотоелемент, тим менший ступінь насичення крові киснем, і навпаки. Це дозволяє проградувати шкалу гальванометра безпосередньо у відсотках вмісту кисню в артеріальній крові.

Оксигеметрія широко застосовується для вивчення динаміки насичення артеріальної крові киснем у людини як у стані спокою, так і за різних функціональних навантажень, а також у процесі хірургічних операцій на органах грудної клітки.

На закінчення даємо студентам розв'язати такі задачі:

1. В досліді з виявлення фотоефекту цинкова пластинка кріпиться на стержні електрометра, попередньо заряджається від'ємно і освітлюється світлом електричної дуги так, щоб промені падали перпендикулярно до площини пластини. Як зміниться час розрядки електрометра, якщо: а) пластину повернути так, щоб промені падали під деяким кутом; б) електрометр наблизити до джерела світла; в)

закрити непрозорим екраном частину пластинки; г) збільшити освітленість; д) поставити світлофільтр, який затримує інфрачервону частину спектра; е) поставити світлофільтр, який затримує ультрафіолетову частину спектра?

2. Як зарядити цинкову пластинку, закріплену на стержні електрометра, додатним зарядом, маючи електричну дугу, скляну паличку і аркуш паперу? Паличкою торкатися до пластинки не можна.

3. Маємо окремі електрично нейтральні пластинки з металу і напівпровідника. При освітленні металу виникає зовнішній фотоефект, а при освітленні напівпровідника – внутрішній фотоефект. Чи залишаться пластинки нейтральними? Якщо ні, то який буде знак заряду?

4. Чому для сонячних батарей застосовується кремній, а не інший напівпровідник?

5. Як споживається енергія, що витрачається при виконанні роботи виходу електрона з металу?

6. У чому різниця фотоефекту в напівпровідниках і металах? Чи можливий зовнішній фотоефект у напівпровідниках?

7. Цинкова пластинка, заряджена негативно та приєднана до електрометра, освітлюється світлом електричної дуги. Чому стрілка електрометра спочатку повертається в нульове положення, а потім знову відхиляється?

8. Як змінюються під час віддалення джерела світла від вакуумного фотоелемента: а) сила струму насичення; б) максимальна кінетична енергія фотоелектронів; в) кількість фотоелектронів, які щомиті вилітають з поверхні катода; г) затримуюча напруга?

9. Жовте світло, що падає на поверхню катода, викликає фотоефект. Чи обов'язково виникає фотоефект під час освітлення катода синім світлом? Жовтогарячим світлом?

10. Робота виходу електронів з цинку  $5,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Чи відбудеться фотоефект, якщо на цинк падає світло з довжиною хвилі 450 нм?

11. Визначити червону межу фотоефекту і максимальну швидкість фотоелектронів, що вириваються з поверхні цинку світлом з довжиною хвилі = 200

нм. Робота виходу електронів для цинку  $A = 3,74$  еВ.

12. Чи можливо використовувати барій в фотоелементах розрахованих на видиме світло, якщо робота виходу для барію  $A = 2,5$  еВ?

13. Червона межа фотоефекту для вольфраму 230 нм. Визначте кінетичну енергію електронів, вирваних з вольфраму світлом з довжиною хвилі  $\lambda = 150$  нм.

14. Червона межа фотоефекту для калію  $\lambda_c = 620$  нм. Чому дорівнює мінімальна енергія фотона, що спричинює фотоефект?

15. Знайдіть червону межу фотоефекту для літію, якщо робота виходу  $A = 2,4$  еВ.

16. Робота виходу електронів з кадмію  $A = 4,08$  еВ. Якою має бути довжина хвилі світла, падаючого на кадмій, щоб при фотоефекті швидкість фотоелектронів дорівнювала  $2 \cdot 10^6$  м/с?

Для контролю знань студентів ми склали самостійну роботу, яка подана в додатку Е.

**Тиск світла.** Вивчаючи це питання, не слід обмежуватися розповіддю про дослід П. М. Лебедева на експериментальне вимірювання світлового тиску. Увагу звертаємо на подальше поглиблення розуміння студентами подвійної (дуалістичної) природи випромінювання.

Гіпотезу про існування тиску світла висунув ще Кеплер, пояснюючи форми кометних хвостів. Теоретичне обґрунтування ця проблема дістала в працях Максвелла, який не тільки теоретично передбачив існування тиску світла, а й обчислив його величину. Світлова електромагнітна хвиля, падаючи на поверхню провідника, спричинює механічну дію. Вектор напруженості електричного поля світлової хвилі, що лежить у площині цієї поверхні, збуджує електричний струм у напрямі вектора. Магнітне поле світлової хвилі діє на цей струм так, що напрям дії сили збігається з напрямом поширення хвилі. Ця взаємодія створює тиск світла. За електромагнітною теорією Максвелла світловий тиск  $p$  на абсолютно чорну поверхню дорівнює:



-

(2.11)

де  $I$  — інтенсивність світла (густина потоку випромінювання), що дорівнює енергії випромінювання, яке падає за  $1\text{ с}$  на  $1\text{ м}^2$  абсолютно чорної поверхні;  $c$  — швидкість світла у вакуумі.

Розглядаємо схему досліду П. М. Лебедева на виявлення й вимірювання тиску світла на тверді тіла. Звертаємо увагу студентів на необхідність у цьому досліді виключити радіометричний ефект і вплив конвекції залишків газу навколо кружечка, що нагрівається з одного боку світлом, яке падає на нього.

Пояснюємо хвильове трактування тиску світла. При падінні плоскої монохроматичної електромагнітної хвилі перпендикулярно поверхні тіла на електрон діє змінна електрична сила. Тому електрони здійснюють уздовж поверхні тіла вимушені гармонічні коливання, тобто утворюється змінний струм. Швидкість електронів пропорційна силі. На електричний заряд, що рухається з деякою швидкістю, діє магнітна складова електромагнітної хвилі з силою Лоренца  $F = evB$ . Оскільки швидкість електронів весь час змінюється, то ця сила також змінна. Однак студенти самі можуть переконатися за допомогою правила лівої руки, що на рухомий електрон сила Лоренца діє весь час в одному напрямку – усередину тіла. Ця сила передається атомам, йонам і молекулам тіла. Так утворюється світловий тиск, тобто світло має механічну дію. Звертаємо увагу студентів на те, що, незважаючи на періодичну зміну напрямків векторів  $E$  і  $B$ , сила світлового тиску збігається за напрямком поширення світла. Це відноситься до електромагнітного випромінювання будь-якої частоти. Для доказу пропонуємо студентам побудувати вектори напруженості і індукції поля, вектор швидкості і вектор сили Лоренца в певний момент і через напівперіод і переконатися, що напрям сили Лоренца зберігається незмінним – уздовж напрямку поширення хвилі. Далі пояснюємо квантове трактування тиску світла. Нехай на поверхню тіла щомиті падає потік фотонів, що поширюються зі швидкістю  $c$ . Кожен фотон має імпульс  $p = mc$ . Якщо поверхня тіла чорного кольору, то всі фотони поглинаються і кожен з них передає тілу свій імпульс. Якщо ж поверхня повністю відбиває світло, то кожен з фотонів

передає тілу в два рази більший імпульс. Використовуючи далі аналогію з молекулярним тиском, підводимо студентів до висновку, що за рахунок передачі імпульсу фотонів тіло відчуває тиск, пропорційний переданому імпульсу і концентрації фотонів, тобто кількістю фотонів в одиниці об'єму. Звідси випливає, що тиск на абсолютно відбиваюче тіло буде в два рази більше, ніж на абсолютно чорне, а тиск на сіре тіло має проміжне значення:  $p_{\text{чорн}} < p_{\text{сір}} < p_{\text{дзерк}}$ . Це дозволяє пояснити принцип дії установки Лебедева. Під час експерименту Лебедева порівнювався тиск, який чиниться на чорні і білі крильця при різних потужностях світлового пучка, що падало на них. Звертаємо увагу студентів на те, що хвильова і квантова теорії світла однаково добре пояснюють походження тиску світла. Строгий розрахунок призводить до однакового значення цього тиску. В ознайомчому плані вказуємо, що освітлення предметних хвостів поблизу Сонця пояснюється таким чином. Розміри малих частинок комети такі, що дія світла і корпускулярного потоку від Сонця («сонячний вітер») на ці частинки перевершує дію тяжіння. Внаслідок цього кометні хвости завжди спрямовані від Сонця. Тиск світла легко пояснюється і квантовою теорією світла. Падаючи на тіло, фотони поглинаються або відбиваються. Вони мають масу й імпульс. При поглинанні світла імпульси фотонів передаються тілу. Тому воно й зазнає тиску з боку світла. При відбиванні світла напрям швидкості й імпульсу кожного фотона змінюється на протилежний, при цьому тіло набуває імпульсу, що дорівнює зміні сумарного імпульсу фотонів.

Нехай потік монохроматичного світла падає нормально на  $1 \text{ м}^2$  поверхні абсолютно чорного тіла за  $1 \text{ с}$  і містить  $n$  фотонів, тоді інтенсивність світла (густина потоку випромінювання)  $I$  дорівнює:

$$I = nh\nu \quad (2.12)$$

Оскільки фотон мав імпульс  $\frac{h\nu}{c}$ , то при повному поглинанні фотона поверхня дістає імпульс  $\frac{h\nu}{c}$ , а від всіх поглинутих фотонів – імпульс, що дорівнює  $\frac{I}{c}$ , або  $\frac{nh\nu}{c}$ .

Але  $n$  — тиск  $p$ . Отже, — , тобто дістаємо той самий вираз для тиску світла, який дає і електромагнітна теорія світла.

Говорячи про значення світлового тиску, підкреслюємо, що неправильно думати, ніби світловий тиск через свою незначну величину не відіграє ніякої ролі в природі. Насправді він відіграє не менш важливу роль, ніж гравітаційні сили, особливо в надрах зір, де густина випромінювання за величиною одного порядку в густиною речовини.

При узагальнюючому повторенні рекомендуємо докладніше висвітлити питання про досліди П. М. Лебедева з вимірювання тиску світла на гази (рис. 2.28). Світло проходить крізь скляну стінку  $A$ , діє на газ, який міститься в циліндричному каналі  $B$ . Під дією світлового тиску газ перетікає з каналу  $B$  у сполучений з ним канал  $C$ , в якому є легкий рухомий поршень, підвішений на пружній нитці  $O$ , перпендикулярній до площини малюнка. Кут закручування нитки, прямо пропорційний світловому тиску, вимірюють за допомогою дзеркального відліку.

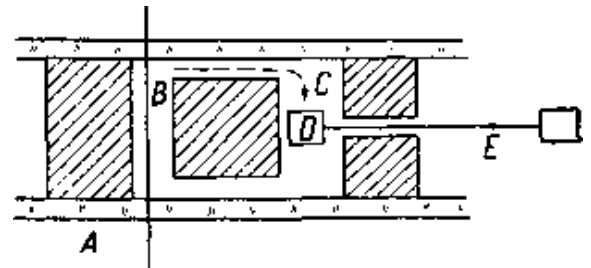


Рис.2.28. Вимірювання тиску світла на гази.

Говорячи про велике наукове значення дослідів П. М. Лебедева, наголошуємо, що вони були одним з вирішальних доказів істинності електромагнітної теорії Максвелла. Досліди П. М. Лебедева поклали початок новому вченню про масу, бо існування світлового тиску свідчить про те, що світло повинно мати масу, а це підтверджує співвідношення єдності і нерозривності маси та енергії для випромінювання. Досліди П. М. Лебедева довели матеріальність світла, нерозривність матерії руху та матеріальність електромагнітного поля.

Хімічна дія світла. Під час вивчення цієї теми продовжуємо формування уявлень про квантову природу світла. Вивчення теми рекомендуємо почати з пригадування відомих студентам хімічних реакцій, які відбуваються під дією світла: розкладання вуглекислого газу ( $CO_2$ ) в зелених частинах рослин, розкладання на

світлі аміаку  $NH_3$  на азот і водень, бромистого срібла  $AgBr$  на срібло і бром; утворення молекул хлористого водню  $HCl$  з молекулярних водню й хлору (реакція відбувається вибухом); вицвітання фарб тощо. Доцільно продемонструвати також дослід з потемнінням під дією світла осаду хлористого срібла, який добувають у пробірці додаванням азотнокислого срібла до соляної кислоти.

Рекомендуємо поставити такий фронтальний дослід. Студентам роздаємо невеличкі смужки фотопаперу, частково закриті різними фігурками (силуетами) з чорного паперу. Після засвічування їх на сонці або від інших джерел світла забарвлення ділянок фотопаперу, що не були закриті, змінюються. Особливо сильно чорніють засвічені частини фотопаперу, якщо його попередньо змочити проявником. Потім формулюємо поняття фотохімічної реакції і даємо квантове тлумачення фотохімічних процесів. Зауважимо, що фотохімічні процеси (реакції) спричиняються лише світлом, яке поглинається, причому воно діє на валентні електрони атомів і молекул, змінюючи стан цих електронів; що від довжини хвилі світла залежить його фотохімічна активність: найактивнішими є промені з короткими хвилями (ультрафіолетові), бо фотонам цих хвиль відповідає більша енергія.

Доречно згадати закон еквівалентності А. Ейнштейна, згідно з яким у кожному окремому акті фізико-хімічного процесу енергія, яка викликає дисоціацію молекули під дією випромінювання, дорівнює  $h\nu$ , тобто енергії фотона, що поглинається, або що кожному світловому кванту, який поглинається, відповідає перетворення однієї молекули речовини.

Фотохімічні реакції можна ще продемонструвати так. В проекційний апарат з потужним джерелом світла вміщуємо між конденсором і об'єктивом ширму з подвійною рамкою для діапозитивів. Перед об'єктивом ставимо прямокутну кювету з органічного скла з 50-процентним водним розчином йодистого калію. Увімкнувши лампу освітлювача в мережу, спостерігаємо поступову зміну кольору світла (він жовтіє). Потім формулюємо поняття фотохімічної реакції і даємо квантове тлумачення фотохімічних процесів: кожен поглинутий фотон викликає

перетворення однієї молекули. Наприклад, під час розкладання бромистого водню реакція відбувається за рівнянням  $2HBr + 2h\nu = H_2 + Br_2$ .

Щоб відбулася фотохімічна реакція в якійсь речовині, треба, щоб енергія фотона падаючого світла  $h\nu$  була не менша, ніж енергія, потрібна для перетворення однієї молекули:  $h\nu \geq E$ .

При поглинанні фотона з енергією молекула бромиду срібла розпадається за схемою:  $AgBr + h\nu = Ag^{\cdot} + Br^{\cdot} + e$ . Тут  $Ag^{\cdot}$  – енергетично збуджений атом срібла,  $Br^{\cdot}$  – позитивний йон бромиду,  $e$  – електрон. Атоми, молекули або їх частинки, порушені під дією світла, називаються активними радикалами. За їх участі протікають різні хімічні реакції розкладання і синтезу молекул. Наприклад, молекули хлору і водню в темряві не взаємодіють, а на світлі вступають в хімічну реакцію, утворюючи хлорид водню ( $HCl$ ). Розрив електронних зв'язків в молекулі при поглинанні нею фотона, тобто поділ її на атоми під дією світла, є фотохімічною реакцією. Потім відбуваються вторинні хімічні реакції, які є ланцюгом послідовних перетворень: один активний атом входить в з'єднання, а другий активований атом регенерується. Утворюється ланцюгова хімічна реакція. Такі реакції поширені в хімії, вони протікають в процесах горіння і вибуху. Основний закон фотохімії пояснює два фундаментальних положення: 1) фотохімічна реакція – це квантове явище; 2) елементарний акт фотохімічної реакції відбувається відповідно до закону збереження і перетворення енергії. Виходячи з фотонної структури світла, А. Ейнштейн сформулював такі закони: Кожен поглинений речовиною фотон викликає перетворення однієї молекули. Це основний закон фотохімії, який має квантове походження. Молекула вступає в фотохімічну реакцію під дією фотона лише в тому випадку, коли енергія фотона не менша певного значення (енергії дисоціації). Якщо енергія фотона менша енергії, необхідної для розриву молекулярних зв'язків, то реакція не відбудеться. Якщо ж енергія фотона більша цієї енергії, то надлишок енергії міститься в продуктах розпаду молекул, тобто в активних радикалах. Зауважимо, що межа фотохімічної реакції по енергії фотона повністю аналогічна червоній межі фотоефекту. На основі цього закону можна пояснити, чому, наприклад, фотопапір нечутливий до червоного і інфрачервоного

світла. Для фотографування в інфрачервоному світлі створюється спеціальна фотоплівка, в світлочутливий шар якої вносяться певні добавки – активатори, що знижують енергетичний поріг фотохімічної реакції. При вивченні фотографічного процесу важливо з'ясувати, як утворюється приховане, а потім видиме зображення на негативі. Освітлення першого з них відноситься до фотохімічних явищ. Як вже говорилося, при поглинанні фотона молекулою  $AgBr$  вона розпадається у кристалі на складові атома і при цьому викидає в кристалічну решітку електрон, який блукає по кристалу і в кінці кінців осідає на дефекті; останні завжди містяться в реальних кристалах. До електрону притягається міжвузловий додатно заряджений йон срібла, який зв'язується з електроном і нейтралізується. В результаті утворюється нейтральний атом срібла. На цьому ж дефекті кристалика послідовно осідають і інші електрони, звільнені при фотохімічних реакціях, які також нейтралізуються додатно зарядженими йонами. Так по черзі повторюється процес виділення нейтральних атомів срібла. Кожне їх скупчення містить до декількох десятків атомів срібла, а таких скупчень у кристалику кілька. Ці скупчення атомів срібла, які знаходяться в аморфному стані, утворюють центри прихованого зображення. Під дією проявника навколо центрів прихованого зображення, як зародків кристалізації, виділяються всі сусідні атоми кристалічного срібла. Так утворюється видиме зображення на негативі. У плані реалізації міжпредметних зв'язків з біологією необхідно звернути увагу студентів на найважливішу фотохімічну реакцію – фотосинтез вуглеводів (крохмалю) в зелених листках рослини. Процес цей дуже складний, він пов'язаний з багатьма вторинними біохімічними реакціями, розгляд яких на занятті неможливий. Але суть справи зводиться до того, що за рахунок поглинання декількох (приблизно трьох) фотонів з довжиною хвилі близько 680 нм молекула хлорофілу приходить в збуджений стан (активована молекула) і, реагуючи з молекулою води, розкладає її на водень і кисень. Останній виділяється в атмосферу, а атомарний водень приєднується до оксиду вуглецю  $CO_2$  (VI) – вуглекислому газу, внаслідок чого синтезуються вуглеводи. Фотосинтез – основа життя на Землі. Це єдиний процес, в результаті якого органічний світ за рахунок енергії випромінювання Сонця поповнює внутрішню енергію, що витрачається в

процесі життєдіяльності. За сучасними уявленнями весь кисень в атмосфері Землі утворився і підтримується за рахунок фотосинтезу в листках рослин і в зелених водоростях.

Таким чином, існує частотна межа фотохімічних реакцій. Якщо  $h\nu \leq E$ , то реакція не відбувається, поглинання світла в цьому разі приводить до збільшення внутрішньої енергії тіла. Умова  $h\nu \geq E$  ще не є достатньою для початку реакції. Якщо речовина прозора для світла даної частоти, то фотохімічних перетворень не виникає.

Під дією світла відбувається перетворення жовтого фосфору на червоний. При цьому надлишок енергії атоми фосфору випромінюють у вигляді холодного світла. Особливо бурхливо під дією прямих сонячних променів відбувається реакція між хлором і воднем. Квант світла, падаючи на молекулу хлору, розщеплює її на два атоми:  $Cl_2 + h\nu \Rightarrow Cl + Cl$ . Атомарний хлор хімічно активний і дає початок вторинним хімічним реакціям, у результаті яких утворюється хлороводень.

Наголошуємо, що під дією квантів ультрафіолетового випромінювання три молекули кисню об'єднуються в дві молекули озону:  $3O_2 + h\nu = 2O_3$ .

В організмі деяких бактерій відбувається досить складна реакція фотосинтезу, внаслідок якої молекула вуглекислого газу об'єднується з двома молекулами сірководню, утворюючи мурашиний альдегід і воду, а атоми сульфуру (сірки) при цьому виділяються в атмосферу:  $CO_2 + 2H_2S + h\nu \Rightarrow CH_2O + H_2O + S$ .

Найбільше значення в природі має реакція фотосинтезу, що відбувається в зеленій частині рослин за наявності хлорофілу. На першій стадії вуглекислий газ розкладається на оксид карбону (IV) й кисень:  $2CO_2 + 2h\nu = 2CO + O_2$ . З'єднуючися із водою, оксид карбону (IV) утворює мурашиний альдегід, який у процесі полімеризації приводить до утворення вуглеводнів, зокрема глюкози. Чистий кисень при цьому виділяється в атмосферу. Завдяки реакції фотосинтезу зелені рослини щодня утворюють приблизно 1 млрд тонн органічних речовин і виділяють понад 1,1 млрд тонн кисню, підтримуючи таким чином сталу кількість кисню в атмосфері. Поглинаючи кванти світла, що надходять від Сонця, й вуглекислий газ із повітря, рослини забезпечують нас продуктами харчування й киснем для дихання.

Одним з найпоширеніших застосувань фотоелементів у техніці є використання їх у звуковому кіно для відтворення звуку, записаного на кінострічці у вигляді звукової доріжки. Щоб студенти зрозуміли, як утворюється звукова доріжка, рекомендуємо дати принцип звукозапису на самостійне опрацювання.

Доцільно дати на самостійне ознайомлення використання фотоемульсійного методу в ядерній фізиці, що його розробили радянські вчені Л. В. Мисовський і А.П. Жданов.

На занятті пропонуємо зробити дві вправи: 1. Даємо фотовідбиток, отриманий контактним способом з паперової кальки, на якій тушшю зроблений малюнок або написаний текст. Яким чином отриманий цей відбиток. 2. Даємо негатив і діапозитив. Потрібно відповісти, як вони отримані. В якості домашнього завдання можна запропонувати кілька дослідів з фотопапером: 1. Фотопластинки або фотоплівку (негатив) прикладіть до світлочутливого шару фотопаперу і засвітіть її протягом тривалого часу. Описати і пояснити його результат. 2. Накласти на фотопапір два квадратики, вирізаних з червоного і синього целофану, і засвітити його. Описати результати досліду і пояснити їх (можна користуватися кольоровими скельцями). 3. За допомогою збиральної лінзи отримати зображення нитки розжарювання електричної лампи на листку фотопаперу. Протягом декількох хвилин не міняти положення і розмірів зображення. Описати і пояснити результати досліду.

Рекомендуємо запропонувати студентам самостійно докладніше розібрати механізм *сенсibilізованих реакцій*. У деяких випадках фотохімічні реакції відбуваються навіть в інтервалі частот, які не викликають фотохімічних перетворень у тілі. Щоб це здійснити, треба до даної речовини додати іншу, яка поглинає світло даної частоти (сенсibilізатор). Молекула сенсibilізатора, вбираючи фотон, переходить у збуджений стан, в якому може перебувати певний час. Зіткнувшись у такому стані з молекулою вихідної речовини, вона може викликати в останній перетворення. Підкреслюємо велике значення сенсibilізованих реакцій. До речі, асиміляція вуглецю в процесі фотосинтезу — також сенсibilізована реакція. Роль сенсibilізатора виконує хлорофіл листя рослин. Сенсibilізація використовується



досить широко у фотографії для підвищення чутливості фотоматеріалів до червоної та інфрачервоної ділянок спектра. Звертаємо увагу на те, що особливо важливе значення мають сенсibilізатори під час поглинання світла живими організмами. Роль сенсibilізаторів у цих випадках виконують еозин, метиленова синька, хлорофіл у рослин та порфірин у тварин.

Вважаємо за необхідне розповісти, що теплова дія сонячного світла застосовується в медицині для лікування. Сонцелікування, або *геліотерапію*, застосовують як природний засіб гартування організму. У процесі геліотерапії на організм людини одночасно діють видимі, інфрачервоні та ультрафіолетові кванти світла. Кванти видимого світла спричинюють деяке нагрівання тіла, що збуджує нервову систему. Енергія інфрачервоних квантів частково перетворюється на теплову енергію м'яких тканин, а частково використовується організмом для утворення ферментів і гормонів. Ультрафіолетові кванти зумовлюють фотохімічні реакції, внаслідок яких у тканинах утворюється вітамін *D* й виникає пігментація шкіри. Дозування сонячної радіації під час геліотерапії здійснюється за допомогою актинометрів і розрахункових таблиць. У лікувальній практиці за біологічну дозу сонячної радіації приймають таку кількість сонячної енергії, яка поглинається м'якими тканинами протягом 20 хв. Проте доза сонячної радіації, вимірювана за проміжком часу опромінювання, має значні індивідуальні відхилення й потребує корекції в процесі лікування. Геліотерапію проводять в аеросоляріях, на пляжах або на відкритих майданчиках. Але можлива геліотерапія й концентрованими променями за допомогою світлових ванн. Світлова ванна являє собою каркас циліндричної форми, на внутрішніх стінках якого змонтовані лампи розжарювання потужністю по 40 Вт кожна. Лампи з'єднані між собою паралельно в дві групи, що дає змогу вмикати їх окремими групами (секціями) або обидві секції одночасно. Світлотеплова ванна для тулуба має 12, а ванна для кінцівок — 6 або 8 ламп. У цьому випадку тіло хворого зазнає дії інфрачервоних та видимих променів світла й одночасно з цим — теплого повітря, яке прогрівається променями до 40-70 °С.

На закінчення вивчення даної теми пропонуємо самостійну роботу, яка подана в додатку Ж.

### 2.3.2. Використання явища люмінесценції в діяльності медичних закладів

Розглядаємо випромінювання, не зв'язане з тепловим, — так звану *люмінесценцію*. Рекомендуємо докладніше розглянути його на факультативних і гурткових заняттях, бо вивчення явища люмінесценції викликає великий інтерес, особливо в зв'язку з широким використанням ламп денного світла, люмінесцентних фарб тощо. Крім того, явище люмінесценції важливе для формування у студентів уявлень про квантову структуру випромінювання.

Доцільно дати студентам класифікацію явищ люмінесценції. Звертаємо увагу на те, що не всі тіла можуть люмінесціювати, що спектральний склад світла люмінесценції відрізняється від спектрального складу світла, яке викликало світіння, що для люмінесценції характерне післясвітіння, тривалість якого для різних тіл неоднакова — від кількох діб для твердих тіл до  $10^{-10}$  с для рідин і газів.

За тривалістю світіння умовно розрізняють *флуоресценцію* (швидко затухаючу люмінесценцію) і *фосфоресценцію* (тривалу люмінесценцію).

Явище люмінесценції рекомендуємо демонструвати при різних впливах на речовину: при освітленні, терті, бомбардуванні електронним пучком тощо. 1. У скляну посудину з водою – акваріум, акумуляторну банку або колбу – наливаємо розчин флюоросцеїна або хвойного екстракту і освітлюємо його проєкційним ліхтарем з потужною лампою, наприклад потужністю 500 Вт. При цьому вода світиться зеленим кольором. Якщо посудина широка, то яскравість світіння поступово слабшає. Розчин риванол дає жовто-зелене забарвлення, гас – блакитне. 2. Для демонстрації тріболюмінесценції пропонуємо використовувати екран, призначений для дослідів з рентгенівською трубкою. Ділянки екрану, за якими із зворотного боку злегка вдаряють пальцем, світяться в темряві. 3. При натиранні екрану електронно-променевої трубки світиться люмінофор, а при натиранні її горловини або конусоподібної частини спостерігається і світіння залишків газу. 4. Для дослідів з катодолюмінесценції використовуємо трубку з мінералами або саморобну установку. Можна також показати зеленувате світіння скла катодної трубки. 5. Неоднакове забарвлення світла люмінесценції демонструємо за

допомогою набору картонних смужок, вкритих різними фосфоресціюючими речовинами.

Надалі вивчаємо лише фотолюмінісценцію. Звертаємо увагу на те, що не всі тіла можуть люмінесціювати; склад світла люмінесценції відрізняється від світла, яке викликає світіння. Зауважимо, що люмінесценцією називається надлишок світіння тіла над тепловим випромінюванням того ж тіла в даній спектральній області і при такій температурі, якщо до того ж цей надлишок має кінцеву тривалість світіння, тобто зникає відразу після усунення причини, яка її викликає.

На основі одного з описаних тут дослідів даємо закон Стокса: 1. Повторюємо експеримент з люмінесценцією флюоресцеїну. Спочатку розчин освітлюємо білим світлом: флюоресцеїн забарвлюється в зеленуватий колір. Синій світлофільтр не змінює цього забарвлення, а червоний гасить світіння розчину. 2. Три трубки, наповнені спиртовим розчином флюоресцеїна, еозину і R-кислоти, поміщаємо в пучок світла від проєкційного ліхтаря. При жовтому світлофільтрі вони не люмінесціюють, при зеленому світлофільтрі – тільки R-кислота дає помаранчеве світіння, при синьому цей же розчин не змінює свого забарвлення, а флюоресцеїн світиться зеленим кольором. Аналогічний дослід можна поставити з набором смужок, на яких нанесені різні фосфоресціюючі речовини.

Як підтверджує наш досвід, інтерес у студентів викликає ще такий *дослід С.І. Вавилова*. Опромінюючи склянку із сірчаною кислотою світлом від ртутної лампи, спостерігаємо при фільтрі, який пропускає лише ультрафіолетове випромінювання, голубе світіння рідини; при синьому світлофільтрі — зелене, при зеленому — коричневе. Звертаємо увагу на те, що довжина хвилі світла люмінесценції більша, а частота менша, ніж у світла, яке збуджує люмінесценцію.

На основі дослідів робимо висновок, що випромінювання, яке збуджує люмінесценцію, має коротші довжини хвиль, ніж саме люмінесцентне випромінювання. Підкреслюємо, що люмінесціююча речовина є своєрідним трансформатором частоти світла, причому одна й та сама речовина, збуджена світлом різних частот, дає той самий спектр випромінювання, характерний для даної люмінесціюючої речовини. Спектр люмінесценції характеризує речовину і не

залежить від способу його збудження.

Коротко пояснюємо механізм явища люмінесценції. При поглинанні фотона атоми або молекули речовини збуджуються, а потім мимоволі випускають новий фотон меншої енергії, а отже, світло меншої частоти, або більшої довжини хвилі. Якщо енергія поглиненого фотона  $h\nu_1$ , а випромінюваного  $h\nu_2$ , то, як правило,  $h\nu_1 > h\nu_2$ . При цьому у відповідності із законом збереження енергії частина енергії поглиненого фотона витрачається на збільшення коливального руху атомів і молекул (наприклад, розчину), який поступово передається їхнім «сусідам», і тіло нагрівається.

Далі розглядаємо застосування люмінесценції для виготовлення світних телеекранів і освітлення. Повідомляємо, що люмінесціюючі екрани використовуються в рентгеноскопії, в осцилографах, телебаченні і радіолокації.

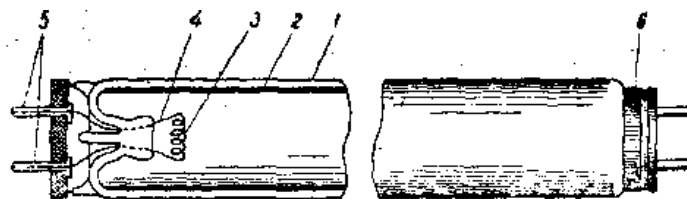


Рис. 2.29. Будова люмінесцентної лампи;

1 — скло; 2 — люмінофор; 3 — катод; 4 — електрод; 1 — ніжки; 6 — цоколь

Розглядаємо будову (рис. 2.29) і принцип дії люмінесцентної лампи. У трубку вводиться кілька міліграмів ртуті, тиск пари якої при  $50^\circ$  близько 0,01 мм рт. ст. «Запалити» таку лампу важко, так як число зіткнень електронів з атомами ртуті мало. Для збільшення концентрації числа частинок в трубку вводиться інертний газ, наприклад аргон, при тиску 3-4 мм рт. ст. Пара ртуті дає слабе блакитне світіння. Світлова віддача електричного розряду в цій парі близько 5. Люмінофор трансформує невидиме випромінювання в видиме зі світловою віддачею в середньому 50. Даємо схема вмикання люмінесцентної лампи в електричну мережу і демонструємо її стартер.

Переконані, що корисно розповісти про *люмінесцентний аналіз*. За допомогою якісного і кількісного люмінесцентного аналізу за інтенсивністю світіння визначають концентрацію люмінесціюючої речовини. Чутливість кількісного

люмінесцентного аналізу дуже велика і досягає порядку  $10^{-10}$  г/см<sup>3</sup> для визначення ряду органічних речовин, що дає змогу використовувати його для контролю чистоти речовин. Сортовий люмінесцентний аналіз дає змогу за характером люмінесценції визначати відмінність між об'єктами, які здаються однаковими. Він застосовується для діагностики окремих захворювань тканин організмів, визначення вмісту органічних речовин у ґрунті тощо. За його допомогою проводять аналіз гірських порід для встановлення наявності нафти і газів, вивчають склад нафти, мінералів, гірських порід тощо. Використовуючи здатність алмазів люмінесцювати під дією м'яких рентгенівських променів, виконують їх автоматичний відбір. У біології живі тканини фарбують спеціальними барвниками, які внаслідок взаємодії з досліджуваними речовинами створюють люмінесціюючі комплекси. Наприклад, ядра клітин сполучних тканин, забарвлені акридином оранжевим, дають яскраву люмінесценцію, причому, якщо клітина ракова, то колір випромінювання змінюється. Досліджуючи рухи підземних вод, у них розчиняють люмінофор (наприклад, флуоресцеїн) і виконують люмінесцентний аналіз води джерел. Аналогічно роблять, вивчаючи рух прибережних пісків; у цьому разі люмінофор адсорбується на поверхні частинок піску. Люмінесцентний аналіз використовують у криміналістиці для визначення справжності документів, слідів токсичних речовин; для дефектоскопії в машинобудівній промисловості, коли треба перевірити, чи не мають деталі поверхневих мікротріщин; у харчовій промисловості для визначення свіжості продуктів; у сільському господарстві для визначення схожості насіння тощо.

Щоб сформулювати уявлення про природу світла, доцільно розглянути теплове випромінювання, приділивши особливу увагу розподілу енергії в спектрі нагрітого тіла. Для цього Креслимо експериментальні криві розподілу енергії в спектрі випускання тіла, нагрітого до різних температур. Аналізуючи ці криві, даємо поняття про те, що максимум енергії випромінювання тіла з підвищенням температури зміщується в бік коротких хвиль (закон Віна). Потім розглядаємо криву, яка описує залежність між енергією випромінювання і довжиною хвилі при заданій температурі, і порівнюємо її з кривою, знайденою теоретично, виходячи з

положень класичної фізики.

На самостійне опрацювання рекомендуємо дати поняття про *оптичну пірометрію*. Залежність між абсолютною температурою тіл і розподілом енергії в спектрі температурного випромінювання використовують в оптичних пірометрах — приладах для визначення температур нагрітих тіл. Пояснюємо будову оптичного пірометра, вказуємо на широке застосування пірометрії в металургійній промисловості для визначення температури розплавленого металу в печах.

Звертаємо увагу на те, що люмінесцентний аналіз набув широкого застосування в медико-біологічних дослідженнях, гігієні, судовій медицині. Під дією ультрафіолетових променів випромінюють холодне світло різні тканини людського організму (нігті, зуби, склера, кришталик) і багато мікроорганізмів (бактерії прокази, дифтериту, туберкульозна паличка тощо). Це дає змогу за допомогою люмінесцентного аналізу проводити важливі мікробіологічні дослідження, якщо звичайна мікроскопія виявляється менш ефективною. У гігієні методом люмінесцентного аналізу визначають міру придатності багатьох продуктів харчування. Цим же методом визначають ступінь чистоти лікарських препаратів, наявність вітамінів чи отрути в продуктах харчування.

Доцільно запропонувати студентам розглянути такі задачі:

1. До якого виду випромінювання – теплового чи люмінесцентного – відноситься світіння: а) розпеченої виливки металу; б) лампи денного світла; в) зірок; г) деяких глибоководних риб.

2. Чим викликана і до якого виду відноситься люмінесценція в таких випадках: а) світіння екрану телевізора; б) світіння газу в рекламній трубці; в) світіння стрілки компаса, покритого люмінофором; г) світіння планктона в морі?

3. Поясніть причину світіння люмінофора, яким покритий скляний балон лампи денного світла.

4. Для виявлення поверхневих дефектів виробів користуються люмінесцентною дефектоскопією. На виріб наноситься тонкий шар керосино-масляного розчину люмінесцентної речовини, залишки якого потім видаляють. Виріб освітлюють ультрафіолетовим світлом. Поясніть цей метод.

5. Чому при зменшенні напруги “світлова віддача” ламп розжарювання зменшується і світіння набуває червоного відтінку?

6. В парниках ставлять звичайне скло, а колби ртутних медичних ламп виготовляють з кварцового скла. Чому?

7. Визначте квантовий вихід люмінесценції речовини, якщо її оптична густина 0,06, а інтенсивність люмінесценції в 5 разів менше інтенсивності збуджуючого світла.

8. При опроміненні люмінофора ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі  $\lambda = 300$  нм виникає видиме випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda_{\text{люм}} = 480$  нм. Який процент поглинутої енергії перетворюється в енергію видимого випромінювання?

### 2.3.3. Застосування квантових оптичних генераторів в медицині.

На нашу думку, велике значення для формування квантових уявлень має питання про спонтанне й вимушене випромінювання, будову і принцип дії оптичних квантових генераторів. Даємо поняття про відмінність спонтанного і вимушеного випромінювання. При спонтанному випромінюванні атом сам по собі довільно випромінює енергію. Всі звичайні джерела світла (лампи розжарювання, лампи денного світла тощо) дають світло завдяки спонтанному випромінюванню. Проте бувають випадки, коли перехід електрона в атомі з верхнього енергетичного рівня на нижній і випромінювання, що супроводить цей перехід, можуть відбуватися також під впливом зовнішнього електромагнітного поля. Таке випромінювання називають вимушеним або індукованим. При цьому фотон зустрічається з уже збудженим атомом або молекулою, яка вже ввібрала фотон, але ще не встигла його випустити. Важливо підкреслити, що під час вимушеного (стимульованого) випромінювання збуджений атом в якийсь момент випускає не один, а два фотони. Отже, випущене в такий спосіб речовиною випромінювання підсилюється порівняно з тим, яке на неї падає. Зауважуємо, що стимульоване випромінювання може випускати така речовина, атоми або молекули якої перебували в збудженому стані

досить тривалий час. Крім того, потік, що опромінює, має бути досить потужним, щоб у кожний даний момент було якомога більше атомів у збудженому стані, крім того, фотони спонтанного випромінювання повинні не просто залишати речовину, а зустрітися перед цим з одним або кількома збудженими атомами чи молекулами речовини та стимулювати їх передчасно випустити фотони.

Підкреслюємо, що стимульоване випромінювання монохроматичне і когерентне. Розглядаємо принцип дії і будову рубінового та газового лазерів — квантових генераторів — приладів, а яких стимульоване випромінювання використовується для підсилення електромагнітних хвиль.

Звертаємо увагу на властивості лазерного випромінювання: лазери спроможні створювати дуже вузькі пучки світла з кутом розсіювання  $10^{-5}$  рад; світло їх монохроматичне; лазери — найпотужніші джерела світла. Властивості лазерного випромінювання бажано продемонструвати. Для цього можна використати гелій-неоновий оптичний квантовий генератор (ОКГ). Для зручності використання в умовах школи його можна дещо модернізувати. Це в основному полягає в тому, що в корпусі ОКГ роблять збоку вікно, яке закривають металевим циліндром, і пристрій, що дає змогу встановлювати ОКГ як у тринозі універсального штатива, так і в оптичній лаві, та використовувати його в комплекті з обладнанням наборів для демонстрування інтерференції, дифракції і поляризації світла. Під час проведення дослідів ОКГ розміщують на демонстраційному столі, а пучок світла спрямовують на переносний екран. Слід так розміщувати прилади, щоб виключити пряме попадання лазерного пучка світла в очі студентів.

Показуємо будову і дію газового лазера неперервної дії, зовнішній вигляд оптичного резонатора. За світінням газорозрядної трубки розглядаємо її форму, пояснюємо принципову відмінність між звичайним світінням газового розряду в трубці і випромінюванням ОКГ, для чого спостерігаємо спектрограми газового розряду й лазерного випромінювання. Підкреслюємо високу монохроматичність газового випромінювання: вузький пучок світла лазера спрямовуємо на дифракційну решітку, спостерігаємо багато дифракційних спектрограм, які складаються з однієї спектральної лінії. Демонструємо також дуже незначне розходження лазерного



пучка світла. За допомогою лазера можна наочно і з великою ефективністю продемонструвати досліди з геометричної оптики, явища інтерференції і дифракції.

Широке використання лазерного випромінювання в техніці в наш час зумовлене незвичайними його властивостями, до яких належать монохроматичність випромінювання, когерентність, значна потужність і мала кутова розбіжність пучка променів. Лазерний промінь має величезну частоту випромінювання, на кілька порядків більшу від частоти найбільш короткохвильових видів зв'язку ( $\approx 4,33 \cdot 10^{14}$  Гц).

Доцільно заслухати реферативні повідомлення студентів про використання лазерів у сучасній індустрії, характер якої багато в чому визначають поняття надточність, надтвердість, надміцність. Вузкий промінь лазера з успіхом використовується в лазерних візирях, за допомогою яких можна з великою точністю вирівнювати площі, проспекти міст, перевіряти висотні будови, телевежі. Лазери неперервної дії застосовуються в численних навігаційних приладах — вимірювачах швидкості і гіроскопах, призначених для вимірювання кутових поворотів об'єктів (гірометри). Багато цікавого можна розповісти й про інші застосування лазерного променя: свердління надтонких отворів у алмазах, рубінах, надтвердих сплавах, різання їх; використання лазерів у медицині, фотографії, голографії, хімічній промисловості. Висока когерентність, монохроматичність і спрямованість лазерного випромінювання роблять його унікальним інструментом для проведення хірургічних операцій і тонких досліджень на живій клітині. Лазерний промінь можна вважати ідеальним різальним інструментом для хірургічних операцій: краї рани чисті, рівні й гладенькі. За допомогою сфокусованого лазерного проміння під мікроскопом можна виконувати унікальні операції буквально на одній клітині. Лазерне випромінювання з невеликою потужністю застосовується для теплового впливу на ті тканини організму, в яких виник патологічний процес (лазерна терапія).

Звертаємо увагу студентів на те, що лазерна радіація застосовується у дерматології для лікування бородавок, гнійних гранульом, доброякісних новоутворень шкіри. Лазерний промінь вибірково поглинається забарвленими структурами. Він руйнує лише пігментні ділянки тканини. Ця його здатність

використовується для лікування захворювань шкіри, наприклад, для виведення вроджених плям, татуювання. Донедавна вважали невиліковними вроджені червоно-сині плями на шкірі. У таких плямах епідерміс має нормальну структуру, порушена лише структура сітки кровоносних судин під епідермісом. Для лікування використовують синьо-зелене випромінювання від аргонового лазера, яке проходить через прозорий для нього епідерміс практично не пошкоджуючи його. А далі це випромінювання поглинається гемоглобіном кровоносних судин, зумовлюючи їх термічне пошкодження та закупорку. На цьому місці утворюється безбарвний рубець.

Зауважимо, що випромінювання високої потужності, використовують в хірургії як скальпель. Лазерний промінь направляють за допомогою гнучкого світловода на тканину. Світловод закінчується лінзою та ручкою. Промінь фокусується в точку з діаметром у декілька десятимільярдних часток метра. Таким “скальпелем” розтинають тканину тіла, забезпечуючи стерильність. Розтин проводиться дуже точно і швидко, не спричиняє кровотечі, оскільки висока температура на місці розтину зумовлює миттєву коагуляцію білків і просвіт кровоносних судин закривається.

Варто наголосити, що лазери використовують в офтальмології для лікування глаукоми, катаракти, відшарування сітківки тощо. Глаукома – підвищення внутрішньо очного тиску, зумовлене порушенням відтоку внутрішньоочної рідини. Причиною цього є пошкодження початкового відрізка системи відтоку. Створено лазерну установку, яка дає модульований світловий імпульс, енергія в одному імпульсі виділяється за мільйонні частки секунди. При модульованому імпульсі потужність зростає дуже швидко і термічний ефект не встигає розвинути. Лазерна дія стає холодною, в точці фокусування променя утворюється отвір. При відшаруванні сітківки використовується лазерне випромінювання з невеликою енергією. Промінь проходить через прозорі тканини ока, не пошкоджуючи їх, фокусується на очному дні у місці відшарування сітківки і там виникає точковий опік. Потім утворюється рубець, що приварює сітківку до розміщеної над нею судинної оболонки, і зір відновлюється. Використання випромінювання лазера в

клінічній офтальмології має ряд переваг, зокрема, точна локалізація місця коагуляції та мале нагрівання тканин, що містяться навколо області коагуляції, здійснюються внаслідок короткого часу експозиції. Монохроматичність світла зменшує ефект хроматичної аберації ока, що сприяє проведенню спостереження. Поряд із цим виникають проблеми, пов'язані з роботою лазера – нагрівання та зміна положення робочої речовини, порушення в дзеркалах, лампі, оптичному резонаторі; обмеженість контролю за процесом опромінення, виникнення труднощів при фотокоагуляції на периферії.

На нашу думку цікавим для студентів є той факт, що лазерний “скальпель” використовують у нейрохірургії, адже завдяки йому патологічне вогнище можна видалити без механічного контакту з ніжними тканинами нервової системи. Сфокусований до мінімуму лазерний промінь використовують для зшивання судин мозку як на поверхні мозкової тканини, так і в глибині. Зшивають судини діаметром, меншим від 0,5 мм, звичайна хірургічна техніка не дає таких можливостей.

Лазерним випромінюванням можна (коагуляцією) припинити кровотечу зі шлунка та дванадцятипалої кишки за допомогою фіброгастроскопії. Лазери також можуть бути використані в стоматології для діагностики тріщин на емалі, які виявити іншими методами неможливо. Використовують методи хірургічного лікування за допомогою лазера у легеневій, серцево-судинній хірургії, у стоматології, отоларингології, урології та інших галузях.

Наголошуємо, що низькоенергетичне лазерне випромінювання не пошкоджує клітини і тканини, створює біостимулювальний ефект, активізує найважливіші процеси життєдіяльності організму. У клітині підвищується активність важливих біоенергетичних ферментів, при цьому посилюється енергетичний обмін, зростає біосинтетична активність, тобто збільшується вміст вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот тощо. Лазерне випромінювання стимулює поділ клітин, прискорює регенерацію кісткової, сполучної, епітеліальної та м'язової тканин, підвищує здатність до приживлення трансплантатів шкіри, стимулює імунну систему (підсилюється функціональна активність лімфоцитів, лейкоцитів, збільшується вміст білка у крові). У практичній медицині використовують також лазеропунктуру

як аналог голкотерапії. Для лазерної пункції (ЛП) найчастіше використовують малопотужні лазери, які генерують випромінювання в червоній ділянці спектра (гелій-неонові). Зручно підводити лазерне випромінювання за допомогою світловолоконної оптики (світловодів).

Низькоенергетичне випромінювання не викликає морфологічних змін, але зумовлює певні біохімічні та фізіологічні зміни в організмі, тобто створює фізіотерапевтичний ефект. Велика різноманітність лазерів, що дають світло усіх кольорів та відтінків, дає можливість діяти на окремі хімічні інгредієнти клітин і тканин.

Зауважимо, що проведені дослідження показали, що при захворюванні (закупорці) судинної системи, що живить серцевий м'яз, за допомогою CO<sub>2</sub>-лазера, що працює в імпульсному режимі, можна здійснити додаткове постачання кров'ю серцевого м'яза через багаточисельні отвори, зроблені в м'язі. Відома стимулююча, протизапальна і обезболююча дія випромінювання гелій-неонового лазера, його нормалізуючий вплив на обмін речовин і стан імунної системи. Проте механізм взаємодії лазерного і світлового некогерентного випромінювання взагалі на клітинно-молекулярному рівні залишається не вивченим. Дані про глибину проникнення в тканину, про кількість поглиненої енергії, про теплоємності й теплопровідності живої тканини необхідні, наприклад, для визначення залежності між густиною потужності CO<sub>2</sub>-лазера і швидкістю розрізу живої тканини при різних видах тканини. Помітну роль при цьому буде відігравати також створення та вивчення технічної моделі біологічної системи, над чим автори роботи і працюють.

У відомих методиках лазерної терапії не приділяють належної уваги точному дозуванню лазерного опромінення, й енергетична доза опромінення організму, не може бути обчислена за формулою добуток коефіцієнта поглинання, інтенсивності опромінення і тривалості сеансу. Це зумовлено тим, що біологічний організм є автоколивальною системою із своїм спектром коливальних процесів, і тому енергетична доза, яка поглинається організмом, залежить також від особливостей організму.

Варті уваги наукові дослідження в галузі біофізичної генетики – дії фізичних факторів з точки зору енергетики. Результати пояснюються авторами з позиції висунутої ними гіпотези “ягрон” – ядерного генератора, у ролі якого виступає ядро клітини: ЛВ впливає на ендогенні, внутрішньоклітинні генератори і може запускати, стимулювати, коректувати або нормалізувати функції ендогенних ядерних генераторів. Все це відображається у зміні електричної поляризації клітинних ядер (ЕПКЯ). Метод оцінки ЕПКЯ є високоефективним і дозволяє визначити біологічний вік людини, ступінь стомленості, інтоксикації, наслідків стресів, що знайшло широке застосування в різних галузях медицини (кардіології, наркології, онкології, хірургії, стоматології, фізіотерапії, гігієні праці, спорті тощо) для визначення індивідуальних особливостей реакцій організму на зовнішні впливи, що є важливим для правильного дозування терапевтичних процедур, оцінки ефективності лікування, визначення потреби їх корекції. Метод – безболісний, безкровний і не травматичний, здійснюється за 5...10 хв (експрес-метод). І це ще не всі застосування лазерів у медицині.

На закінчення доцільно запропонувати студентам розглянути завдання:

1. Рубіновий лазер випромінює в одному імпульсі  $3,5 \cdot 10^{19}$  фотонів з довжиною хвилі 694 нм. Чому дорівнює середня потужність спалаху лазера, якщо тривалість імпульсу становить  $10^{-3}$  с?
2. Рубіновий лазер при поглинанні світла довжиною хвилі  $\lambda_{\text{п}}=560$  нм, генерує світло довжиною хвилі  $\lambda_{\text{г}} = 694$  нм. Визначте різницю енергетичних рівнів атома між станом збудження і станом випромінювання.
3. Чи існує червона границя для фотохімічних реакцій розпаду молекул під дією світла?
4. Вкажіть червону межу розпаду молекул родопсину в сітківці нашого ока.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

На основі узагальнення результатів другого розділу дисертаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Встановлено, що формування предметної компетентності з фізики дозволяє студентам набувати знань і умінь в процесі самостійного виконання завдань навчального характеру, які розроблені з урахуванням вікових та індивідуальних особливостей студентів, використовувати набуті знання і навички для виконання навчальних завдань, розвивати комунікативні уміння в процесі групової діяльності.

2. Обґрунтовано і розроблено методичні підходи формування фундаментальних фізичних явищ (інтерференція, дифракція, поляризація, дисперсія, фотоефект, люмінесценція), понять (когерентність, монохроматичність, межа роздільної здатності, дифракційна решітка, спектр, світлочутливість ока, фотон, енергія, маса та імпульс фотона, тиск світла та ін.) у студентів медичних коледжів при вивченні оптики.

3. Розроблено методичні підходи формування предметної компетентності з фізики в умовах комплексного застосування індивідуально-групових та операційно-процесуальних компонентів.

4. Складено структуру та зміст навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах” для студентів та викладачів медичних навчальних закладів як засобу підвищення рівня предметної компетентності з фізики з урахуванням складу і структури наукового знання, а також на основі принципів інтеграції предметів загального та професійного циклів підготовки та професійної спрямованості навчання. Навчально-методичні матеріали включають різнорівневі завдання для організації роботи на усіх етапах навчання фізики, матеріали для діагностики рівня засвоєння знань і вмінь студентів, приклади завдань і запитань для організації самостійної діяльності студентів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борбат О.М., Смолянець В.В. Методика викладання оптики. / О.М. Борбат, В.В. Смолянець. – К.: “Радянська школа”, 1978. – 110 с.
2. Величко С.П. Лазер у шкільному курсі фізики / С.П. Величко, І.З. Ковальов. – К.: Рад. шк., 1989. – 143 с.
3. Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе / Под ред. А.А. Пинского // Пособие для учителя. – М.: “Просвещение”, 1989. – 272 с.
4. Гончаренко С.У., Розенберг М.Й. Методика навчання фізики в середній школі / С.У. Гончаренко, М.Й. Розенберг. – К.: “Радянська школа”, 1974. – 232 с.
5. Ємчик Л.Ф., Кміт Я.М. Медична і біологічна фізика. / Л.Ф. Ємчик, Я.М. Кміт // Підручник. – Львів: Світ, 2003. – 592 с.
6. Резніков Л.І. Фізична оптика в середній школі. / Л.І. Резніков – М.: “Просвещение”, 1971. – 264 с.
7. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика / А.Н. Ремизов. – М.: Высшая школа, 1999. – 616 с.
8. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Вип. 6. - Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 138 – 139.
9. Сондак О.В. Вплив принципу індивідуалізації на процес формування предметних компетентностей з фізики у студентів медичних коледжів. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна - Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 21. – с. 224 – 228.
10. Сондак О.В. Дидактичні основи формування предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Збірник наукових праць молодих вчених Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 6. – с. 143 – 145.
11. Сондак О.В. Забезпечення структури предметних компетентностей студентів засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015 – с. 256 – 262.
12. Сондак О.В. Збірник задач з оптики. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 25 с.
13. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення інтерференції світла з опорою на індивідуалізацію навчання / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія

педагогічна - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 22. - с. 166 – 169.

14. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення хімічної та теплової дії світла на основі індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. – Випуск 23. – с.173 – 176

15. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 48 с.

16. Сондак О.В. Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 60 с.

17. Сондак О.В. Методичні рекомендації при вивченні явища дифракції за допомогою індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. – Випуск 16. – Т. 2. - с.68-70.

18. Сондак О.В. Мотивація як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Pedagogy and Psychology, IV (45), Issue: 93, 2016. Budapest. P. 59 – 63.

19. Сондак О.В. Мотивації як засіб формування предметних компетентностей з фізики. / О.В. Сондак // Наукові записки. – Випуск 9. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2016 – с. 185 – 192.

20. Сондак О.В. Практичні і лабораторні роботи з оптики. / О.В. Сондак // Навчально-методичний посібник для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 39 с.

21. Сондак О.В. Предметні компетентності при вивченні фізики студентами-медиками засобами індивідуалізації навчання / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Випуск 14. – Т. 2. - с.78-79.

22. Сондак О.В. Роль мотивації у формуванні предметних компетентностей з фізики у студентів-медиків. / О.В. Сондак // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів: у 3-х томах. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2016. – Випуск 15. – Т. 2. - с.73-75.

23. Сондак О.В. Формування експериментальної складової предметної компетентності у майбутнього вчителя фізики / Атаманчук П.С., Ніколаєв О.М., Сондак О.В. // Наукові записки. – Випуск 6. – Серія: Проблеми методики фізико-



математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 150 с. – С. 46-50.

24. Сондак О.В. Формування мотивації у студентів при вивченні оптики. / О.В. Сондак // Методичні рекомендації для студентів та викладачів медичних коледжів. – Рівне: ВПМ-поліграф, 2018. – 26 с.

25. Сондак О.В. Формування предметних компетентностей з фізики у студентів ВНЗ I – II рівнів акредитації засобами індивідуалізації навчання. / О.В. Сондак // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Вип. 20. - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – с. 225 – 227.

26. Шевченко А.Ф. Основи медичної і біологічної фізики: підручник./А.Ф. Шевченко. – К.: Медицина, 2008. – 656 с.

## РОЗДІЛ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ, ПРОВЕДЕННЯ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 3.1. Організація і методика проведення педагогічного експерименту.

Для перевірки ефективності розроблених методичних підходів формування предметної компетентності проводився педагогічний експеримент, який складався з констатувального, пошукового й формуючого етапів протягом 2013 – 2017 років. Передумовами проведення означених етапів педагогічного експерименту були організація тривалого дослідження проблеми формування предметної компетентності з фізики в ході здійснення викладацької діяльності у Рівненському державному базовому медичному коледжі, участь в ряді всеукраїнських та міжнародних наукових конференцій.

Мета, з якою проводився педагогічний експеримент, полягала в здійсненні експериментальної перевірки доцільності впровадження в освітній процес методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики та використання навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”.

Головними завданнями педагогічного експерименту були:

- проведення оцінювання рівнів навчальних досягнень студентів з фізики при вивченні оптики;
- теоретичне обґрунтування та створення компонентів методичних підходів формування предметної компетентності у студентів медичних коледжів з фізики;
- перевірка ефективності реалізації методичних підходів, які забезпечать спрямування студентів на набуття навичок самостійного здобуття знань, умінь з фізики, визначення їх цінностей та умінь перетворювати набуті знання з фізики у практичну життєву діяльність;

- експериментально перевірити запропоновані методичні підходи формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів.

Педагогічний експеримент проведено на базі Рівненського державного базового медичного коледжу, Дубенського медичного коледжу, Херсонського базового медичного коледжу, Рокитнівського медичного коледжу, Кам'янець-Подільського медичного коледжу, Глухівського медичного училища.

Під час виконання педагогічного експерименту ми опиралися на методи педагогічних досліджень, які подані в працях Ю.К. Бабанського [4], М.І. Грабаря [5], М.І. Жалдака [6], Л.В. Ісичка [8], О.М. Ніколаєва [170], О.М. Новікова [10], В.М. Руденка [12], та інших педагогів.

В ході першого етапу педагогічного експерименту (2013-2014) нами здійснено аналіз навчальних планів, навчальних програм, посібників, методичної, психолого-педагогічної та спеціальної наукової літератури, методичне забезпечення шкільного фізичного експерименту, матеріальна база навчального середовища. На етапі констатувального експерименту основна увага зосереджувалася на: вивченні і аналізі літератури з проблеми дослідження, визначення реального стану формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів; визначенні теоретико-методологічних передумов, вихідних принципів та методів дослідження; визначенні плану дослідження; організації і проведенні констатувального етапу експерименту. Отриманий на першому етапі дослідження матеріал дозволив визначити основні цілі та завдання.

На етапі пошукового експерименту здійснювався пошук ефективних засобів, методів та організаційних форм навчання, які надають можливості формувати предметну компетентність з фізики при вивченні оптики у студентів вибраних груп. Після використання обраних засобів, методів та організаційних форм навчання у навчальному процесі з фізики у вибраних групах було проведено анкетування.

На етапі формувального експерименту здійснювалася експериментальна перевірка доцільності впровадження методичних підходів формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики та проводився аналіз отриманих

результатів. Для перевірки ефективності розроблених методичних підходів проводився підсумковий контроль з подальшою статистичною обробкою. Наведемо основні етапи формуючого експерименту:

1. На першому етапі нами було встановлено рівні навчальних досягнень студентів експериментальних та контрольних груп з фізики. Для здійснення контролю використовували тестові завдання, які розробили в ході нашого дослідження.

2. На другому етапі формуючого експерименту здійснювалась реалізація розроблених нами методичних підходів формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів експериментальних груп. Апробація нашої системи відбувалась в ході проведення теоретичних і практичних занять, виконання лабораторних робіт, проведення самостійних робіт, виконання проектів.

3. Завданням третього етапу було встановлення завершального рівня навчальних здобутків студентів експериментальних груп, а також здійснення порівняння цих результатів у студентів контрольних та експериментальних груп за результатами контрольних зрізів.

4. В ході четвертого етапу ми провели статистичне оцінювання результатів навчальних досягнень студентів експериментальної та контрольної груп. Для опрацювання результатів експерименту використовувались методи математичної статистики.

Протягом 2013-2014 років нами було проведене анкетування серед студентів з метою встановлення рівня їхніх навчальних досягнень з шкільного курсу фізики та відповідно обсягу необхідної навчальної діяльності. Для цього були розроблені анкети, які містили у собі 25 питань (Додаток 1). В ході проведення спостережень, спілкування з студентами та викладачами, аналізу теоретичних та практичних занять з фізики, а після завершення курсу шляхом опрацювання результатів контрольних та самостійних робіт студентів ми отримали такі висновки: переважно низький рівень світоглядних якостей студентів; значні проблеми з розв'язанням фізичних задач, в окремих випадках навіть низького рівня; нерішучість та невміння використовувати найпростіші фізичні прилади (внаслідок недостатнього

матеріально-технічного забезпечення шкільних фізичних кабінетів та на цьому фоні виконання експерименту шляхом використання сучасного програмного забезпечення). Нами були виділені суттєві причини, які в подальшому спричиняють вплив на результати навчальних досягнень студентів в процесі їхнього фахового зростання.

Щодо аналізу залишкового рівня теоретичних знань студентів ми отримали такі результати. Відповіді на запитання, чи вважають студенти вивчення фізики на заняттях під керівництвом викладача достатнім джерелом нової та сучасної інформації, були отримані такі: 34% вважають, що цілком достатньо; 66% – ні. Також цікавою була інформація, що 77% відзначили постійне використання мережі Інтернет для виконання домашніх завдань та вивчення нового матеріалу. На запитання, чи в усіх випадках дітям була зрозуміла навчальна інформація, яку повідомляє викладач, студенти відповідали так: 22 % вважали, що практично завжди розуміли зміст нового матеріалу та хід роздумів викладача фізики; 78% відмічали, що мало місце відставання від необхідного навчального ритму, виділяючи як причини пропуски занять завдяки різним факторам, прогалини з попередніх тем як фізики, так і інших предметів. Запитання про те, чи вивчення фізики пов'язане з Вашою майбутньою професією, 39% відповідали ствердно. Також значна кількість опитаних студентів (64%) відмічала позитивний вплив формулювання мотивації до навчання до вивчення фізики, зокрема шляхом наведення зрозумілих прикладів застосування знань з фізики в медицині та у сучасному житті.

Щодо доцільності для підвищення інтересу до вивчення фізики наведення історичних фактів та вкладу відомих вчених України переважна більшість студентів (53 %) відповіли ствердно; також велика частина студентів (74%) вважають, що доцільно на теоретичних заняттях використовувати презентації; 86% опитаних позитивно ставляться до виконання експериментів та демонстрацій при вивченні нового матеріалу на теоретичних заняттях, хоча лише 24 % виконують демонстрації та експерименти в домашніх умовах; 85% хотіли б відвідувати лабораторії із фізичним обладнанням; 67% хотіли б конструювати саморобні вироби для демонстрування явищ і понять з фізики. 38% студентів користуються знаннями в

повсякденному житті, які здобули при вивченні фізики. Невелика кількість респондентів (32%) прагнуть систематично одержувати нову інформацію за межами коледжу і 60% байдуже ставляться до самостійного виконання теоретичного завдання і 71% не можуть виконати нове завдання самостійно.

Таким чином, ми дістали змогу виділити такі фактори, які, на думку студентів, під час занять впливають на активне вивчення фізики та, відповідно, на якість знань майбутнього фахівця.

– здійснення мотивації навчальної діяльності шляхом наведення прикладів застосування навчального матеріалу як у повсякденному житті людини, так і в конкретній професії;

– обов'язкове використання демонстрацій та експериментів;

– наведення історичних відомостей щодо фізичних відкриттів, вклад вітчизняних вчених;

– доступне викладення навчального матеріалу, організація зворотного зв'язку, орієнтація темпу викладення залежно від рівня підготовки слухачів;

– забезпечення мультимедійними засобами, демонстрація віртуальних дослідів;

– відвідування лабораторій з фізичним обладнанням та конструювання саморобні вироби для демонстрування явищ і понять з фізики.

Для наочності результатів подамо гістограму

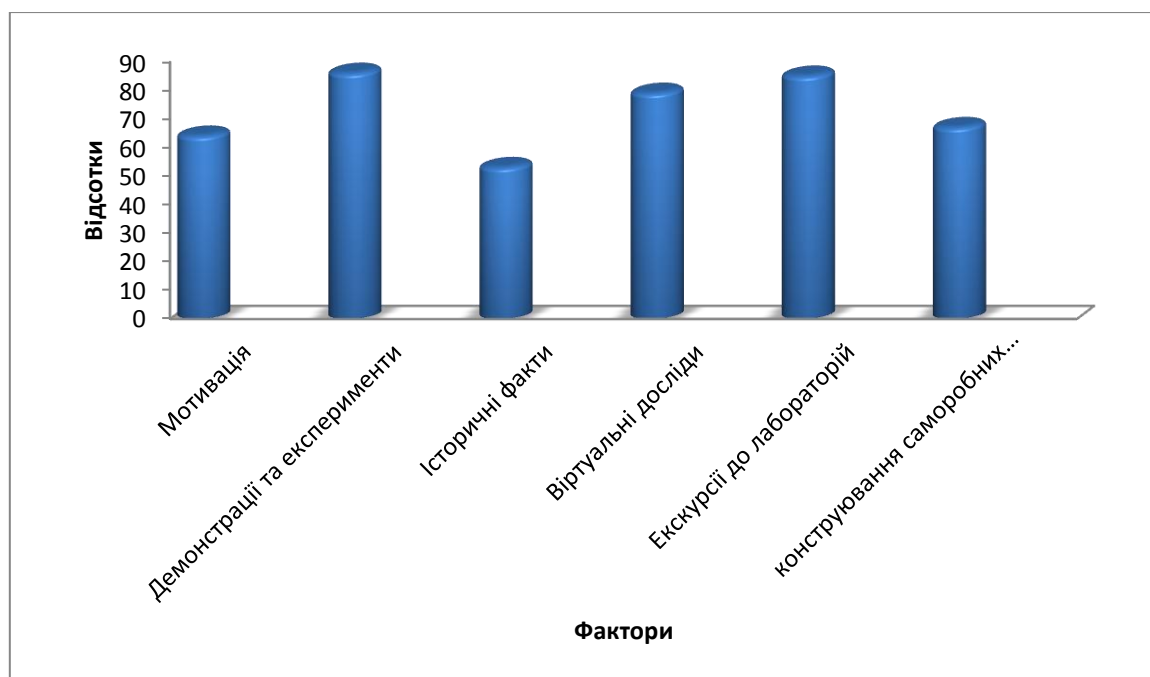


Рис. 3.1. Фактори, які впливають на активне вивчення фізики

Серед основних труднощів під час розв'язування фізичних задач студенти виділяють проблеми із усвідомленням ситуації, яка описана в задачі, із аналізом умови задачі, та в більшості з встановленням основних закономірностей для успішного розв'язування. Також наводять інші причини, котрі спричиняють появу труднощів при розв'язуванні. Сюди відносять задачі, які позбавлені життєвого змісту та не викликають позитивних емоцій та бажання розв'язувати задачу. Проблеми із здійсненням графічного запису задачі, побудова графічних зображень виділяється як причина виникнення труднощів при розв'язуванні. Виділяють значні труднощі в ході перетворення одиниць фізичних величин, що дуже часто призводить до невірної відповіді. Отже, на підставі проведеного аналізу ми прийшли до висновку, що з метою успішного розв'язання фізичних задач потрібно звернути увагу на дані проблеми і знайти шляхи їх усунення. Серед проблем навчального експерименту студенти виділяють слабку матеріальну базу; також наводились поодинокі твердження про цілковиту відсутність приладів та відповідно, відсутність найпростіших експериментів. Такі результати були одними із додаткових підстав, що переконували нас у вірності впровадження розроблених методичних підходів формування предметної компетентності при вивченні фізики у

студентів медичних коледжів та створення навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”.

### **3.2. Інтерпретація результатів педагогічного експерименту.**

Завершальною метою педагогічного експерименту була емпірична перевірка його результатів з метою встановлення доцільності впровадження методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики у порівнянні з традиційними педагогічними впливами та використання навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”. Для цього нами були виділені контрольні та експериментальні групи, які в загальному спочатку співпадали за своїм рівнем успішності. Щоб визначити рівень засвоєння студентами експериментальних і контрольних груп програмного матеріалу нової теми “Оптика” був складений відповідний контрольний зріз. Студенти контрольної групи вивчали теми за традиційною методикою (час на вивчення тем в двох групах за планом був однаковим).

Порівняння результатів виконання студентами контрольної і експериментальної груп контрольних зрізів дозволяє зробити висновки. При традиційному вивченні розділу “Оптика” в обох групах результати виконання контрольної роботи практично співпадають, що свідчить на користь вірного вибору контрольної і експериментальної груп. Результати виконання контрольної роботи також статистично не відрізнялися.

Ми запропонували студентам виконати роботу, яка складалася із завдань 4-х рівнів складності: початкового, середнього, достатнього та високого. Завдання початкового та середнього рівнів – тестові, де студенту необхідно вибрати правильну відповідь. Завдання достатнього та високого рівня – задачі без відповідей, що вимагають повного запису розв’язання.

Необхідність такої структури контрольної роботи викликана підготовкою до зовнішнього незалежного оцінювання з фізики, а також вимогами сьогодення.



### Орієнтовний критерій оцінювання підсумкової контрольної роботи

Рівень	Бали одного завдання
Початковий	0,5
Середній	1
Достатній	3
Високий	4

Виходячи з критерію оцінювання та враховуючи специфічні особливості групи, можна конструювати контрольну роботу. Наприклад:

Рівень	Кількість завдань	Бали	Набрані бали	Разом
Середній	2	x 1	2	12
Достатній	2	x 3	6	
Високий	1	x 4	4	

Або інша контрольна робота:

Рівень	Кількість завдань	Бали	Набрані бали	Разом
Високий	3	x 4	12	12

Наявність орієнтованого критерію оцінювання дає можливість студентові самостійно вибирати свій рівень складності завдань. Тобто, якщо студент претендує, наприклад на оцінку достатнього рівня, він розв'язує 3 задачі достатнього рівня і при бажанні переходить до задач високого рівня.

Спочатку результати навчальних досягнень були нами сформовані у вигляді шкали відношень. Вибірка для експериментальної та контрольної груп являла собою сукупність чисел, які відповідали отриманим студентами оцінкам в ході вхідного та завершального контролю. Елементом вибірки були отримані оцінки кожним студентом, їхня величина варіювалась від 1 до 12 балів. Результати вимірювань ми подали у вигляді таблиці 3.1., яка мала таку структуру:

Таблиця 3.1

Результати оцінок в контрольній та експериментальній групах до та після експерименту

№	Контрольна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Контрольна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)
1.	7	6	7	7
2.	6	7	7	7
3.	4	5	4	7
4.	9	8	8	8
5.	8	9	9	11
6.	6	7	6	7
7.	10	5	10	7
8.	6	6	7	8
9.	7	10	7	11
10.	5	6	6	6
11.	5	5	5	6
12.	6	7	6	8
13.	7	6	7	7
14.	7	6	8	9
15.	4	5	5	7
16.	8	7	9	8
17.	6	8	6	9
18.	6	6	7	6
19.	5	7	6	7
20.	7	5	7	4
21.	8	7	8	7
22.	7	7	8	9
23.	5	8	5	9
24.	9	8	9	9
25.	8	5	7	6
26.	7	9	8	10
27.	3	7	4	8
28.	6	4	6	5
29.	10	8	10	9
30.	8	10	8	10
31.	6	5	6	6
32.	6	6	6	7

33.	5	6	5	6
34.	6	6	6	8
35.	7	7	8	8
36.	10	7	10	8
37.	4	10	5	10
38.	9	8	8	10
39.	8	9	8	9
40.	6	7	6	9
41.	7	5	7	7
42.	6	6	6	7
43.	6	4	5	6
44.	7	6	7	6
45.	7	9	7	10
46.	6	8	6	9
47.	9	8	9	8
48.	6	6	6	7
49.	5	3	6	5
50.	3	5	4	7
51.	6	7	6	9
52.	-	6	-	6

Для того, щоб побудувати гістограму для шкали відношень ми сформуємо ще одну таблицю в такому вигляді.

**Таблиця 3.2**

**Результати оцінок в контрольній та експериментальній групах до та після експерименту**

Оцінки	Контрольна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Контрольна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)
12	-	-	-	-
11	-	-	-	2
10	3	3	3	5
9	4	4	4	10
8	6	8	9	9
7	11	12	11	14

6	16	13	15	9
5	6	9	6	2
4	3	2	3	1
3	2	1	-	-
2	-	-	-	-
1	-	-	-	-

Тоді гістограми для шкали відношень мають такий вигляд (рис. 3.2 та рис. 3.3):

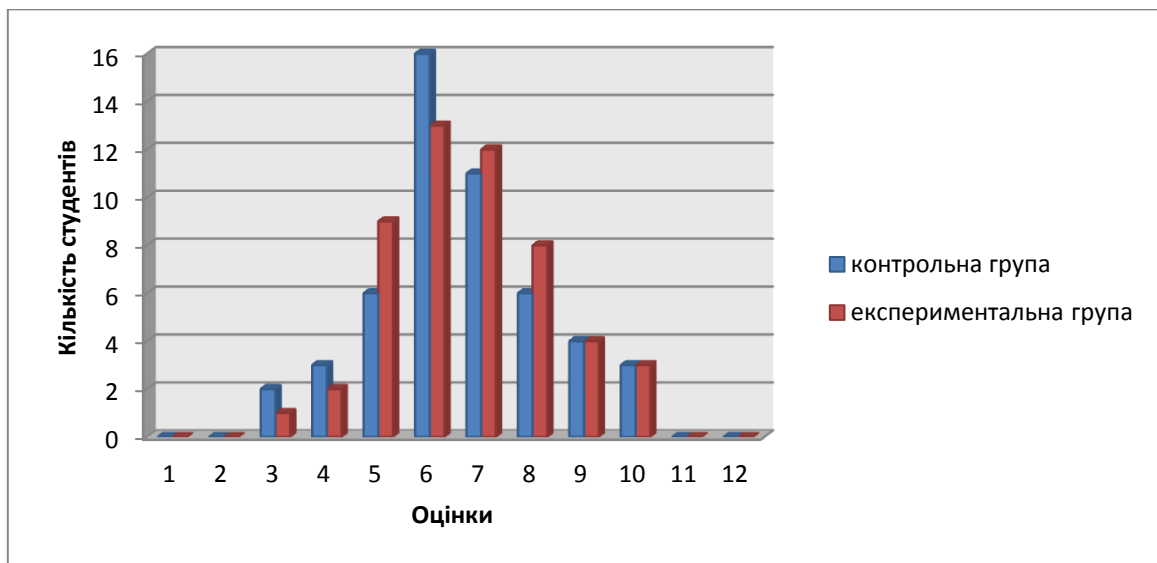


Рис. 3.2. Результати оцінок в контрольній та експериментальній групах до експерименту

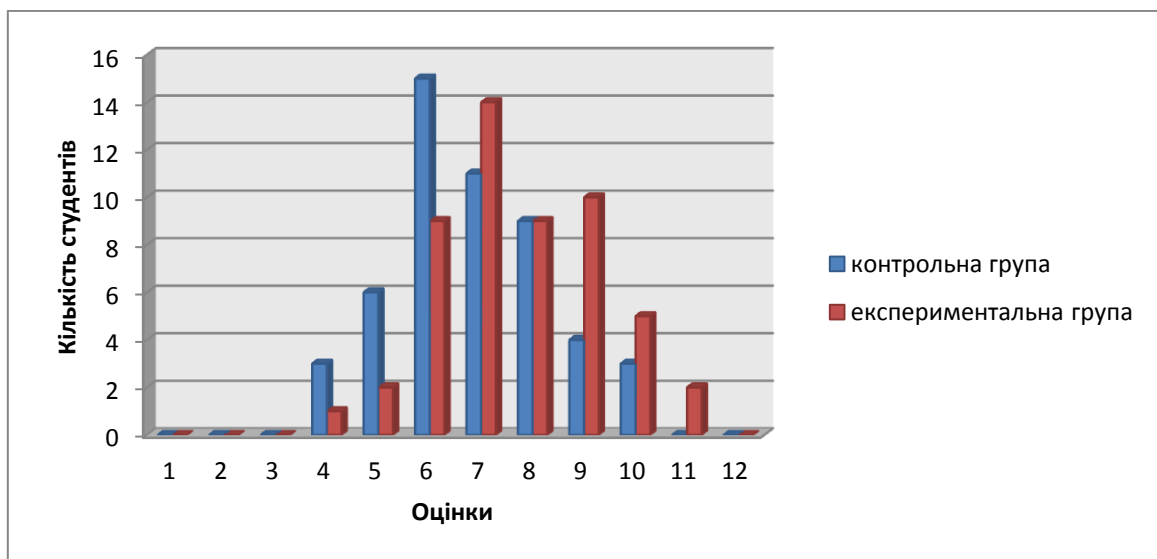


Рис. 3.3. Результати оцінок в контрольній та експериментальній групах після експерименту

Далі виразимо отримані у вигляді порядкової шкали результати педагогічного експерименту на основі шкали відношень. Для переходу від шкали відношень до порядкової шкали ми використовували таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

**Перехід від шкали відношень до порядкової шкали**

Рівень навчальних досягнень	Бали
Початковий	1 – 3
Середній	4 – 6
Достатній	7 – 9
Високий	10 – 12

На основі таблиці 3.3. ми сформуваємо таблицю 3.4, в якій визначали розподіл членів експериментальної та контрольної груп за рівнями навчальних досягнень.

Таблиця 3.4

**Результати вимірювання рівнів навчальних досягнень в контрольній та експериментальній групах до та після експерименту**

Рівень навчальних досягнень	Контрольна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу до початку експерименту)	Контрольна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)	Експериментальна група (результати контрольного зрізу після закінчення експерименту)
Початковий	2	1	-	-
Середній	25	24	24	12
Достатній	21	24	24	33
Високий	3	3	3	7

На рис. 3.4 та рис. 3.5 подані гістограми для шкали відношень.

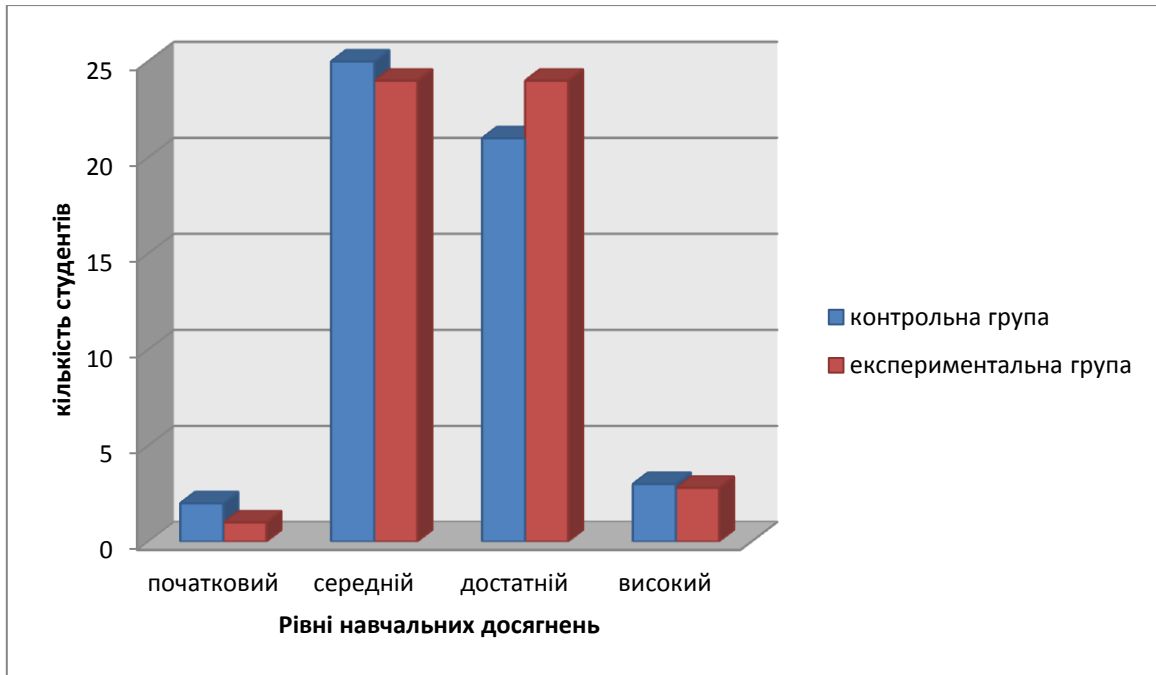


Рис.3.4. Результати вимірювань рівнів навчальних досягнень в контрольній та експериментальній групах до експерименту.

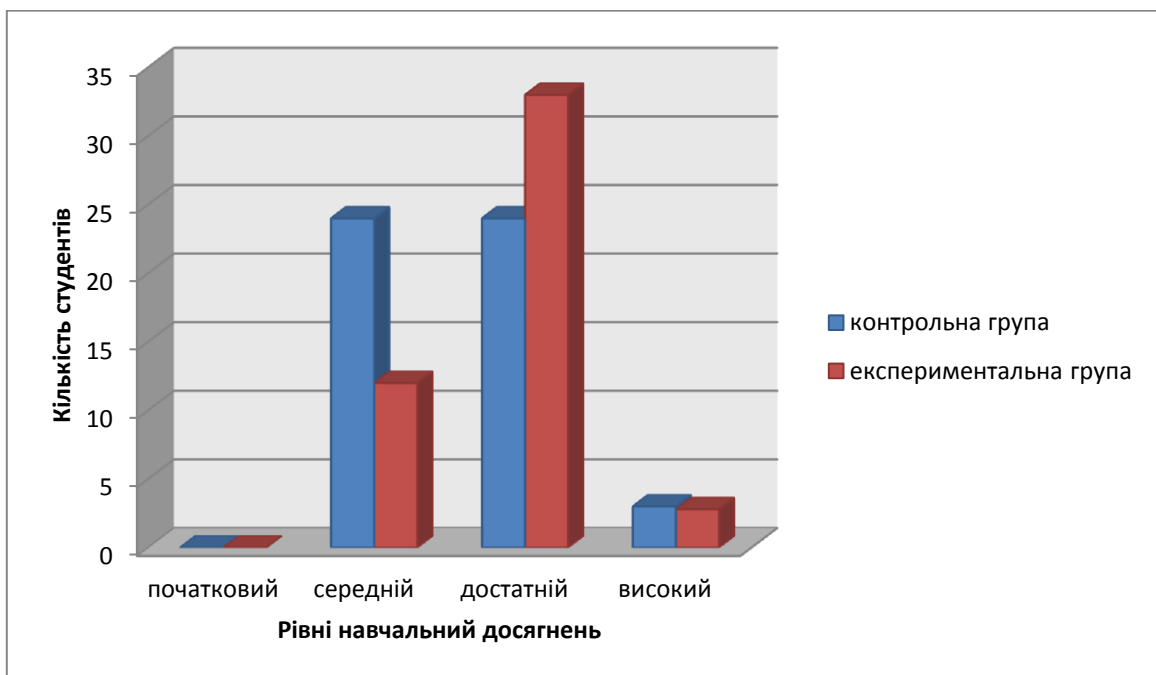


Рис. 3.5. Результати вимірювань рівнів навчальних досягнень в контрольній та експериментальній групах після експерименту.

Проаналізувавши рис. 3.6, ми вирішили для обробки даних використати критерій Крамера-Уелча, критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні та критерій Фішера [90]. Оскільки в порівнюваних вибірках кількість значень, які між собою різняться, сягає

більше 10, а об'єм вибірки  $>50$  ( $N = 52, M = 51$ ) для порядкової шкали вибрали критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні, а для перевірки збігу середніх значень – критерій Крамера-Уелча. Для шкали відношень, в якій число градацій  $L = 4$ , ми використали критерій однорідності  $\chi^2$ .

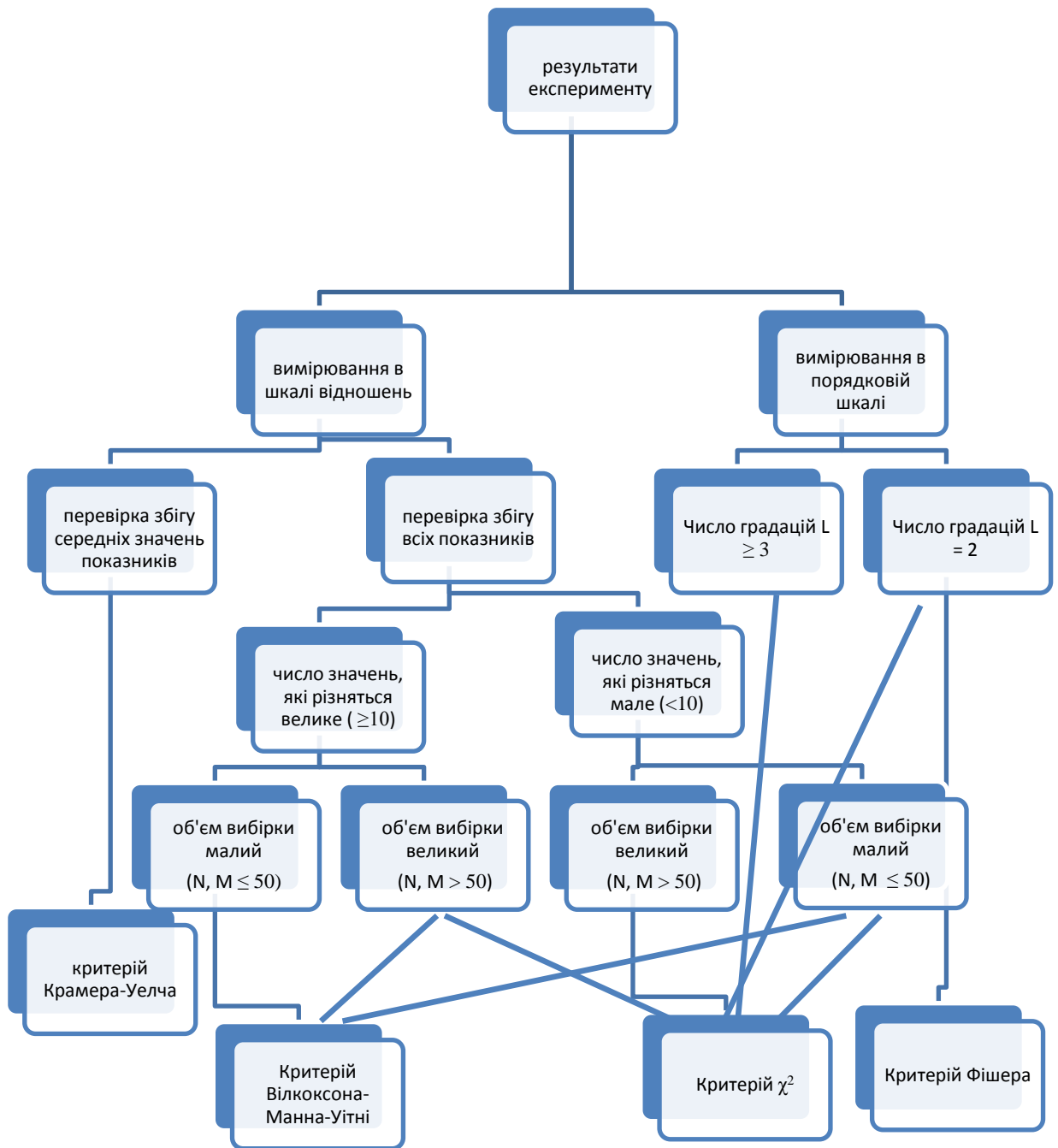


Рис. 3.6. Алгоритм вибору статистичного критерію.

На основі аналізу інформації, отриманої в результаті наших спостережень, ми визначали емпіричне значення критерію. Рівень значимості позначали  $\alpha$  і вважали рівним 0,05, що є загальноприйнятим в педагогічних дослідженнях (під рівнем значимості вважаємо вірогідність помилки, яка полягає у відхиленні того, що отримані відмінності є суттєвими). За умови отримання емпіричного значення критерію, яке виявляється меншим або рівним критичному, ми отримуємо підстави вважати вірною нульову гіпотезу – тобто правомірність твердження про те, що характеристики контрольної та експериментальної груп співпадають. Навпаки, за умови, коли емпіричне значення виявляється більшим за критичне, ми отримуємо підстави для відхилення нульової гіпотези та прийняття альтернативної гіпотези, яка полягає в тому, що характеристики контрольної та експериментальної груп є різними (при прийнятому значенні  $\alpha = 0,05$  за умови прийняття альтернативної гіпотези достовірність рівна  $1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$  або 95%).

Таким чином, за умови прийняття рівня значимості 0,05 ми отримуємо таке правило: якщо емпіричне значення критерію виявилось меншим або рівним критичному, то доцільно робити висновок: “характеристики контрольної та експериментальної груп співпадають з рівнем значимості 0,05”. За умови, якщо емпіричне значення критерію більше за критичне, ми маємо підстави робити висновок: “вірогідність відмінностей у характеристиках експериментальної та контрольної груп рівна 95%” [5].

Наведемо основні результати описової статистики (табл. 3.5). Дамо водночас характеристику деяким результатам. Медіана – це значення досліджуваної ознаки об’єкта, справа та зліва від якого знаходиться однакове число елементів вибірки. Вибіркова дисперсія обчислюється шляхом знаходження середньої суми квадратів різниць між елементами вибірки та середнім значенням; характеризує розкид елементів вибірки навколо середнього значення.



Таблиця 3.5

## Результати описової статистики

Параметри	Контрольна група (до початку експерименту)	Експериментальна група (до початку експерименту)	Контрольна група (після закінчення експерименту)	Експериментальна група (після закінчення експерименту)
Об'єм вибірки	51	52	51	52
Мінімум	3	3	4	4
Максимум	10	10	10	11
Інтервал	7	7	6	7
Сума	335	348	347	400
Середнє	6,5	6,7	6,8	7,7
Медіана	6	7	7	8
Дисперсія	2,77	2,53	2,32	2,49

Дані показники використовуються для наочного показу і первинного (“візуального”) аналізу результатів вимірювань характеристик експериментальної і контрольної груп.

Наведемо формули розрахунків основних показників.

Середнє арифметичне вибірки обчислювали за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Вибіркову дисперсію обчислювали за формулою:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.2)$$

Для даних, які вимірюються по шкалі відношень, для перевірки гіпотези про збіг характеристик двох груп доцільно використовувати або *критерій Крамера-Уелча*, або *критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні*. Критерій Крамера-Уелча призначений для перевірки гіпотези про рівність середніх (математичних очікувань) двох вибірок, критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні є більш “тонкішим” – він дозволяє перевіряти гіпотезу про те, що дві вибірки “однакові” (тобто співпадають їх середні значення, дисперсії та всі інші показники). Ми перевірили нашу гіпотезу про збіг характеристик двох груп за допомогою критерію Крамера-Уелча і критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні для шкали відношень.

Емпіричне значення критерію Крамера-Уелча обчислюємо на основі інформації про об'єми  $N$  і  $M$  вибірок  $x$  та  $y$ , вибірових середніх  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  та вибірових дисперсіях  $Dx$  та  $Dy$  порівнюваних вибірок, які ми обчислювали вручну за формулами (1) - (2), за такою формулою:

$$\frac{\frac{(\bar{x} - \bar{y})^2}{\frac{Dx}{N} + \frac{Dy}{M}}}{\frac{Dx}{N} + \frac{Dy}{M}} \quad (3.3)$$

З формули (3.3) визначили емпіричне значення критерію Крамера-Уелча для контрольної та експериментальної груп до експерименту і порівняли з критичним значенням  $T_{0,05} = 1,95$ . Оскільки для нашого експерименту ми отримали  $T_{\text{емп}} = 0,62$ , яке менше за критичне значення критерію, тобто  $T_{\text{емп}} < T_{0,05}$  ( $0,62 < 1,95$ ), то робимо висновок: “характеристики контрольної та експериментальної груп співпадають з рівнем значимості 0,05”.

Далі з формули (3.3) визначили емпіричне значення критерію Крамера-Уелча для контрольної та експериментальної груп після експерименту і порівняли з критичним значенням  $T_{0,05} = 1,95$ . Оскільки для нашого експерименту ми отримали  $T_{\text{емп}} = 2,94$ , яке більше за критичне значення критерію, тобто  $T_{\text{емп}} > T_{0,05}$  ( $2,94 > 1,95$ ), то робимо висновок: “вірогідність відмінностей у характеристиках експериментальної та контрольної груп рівна 95%”.

Отже, можна зробити висновок, що ефект змін характеристик контрольної та експериментальної груп зумовлений саме застосуванням запропонованих методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики.

Далі визначаємо критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні, який оперує не з абсолютними значеннями елементів двох вибірок, а з результатами їх парних порівнянь.

Алгоритм визначення достовірності збігу та відмінностей для експериментальних даних, обчислених в шкалі відношень, за допомогою критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні полягає в тому, щоб визначити емпіричне значення критерію Вілкоксона  $W_{\text{емп}}$  за формулою (3.4).

$$\frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n(n+1)} \quad (3.4)$$

де  $U$  – емпіричне значення критерію Манна-Уїтні.

Критичне значення  $W_{0,05} = 1,96$ .

З формули (3.4) визначили емпіричне значення критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні для контрольної та експериментальної груп до експерименту і порівняли з критичним значенням  $W_{0,05} = 1,96$ . Оскільки для нашого експерименту ми отримали  $W_{\text{емп}} = 0,55$ , яке менше за критичне значення критерію, тобто  $W_{\text{емп}} < W_{0,05}$  ( $0,55 < 1,96$ ), то робимо висновок: “характеристики контрольної та експериментальної груп співпадають з рівнем значимості 0,05”.

Далі з формули (3.4) визначили емпіричне значення критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні для контрольної та експериментальної груп після експерименту і порівняли з критичним значенням  $W_{0,05} = 1,96$ . Оскільки для нашого експерименту ми отримали  $W_{\text{емп}} = 2,92$  яке більше за критичне значення критерію, тобто  $W_{\text{емп}} > W_{0,05}$  ( $2,92 > 1,96$ ), то робимо висновок: “вірогідність відмінностей у характеристиках експериментальної та контрольної груп рівна 95%”.

Знову робимо висновок, що ефект змін характеристик контрольної та експериментальної груп зумовлений саме застосуванням запропонованих методичних підходів формування предметної компетентності зфізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики.

Для даних, виміряних в порядковій шкалі (таблиця 3.4), доцільно використовувати *критерій однорідності*  $\chi^2$ , емпіричне значення якого обчислюємо за формулою:

$$\frac{\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{(\sum_{i=1}^k R_i)^2}{n}}{n-1} \quad (3.5)$$

Критичне значення критерію однорідності  $\chi^2$  для рівня значимості  $\alpha = 0,05$  для числа градацій рівнів знань, яке рівне 4 в нашому випадку становить 7,82. За умови, якщо емпіричне значення критерію  $\chi^2$  менше критичного значення, вважаємо, що характеристики порівнюваних вибірок співпадають із рівнем значимості 0,05. за умови, що емпіричне значення критерію  $\chi^2$  більше за критичне

значення, вважаємо, що вірогідність відмінних характеристик порівнюваних вибірок складає 95%.

За формулою (3.5) обчислили емпіричні значення критерію однорідності для контрольної та експериментальної груп до та після експерименту та занесли їх до таблиці 3.6:

Таблиця 3.6

Емпіричні значення критерію  $\chi^2$  для даних з таблиці 3.4.

	Контрольна група до експерименту	Експериментальна група до експерименту	Контрольна група після експерименту	Експериментальна група після експерименту
Контрольна група до експерименту		<b>0,54</b>	2,31	10,6
Експериментальна група до експерименту	0,54		1,07	7,84
Контрольна група після експерименту	2,31	1,07		<b>10,63</b>
Експериментальна група після експерименту	10,6	7,84	10,63	

Як видно із проведених розрахунків, критерій  $\chi^2$ , обчислений для порівняння стану контрольної та експериментальної груп до початку експерименту, рівний 0,54, що менше, ніж 7,82. Це дає підстави стверджувати, що початкові стани контрольної та експериментальної груп співпадають з рівнем значимості 0,05. Порівнювання кінцевих результатів контрольної та експериментальної груп дає значення критерію  $\chi^2$ , яке рівне 10,63; через те, що  $10,63 > 7,82$ , робимо висновок, що вірогідність відмінних характеристик у порівнюваних вибірках складає 95%.

Отже, до початку експерименту стани контрольної та експериментальної груп збігаються, а після експерименту – відрізняються. Можемо зробити висновок, що

ефект змін характеристик контрольної та експериментальної груп зумовлений саме застосуванням запропонованих методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів-медиків при вивченні оптики.

На завершення сформуємо результати вимірювання рівнів знань в контрольних та експериментальних групах у вигляді таблиці 3.7.

**Таблиця 3.7**

**Результати вимірювання рівнів навчальних досягнень в контрольній та експериментальній групах до та після експерименту**

Рівень навчальних досягнень	Контрольна група до експерименту (%)	Експериментальна група до експерименту (%)	Контрольна група після експерименту (%)	Експериментальна група після експерименту (%)
Початковий	3,9	1,9	-	-
Середній	49	46,1	47	23
Достатній	41,1	46,1	47	63,4
Високий	5,9	5,8	5,9	13,4

Аналіз результатів педагогічного експерименту свідчить, що високий рівень навчальних досягнень студентів експериментальних груп перевищує відповідний рівень навчальних досягнень студентів контрольних груп на 7,5%, а достатній рівень – на 16,4%.

Ми перевіряли достатній і високий рівні навчальних досягнень студентів, оскільки лише досягнення їх студентами підтверджує сформованість предметної компетентності з фізики. В експериментальній групі після експерименту досягло високого рівня навчальних досягнень на 7,6% більше студентів, а достатнього рівня навчальних досягнень – на 17,3%.

Подамо отримані результати за допомогою гістограми.

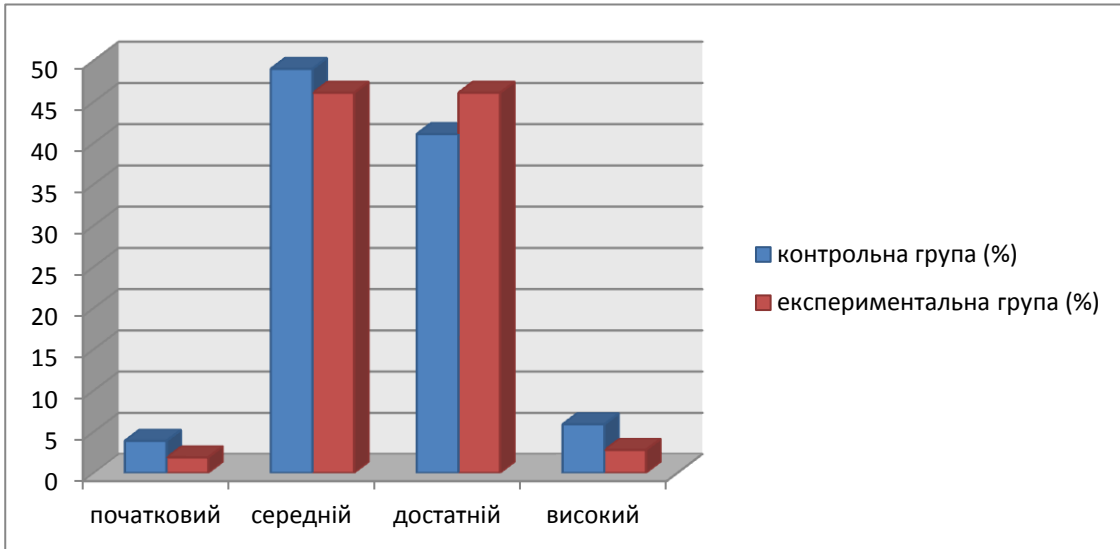


Рис. 3.7. Гістограма контрольної та експериментальної груп до початку експерименту.

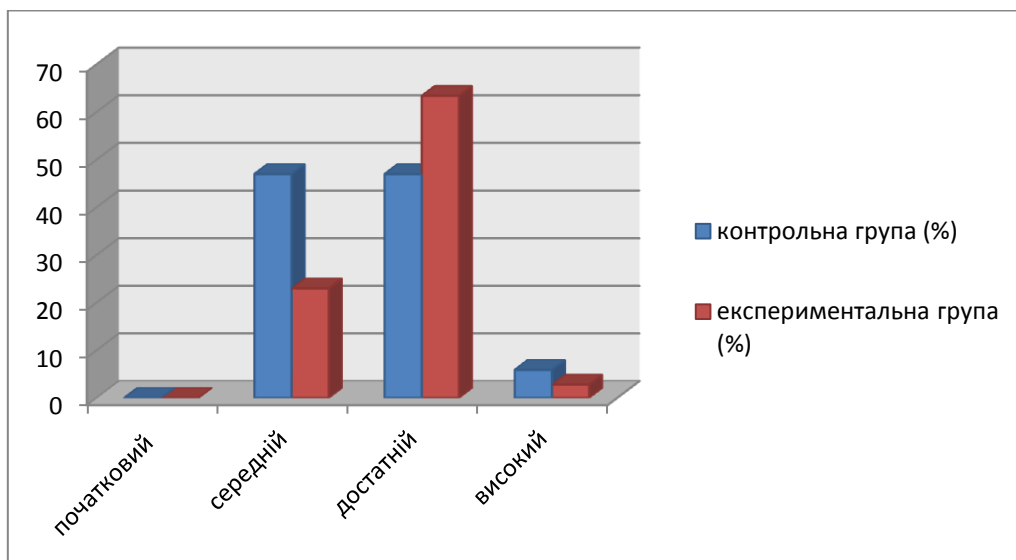


Рис. 3.8. Гістограма контрольної та експериментальної груп після експерименту.

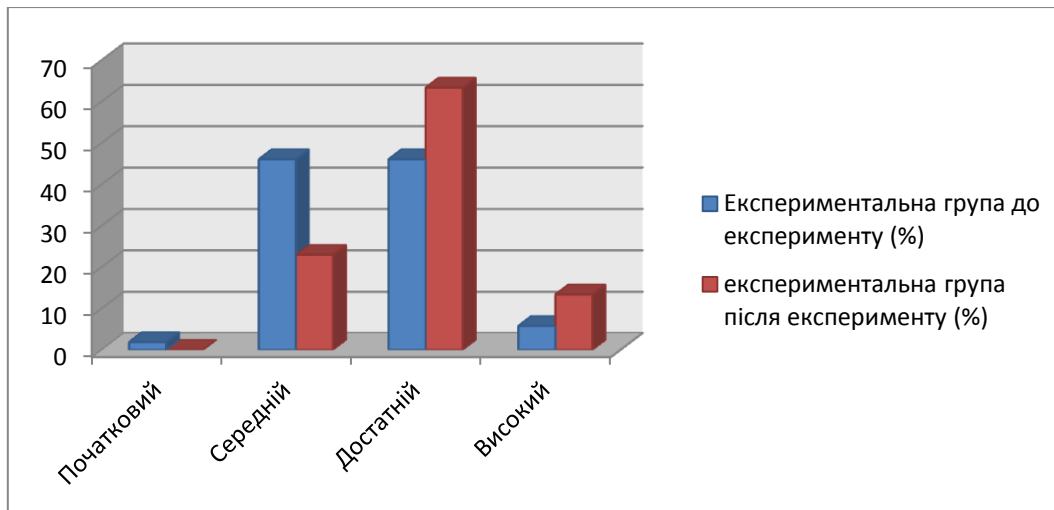


Рис. 3.9. Гістограма експериментальної групи до та після експерименту.

Проведене дослідження достовірностей збігу результатів навчальних досягнень у контрольних та експериментальних групах дало можливість зробити висновки про те, що при практично однакових початкових станах контрольної та експериментальної груп після проведеного експерименту характеристики вибірок суттєво відрізняються. Це дає підстави стверджувати, що отримані зміни зумовлені впровадженням методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Дослідно-експериментальна перевірка доцільності методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики здійснювалася у декілька етапів: констатувальний, пошуковий і формувальний. На етапі констатувального експерименту було з'ясовано доцільність застосування розроблених методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики. Отриманий на першому етапі дослідження матеріал дозволив сформулювати основні завдання і методи дослідження, визначити основні цілі.

2. На етапі формувального експерименту здійснювалася експериментальна перевірка доцільності впровадження методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики та проводився аналіз отриманих результатів. Дослідження здійснювались у формі експериментальних теоретичних та практичних занять.

3. Для перевірки ефективності розроблених методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики проводився підсумковий контроль з подальшою статистичною обробкою його результатів. Статистичне опрацювання результатів педагогічного експерименту засвідчило, що зміни успішності в опануванні навчального матеріалу з фізики, системності знань, які були досліджені в експериментальних групах, можна вважати статистично достовірними й такими, що підтверджують ефективність розроблених методичних підходів формування предметної компетентності з фізики та використання навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”. В студентів з'явилися нові значущі цілі й мотиви навчання, самоцінні знання й експериментальні вміння та інші особистісні якості. Вони почали усвідомлювати для себе значущість учіння та особистісної саморегуляції.

4. Проведене дослідження достовірностей збігу результатів навчальних досягнень у контрольних та експериментальних групах дало можливість зробити висновки про те, що при практично при однакових початкових станах контрольної та експериментальної груп після проведеного експерименту характеристики вибірок



суттєво відрізняються. Це дає підстави стверджувати, що отримані зміни зумовлені впровадженням розроблених методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики та використання в освітньому процесі навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”, а тому і доцільність впровадження їх у процес вивчення фізики за профільними програмами у навчальних закладах різного типу та профілю не викликає сумнівів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анамарин И.П., Васильев Н.Н., Амбросов В.А. Быстрые методы статистической обработки и планирования экспериментов. - Л.: ЛГУ, 1974.
2. Архангельский С.И. О моделировании и методах обработки данных педагогического эксперимента. - М.: Знание, 1974.
3. Гласе Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. - М.: Прогресс, 1976. - 495 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. Пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. –М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
5. Грабарь М.И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы / М.И. Грабарь, К.А. Краснянская. .- М.: Педагогика, 1977. - 136 с.
6. Жалдак М.І. та ін. Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології: Навч. посібник / М.І. Жалдак, М.Н Кузьміна, СЮ. Берлінська. - К.: Вища школа, 1995. - 351 с.
7. Зінченко В. П., Коренева І. М., Харламенко В. Б. Навчально-дослідна робота у вищих навчальних закладах. – Глухів: РВВ ГДПУ, 2006. – 78 с.
8. Ісичко Л. В. Математичне моделювання як один з етапів процесу розв'язування фізичних задач / Л. В. Ісичко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки . – 2013. – Вип. 109. – С. 176-180.
9. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) / Д.А. Новиков. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
10. Опря А.Т. Статистика (з програмованою формою контролю знань). Математична статистика. Теорія статистики. Навчальний посібник. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 472 с.
11. Раков С.А. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу в навчанні з використанням інформаційних технологій: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Раков Сергій Анатолійович; Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди. – Харків, 2005. – 489 с.
12. Руденко В.М. Математична статистика. Навч. посіб. / В.М. Руденко – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 304 с.
13. Руденко В.М., Руденко Н.М. Математичні методи в психології: підручник. - К.: Академвидав, 2009. - 384 с.
14. Шишов С. Е. Мониторинг качества образования в школе / С. Е.Шишов, В. А. Кальней. – М.: Российское педагогическое агентство, 1998.–320 с.

## ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведеного дослідження щодо розроблення методичних підходів до формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики та створення методичного забезпечення для реалізації індивідуального підходу у навчанні дає підстави сформулювати такі висновки:

1. Підвищення якості підготовки фахівців можливо лише за умов модернізації та реформування української системи освіти, інноваційної спрямованості її змісту та методичних підходів до навчання. Медична освіта вимагає особливої уваги, оскільки безпосередньо впливає на життя людей через кваліфікацію її працівників. Водночас фахова компетентність медичних працівників у значній мірі залежить від знань з фізики. Тому при формуванні предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів індивідуальний підхід набуває особливого значення, оскільки він забезпечує не лише підвищення рівня знань, але й ціннісні корекції в освітньо-виховному процесі. Наголошено, що всі без виключення аспекти і ланки освіти потребують відповідного методичного супроводу з урахуванням акценту на розвиток людської індивідуальності. Здійснено аналіз стану розробленості проблеми дослідження та уточнено суть поняття “предметна компетентність з фізики студентів медичних коледжів”. Визначено, що на формування предметної компетентності з фізики, у свою чергу, впливають медичні знання. Констатовано, що формування предметної компетентності з фізики – багатогранний процес, одним з аспектів якого є використання медичних знань, що здійснюється в рамках навчання за фахом. Доведено, що значним є вплив мотивації на процес формування предметної компетентності з фізики, оскільки вона забезпечує інтелектуальний розвиток студента, його мислення, здатність реалізуватись і застосовувати набуті фізичні знання в житті.

2. Вперше запропоновано теоретичні та методологічні засади формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики в системі ступеневої підготовки медичних працівників, які орієнтовані на досягнення рівня предметної компетентності з фізики, достатнього для забезпечення становлення спеціальних (фахових) компетентностей. Вдосконалено дидактичну

модель процесу формування фізичних понять з оптики у студентів вищих навчальних закладів, які здійснюють підготовку молодших спеціалістів на базі середньої освіти.

3. Вперше запропоновано методичні засади реалізації індивідуального підходу в навчанні фізики в умовах комплексного використання традиційних та інноваційних освітніх моделей, які забезпечать підвищення рівня предметної компетентності студентів медичних коледжів з фізики. Запропоновано методичні підходи до формування предметної компетентності з фізики в умовах комплексного застосування індивідуально-групових та операційно-процесуальних компонентів. Визначено шляхи і прийоми діагностики результатів навчання за умови використання індивідуального підходу, що дозволяють фіксувати рівень індивідуальних навчально-пізнавальних досягнень студента і динаміку розвитку особистості студента. Теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено пропонувану методику формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики у студентів медичних коледжів. Запропоновано новий підхід до розв'язання проблеми формування предметної компетентності з фізики, який полягає в побудові індивідуальної траєкторії навчання для кожного студента відповідно до його особистісних характеристик і стилю навчальної діяльності.

4. Вперше розроблено навчально-методичний комплект “Фізика в медичних коледжах” для студентів і викладачів медичних коледжів, який містить такі складові: навчально-методичний посібник “Практичні і лабораторні роботи з оптики”, навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Хвильові властивості світла”, навчально-методичний посібник “Методичні особливості вивчення оптики. Квантові властивості світла”; навчально-методичний посібник “Збірник задач з оптики”; методичні рекомендації “Формування мотивації у студентів при вивченні оптики”. Навчально-методичні матеріали включають різноманітні завдання для організації роботи на усіх етапах навчання фізики, матеріали для діагностики рівня засвоєння знань і вмінь студентів, приклади завдань і запитань для організації самостійної діяльності студентів. Доведено, що перевагами комплексу є спільна теоретико-методологічна основа, на якій

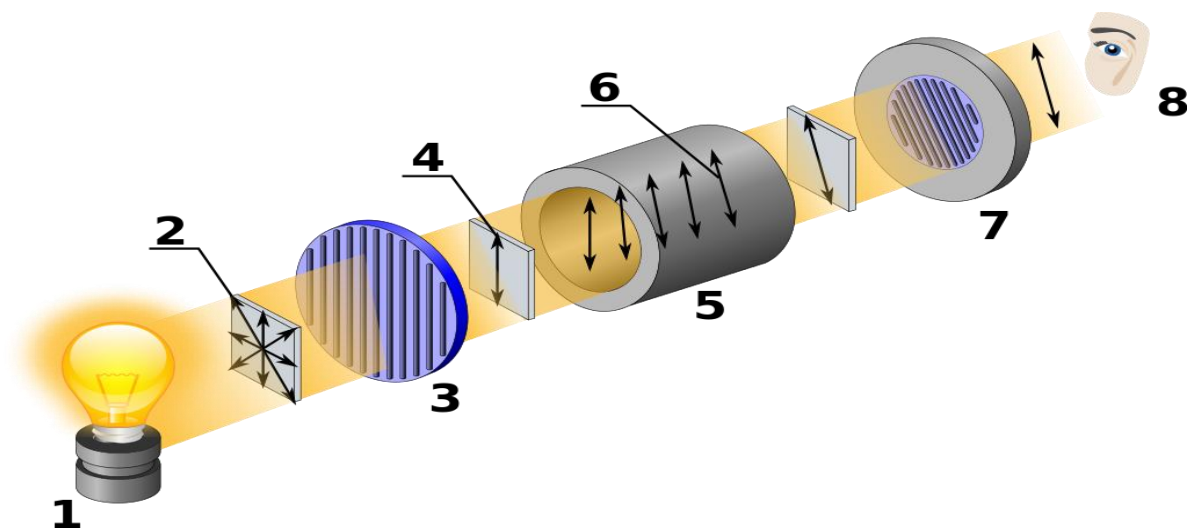
розроблено його складові, а також адаптованість навчальної інформації до цілей і завдань формування предметної компетентності з фізики при вивченні оптики та фахової компетентності.

5. Експериментально перевірено педагогічну ефективність запропонованих методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики з використанням навчально-методичного комплексу “Фізика в медичних коледжах”. Проведене дослідження достовірностей збігу результатів навчальних досягнень у контрольних та експериментальних групах доводить, що при практично однакових початкових станах контрольної та експериментальної груп після проведеного експерименту характеристики вибірок суттєво відрізняються. Це дає підстави стверджувати, що отримані зміни зумовлені впровадженням методичних підходів формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики, а тому і доцільність впровадження їх у процес вивчення фізики за профільними програмами у навчальних закладах різного типу та профілю не викликає сумнівів.

Проведене дослідження не вирішує повністю проблему формування предметної компетентності з фізики у студентів медичних коледжів при вивченні оптики. Подальшого розв’язання потребують питання, пов’язані з формуванням предметної компетентності у студентів медичних коледжів при вивченні не лише оптики, а й всього курсу фізики. Що стосується вирішення проблем реалізації у навчанні індивідуального підходу, то у цій площині лежить надзвичайно широкий спектр завдань – від формування відповідних світоглядних позицій, фізичного мислення до уміння олюднювати знання, робити їх дієвими, орієнтуватися у нових умовах життя і професійної діяльності.

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ:  
САХАРИМЕТР-ПОЛЯРИМЕТР

## ДОДАТОК Б

### Анкета

1. Чи вважаєте вивчення фізики на заняттях під керівництвом викладача достатнім джерелом нової та сучасної інформації?

*а) так; 34%*

*б) ні. 66%*

2. Як Ви ставитеся до вивчення фактичного матеріалу?

*а) байдуже; 57%*

*б) зацікавлено. 43%*

3. Чи в усіх випадках Вам була зрозуміла навчальна інформація, яку повідомляє викладач?

*а) так; 22%*

*б) ні. 78%*

4. Чи вважаєте доцільним для підвищення інтересу до вивчення фізики наведення історичних фактів та вкладу відомих вчених України?

*а) так; 53%*

*б) ні. 47%*

5. Чи вважаєте доцільним для підвищення інтересу до вивчення фізики затрачати час на мотивацію?

*а) так; 64%*

*б) ні. 36%*

6. Чи прагнете Ви до самостійного виконання практичних завдань?

*а) ні; 62%*

*б) так. 38%*

7. Як Ви ставитеся до вивчення нового теоретичного матеріалу?

*а) байдуже; 64%*

*б) зацікавлено. 36%*

8. Чи використовуєте інтернет при виконанні домашнього завдання і для пошуку нової інформації?

*а) не завжди; 23%*

*б) постійно. 77%*

9. Як Ви ставитесь до виконання експериментів та демонстрацій при вивченні нового матеріалу на теоретичних заняттях?

*а) байдуже; 14%*

*б) позитивно і зацікавлено. 86%*

10. Як Ви ставитесь до самостійного виконання теоретичного завдання?

*а) байдуже; 60%*

*б) зацікавлено. 40%*

11. Чи прагнете Ви відповідати на запитання з нового матеріалу?

*а) ні; 68%*

*б) так. 32%*

12. Чи доцільно на теоретичних заняттях використовувати презентації?

*а) ні; 26%*

*б) так. 74%*

13. Чи прагнете Ви систематично одержувати нову інформацію за межами коледжу?

*а) ні; 68%*

*б) так. 32%*

14. Чи можете Ви правильно визначити, яка інформація необхідна для виконання завдання?

*а) ні; 41%*

*б) так. 59%*

15. Чи можете Ви визначити, що нового Ви дізналися після виконання завдання?

*а) ні; 32%*

*б) так. 68%*

16. Чи хотіли б Ви відвідувати лабораторії із фізичним обладнанням?

*а) ні; 15%*

*б) так. 85%*



17. Чи користуєтесь Ви віртуальною фізичною лабораторією і чи допомагає вона Вам краще зрозуміти матеріал?

*а) так; 42%*

*б) ні. 58%*

18. Чи можете Ви виконати нове завдання самостійно?

*а) ні; 71%*

*б) так. 29%*

19. Чи хотіли б Ви конструювати саморобні вироби для демонстрування явищ і понять з фізики?

*а) ні; 33%*

*б) так. 67%*

20. Чи користуєтесь Ви навчальною платформою Moodle?

*а) ні; 31%*

*б) так. 69%*

21. Чи виконуєте демонстрації та експерименти в домашніх умовах?

*а) ні; 76%*

*б) так. 24%*

22. Чи користуєтесь Ви знаннями в повсякденному житті, які здобули при вивченні фізики?

*а) ні; 62%*

*б) так. 38%*

23. Як Ви ставитеся до критики своїх знань з боку викладача?

*а) байдуже; 24%*

*б) зацікавлено. 76%*

24. Чи доцільно на теоретичних заняттях використовувати віртуальні досліди та використовувати мультимедійні технології?

*а) так; 79%*

*б) ні. 21%*

25. Вивчення фізики пов'язане з Вашою майбутньою професією?

*а) так; 39%;*

б) нї. 61%

## ДОДАТОК В

### Самостійна робота з теми “Інтерференція світла”

#### Початковий рівень

1. Яке із спостережуваних явищ зумовлюється інтерференцією світла?

А) Випромінювання світла лампою розжарення.

Б) Райдужне забарвлення компакт-дисків.

В) Райдужне забарвлення мильних бульбашок.

2. За яких умов спостерігається мінімум інтерференційної картини?

А) Джерела хвиль когерентні, різниця ходу –.

Б) Джерела хвиль когерентні, різниця ходу може бути будь-якою.

В) Джерела хвиль когерентні, різниця ходу –.

#### Середній рівень

1. У деяку точку простору надходить випромінювання з оптичною різницею ходу хвиль  $1,8 \text{ мкм}$ . Визначте, підсилення чи послаблення світла відбудеться в цій точці, якщо довжина хвиль  $600 \text{ нм}$ . (підсилення світла).

2. У деяку точку простору надходять когерентні промені з оптичною різницею ходу  $6 \text{ мкм}$ . Визначте, підсилення чи послаблення світла відбудеться в цій точці, якщо довжина хвилі дорівнює  $500 \text{ нм}$ . (підсилення світла).

#### Достатній рівень.

1. А) Мильна бульбашка на сонці грає всіма кольорами веселки. Чому? Б) Два когерентних джерела випромінюють монохроматичне світло з довжиною хвилі  $0,6 \text{ мкм}$ . Визначте, на якій відстані від точки, розташованої на екрані на однаковій відстані від джерел, розміщуватиметься перший максимум освітленості. Екран віддалено від джерел на  $3 \text{ м}$ , відстань між джерелами  $0,5 \text{ мм}$ . ( $3,6 \text{ мм}$ ).

2. А) Чи має місце зміна енергії під час інтерференції хвиль? Б) Плоскоопуклу лінзу з радіусом кривизни  $12 \text{ м}$  покладено опуклим боком на плоскопаралельну пластинку. На плоску грань лінзи нормально падає

монохроматичне світло, й у відбитому світлі утворюються темні й світлі кільця. Визначте довжину хвилі монохроматичного світла, якщо радіус шостого темного кільця дорівнює  $7,2 \cdot 10^{-3}$  м. (720 нм).

Високий рівень.

1. А) Дві когерентні світлові хвилі в результаті інтерференції взаємно гасяться в деякій області. Куди подінеться їхня енергія? Б) коли монохроматичне світло падає нормально на поверхню мильної плівки, інтенсивність відбитого світла залежить від довжини хвилі: вона має максимум при  $\lambda_1 = 630$  нм і найближчий до нього мінімум при  $\lambda_2 = 525$  нм. Чому дорівнює товщина плівки? Показник заломлення плівки 1,33. (590 нм).
2. А) Кольори тонких плівок (наприклад, плівки бензину на воді) помітно відрізняються від кольорів веселки. Чому? Б) Точкове джерело монохроматичного світла розміщено на відстані  $S = 1$  мм від великого плоского дзеркала й на відстані  $L = 4$  м від екрана, перпендикулярного до дзеркала. Чому дорівнює відстань  $x$  між сусідніми максимумами освітленості? Довжина світлової хвилі 600 нм. (1,2 мм).

## ДОДАТОК Г

### Самостійна робота з теми “Дифракція світла”

#### Початковий рівень

1. Яке зі спостережуваних явищ зумовлюється дифракцією світла? Укажіть усі правильні відповіді.

А. Випромінювання світла лампою розжарення.

Б. Райдужне забарвлення компакт-дисків.

В. Одержання зображення на кіноекрані.

2. Який із наведених нижче виразів є умовою спостереження головних максимумів у спектрі дифракційної решітки з періодом  $d$  під кутом  $\varphi$ ? Укажіть усі правильні відповіді.

А.  $d \sin \varphi = k\lambda$ .

Б.  $d \cos \varphi = k\lambda$ .

В.

—.

#### Середній рівень

1. Знайдіть найбільший порядок спектра червоної лінії літію з довжиною хвилі 671 нм, якщо період дифракційної решітки 0,01 мм.

2. Дифракційна решітка має 50 штрихів на 1 мм. Під якими кутами видно максимуми першого й другого порядків монохроматичного випромінювання з довжиною хвилі 400 нм?

#### Достатній рівень

1. а) Якщо, примруживши око, дивитися на нитку лампочки розжарення, то нитка видається облямованою світлими відблисками. Чому?

б) Період дифракційної решітки 0,016 мкм. Червона лінія спектра другого порядку розташована на відстані 14,2 см від середньої лінії. Відстань від решітки до екрана 1,5 м. Визначте довжину хвилі червоних променів і ширину спектра другого порядку. Довжина хвилі фіолетових променів  $4 \cdot 10^{-7}$  м.

2. а) На поверхні грамплатівки, яку розглядають під невеликим кутом, видно кольорові смуги. Як пояснити це явище?

б) Спектр отримано за допомогою дифракційної решітки із періодом 0,005 мм. Дифракційне зображення другого порядку розташовано на відстані 5 см від

центрального та на відстані 1 м від решітки. Визначте довжину світлової хвилі. Спостереження ведеться без лінзи.

### Високий рівень

1. а) Чому дифракцію звуку можна спостерігати з більшою мірою чіткості, ніж дифракцію світла?

б) На дифракційну решітку з періодом 4 мкм падає нормально світло, пропущене крізь світлофільтр. Смуга пропускання світлофільтра — від 500 до 550 нм. Чи будуть спектри різних порядків перекриватися один одним?

2. а) Під час дифракції відбувається відхилення світлових променів від прямолінійного поширення в однорідному середовищі. Чи не спростовує явище дифракції закон прямолінійного поширення світла в однорідному середовищі? Поясніть свою відповідь.

б) На дифракційну решітку з періодом 2 мкм падає нормально світло з довжиною хвилі 500 нм. За решіткою розташована збиральна лінза з фокусною відстанню 50 см. Де потрібно розмістити екран, щоб одержати на ньому чіткий дифракційний спектр? Чому дорівнює відстань на екрані між спектром третього порядку й центральним максимумом?

## ДОДАТОК Д

### Самостійна робота з теми “Дисперсія світла”

#### Початковий рівень

1. Який із наведених нижче виразів означає поняття дисперсії?

- А) Накладання когерентних хвиль.
- Б) Розкладання світла в спектр під час заломлення.
- В) Огинання хвилею перешкоди.

2. Чим зумовлюється дисперсія білого світла?

- А) Колір світла визначається довжиною хвилі. У процесі заломлення довжина світлової хвилі змінюється, тому відбувається перетворення білого світла на різнобарвний спектр.
- Б) Біле світло є сумішшю світла різних частот. Колір визначається частотою світла, коефіцієнт заломлення залежить від частоти. Тому світло різного кольору поширюється в різних напрямках.
- В) Призма поглинає біле світло з однією довжиною хвилі, а випромінює світло з різними довжинами хвиль.

#### Середній рівень

1. Довжина хвилі червоного світла в повітрі дорівнює 700 нм. Якою буде довжина хвилі у воді? (526 нм).
2. Довжина хвилі, що відповідає червоній лінії спектра водню, у вакуумі дорівнює 656,3 нм, а в склі – 410 нм. Чому дорівнює показник заломлення скла для цього світла? (1,6).

#### Достатній рівень.

1. А) Який вигляд матиме білий напис на червоному тлі, якщо освітити його зеленим світлом?  
 Б) Воду освітлено зеленим світлом, довжина хвилі в повітрі для якого 0,5 мкм. Якою буде довжина хвилі у воді? Який колір бачить людина, що відкрила очі під водою? (380 нм)
2. А) На аркуші написано слово “світло” зеленим олівцем. Дивлячись крізь яке прозоре середовище не можна прочитати написане?

Б) Обчисліть швидкість і довжину хвилі жовтого світла в склі з показником заломлення 1,56. Довжина хвилі світла цього кольору в повітрі 589 нм. ( $1,92 \cdot 10^8$  м/с; 378 нм.)

### Високий рівень

- А) Дано призми, виготовлені з різних матеріалів, але з однаковими заломлюючими кутами. Чим будуть відрізнятися спектри, утворювані за допомогою цих призм?

Б) Показник заломлення для червоного світла в склі 1,644, а для фіолетового – 1,685. Знайдіть різницю кутів заломлення в склі, якщо кут падіння дорівнює  $80^\circ$ . ( $1^\circ$ ).
- А) Чи з однаковою швидкістю проходять до меж атмосфери Землі й Сонця хвилі червоної й фіолетової частини спектра? Чи однакова їхня швидкість в атмосфері та у будь-якому іншому середовищі?

Б) На скільки зміниться довжина хвилі світла жовтого кольору з частотою  $5,3 \cdot 10^{14}$  Гц під час переходу зі скла у вакуум, якщо швидкість поширення їх у склі  $1,98 \cdot 10^8$  м/с? (417 нм)



## ДОДАТОК Е

### Самостійна робота

#### “Фотоефект”

#### Початковий рівень

1. Який із наведених нижче виразів найбільш точно визначає поняття фотоефекту? Укажіть правильну відповідь.

А. Випускання електронів речовиною в результаті її нагрівання.

Б. Виривання електронів із речовини під дією світла.

В. Збільшення електричної провідності речовини під дією світла.

2. За якої умови можливий фотоефект? Укажіть усі правильні відповіді.

А.  $h\nu > A_{\phi}$ .

Б.  $h\nu = A_{\phi}$ .

А.  $h\nu < A_{\phi}$ .

#### *Середній рівень*

1. Найбільша довжина хвилі світла, за якої спостерігається фотоефект З для калію,  $6,2 \cdot 10^{-5}$  см. Знайдіть роботу виходу електронів із калію.

2. Визначте червону межу фотоефекту для платини.

#### *Достатній рівень*

1. На металеву пластинку падає монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,42$  мкм. Фотострум припиняється за затримуючої напруги 0,95 В. Визначте роботу виходу електронів із поверхні пластинки.

2. До вакуумного фотоелемента, в якому катод виготовлений із цезію, прикладена замикаюча напруга 2 В. При якій довжині хвилі світла, що падає на катод, з'явиться фотострум?

#### *Високий рівень*

1. Яка частина енергії фотона, що викликає фотоефект, витрачається на роботу виходу, якщо найбільша швидкість електронів, вирваних із поверхні цинку, становить  $10^6$  м/с? Червона межа фотоефекту для цинку відповідає довжині хвилі 290 нм.

2. Під час освітлення поверхні деякого металу фіолетовим світлом із дов-

жиною хвилі  $0,40 \text{ мкм}$  вибиті світлом електрони повністю затримуються замикаючою напругою  $2,0 \text{ В}$ . Чому дорівнює замикаюча напруга під час освітлення того самого металу червоним світлом із довжиною хвилі  $0,77 \text{ мкм}$ ?

## ДОДАТОК Є

### Самостійна робота з теми “Фотони”

#### Початковий рівень

1. Який із наведених нижче виразів найбільш точно означає властивості фотона? Укажіть правильну відповідь.

А. Частинка, що рухається з великою швидкістю й має масу, яка залежить від швидкості.

Б. Частинка, що рухається зі швидкістю світла й має масу спокою, відмінну від нуля.

В. Частинка, що рухається зі швидкістю світла, маса спокою якої дорівнює нулю.

2. Який із фотонів має більший імпульс: той, що відповідає червоному чи фіолетовому світлу? Укажіть правильну відповідь.

А. Червоному світлу.

Б. Фіолетовому світлу.

В. Імпульси обох фотонів однакові.

#### Середній рівень

1. До якого виду варто віднести промені, енергія фотонів яких дорівнює 2,07 еВ?

2. Чому дорівнює імпульс фотона, енергія якого дорівнює 3 еВ?

#### Достатній рівень

1. Скільки фотонів за секунду випромінює волосок розжарення електричної лампи з корисною потужністю 1 Вт, якщо середня довжина хвилі випромінювання 1 мкм?

2. Чому дорівнює потужність джерела світла, що випускає  $5 \cdot 10^{13}$  фотонів за 1 с? Довжина хвилі випромінювання 0,1 нм.

## ДОДАТОК Ж

### Самостійна робота з теми “Тиск світла.досліди Лебедева”

#### Початковий рівень

1. У якому випадку тиск світла більший: під час його падіння на дзеркальну поверхню чи на чорну?
2. Що довели досліди П. М. Лебедева?

#### Середній рівень

1. Світло чинить на поверхню тим більший тиск, чим повніше вона його відбиває. Як це пояснити?
2. Якщо комету видно на небі з вечора, то в який бік спрямований її хвіст?

#### Достатній рівень

1. Випромінювання з енергією 15 Дж освітлює ділянку в  $2 \text{ см}^2$  протягом 1хв. Визначте тиск, який чинить випромінювання на поверхню у випадку, коли ділянка повністю поглинає промені.
2. На кожний квадратний сантиметр чорної поверхні щомиті падає  $2,8 \cdot 10^{17}$  квантів випромінювання з довжиною хвилі 400 нм. Який тиск чинить це випромінювання на поверхню?

#### Високий рівень

1. На поверхню площею  $100 \text{ см}^2$  щохвилини падає 63 Дж світлової енергії. Знайдіть світловий тиск у випадках, коли поверхня цілком відбиває і цілком поглинає усе випромінювання.
2. Знайдіть тиск світла на стінки колби електричної лампи потужністю 100 Вт. Колба лампи — сфера радіусом 5 см, стінки якої відбивають 10 % падаючого світла. Вважайте, що вся споживана лампою потужність йде на випромінювання.

## ДОДАТОК 3

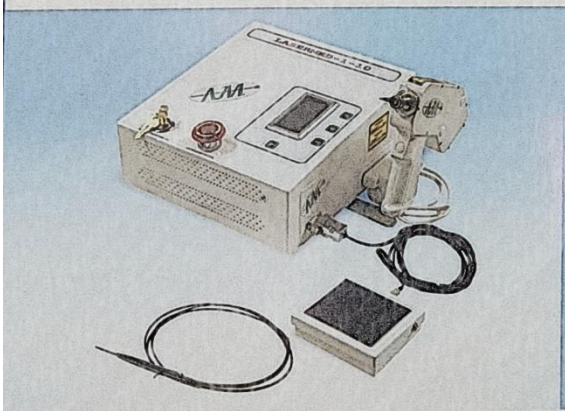
### ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ

#### ТЕПЛОВІЗОР



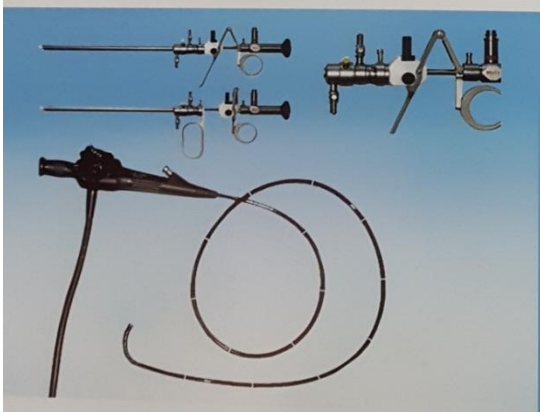
- Оптико-електронний вимірювальний прилад. Працює в інфрачервоній області спектру. Матриця тепловізора сприймає інфрачервоні сигнали і перетворює їх в електричні імпульси, які трансформуються у відеосигнал.
- Завдяки цьому приладу можливе безконтактне вимірювання температури об'єктів.

#### ЛАЗЕР



- Пристрій для отримання вузьких пучків світлової енергії високої інтенсивності.
- Енергія сфокусованого світлового пучка різко підвищує температуру у місці опромінення і викликає коагуляцію біологічних тканин. Крім цього можливе і руйнування тканин від впливу ударної хвилі.

#### ЕНДОСКОП

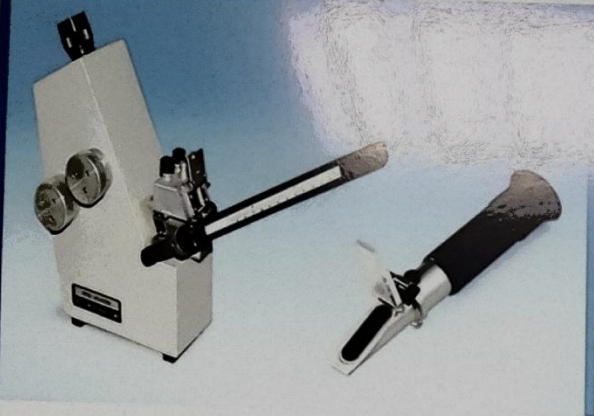


- Прилади, що застосовуються в медицині для досліджень, візуального огляду органів та лікування.
- Сучасні ендоскопи поділяють на жорсткі та гнучкі, які належать до приладів волоконної оптики.

## ДОДАТОК І

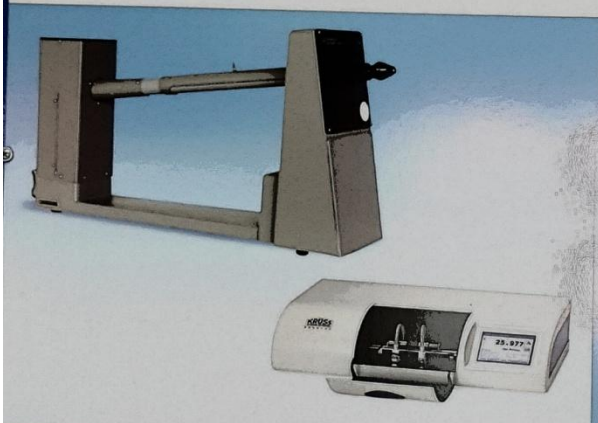
### ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ

## РЕФРАКТОМЕТР



- Пристрій, що вимірює показник заломлення світла в середовищі.
- Рефрактометрія є одним із методів ідентифікації хімічних сполук, кількісного і структурного аналізу, визначення фізико-хімічних параметрів речовин.

## ПОЛЯРИМЕТР



- Прилад, призначений для вимірювання ступеня поляризації частково поляризованого світла чи оптичної активності прозорих та однорідних середовищ, розчинів і рідин.
- Типи поляриметрів: оптичні та цифрові.

## ФЛУОРИМЕТР



- Прилад, що використовується для кількісного аналізу органічних та неорганічних сполук в рідких середовищах.
- Застосовується для екологічних та санітарних досліджень, для контролю харчових продуктів, в медицині.