

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНСТИТУТ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ  
ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ**

**кафедра методики викладання фізико-математичних дисциплін  
та інформаційних технологій у навчанні**

**УДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ  
З ХВИЛЬОВОЇ ОПТИКИ ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО  
КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

(курсова робота)

Роботу виконала  
студентка 3-го курсу  
денної форми навчання  
Чапко Ліля Юріївна

науковий керівник від кафедри  
доктор педагогічних наук, професор  
Сосницька Наталя Леонідівна

**Бердянськ -2013**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ I</b>	
<b>ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ, ЙОГО ЗАДАЧІ Й СИСТЕМА</b> .....	6
1.1. Система навчального фізичного експерименту .....	6
1.2. Основні тенденції розвитку фізичного експерименту з хвильової оптики.....	10
1.3. Комп'ютеризація навчального експерименту при вивченні хвильової оптики.....	17
<b>ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ</b> .....	28
<b>РОЗДІЛ II</b>	
<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ</b>	<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b>
<b>ВИВЧЕННЯ</b>	<b>ХВИЛЬОВОЇ ОПТИКИ ПРИ СИСТЕМНОМУ</b>
<b>ВИКОРИСТАННІ</b>	<b>ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ</b>
<b>ТЕХНОЛОГІЙ</b> .....	30
2.1. Педагогічні програмні засоби і вимоги до їх створення .....	30
2.2. Вивчення явища інтерференції світла на основі імітаційного комп'ютерного моделюванн. Педагогічний програмний засіб "Засоби спостереження інтерференції світла" .....	32
2.3. Вивчення явища дифракції світла на основі імітаційного комп'ютерного моделювання. Педагогічний програмний засіб "Дифракція світла".....	45
<b>ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ</b> .....	54
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	55
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	57

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Основні завдання розвитку освіти в Україні визначені державною національною програмою "Україна: Освіта XXI століття" [17], серед яких основоположною є підвищення рівня освіти та удосконалення якості навчання за рахунок інтенсифікації навчально-виховного процесу на основі інноваційних технологій навчання. Новітні технології становлять комплекс навчальних і навчально-методичних матеріалів, технічних та інструментальних засобів обчислювальної техніки учбового призначення, а також систему наукових знань про роль і місце сучасної техніки в процесі навчання основам наук, форми і засоби їх застосування з метою вдосконалення навчально-виховного процесу. Широке впровадження сучасної техніки в навчальний процес породжує ряд проблем, що відносяться до змісту, методів, організаційних форм і засобів навчання, гуманітаризації освіти і гуманізації процесу навчання, інтеграції навчальних предметів та ін. Ці положення в однаковій мірі відносяться і до процесу навчання фізики, а, отже, і до системи фізичного експерименту.

У вищій та загальноосвітній школі склалася певна система фізичного експерименту (ФЕ), становлення якої тісно пов'язане з іменами таких вчених, як О.І. Бугайов [6-7], С.П. Величко [9], Є.М. Горячкін [16], Б.С. Зворикін [21], П.О. Знаменський [22], О.Ф. Кабардін [26], Л.Р. Калапуша [27], Є.В. Коршак [30], Д.Я. Костюкевич [31], Б.Ю. Миргородський [42-43], А.О. Покровський [8], О.В. Сергєєв [56], В.І. Тищук [56] та багато інших. На протязі останніх десятиріч система ФЕ удосконалювалася і розвивалася з урахуванням тенденцій, виявлених Є.В. Коршаком та Б.Ю. Миргородським [44]. Проте на початку XXI ст. у цій справі виявлено цілий ряд істотних недоліків. Ці недоліки зумовлені двома основними чинниками: по-перше, відсутністю теоретичної концепції, що враховує сучасний стан технологізації системи освіти, яка б дозволяла глибше розкрити місце і роль ФЕ у навчанні фізики; по-друге, застаріли рекомендації щодо устаткування фізичних лабораторій,

створення комплексу технічних засобів навчання на основі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Питаннями вдосконалення ФЕ з хвильової оптики при традиційному навчанні фізики присвячені роботи Є.В.Коршака [30], Д.Я.Костюкевича [31], Б.Ю.Миргородського [42-43], В.М. Орехова [50], Л.І.Резникова [53], А.О.Покровського [8], М.М. Шахмаєва [62-63] та ін.

Питанням розробки методики навчання оптиці в умовах системного застосування ІКТ займалися Л.І. Анциферов [3], О.І. Бугайов [6], М.І. Жалдак [18], О.М. Желюк [19], Ю.О. Жук [20], В.О. Извозчиков [23-24], О.В. Сергєєв [56], Н.Л. Сосницька [58-59], В.І. Тищук [56] та ін. Проте удосконалення системи ФЕ з хвильової оптики в умовах широкого використання сучасних навчальних технологій сьогодні ще залишається без належної уваги; недостатньо розроблена методика застосування методичного комплексу навчання фізиці на основі ІКТ; поки що залишається осторонь як теорія діяльносного підходу, так і теорія поетапного формування розумових дій учнів при системному використанні ФЕ, його модернізації. *Суперечності* між об'єктивною необхідністю вдосконалення ФЕ з хвильової оптики з одного боку, відсутність достатньо розробленої методики навчання в умовах інтенсифікації освітніх процесів з іншого боку, свідчать про актуальність обраної теми дослідження. Це підсилюється відставанням розвитку ФЕ з хвильової оптики від зростлого теоретичного рівня навчання фізики відповідно до концепції фізичної освіти; потребою утворення системи сучасного ФЕ на основі ІКТ. У зв'язку з цим темою дослідження було обрано “Удосконалення навчального фізичного експерименту з хвильової оптики засобами імітаційного комп'ютерного моделювання”.

**Мета дослідження** – розробити систему педагогічних програмних засобів (ППЗ) з вивчення інтерференції та дифракції світла на основі імітаційних комп'ютерних моделей.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасний стан системи фізичного експерименту з хвильової оптики в умовах інноваційних технологій навчання.
2. Визначити особливості застосування ІКТ у системі навчального фізичного експерименту на основі аналізу джерельної бази дослідження.
3. Розробити експериментально-методичне забезпечення вивчення хвильової оптики при системному використанні інформаційно-комунікаційних технологій: ППЗ "Засоби спостереження інтерференції світла" та "Дифракція світла".

**Об'єкт дослідження** – навчальний фізичний експеримент в контексті інноваційних технологій навчання.

**Предмет дослідження** – методики та техніка фізичного експерименту з хвильової оптики на основі імітаційного комп'ютерного моделювання.

Для вирішення, поставлених завдань використовувалися такі **методи дослідження**: *теоретичні* – системний аналіз, порівняння, узагальнення даних з проблеми дослідження на основі вивчення психолого-педагогічної і науково-методичної літератури, математичне моделювання оптичних явищ та процесів; *емпіричні* – спостереження за процесом навчання; впровадження в практику роботи педагогічних навчальних закладів основних положень дослідження;

**Наукова новизна дослідження** полягає в удосконаленні навчального фізичного експерименту з хвильової оптики шляхом розробки імітаційних комп'ютерних моделей явищ інтерференції та дифракції світла.

**Практична значущість дослідження** полягає в розробці і впровадженні в практику роботи загальноосвітніх шкіл та педагогічних вишів конкретних методичних рекомендацій з використання розробленого комплексу ППЗ з хвильової оптики: "Засоби спостереження інтерференції світла" та "Дифракція світла".

**Структура роботи.** Курсова робота складається із вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ I

### ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ, ЙОГО ЗАДАЧІ Й СИСТЕМА

#### 1.1. Система навчального фізичного експерименту

У сучасній методиці навчання фізики в вищій та загальноосвітній школах експеримент є невід'ємною частиною цілісного навчально-виховного процесу, де взаємно поєднуються теоретичні і експериментальні засоби вивчення і дослідження фізичних явищ і процесів. Методисти-фізики О.І. Бугайов [6-7], С.П. Величко [9], Є.М. Горячкін [16], Б.С. Зворикін [21], П.О. Знаменський [22], О.Ф. Кабардін [26], Л.Р. Калапуша [27], Є.В. Коршак [30], Д.Я. Костюкевич [31], Б.Ю. Миргородський [42-43], А.О. Покровський [8], О.В. Сергеев [56], В.І. Тищук [56] та ін., спираючись на методологію фізики як науки, заклали основи і розвинули уявлення про закономірності відбивання в навчальному процесі експериментального характеру фізичної науки. Результатом цих досліджень стало утворення системи навчального фізичного експерименту, визначення основних цілей постановки дослідів і виявлення їх дидактичних можливостей у загальноосвітній школі в різні періоди розвитку методики фізики.

Навчальний фізичний експеримент як дидактична категорія є складовою частиною методики навчання фізики. О.А. Покровський відзначав, що навчальний фізичний експеримент у широкому розумінні і становить одним із потужних засобів навчання школярів курсу фізики і прищеплення їм практичних умінь і навичок. До завдань сучасної методики навчання фізики входить не тільки визначення змісту і цілей застосування фізичного експерименту в процесі навчання, але і вдосконалення засобів навчання на основі сучасного фізичного експерименту, прогнозування його подальшого розвитку з обліком пошуково-творчої діяльності методистів і учителів, визначення дидактичних, психолого-педагогічних, ергономічних і економічних вимог до нього. Вся ця різноманітність питань, пов'язаних з

проблемами розвитку і удосконалення ФЕ, свідчить про комплексний характер проблеми, що розглядається, гносеологічні корені якої пов'язані з дидактикою, педагогікою, психологією, методикою навчання фізики, технікою тощо.

Для аналізу стану ФЕ і виявлення основних тенденцій його розвитку необхідно розглянути структуру і зміст навчального експерименту.

Першу спробу визначення статусу навчального фізичного експерименту на основі системного аналізу зробили Л.І. Анциферов [3], Є.В. Коршак [30], Б.Ю. Миргородський [43-44]. Основними компонентами структури навчального фізичного експерименту, за поглядами Л.І. Анциферова [3], є технічні засоби навчання, фізичний експеримент (демонстраційний і лабораторний), експериментальні засоби навчання, до яких він відносить демонстрацію дослідів і проведення лабораторних робіт. Л.І. Анциферов відзначає: "Шкільний фізичний експеримент - це система засобів і технічних засобів, що забезпечують вивчення фізики через реалізацію фізичних дослідів" [3, с. 11]. За поглядами Є.В. Коршака і Б.Ю. Миргородського основними компонентами навчального експерименту є навчальне устаткування, засоби і методичні прийоми навчання. Вони відзначають: "Під системою навчального експерименту автори розуміють сукупність взаємопов'язаних предметів навчального устаткування, засобів і методичних прийомів, що відповідають домінуючій концепції навчання і виховання" [30, с. 5].

З точки зору системного підходу сукупність усіх елементів, які входять у педагогічну категорію "навчальний фізичний експеримент", буде становити систему, що функціонує, якщо визначені неподільні елементи системи, знайдені жорсткі зв'язки між елементами і їх взаємодією, вказана взаємодія даної сукупності елементів як єдиного цілого з зовнішнім середовищем. Властивості цілісної системи повинні якісно відрізнятися від властивостей її частин, що складають, бо властивості системи, її функціонування визначається як структурними елементами, так і характером зв'язків між

ними. Цілісна система повинна володіти рядом якісно нових властивостей, яких немає у її окремих елементів. Удосконалення окремих елементів системи і їх взаємозв'язків істотно дозволяє змінити властивості самої системи як цілого. Згідно з концепцією функціонування методичної системи навчання (В.М. Монахов, О.М. Пишкало) будь-яка зміна одного із компонентів системи: цілей, змісту, форм, засобів і способів навчання - неминухо тягне за собою зміни інших.

Системний підхід до аналізу навчального фізичного експерименту є достатньо актуальним, бо визначення його статусу сприяє не тільки прогнозуванню його розвитку, але і вдосконаленню всього процесу навчання фізики. Проте, відміченим вище властивостям цілісної педагогічної системи фізичного експерименту, не цілком задовольняють системи, запропоновані Л.І. Анциферовим [3], Є.В. Коршаком і Б. Ю. Миргородським [30]. М.Я.Молотков [45] відзначає наступні недоліки системи, що пропонуються: по-перше, в цих системах виділено лише один елемент із структури наукового експерименту – технічні засоби, що не дозволяє співставити навчальний експеримент з науковим, бо, безсумнівно, що в них присутньо багато загальних рис. У структурі навчального експерименту не опинилось таких важливих елементів, як об'єкт дослідження і експериментатор; по-друге, в пропонованій системі навчального експерименту не виділене зовнішнє по відношенню до неї середовище і не вказано на взаємодію даної сукупності елементів, як єдиного цілого, з цим середовищем.

Експериментальні дослідження фізичних явищ у процесі навчання тісно пов'язані з педагогічним впливом на учня, що істотно змінює компонентний склад навчального експерименту як цілісної системи. М.Є. Горячкін свого часу зазначав: "Умовимся розуміти під терміном "шкільний фізичний експеримент" всю ту суму робіт експериментального характеру з фізики, що роблять викладач і учень як при проходженні обов'язкового курсу, так і на заняттях позакласного типу" [16, с. 9]. В.Я. Синенко підкреслював: "Технічні засоби фізичного експерименту свою навчаючу функцію починають



виконувати тільки тоді, коли вони влучають в руки учителя, що, природно, повинен добре володіти технікою експериментування – сукупністю прийомів поводження з фізичним устаткуванням" [57, с. 78].

Справді, навчальні технічні засоби з фізики самі по собі мертві, доки у взаємодію з ними не вступить учитель, що організує свою діяльність і діяльність об'єктів, що навчаються, щодо дослідженню фізичних явищ. При цьому роль учнів у структурі навчального експерименту не зводиться тільки до пасивного чуттєвого сприймання об'єктів і явищ, але вона припускає включення їх у процес експериментального пізнання. Учні здійснюють спостереження об'єкту чи закономірності спільно з учителем, обговорюють засоби впливу на об'єкт дослідження, пропонують змінити умови протікання фізичного явища чи процесу, виробляють необхідні кількісні чи якісні виміри, аналізують явище (процес), що вивчається, висувають гіпотези тощо.

Отже, аналіз навчального фізичного експерименту як педагогічної категорії, дозволяє зробити висновок про те, що основними його компонентами є: об'єкт дослідження, навчальні технічні засоби експериментального дослідження фізичних явищ, діяльність учителя, спрямована на підготовку і проведення експерименту, і діяльність знань учнів зв'язана не тільки з придбанням умінь і навичок, але із розвитком їх мислення, інтелекта, придбанням досвіду пошуково-творчої діяльності.

Розглянемо зміст системи ФЕ з методичної точки зору, тобто з встановлення видів навчального експерименту.

О.А. Покровський у системі ФЕ виділяв два види навчального експерименту: демонстраційні досліди і лабораторні роботи – фронтальні і у вигляді практикумів. Він відзначав: "Навчальний фізичний експеримент у вигляді демонстраційних дослідів і лабораторних робіт є невід'ємною органічною частиною курсу фізики середньої школи. Вдале поєднання теоретичного матеріалу і експерименту дає, як показує практика, найкращий педагогічний результат" [8, с. 6].

М.М. Шахмаєв і В.Ф. Шилов [62] пропонують наступну систему ФЕ:

1. Фундаментальні дослідження, що складають експериментальну основу сучасної фізики (частина у вигляді демонстрацій, що виконуються вчителем, а частина у вигляді лабораторних дослідів, що проводяться учнями).

2. Демонстраційні дослідження, постановка яких впливає з педагогічних міркувань.

3. Фронтальні лабораторні роботи.

4. Фізичний практикум.

Вони зазначають на те, що "Однією з умов успішного формування фізичних понять теорії є система раціонально підібраних і старанно поставлених навчальних експериментів" [62, с. 8].

О.І.Бугайов [6] до системи сучасного ФЕ включає:

1. Демонстраційні дослідження (демонстраційний експеримент).

2. Фронтальні лабораторні роботи, дослідження і спостереження.

3. Фізичний практикум.

4. Позакласні дослідження і спостереження.

"Приведена класифікація шкільного фізичного експерименту найбільш загальна і поширена, вона дає можливість розглянути його з точки зору засобів навчання, правильно визначити місце кожного з його видів у системі навчальних занять з фізики, раціонально підібрати навчальне устаткування. Разом з тим допустимі і доцільні в окремих випадках інші способи класифікації. Так, розрізняють кількісні і якісні дослідження, виділяють експериментальні завдання і творчі завдання, так звані фундаментальні дослідження і демонстрації технічних установок" [6, с. 156].

## **1.2. Основні тенденції розвитку фізичного експерименту з хвильової оптики**

Напрямки розвитку і удосконалення навчального фізичного експерименту були і є предметом дослідження провідних методистів-фізиків, фізиків: О.І. Бугайовим [6-7], М.І. Калітєвським [28], Є.В.Коршаком

[30], Б.Ю.Миргородським [43-44], Б.Ш.Перкальським [51], О.А.Покровським [8], О.В.Сергєєвим [56], Н.М. Шахмаєвим [62] та іншими. Аналіз тенденцій у розвитку навчального устаткування для постановки демонстраційних дослідів і лабораторних практикумів дозволить виробити основні напрямки його модернізації.

Напрямок удосконалення методики і техніки НФЕ багато в чому визначається загальними тенденціями в дидактиці фізики, що характеризується наближенням навчальних експериментальних досліджень до наукових. Ця тенденція реалізується шляхом використання досягнень експериментальної наукової техніки безпосередньо в навчальному процесі і модернізацією навчальних технічних засобів на основі досягнень науково-технічного прогресу.

Провідною тенденцією в розвитку НФЕ є також використання сучасних технічних засобів у навчальному процесі середньої і вищої школи. Такі прилади, як осцилографи, відеомагнітофони, ЕОМ, гетероденні спектроаналізатори, стандартні прилади низьких, високих і надвисоких частот, лазери тощо, стали невід'ємною частиною фізичних кабінетів вузів і середніх шкіл. У демонстраційному експерименті все ширше застосовуються осцилографічні засоби реєстрації різноманітних функціональних закономірностей явищ, що вивчаються. Використанню електронного осцилографа в ДФЕ присвячені роботи Б.Ю. Миргородським [43-44], Б.Ш. Перкальським [51], О.А. Покровським [8], Н.М. Шахмаєвим [62] та інших.

У фізичному експерименті все ширше використовуються досягнення лазерної техніки. Застосування газових лазерів у НФЕ зумовлено такими важливими властивостями його випромінення як достатньо велика потужність, висока монохроматичність і когерентність, що дозволяє з великою ефективністю поставити як відомі досліди, так і здійснити ряд нових, що не можуть бути реалізовані при використанні типових джерел світла. Застосування лазерів в НФЕ вищої школи присвячені роботи Я.Є.Амстіславського [2], С.П.Величко [9], А.Н.Мансурова [39],

В.В.Сперантова, Н.В. Шароной [60]. В останнє видання книги "Лекційні демонстрації з фізики" за ред. В.І. Іверонової включена глава, присвячена використанню газових лазерів у лекційному демонстраційному експерименті [35].

У МДУ під керівництвом О.Н. Матвєєва і Л.В. Левшиной поставлені деякі нові лекційні досліди: модуляція лазерного випромінювання, дифракція в ближній і віддаленій зоні, досліди з нелінійної оптики і ін. Ряд нових лекційних демонстрацій поставили в ЛДУ, які виконані під керівництвом М.І. Калітєвського: світловий тиск, ефект Поккельса, дифракція на непрозорій півсфері, дифракція на ультразвуковій хвилі тощо. [28]. В ТДУ під керівництвом Б.Ш. Перкальскіса виконано великий цикл робіт з використання лазерів в ДФЕ: розкладання світлової хвилі на циркулярно-поляризовані, що складають утворення галоскопічних фігур, зміна фази хвиль при проходженні фокусу лінзи, безпосереднє розділення звичайної і незвичайної хвиль у деформованій шибці, фазові співвідношення при дифракції на щілині, справедливість принципу Бабіне, утворення двухполосної поверхні в одновісному двозаломлюючому кристалі тощо [51].

В ДФЕ чітко намітилася тенденція використання сантиметрових електромагнітних хвиль для дослідження хвильових процесів. Застосування сантиметрових хвиль в ДФЕ з хвильової оптики дозволяє наочно дослідити ряд тонких хвильових явищ на відстанях, порівняних із довжиною хвилі, що в оптичному діапазоні хвиль здійснити вкрай важко або технічно неможливо. Важливим етапом у створенні демонстраційного експерименту з оптики з використанням сантиметрових електромагнітних хвиль була розробка М.М. Шахмаєвим приладу Пев-1 для середньої школи, що широко застосовується і в вузах [62].

Великий цикл робіт з НФЕ у сантиметровому діапазоні електромагнітних хвиль виконаний Б.Ш.Перкальскісом [51], В.Л.Ларіним [34]: фазова зонна пластинка, властивості зон Френеля, таутохронізм лінзи, додавання коливань з рівновідстоючими фазами, фазові співвідношення в

теорії Гюйгенса-Френеля, ромб Френеля, призма Глана-Фуко, дослід Садовського, обертання лінії поляризації в оптично активних середовищах, додавання хвиль з ортогональними лініями поляризації, зсувачі фазо-пластинки та ін.

М.І. Калітєєвський включив у свою книгу "Хвильова оптика" ряд лекційних демонстрацій у сантиметровому діапазоні електромагнітних хвиль.

У навчальному експерименті з дослідження різноманітних хвильових явищ на основі досягнень техніки надвисоких частот намітилася тенденція використання штучних середовищ замість природних. Перший штучних діелектрик для сантиметрових електромагнітних хвиль був виготовлений на початку 20-х років росіянином фізиком М.О. Капцовим. О.М. Козлова і Ю.О. Хворов під керівництвом М.М. Малова вперше для демонстраційних цілей виготовили штучний діелектрик для дослідження явища Брюстера, використовуючи радіальну несиметричність повторного випромінення металевих диполей [38]. Б.Ш. Перкальскіс для лекційних цілей виготовив ряд штучних лінз у вигляді сповільнюючих структур, що можуть використовуватися для фокусування як електричних, так і звукових хвиль [51]. У роботах ряда зарубіжних авторів штучні середовища використовуються для демонстрації поляризації і подвійного променезаломлювання. Є також ряд робіт зарубіжних авторів з ілюстрації закономірностей рентгеноструктурного аналізу в радіодіпазоні електромагнітних хвиль з використанням штучних "кристалів".

Використання сучасних технічних і наукових засобів у фізичному експерименті дозволяє поставити ряд функціональних дослідів, а також виміряти основні фізичні сталі. Наприклад, А.А. Пінський і В. М. Юшин розробили експеримент по визначенню заряду електрона, О.Ф. Кабардін, А.Х. Суербасєв, О.І. Сидоров поставили досліди з визначення постійної Планка в школі.

У демонстраційному експерименті все ширше використовується сучасна телевізійна і відеомагнітофонна техніка, що забезпечує хорошу видимість для більшості спостерігачів малих об'єктів. Тут треба визначити роботи М.І. Калітєвського, Ю.Г. Михайличенко, Л.І. Анциферова та інших. У низці робіт зарубіжних авторів указано на можливість використання графопроектора для експериментального вивчення ряду явищ з фізичної оптики.

Бурхливий розвиток електроніки, засобів зв'язку, електронно обчислювальної техніки, оптики тощо призводить до створення нових демонстраційних і лабораторних приладів, установок і їх систем, методів ознайомлення студентів і учнів з новими фізичними явищами, приладами, що виходять за рамки діючих програм, і новим сучасним обладнанням для фізичних досліджень, що знаходиться відповідно до принципу політехнізму і практичної спрямованості навчання.

Ця тенденція проглядається в розвитку НФЕ. Наприклад, розвиток напівпровідникової техніки вимагає розробки відповідного устаткування для фізичного експерименту [30, 43, 44]. Все більший інтерес проявляється до вивчення розповсюдження світла в оптично неоднорідних середовищах. Ряд зарубіжних авторів описують принципи дії і засоби утворення оптичних фокусуєчих систем із змінним показником заломлення, що мають ряд переваг у техніці.

Важливою тенденцією в розвитку навчальних технічних засобів НФЕ є модернізація існуючого устаткування і створення нових приладів на основі досягнень науки і техніки. Досягнення в оптичному приладобудуванні дозволили створити для навчальних цілей різноманітні інтерферометри. Тут треба визначити роботи Б.Ш.Перкальскіса [51], В.Л. Ларіна [34], М.І. Калітєвського [28].

Розвиток наукових експериментальних засобів дозволив значно модернувати устаткування і прилади для відображення графічної і цифрової інформації. Демонстраційний осцилограф з широкоекранною трубкою розробив Б.Ш. Перкальскіс [51]. Б.Ю. Миргородський створив

низку осцилографів, у тому числі трьохканальний кольоровий осцилограф [43-44]. Г.В. Оглоблін розробив радіополяриметр в оптичному і радіодіапазоні електромагнітних хвиль. Універсальний цифровий вимірювальний прилад для демонстраційних цілей створив Б.Ю. Миргородський [44]. Л.І. Анциферов виготовив блок для узгодження ЕОМ, що дозволило відображати цифрову інформацію про вимір струму, напруги, температури і опору. О.М. Марченко запропонував схеми, що дозволили вводити інформацію в міні ЕОМ і вивід результатів у вигляді графіків на екран телевізора [40].

Моделювання все ширше застосовується при вивченні складних електричних та магнітних явищ, кванто-механічних. Моделюванню, наприклад, оптичної анізотропії, що виникає при деформації, в сантиметровому діапазоні електромагнітних хвиль присвячені роботи А.А. Пінського, Ю.І. Дика, Г.В. Оглобліна, О.М. Козлова і В.С. Еткіна під керівництвом М.М. Малова здійснили моделювання відбору стаціонарних кругових орбіт атому Бора на прикладі розповсюдження сантиметрових хвиль у замкнутому хвильопровідному кільці. Ю.О.Кравцов і Т.М. Осіпова запропонували демонстрацію з моделювання співвідношення невизначеностей Гейзенберга на основі вивчення дифракції лазерного випромінення на щілині змінного розміру. Проте, використовуючи подібні моделі в НФЕ, необхідно вказати на те, що хвилі Де-Бройля не мають класичного аналогу, а використання відмічених моделей переслідує лише ілюстративні цілі.

У навчанні фізики все більше розповсюдження одержує моделювання фізичних явищ на персональних ЕОМ [19, 20, 58, 59].

У цей час велику популярність набуває комп'ютерне моделювання оптичних явищ, бо воно дає можливість вивчити багато фізичних явищ і процесів без складних лабораторних установок. Використання динаміки і кольору робить сприймання матеріалу понад ефективним. Навчаючи

програми демонструють учням широкі можливості комп'ютерів і прищеплюють навички роботи з сучасною технікою.

Програмно-педагогічні засоби (ППЗ), розроблені В.О. Ізвозчиковим [23, 24], Л.І. Анциферовим [3], Є.Т. Лемешевським [36], В.К. Вороновим [12], стосуються одного із важливих і складних при інтерпретації розділів фізики хвильової оптики. Цей розділ фізики вимагає комп'ютерного моделювання неочевидних оптичних явищ, бо це дозволяє зробити їх наочними і дає можливість учням зрозуміти взаємозв'язок різноманітних оптичних параметрів, що характеризують дане явище, шляхом їх цілеспрямованої зміни.

Таким чином, основні тенденції розвитку і удосконалення ФЕ з хвильової оптики зводяться до таких:

- впровадження в навчальний фізичний експеримент новітніх досягнень науки і техніки, елементів обчислювальної техніки, тісно пов'язаних з інтенсифікацією процесу навчання фізики на основі генералізації навчального матеріалу навколо сучасних провідних теорій;
- застосування осцилографічних засобів реєстрації різноманітних функціональних закономірностей явищ, що вивчаються;
- використання аналізаторів спектрів низьких і високих частот;
- застосування досягнень лазерної техніки;
- використання сантиметрових електромагнітних хвиль для дослідження хвильових процесів;
- застосування сучасної телевізійної і відеотехніки;
- модернізація існуючого устаткування і створення нових приладів на основі досягнень науки і техніки;
- використання електричних способів виміру електричних і неелектричних величин;
- моделювання і аналогії все ширше застосовуються при вивченні складних оптичних і квантово-механічних явищ;



- застосування імітаційного комп'ютерного моделювання при вивченні інтерференції та дифракції світла.

Внаслідок проведеного аналізу стану і основних тенденцій розвитку ФЕ на сучасному етапі ми прийшли до висновку: під системою навчального фізичного експерименту розуміють діяльність вчителя спільно із чунями, спрямовану на підготовку і відтворення експериментальних досліджень фізичних явищ та їх застосування на практиці, здійснювану відповідно до дидактичних принципів і цілей навчання; стан ФЕ з хвильової оптики задовольняє змісту навчання, проте вимагає удосконалення методики і техніки з позиції застосування в навчальному процесі ІКТ.

### **1.3. Комп'ютеризація навчального експерименту при вивченні хвильової оптики**

Засоби ІКТ широко використовуються для складних обчислень, збереження і обробки різноманітних видів інформації, для моделювання процесів і явищ, для проектування складних систем тощо. Широкі можливості ІКТ стали основою її упровадження в процес навчання, бо в цьому випадку легко здійснити двосторонню взаємодію окремого учня і технічного засобу. Таку систему навчання, одним із істотних елементів якої є обчислювальна техніка, називають комп'ютерним навчанням (КН) [3, с. 3].

У реалізації КН виділяють декілька інформаційно-змістовних рівнів підготовки: комп'ютерна поінформованість, комп'ютерна грамотність, комп'ютерна культура, комп'ютерна ідеологія. "Комп'ютерна грамотність самого вчителя визначається його знаннями і вміннями, що дозволяють йому використовувати ЕОМ у вигляді навчаючого засобу для підготовки учнів до продуктивної діяльності в комп'ютерно орієнтованому суспільстві, для формування сучасної людини праці, що володіє передовою технікою" [3, с.10].

Комп'ютерне навчання спирається на досягнення інформатики, предметом якої є питання пошуку, обробки, збереження і переробки інформації у навчальному процесі.

Вітчизняний і зарубіжний досвід свідчить про те, що в сфері освіти ІКТ виступають як компонент системи управління навчальним процесом, як засіб підвищення ефективності і результативності наукових досліджень, як об'єкт вивчення, як засіб навчання і виховання. Виходячи з цього, можна виділити два основних напрямки комп'ютеризації. Мета першого – забезпечити загальну комп'ютерну грамотність, у цьому випадку комп'ютер є об'єктом вивчення. Мета другого – використати комп'ютер у вигляді засоба, підвищення ефективності навчання. У нашому випадку інформатика і ОТ розглядаються тільки як засіб навчання фізики, тобто мова йде про комп'ютерне навчання фізики.

Використання ІКТ в навчальному процесі розвивається в двох напрямках. Перший із них припускає моделювання діяльності учителя, утворення автоматизованих навчаючих систем. Другий напрямком пов'язаний з моделюванням процесів і явищ, що дозволяє на якісно новому рівні вивчати явища і закони, більш цілеспрямовано розвивати в учнів творче мислення.

Роль ІКТ у навчанні може бути визначена, якщо в основу класифікації засобів ІКТ покласти діяльність учителя і учнів. Така класифікація запропонована Л.І. Анциферовим [3, с. 3]:

I. Матеріальний (реальний, натурний) експеримент передбачає включення комп'ютера в експериментальну установку (демонстраційну чи лабораторну). Роль комп'ютера в пристрої полягає в обробці інформації, одержаної від первинних перетворювачів (датчиків) при вимірі фізичних величин, перетворення цієї інформації і виведення її на дисплей (телевізора) в оптимальному варіанті (в форматі з необхідними кількісними характеристиками, графіками тощо).

II. Імітаційний експеримент становить відтворення в мультиплікації реальних процесів, що спостерігаються і явищ з параметрами реального (матеріального, натурального) експерименту. Процес (імітації руху, звуку, цифрової інформації, зміни кольору, насиченості кольору і т.ін.) протікає відповідно до заданих оператором (учителем, учнем) параметрів, що оператор вибирає за своїм вибором, працюючи з комп'ютером в діалоговому режимі.

III. Графічне моделювання – відбивання реальних процесів і явищ у формі ідеальних символічних моделей (графіків, схем, малюнків), що виводяться на екран монітора. При моделюванні розкриваються взаємозв'язки і співвідношення елементів об'єкту, що досліджується. Одночасно моделі втрачають очевидність і наочність, починають носити абстрактний характер, це дозволяє робити узагальнення властивостей, виробляти ідеальні уявлення дії з об'єктом.

IV. Обчислювальний експеримент, як один із засобів пізнання, включає в себе п'ять етапів:

- побудова уявної фізичної моделі, що фіксує розділення всіх діючих в явищі, що розглядаються чинників на головні, що враховуються, і другорядні, що на даному етапі відкидаються; ця модель записується в математичних термінах;

- розробка методу розрахунку сформульованого математичного завдання (обчислювального алгоритму), вибір найбільш раціонального алгоритму;

- створення програми для реалізації розробленого алгоритму на ЕОМ;

- проведення розрахунків на машині;

- обробка результатів, їх всебічний і ґрунтовний аналіз, висновки

V. Чисельні методи – методи наближеного розв'язання завдань, що зводяться до виконання елементарних операцій над числами (арифметичних дій, записів проміжних результатів, вибірки із таблиць тощо). Функції

неперервного аргументу замінюються таблицями їх значень, операції аналізу замінюються алгебраїчними операціями.

VI. Обробка експериментальних даних допускає автоматизовані обчислення значень фізичних величин з їх похибками при прямих і непрямих вимірах. Обробка експериментальних даних, як складник, може входити в реальний експеримент, але може виступати і як самостійний засіб комп'ютерного навчання.

VII. Тренажер – засіб, який включає комп'ютерну програму, що передбачає відробку навичок при формуванні понять, рішення типових завдань та інше.

VIII. Контролер – засіб з програмою, призначеної для перевірки знань, умінь і навиків, їх корегування.

IX. Банк даних – довідник, що дозволить операторові запитом одержати необхідну інформацію (значення фізичної постійної, алгоритм рішення певного типу завдань та інше).

Перелічені засоби можуть бути реалізовані в різних умовах застосування ІКТ. Розглянемо можливі варіанти використання ІКТ у навчанні фізики, інакше - варіанти технічних засобів ТЗ ІКТ.

Демонстраційні засоби призначені:

ДЗ<sub>1</sub> - для забезпечення прямих вимірів фізичних величин і необхідної обробки експериментальних даних у демонстраційному експерименті;

ДЗ<sub>2</sub> - для графічної інтерпретації фізичних явищ і процесів у демонстраційному варіанті, для обчислень і інше.

Лабораторні засоби призначені:

ЛЗ<sub>1</sub> - для забезпечення вимірів фізичних величин при виконанні певного комплексу лабораторних робіт;

ЛЗ<sub>2</sub> - для моделювання фізичних процесів, для обчислень, тренажа, контролю тщо.

Комплект ПМК призначено:

ПМК<sub>1</sub> - для забезпечення вимірів фізичних величин при виконанні певного комплексу лабораторних робіт;

ПМК<sub>2</sub> - для обчислень, тренажа і інше.

Найбільш повноцінними треба визнати варіант поєднання ДЗ<sub>1</sub> - ДЗ<sub>2</sub> - ЛЗ<sub>1</sub> - ЛЗ<sub>2</sub>, на цей час можуть бути реалізовані наступні варіанти: ДЗ<sub>1</sub> - ДЗ<sub>2</sub> - ЛЗ<sub>2</sub>, ДЗ<sub>2</sub> - ЛЗ<sub>2</sub>, ДЗ<sub>2</sub> - ПМК<sub>2</sub>, ДЗ<sub>1</sub> - ДЗ<sub>2</sub> - ПМК<sub>1</sub> - ПМК<sub>2</sub>, ДЗ<sub>1</sub> - ДЗ<sub>2</sub> - ПМК<sub>2</sub>.

Якщо в основу класифікації засобів ІКТ покласти форми організації навчального процесу, то розмаїтість форм можна представити у такий спосіб: ДД - демонстрація дослідів, ДМ - демонстрація моделей, ДОД - демонстрація обчислень і довідок, ЛВ - лабораторні виміри, ЛМ - лабораторне моделювання, ЛО - лабораторні обчислення, ЛТК - лабораторний тренаж і контроль.

Розглянемо функції засобів ІКТ за виділеними формами.

#### Функції ДД.

1. Виконання рямих і непрямих вимірів величин з видачою інформації:

- а) у вигляді числа (одного чи кількох значень) із заданою точністю і в заданому форматі;
- б) у вигляді середнього значення ряду вимірів фізичної величини;
- в) у вигляді показчиків на шкалі з заданими межами;
- г) таблицею значень аргументу і функції;
- д) графіком за експериментальними точками.

2. Управління роботою експериментальної установки: а) за заданою користувачем програмою; б) за результатами вимірів.

#### Функції ДМ

Моделювання фізичних процесів: а) при імітації матеріального експерименту (імітаційний експеримент ставиться після реального, поглиблюючи знання про нього); б) при імітації фундаментального експерименту, що неможливо поставити в шкільних умовах з різних причин (висока вартість, небезпека для учнів, недоступність сприйняття, надзвичайно швидка чи повільна плинність процесів); в) при графічній інтерпритації явищ, законів тощо (на якісному або кількісному рівні): побудова графіків, схем, малюнків в квазіреальному часі.

### Функції ДОД

1. Обчислення фізичних величин: а) при рішенні завдань традиційними і нетрадиційними (чисельними та ін.) засобами; б) при непрямих вимірах у демонстраційних дослідах; в) в процесі вивчення закономірностей.

2. Одержання довідок із банку даних.

### Функції ЛВ

1. Видача інформації (завдань) з лабораторної роботи: а) опис роботи, вимоги накреслення схеми, виконати розрахунки, відповісти на питання і т.ін.; б) вимоги зібрати установку за запропонованою схемою, виконати виміри; в) виконати аналіз одержаних результатів, здійснити обчислення і зробити необхідні висновки.

2. Здійснення прямих вимірів фізичних величин.

3. Обробка експериментальних даних за програмою і надання інформації, яка відповідає дидактичним завданням, передбаченим конкретною лабораторною роботою.

### Функції ЛМ

1. Моделювання фізичних процесів: а) імітація фізичного експерименту з метою самостійного пошуку нових закономірностей учнями; б) імітаційна (схематична) і (або) графічна інтерпретація фізичних явищ, процесів, законів з метою їх вивчення при варіюванні істотних і несуттєвих ознак.

2. Обчислювальний експеримент.

### Функції ЛО

Обчислення фізичних величин: при рішенні завдань і в процесі вивчення закономірностей, при обробці експериментальних даних на лабораторних заняттях.

### Функції ЛТК

1. Отримання завдань (у діалоговому режимі), відбувається відпрацювання розумових операцій, спрямованих на формування в учнів знань і вмінь (тренаж).

2. Видача інформації, що забезпечує контроль і облік знань і вмінь.

*Розглянемо сутність імітаційного експерименту.*

Однієї із форм подання і перетворення інформації є модель. Відомі різні варіанти класифікації моделей. Класифікація, запропонована А.В.Штоффом [64] подана на рис.1.1.

Символічні моделі можуть включати схематичну, графічну, аналітичну інформацію. До ідеальних моделей можна віднести імітаційний експеримент (імітаційне комп'ютерне моделювання). Анциферов Л.І. дає наступне визначення імітаційного експерименту (ІЕ): ІЕ представляє собою відтворення в мультиплікації реальних процесів, що спостерігаються і явищ з параметрами реального (матеріального, натурного) експерименту. Процес (імітації руху, звука, цифрової інформації, зміни кольору, насиченості кольору тощо) проходить відповідно до заданих оператором (учителем, учнем)) параметрів, що оператор вибирає на свій розсуд, працюючи з комп'ютером у діалоговому режимі [3, с. 6]. Оскільки програми ІЕ є навчальними, то в них повинні бути закладені відомі закономірності з можливими (допустимими і неприпустимими) параметрами для конкретного процесу, що розглядається. Інформація про процес, що спостерігається повинна бути не тільки об'єктивною і достатньою, але і наочною, доступною розумінню; в нагоді необхідності процеси мають супроводжуватися поясненнями типу: "нитка обірвалася", "обрані не реальні початкові умови".

ІЕ є відбиванням матеріального експерименту, але в формі, що ідеалізувалася. В ньому здійснено абстрагування від несуттєвих властивостей і елементів в явищі чи процесі. Міра цієї абстракції може бути різною. По мірі абстрагування ІЕ можна віднести або до образної, або до символічної, або до образно-символічної (змішаної) моделі.

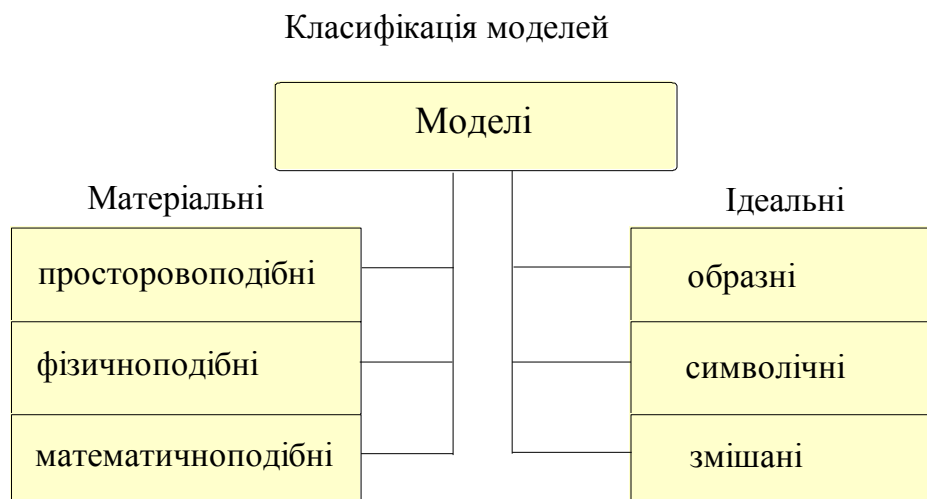


Рис. 1.1. Класифікація моделей за А.Штоффом

Англійські фахівці з комп'ютеризації навчання Р.Вільямс, К.Маклін [11] зіставляють імітаційне моделювання на комп'ютері з комп'ютерними іграми і виділяють наступні види їх застосування: а) у вигляді нагороди за успішне виконання навчального завдання; б) як мотив, що спонукає до серйозної роботи; в) як засіб моделювання дослідницького завдання (ситуації); г) як засіб стимулювання змагальної і/або кооперативної роботи; д) як засіб стимулювання певного засобу мислення; е) як засіб демонстрації важливості і взаємозв'язку різноманітних чинників ситуації (завдання); ж) як засіб організації роботи учнів й управління цією діяльністю; з) як засіб забезпечення учням можливості вправи в певному виді діяльності, що вимагає психомоторних і/або пізнавальних навичок.

Важливо, що на відміну від такої динамічної моделі, як кінопроекція, комп'ютер дозволяє в межах, передбачених програмою, управляти процесом, вводити в нього випадкові події, величини і чинники, моделювати творчі процеси, зокрема, імітувати при навчанні функції управління учнями подіями і бачити (в відповідності з програмою) наслідки рішень, що приймаються, повторювати хід рішення, тобто знов проводити імітацію до одержання правильного результату. Моделювання персоніфікує особистість учня як дослідника.



При вивченні електромагнітних хвиль їх властивості повинні бути обґрунтовані на основі навчального експерименту. Особливо це відноситься до курсу фізики середньої школи, де теорія електромагнітних хвиль вивчається лише на якісній основі. Основи методики вивчення фундаментальних властивостей електромагнітних хвиль на основі експерименту закладені працями Б.С. Зворикіна [21], Є.В. Коршака [30], Б.Ю.Миргородського [43, 44], М.М. Шахмаєва [62] та інших. Як показує аналіз методичної літератури, поставлена ціль щодо вивчення основних властивостей електромагнітних хвиль може бути досягнута лише при використанні шкільного фізичного експерименту, що заснований на застосуванні імітаційного комп'ютерного моделювання.

Побудова моделі явища чи процесу означає таке спрощення реальної ситуації, при якому зберігаються їх головні істотні риси. Це спрощення не мета, а засіб, за допомогою якого можна на ідеальній моделі "програти" всі, що узгоджуються з відомими фактами ситуації, поширити і узагальнити вихідні передумови моделі таким чином, щоб мати можливість не тільки пояснити результати уже проведених експериментів, але і передбачити можливі результати нових експериментів.

Імітаційні комп'ютерні моделі відбивають певні аспекти фізичної реальності, спрощуючи її, але зберігають істотні риси явища, що вивчається чи процесу, наприклад, як це відбито в роботах комп'ютерного моделювання хвильових процесів В.К.Воронова [12]. Це дає можливість шляхом співвідношення з реальними експериментами постійно корегувати модель, знімати вихідні спрощення, що ідеалізують передумови, переходити до розгляду складних ситуацій, що враховують найбільш повно і точно все це різноманіття матеріальних зв'язків, куди включено явище, що дослідиться.

Дуже важливо, щоб між моделлю, що ідеалізувалася і реальністю не було таких розходжень, що могли би привести до хибних висновків. Перехід до теорії відносності, квантової механіки, до інших нових розділів

теоретичної фізики був неминучим наслідком відкриття в експерименті якісно нового світу явищ, які безпосередньо не сприймаються органами почуття людини, таких, що реєструються лише шляхом приладів. Тому зрозуміти ці явища на основі системи, що склалася, наочно-образних подань, аналогій і механічних моделей, що лежали в основі попередньої класичної картини світу, здавалося неможливим.

Для того, щоб розв'язати цю проблему, необхідно з'єднати в єдине ціле дві форми психічного відбивання людиною об'єктивної реальності - безпосередньо чуттєво-предметну і понятійно-знакову.

У науково-теоретичному мисленні засобом здійснення цього синтезу виступає уявний експеримент [27].

У цьому контексті проаналізуємо програмні продукти з хвильової оптики. Розглянемо їх за типами програмно-педагогічних засобів, за видами шкільного фізичного експерименту, за видами явищ, що вивчаються.

#### I. За типами ППЗ:

1. Моделюючі.
2. Демонстраційні.
3. Тренажери.
4. Контролери.

В основному всі програмні продукти з хвильової оптики відносяться до моделюючих і демонстраційних, наприклад: Є.Т. Лемешевський "Моделювання дифракції Фраунгофера (лекційна демонстрація)" [36, с. 244].. В.К. Воронов "Навчаючі програми з хвильової оптики" [12, с. 62].

В.О. Извозчиков пропонує у вигляді тренажера лабораторну роботу з дифракції світла на одній щілині [23].

#### II. За видами ШФЕ.

Всі роботи носять демонстраційний характер, мало розроблені лабораторні роботи і роботи фізичного практикуму на основі імітаційних моделей.

#### III. За видами явищ, що вивчаються.

1. Інтерференція світла.

2. Дифракція світла.

У всіх роботах, які проаналізовані, виявлена така тенденція: моделюють інтерференцію від двох когерентних джерел (дослід Юнга), дифракцію на щілини (дифракцію Фраунгофера), дифракцію світла на дифракційних ґратках. Зазначені вище програмні продукти не розкривають глибоко явища, що вивчаються, не відбивають єдиного підходу до вивчення хвиль будь-якої фізичної природи, вони не забезпечують візуалізації структури хвильового поля на всьому просторі розповсюдження хвиль при моделюванні інтерференції і дифракції світла.

Але дані програмні продукти спрямовані на моделювання процесів за допомогою ЕОМ з метою їх вивчення, дослідження залежності параметрів цього процесу від зміни зовнішніх умов, визначення імовірності результатів; вибір оптимальних параметрів; побудова на екрані динамічної фізичної моделі.

Таким чином, можна виділити наступні аспекти комп'ютеризації фізичного експерименту з хвильової оптики:

1. Недоліки ППЗ типу "тренажер" і "контролер".

2. Необхідність утворення чи розробки лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму з використанням комп'ютерного моделювання явищ, що вивчаються.

3. Створити моделюючи і демонстраційні ППЗ, відповідні загальним вимогам навчання фізики, зокрема вивчення хвильової природи світла.

4. Розробка системи ППЗ, які б відбивали методичні принципи, покладені в основу вивчення фізичної оптики в середній школі (ВУЗі), виділені Л.І. Резниковим [53].

5. ІКТ можуть застосовуватися не тільки для математичних розрахунків, чи у вигляді довідника для одержання інформації, але також і для моделювання оптичних явищ, з метою надання засобами комп'ютерної графіки наочності, а також доступності в розумінні складних оптичних

процесів. При поєднанні всіх цих прийомів з елементами самоконтролю, одержує хорошу підличу для вчителя в поясненні складних для розуміння тем.

З метою вирішення зазначених проблем і утворення єдиної картини оптичних процесів, що вивчаються, пропонуємо створити програмно-методичний комплекс, призначений для: 1) одержання основної інформації; 2) ілюстрації явищ, процесів, що описуються; 3) моделювання оптичних явищ; 4) проведення імітаційного комп'ютерного експерименту; 5) самоконтроля за засвоєнням даного матеріалу; 6) виводу текстової інформації на друкуючий пристрій, для подальшого вивчення окремих питань за межами комп'ютерного класу.

За допомогою цього комплексу можна повністю контролювати вхідні дані і не спрощувати фізичні моделі. Крім того, машинний експеримент становить інтегральний засіб дослідження фізичних явищ і процесів. Застосування ЕОМ у фізичному експерименті розкриває нові можливості: вивчення процесів у динаміці за рахунок одержання серії миттєвих значень фізичних величин, графічна інтерпретація законів фізики в процесі виконання експерименту. Ці можливості комп'ютерного моделювання та експерименту наближають їх до традиційних експериментальних і теоретичних засобів, які використовуються при вивченні фізики.

Таким чином, одним з етапів удосконалення НФЕ з хвильової оптики є застосування імітаційного комп'ютерного моделювання явищ, як одного із важливих сучасних напрямків у процесі навчання фізики.

## **ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ**

1. На основі системного аналізу навчального експерименту з курсу електрики та магнетизму визначений його компонентний склад, що включає: об'єкт дослідження, навчальні технічні засоби, діяльність викладача (учителя) та студента (учня).

2. Виявлені основні тенденції розвитку ФЕ, що полягають: у застосуванні осцилографічних засобів реєстрації різноманітних функціональних закономірностей явищ, що вивчаються; використанні аналізаторів спектрів низьких і високих частот; застосуванні досягнень лазерної техніки; використанні сантиметрових електромагнітних хвиль для дослідження хвильових процесів; застосуванні сучасної телевізійної і відеотехніки; модернізації існуючого устаткування і створення нових приладів на основі досягнень науки і техніки; використанні електричних засобів виміру електричних і неелектричних величин; застосуванні моделювання і аналогій при вивченні складних оптичних і квантово-механічних явищ; моделюванні оптичних явищ на персональних ЕОМ.

3. Виявлено, що одним із перспективних напрямків опрацювання сучасного фізичного експерименту з хвильової оптики, що задовольнить дидактичному принципу наочності, є постановка дослідів на основі імітаційних комп'ютерних моделях, що дозволяє візуалізувати тонку структуру хвильового поля.

4. Система нового ФЕ для вивчення оптичних явищ має ґрунтуватись на таких ідеї: моделювання оптичних процесів, спрямоване на візуалізацію структури полів; використання комплексного фізичного експеримента для вивчення оптичних явищ з застосуванням інноваційних технічних установок.

## РОЗДІЛ II

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЧЕННЯ ХВИЛЬОВОЇ ОПТИКИ ПРИ СИСТЕМНОМУ ВИКОРИСТАННІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

#### 2.1. Педагогічні програмні засоби і вимоги до їх створення

Педагогічний програмний засіб (ППЗ) - це програмний засіб навчання, що реалізується в умовах застосування ІКТ, що організує діяльність учителя і учнів, спрямоване на інтенсифікацію навчально-виховного процесу. ППЗ виступає як компонент засобів комп'ютерного навчання. Мета розробки ППЗ - це оптимізація процесу навчання: підвищення ініціативи учнів при рішенні навчальних завдань, підвищення інтересу до навчання та міцності засвоєння знань, скорочення термінів навчання.

На сучасному етапі розвитку школи особливе значення надається продуктивній діяльності учнів, що складається з навчальних потреб і мотивів, навчальних завдань і операцій. Діяльність скерована на оволодіння школярами системними і методологічними знаннями, що дозволять у майбутньому перенести ці знання на новий клас завдань. Потреби і мотиви навчальної діяльності мають бути скеровані на засвоєння саме цих знань.

Навчальні завдання і операції, як компоненти навчальної діяльності, тісно пов'язані між собою. Навчальне завдання, створюючи проблемну ситуацію, вводить учнів у предметний зміст, актуалізує їх знання і вміння, підтримує готовність до продовження учіння. Рішення завдань пов'язане з системою навчальних дій (перетворення умови, пошук зв'язків і відношень між поняттями тощо). Таким чином, ППЗ, організуючи продуктивну діяльність учнів, мають містити в собі систему навчальних завдань, які сприяють формуванню у школярів системних і методологічних знань.

Проектування ППЗ ґрунтується на таких засадах [3, с. 12]:

1. Утворення програм дидактичного типу, які включають проблемні ситуації і ситуації, що дозволяють учню на основі багаторазового відтворення в умовах, що змінюються, виходити на новий якісний рівень.

2. Утворення ППЗ, які орієнтовані як на репродуктивне, так і на продуктивне мислення школярів.

3. ППЗ повинні бути компонентом системи навчання.

4. ППЗ повинні відповідати певній системі вимог (педагогічних, технічних, естетичних, фізіологогігієнічних), вимогам до програмних документів.

*Педагогічні вимоги до ППЗ передбачають* [3, с. 23]: а) необхідність враховувати принципи дидактики (науковість, систематичність, системність, доступність, наочність, розвиток у процесі навчання, зв'язок навчання з життям);

б) відповідність теми ППЗ специфіці навчального предмету і його поняттійного апарату; в) обґрунтування вибору ППЗ за курсом, темою чи окремим питанням.

*Технічні вимоги включають* [3, с. 32]: а) орієнтацію ППЗ на масові зразки ПЕОМ; б) відсутність помилок у програмі; в) відповідність функцій ППЗ опису документації; г) забезпечення пересилки програми по локальній мережі ПЕВ; д) мінімальний час реакції (не більше 2 с); е) забезпечення захисту від несанкціонованих дій користувача, стійкість роботи програми при неправильних або випадкових натисках клавіш; ж) мінімальне використання зовнішньої пам'яті на магнітних носіях; з) забезпечення збирання статистичних показників про роботу користувача з програмою.

*Фізіолого-гігієнічні вимоги накладають обмеження на програму, пов'язані з віковими і фізіологічними особливостями учнів, влаштовують рекомендації до зображення інформації (розбірності, ефективності зчитування, розміщення на екрані) і режиму роботи.*

*Психологічні вимоги скеровані на підвищення рівня мотивації навчання і міри працездатності мислення учнів (з обліком різноманітних типів нервової діяльності і закономірностей відбудови працездатності).*

*Естетичні вимоги передбачають відповідність естетичного оформлення функціональному призначенню ППЗ, відповідність графічних елементів призначенню ППЗ і фізіологічним вимогам [3].*

У методиці навчання фізики розрізняють такі види ППЗ: а) інструментальні; б) моделюючі; в) демонстраційні; г) тренажери.

Ми у своєму дослідженні розробили демонстраційно-моделюючі ППЗ.

## **2.2. Вивчення явища інтерференції світла на основі імітаційного комп'ютерного моделювання. Педагогічний програмний засіб "Засоби спостереження інтерференції світла"**

При вивченні явища інтерференції світла спираються на вже відомі учням особливості явища інтерференції механічних (звукових) і електромагнітних хвиль. Учні вже знають, що стійку інтерференційну картину дають когерентні джерела. Тут підкреслюють, що для хвиль від цих джерел характерна сталість частот і збереження в часі різниці фаз коливань. Просторову когерентність у шкільному курсі не розглядають.

З методичної точки зору виникає питання: як, користуючись звичайними (некогерентними) випромінювачами світла, створити взаємно когерентні джерела і одержати стійку інтерференційну картину? Її можна одержати розділенням світлового пучка від звичайного джерела світла на два, які потім зводять разом, і вони інтерферують. Іншими словами, випромінювання кожного окремого атому поділяють на дві частини і тим самим змушують хвилю, випромінювану окремим атомом, інтерферувати з самою собою. При цьому треба враховувати, що цуг хвиль, випромінюваний окремим атомом, має кінцеву довжину вздовж проміння.



При тривалості випромінювання порядку  с і швидкості світла  $3 \cdot 10^8$  м/с ця довжина майже 3 м. Таким чином, інтерференція хвилі самої із собою можлива лише при невеликій різниці ходу ( $\Delta l < 3$  м).

Існує декілька засобів розділення світлового пучка на дві частини: а) метод Юнга (світло проходить через два близько розміщених малих отвори); б) дзеркало Ллойда (прямий пучок світла інтерферує з пучком, відбитим від дзеркала); в) дзеркала і біпризма Френеля (світло, потрапляючи на дзеркала, розміщені під кутом, близьким до  $180^\circ$ , або проходячи через біпризму, розділяється на два пучки, що після цього зустрічаються і накладаються один на одного); г) досліди з тонкими плівками і кільцями Ньютона, світло інтерферує не від точкових джерел світла, а як звичайне розсіяння світло.

Багато робиться для удосконалення цього експерименту, але вирішити складні проблеми шкільного демонстраційного експерименту з оптики радикальним чином можна, якщо застосувати принципово нове джерело світла – оптичний квантовий генератор (лазер). Застосування лазера дозволяє гранично спростити підготовку багатьох дослідів і різко підвищити якість інтерференційних картин, що спостерігаються. Найбільш наочно представити явище інтерференції дозволяють імітаційні комп'ютерні моделі.

Застосування імітаційного моделювання чи імітаційного експерименту дозволяє в шкільних умовах розглядати досліди з дзеркалами Френеля і дзеркалом Ллойда, бо в середній школі їх не застосовують за технічних труднощів.

Тому нами розроблено ППЗ "Засоби спостереження інтерференції світла". На мові Pascal написані програми, які моделюють досліди: а) з дзеркалами Френеля; б) з біпризмою Френеля; в) з дзеркалом Ллойда; г) спостереження інтерференції від двох когерентних джерел.

*Призначення і область застосування ППЗ.*

ППЗ "Засоби спостереження інтерференції світла" відбиває зміст і структуру розділу хвильової оптики, зокрема, теми – інтерференція світла.

ППЗ призначений для навчання фізики учнів 11-го класу середньої школи і учнів шкіл і класів з погібленим вивченням фізики. ППЗ може бути використано також у педагогічних вишах.

*Мета розробки* – розвиток мислення операцій учнів за рахунок різноманітних форм моделювання фізичного процесу, формування таких розумових операцій і вмінь, як узагальнення, систематизація, аналіз і синтез, порівняння і абстрагування, моделювання і проведення уявного експерименту.

*Можливий педагогічний ефект*, як показали результати експериментального навчання, полягає в підвищенні міцності знань учнів і формуванні вмінь аналізувати фізичну ситуацію, що склалася (поява інтерференційних максимумів і мінімумів на екрані, розподіл енергії світлових хвиль при інтерференції залежно від початкових умов: довжини хвилі, відстані між джерелами, відстані від джерел до екрану). Оцінка ефективності програми може бути здійснена шляхом включення в контрольну роботу питань і завдань, що розглядаються в ППЗ.

*Зміст і методика застосування.*

У процесі роботи із ППЗ в учнів формуються наступні знання і вміння:

- знання про інтерференцію світла: а) умови максимумів і мінімумів при інтерференції світла; б) умови, при яких спостерігається інтерференція світла; в ) розподіл енергії світлової хвилі при інтерференції світла; г) засоби спостереження інтерференції світла.

- вміння аналізувати графіки розподілу інтенсивності при інтерференції світла в залежності від початкових умов.

Робота із ППЗ може здійснюватися як фронтально в умовах застосування нія ПЕОМ, так і вчителем при наявності тільки одного ПЕОМ. ППЗ може бути використано індивідуально при самостійній роботі учнів.

Програма складається з 4-х частин:

- 1) у першій частині учні знайомляться з інтерференцією світла;
- 2) розглядається дослід із дзеркалами Френеля;

3) розглядається дослід із біпризмою Френеля;

4) розглядається дослід із дзеркалом Ллойда.

Програмою передбачені: а) повторення руху з упровадженими раніше параметрами; б) рух з новими даними (параметрами); в) вихід на контрольні питання за бажанням учнів, якщо ППЗ використовується для самостійної роботи учнів.

Контрольні запитання, початкові параметри і графіки передбачають уміння учнів співвідносити параметри і відповідні їм графіки.

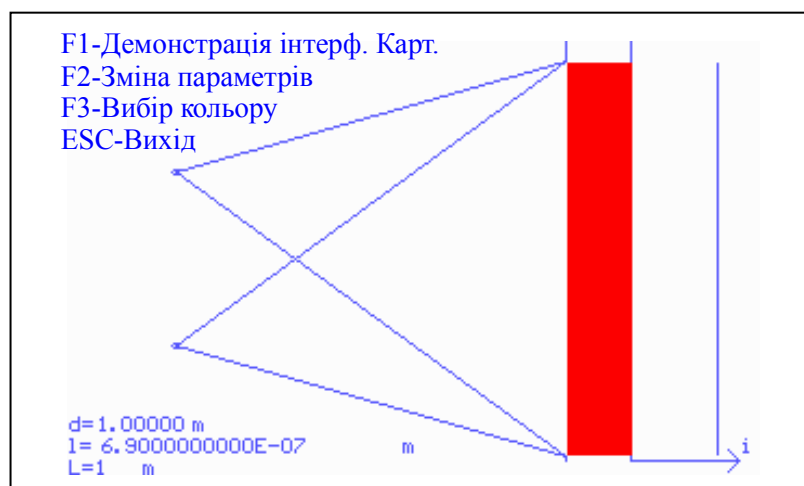
Протокол фіксує число правильних відповідей і число помилок при відповіді на контрольні запитання.

*Приведемо опис кадрів*

К А Д Р І – картинка на екрані (рис. 2.1)

Кадр І спершу імітує інтерференцію двох циліндричних когерентних світлових хвиль, які виходять із джерел  $S_1$  і  $S_2$ , вузьких щілин, що мають вигляд паралельних тонких ниток, що світяться. Кадр розбивається на три зони. Вгорі дані функціональні клавіші зміни параметрів (верхнє меню, параметри можуть змінюватися користувачем), у середній частині - імітаційний експеримент, у правій частині - поле інтерференції і графік залежності інтенсивності  $I$  від  $x$ , що одержується в монохроматичному світлі. Фони і креслення виділені різним кольором.

Нижнє меню: довжина хвилі  $l$  ( $\lambda$ ), відстань між джерелами  $d$ , відстань до екрану  $l$ , відстань між інтерференційними смугами  $\Delta x$ .



### Рис 2.1. Інтерференція двох когерентних хвиль

Користуючись цією моделю вчитель може розібрати основні положення з інтерференції світла (рис. 2.2):

1. Пояснюючи рисунок на екрані, звертається увага учнів на визначення геометричної різниці ходу хвиль  $\Delta$ .
2. Згадують умови максимумів і мінімумів при інтерференції механічних хвиль.
3. Приводиться визначення поля інтерференції.

Область, в якій хвилі перетинаються, називається полем інтерференції. У всій цій області спостерігається чергування місць із максимальною і мінімальною інтенсивністю світла. Якщо в поле інтерференції внести екран (зазначає на праву частину екрану), то на ньому буде спостерігатися інтерференційна картина, що має вид світлих і темних смуг, які чергуються.

4. Пропонується обчислити ширину цих смуг за умови, що екран паралельний площині, яка проходить через джерела  $S_1$  і  $S_2$  (рис. 2.2). Положення точки на екрані будемо характеризувати координатою  $x$ , що відраховується в напрямі, перпендикулярному до ліній  $S_1$  і  $S_2$ . Початок відліку оберемо в точці  $O$ , відносно якої  $S_1$  і  $S_2$  розташовані симетрично. Будемо вважати, що джерела коливаються в однаковій фазі. З рис. 2.2 видно, що

$$s_1^2 = l^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2, \quad s_2^2 = l^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2. \quad (2.1)$$

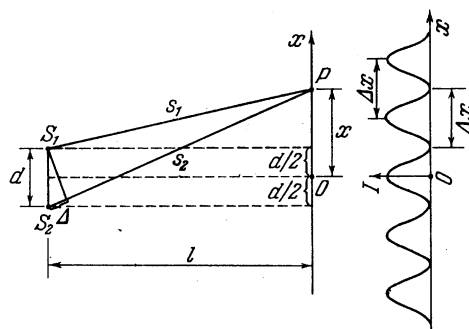


Рис. 2.2. Інтерференція хвиль

Отже,

$$s_2^2 - s_1^2 = (s_2 + s_1) \times (s_2 - s_1) = 2 \times x \times d. \quad (2.2)$$

Зазначають, що для одержання розрізнявальної інтерференційної картини відстань між джерелами  $d$  слід бути значно меншою відстані до екрану  $l$ . Відстань  $x$ , в межах якої утворюються інтерференційні смуги, також буває значно меншою  $l$ . При цих умовах можна покласти  $s_1 + s_2 \approx 2 \times l$ . Тоді  $s_2 - s_1 = (x \times d)/l$ . Помноживши  $s_2 - s_1$  на показник заломлення середовища  $n$ , одержимо оптичну різницю ходу

$$\Delta = n \times \frac{x \times d}{l}. \quad (2.3)$$

Підстановка цього значення в умову  $\text{max}$  показує, що максимумами інтенсивності будуть спостерігатися при значеннях  $x$ , рівних

$$x_{\text{max}} = \pm m \times \frac{1}{d} \times \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots). \quad (2.4)$$

Тут  $\lambda = \lambda_0 / n$  - довжина хвилі в середовищі, яке заповнює простір між джерелами і екраном.

Підставив значення  $\Delta$  в умову  $\text{min}$ , одержимо координати мінімумів інтенсивності:

$$x_{\text{min}} = \pm \left( m + \frac{1}{2} \right) \times \frac{1}{d} \times \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots). \quad (2.5)$$

Учитель вводить поняття: відстань між інтерференційними смугами і ширина інтерференційної смуги.

Відстань між двома сусідніми максимумами інтенсивності називається відстанню між інтерференційними рядками, а відстань між сусідніми мінімумами інтенсивності – шириною інтерференційної смуги. Із формул для  $x_{\text{max}}$  і  $x_{\text{min}}$ , витікає, що відстань між смугами і ширина смуги мають однакові значення, яке дорівнює

$$\Delta x = \frac{1}{d} \times \lambda. \quad (2.6)$$

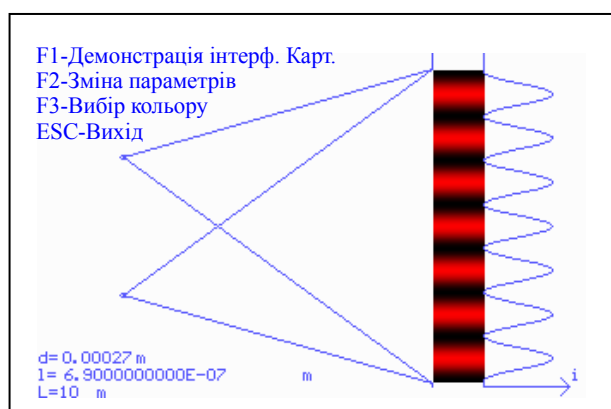
5. Аналізують виведену формулу:

а) згідно з цією формулою відстань між смугами зростає із зменшенням відстані між джерелами  $d$ . Змінюючи відстань  $d$ , демонструють на екрані різноманітні інтерференційні картини.

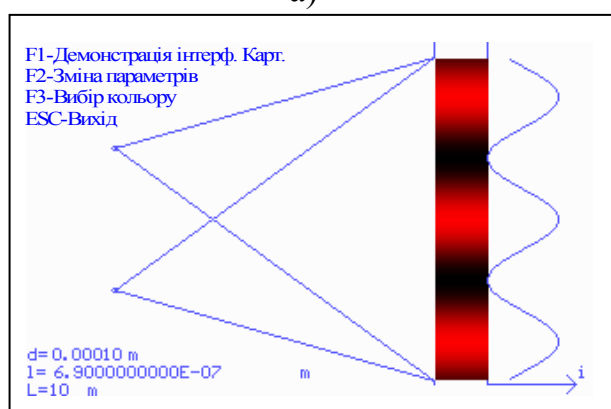
б) кадр рис. 2.3: показують, що при  $d$ , порівняним із  $\lambda$ , відстань між смугами була би того ж порядку, що і  $\lambda$ , тобто складало б декілька десятків мкм, у цьому випадку окремі рядки цілком нерозрізніні. Підкреслюють, для того щоб інтерференційна картина стала чіткою, необхідно додержання згадуваною вище умови:

$$d \ll \lambda.$$

6. Переходять до аналізу розподілу інтенсивності інтерферуєчих хвиль. При натиску клавіші "F1" з'являється на екрані кадр 2.



а)



б)

Рис 2.3. Інтерференція світла при зміні параметра  $d$

К А Д Р II – картина на екрані – рис. 2.4. Кадр 2 демонструє окремо розподіл інтенсивності світла. Кадр розділений на дві частини. Вгорі дані

вхідні параметри, в середній частині – зображається розподіл інтенсивності інтерферируючих хвиль. Фони і креслення виділені різним кольором.

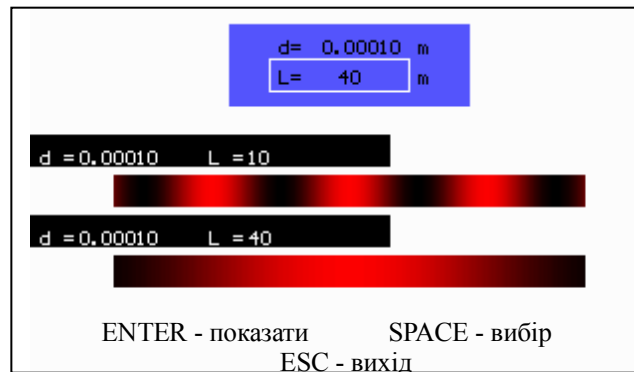


Рис. 2.4. Розподіл інтенсивності світла при інтерференції хвиль

К А Д Р III – картина на екрані – рис. 2.5.

Кадр 3 імітує дослід із біпризмою Френеля. Кадр розділений на три зони. Вгорі дані позначення параметрів, у середній частині - імітаційний експеримент, у правій - картина інтерференційного поля.

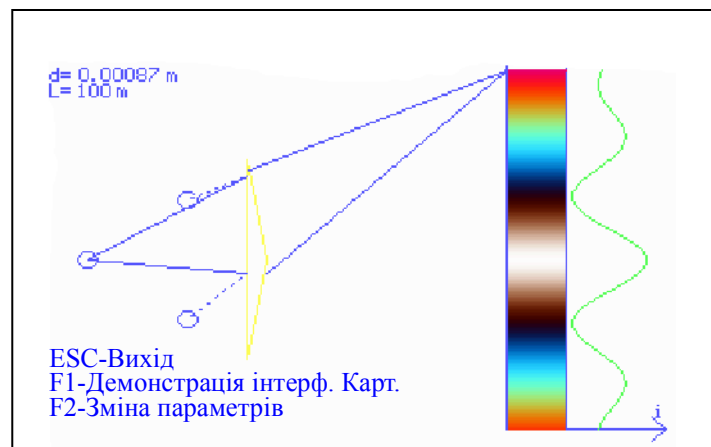


Рис. 2.5. Дослід з біпризмою Френеля (біле світло)

Меню містить: довжину хвилі -  $\lambda$ , відстань між джерелами -  $d$ , відстань від прямолінійного джерела до загальної грані біпризми -  $a$ , відстань від загальної грані біпризми до екрану -  $b$ , відстань від джерел до екрану -  $l = a + b$ , кут заломлення призми -  $\vartheta$ . Всі ці параметри можуть змінюватися, тому вчитель може продемонструвати учням залежність інтерференційної картини від усіх цих параметрів.

К А Д Р IV – картинка на екрані (рис. 2.6).

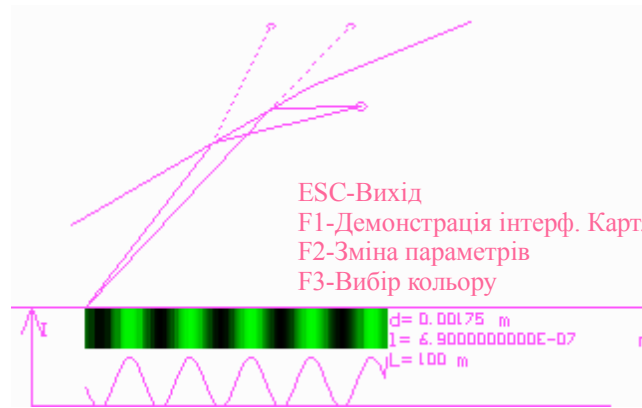


Рис. 2.6. Дослід із дзеркалами Френеля

Кадр V імітує дослід із дзеркалами Френеля і складається із трьох частин. Права частина: довжина хвилі -  $\lambda$ , відстань між уявними джерелами -  $d$ , відстань від уявних джерел до екрану -  $l$ .

Послідовність дій учителя при використанні досліду з дзеркалами Френеля подібна послідовності при використанні досліду з біпризмою Френеля, тому ми тільки зупинимося на особливостях цього досліду.

Учням пояснюється схема досліду (рис. 2.7): два дзеркала I і II розташовуються один до одного під кутом, близьким до  $180^\circ$ . На них направляється пучок світла від точкового джерела S. Дзеркалами пучок світла роздвоюється. Від кожного дзеркала світло поширюється розбіжним пучком. Вісі пучків утворюють між собою кут. Після відбивання обидва пучки світла в деякій області простору накладаються один на одне і утворюють інтерференційне поле. На екрані, встановленому під кутом (зокрема,  $90^\circ$ ) до напрямку розповсюдження світла, і що перетинає світлові пучки, спостерігається інтерференційна картина. Вона складається із ряду чергуючих світлих і темних смуг зі світлою смугою в середині (інтерференція монохроматичного світла). Ця смуга перпендикулярна лінії, що з'єднує уявні джерела світла  $S_1$  і  $S_2$ .



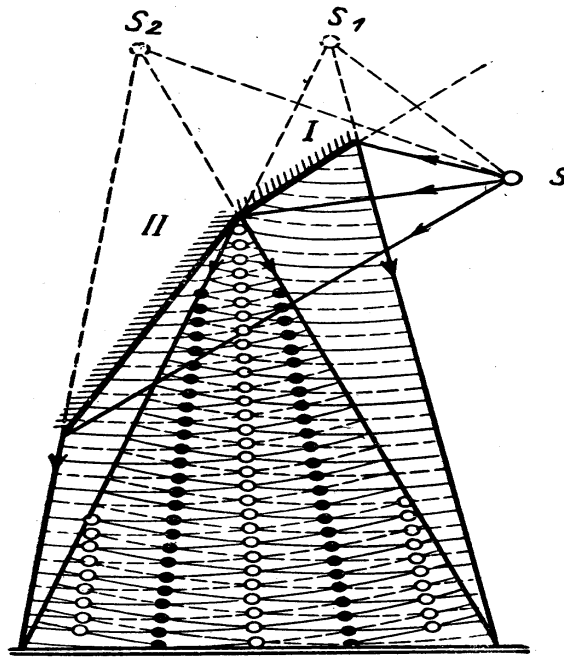


Рис. 2.7. Схема досліду із дзеркалами Френеля

Кадр на рис. 2.8 демонструє інтерференцію білого світла, інтерференційні смуги (світлі) забарвлені в різноманітні кольори. Фіолетова смуга розташована ближче до середини інтерференційної картини, а червона найбільш віддалена від неї, центральна смуга біла.

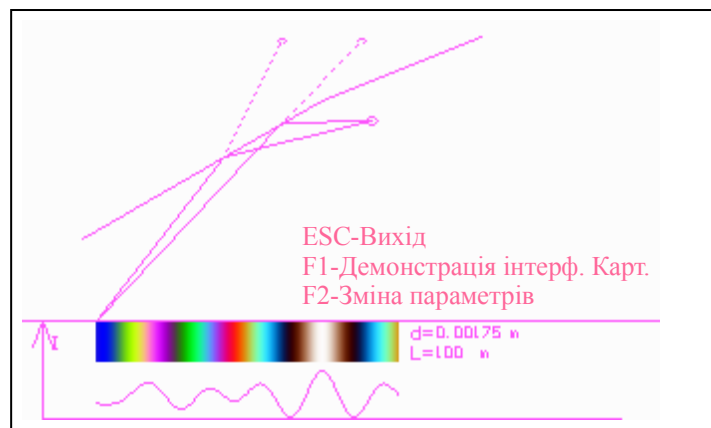


Рис. 2.8 Дослід із дзеркалами Френеля (біле світло)

Кадр V – картинка на екрані (рис. 2.9), що зображає розподіл інтенсивності світла в досліді з дзеркалами Френеля.

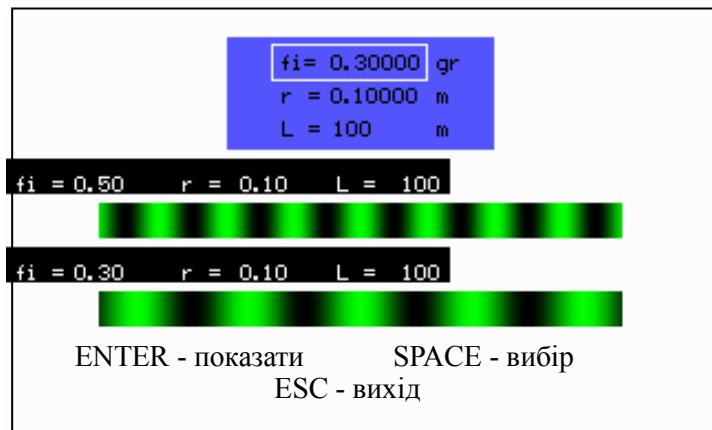


Рис. 2.9. Картини розподілу інтенсивності світла у досліді із дзеркалами Френеля

К А Д Р VI - картинка на екрані (рис. 2.10), яка імітує дослід із дзеркалом Ллойда. Кадр розділений на три частини. Верхнє меню: функціональні клавіши. Нижнє меню: довжина хвилі -  $\lambda$ , відстань між джерелом світла і уявним джерелом -  $d$ , відстань від джерел до екрану -  $L$ ; середня частина екрану - дослід із дзеркалом Ллойда; права частина - картина інтерференційного поля.

У досліді з дзеркалом Ллойда маємо одне уявне джерело  $S_1$ , а інше реальне точкове джерело світла, проте одержуємо інтерференційну картину подібну з дзеркалами або біпризмою Френеля.

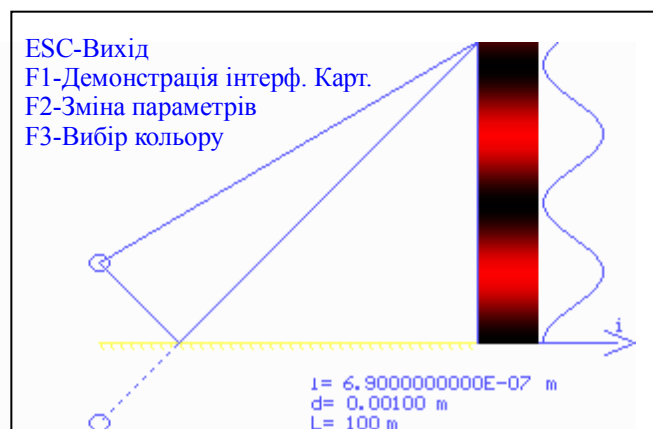


Рис. 2.10 Дослід із дзеркалом Ллойда

К А Д Р VII - картинка на екрані (рис. 2.11) зображає розподіл інтенсивності при інтерференції білого світла в досліді з дзеркалом Ллойда.

Кадр розділений на дві частини. Нижнє меню містить вхідні параметри, зазначені вище; середня частина - дослід.

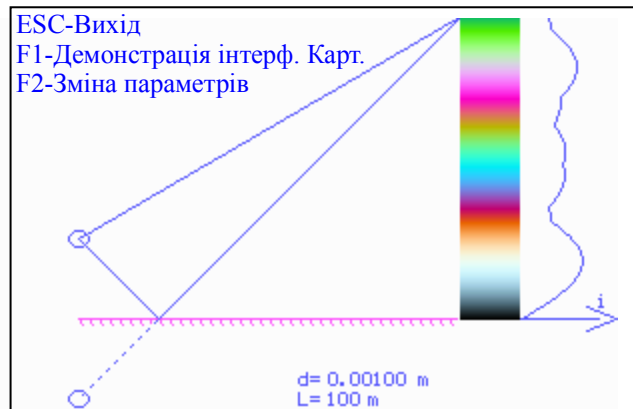


Рис. 2.11. Дослід із дзеркалом Ллойда (біле світло).

#### Методичні вказівки вчителю

Вступ.

ППЗ "Засоби спостереження інтерференції світла" призначено для демонстрації учням 11-го класу засобів спостереження інтерференції світла (розділ "Хвильова оптика"), і переслідує мету формування в учнів міцних, тривалих і системних знань з даної теми; розвитку мислення учнів, зокрема, формування вміння усвідомити сутність явища інтерференції і вміння аналізувати картину інтерференційного поля із заданими початковими параметрами (значеннями фізичних величин).

ППЗ складається із чотирьох частин, які імітують відповідно: утворення інтерференційного поля при інтерференції двох когерентних хвиль; дослід із дзеркалами Френеля; дослід із біпризмою Френеля; дослід із дзеркалом Ллойда.

ППЗ виконує імітацію інтерференційних полів у кожному досліді з одночасним відображенням відповідних графіків інтенсивності хвилі зі значеннями фізичних величин, що вводить користувач.

Передбачена можливість повторного відтворення руху і графіків щодо впроваджених раніше величин чи новий рух з відповідними графіками щодо нових даних, впроваджених користувачем.

Учні можуть самостійно працювати з ППЗ і для самоконтролю їм пропонується відповісти на контрольні питання. Закінчується робота протоколом, в якому відбиваються результати роботи.

Порядок роботи з ППЗ.

При вході в програму з'являється меню, яке складається із секцій: "Когерентні джерела світла", "Дзеркало Ллойда", "Біпризма Френеля", "Бідзеркала Френеля", "Тест".

Для входу в меню необхідно натиснути клавішу "F10", для виходу з програми - "Esc", допомога (відомості про програму і стисла теорія) - "Ctrl-F1"

Обравши одну із секцій (натиском клавіші "Enter"), з'являється підменю, яке складається з секцій "Монохроматичне світло", "Біле світло", "Допомога", "Вихід". Підменю секції "Тест" складається з: "Почати", "Допомога", "Вихід".

Функціональні клавіші: F1 - зміна кадрів; F2 - поява меню для зміни параметрів; F3 - з'являється таблиця вибору кольорів (у секції "Біле світло" дана операція відсутня).

При виборі "Тест" з'являється запит про час повного тестування (в секундах), прізвище, ім'я та по батькові тестуючого. На закінчення тестування на диск записується файл-звіт, що містить прізвище, ім'я та по батькові тестуючого, задані питання і обрані відповіді, кількість правильних відповідей, оцінка.

Використання ППЗ на уроці.

Робота з ППЗ пропонувалася на уроці, присвяченому вивченню інтерференції світла. У вигляді демонстрацій доцільно показати першу частину програми в поєднанні з однією з трьох останніх. Можна використати імітаційні моделі в поєднанні з реальним експериментом.

### **2.3. Вивчення явища дифракції світла на основі імітаційного комп'ютерного моделювання. Педагогічний програмний засіб "Дифракція світла"**

Вивчення основних питань теорії дифракції представляє певну складність і трудність не тільки для учнів, але і для вчителів - фізиків. Програми з фізики, які діяли в середній школі раніше не орієнтували вчителя на вивчення дифракційних явищ на основі теоретичних передумов, а припускали лише ознайомлення з дифракційними явищами на основі демонстраційного експерименту. У школах (класах) з поглибленим вивченням фізики розгляд дифракційних явищ має бути поставлений не тільки на міцну теоретичну, але й експериментальну базу з використанням імітаційного комп'ютерного моделювання оптичних явищ.

Нами розроблено ППЗ " Дифракція світла", який використовується при вивченні одного з важливих і складних розділів курсу фізики старших класів - хвильової оптики. Цей розділ вимагає комп'ютерного моделювання безпосередньо неспостережуваних оптичних явищ, що дозволяє зробити їх наочними, легко сприйнятими і дає можливість учням зрозуміти взаємозв'язок різноманітних оптичних параметрів, що характеризують це явище, шляхом їх цілеспрямованої зміни. На мові Pascal написані програми, які моделюють основні випадки спостереження дифракції світла.

I. Дифракція Френеля: на одній щілині; на перешкоді; дифракція на півплощині.

II. Дифракція Фраунгофера: дифракція на щілини; дослід Юнга; дифракційні ґратки.

III. Дифракційні ґратки: розділювальна здатність; дифракція білого світла; застосування ґраток.

В усіх випадках інтерференційна картина вторинних хвиль, що спостерігається виводиться на екран монітору. У процесі зміни початкових умов аналізуються умови інтерференційного максимуму і мінімуму.

Розрахунок дифракційної картини базується на використанні методу зон Френеля і наближення Кірхгофа і спрямований на візуалізацію інтерференційної картини дифрагуючих променей на екрані.

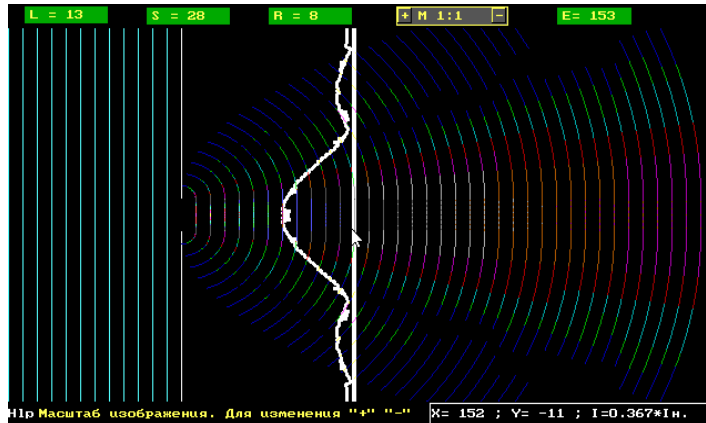
Розглянемо особливості розробленого ППЗ на прикладі вивчення та дослідження дифракції світла на щілині, демонстрації плями Пуассона.

Переходячи до вивчення дифракції світла, треба визначити, що закони геометричної оптики, і, зокрема, закон прямолінійного поширення світла, мають межі застосування. Прийнято вважати, що дифракція спостерігається, якщо довжина світлової хвилі менш або порівнена з розмірами перешкод. Проте це вимагає пояснення. Справа в тому, що явище дифракції має місце завжди, незалежно від того, будуть об'єкти дифракції великими чи малими. Величина дифракційного ефекту, тобто величина відхилення від законів геометричної оптики, і зокрема, від закону прямолінійного поширення світла, залежить від співвідношення трьох величин: розмірів перешкоди  $d$ , довжини хвилі  $\lambda$ , відстані  $r$  від перешкоди до місця спостереження дифракційної картини. Співвідношення цих трьох величин визначає хвильовий параметр:

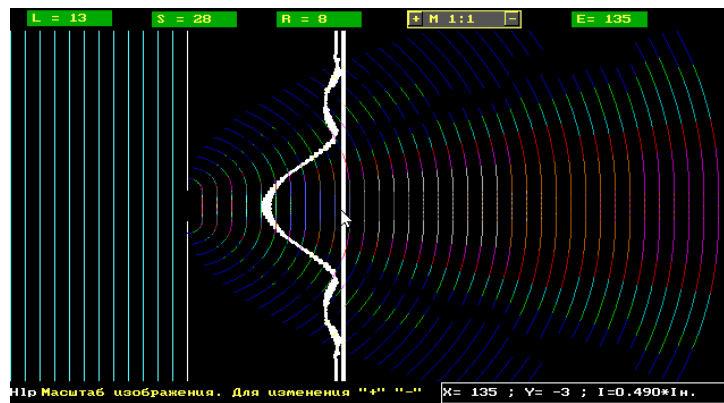
$$p = \frac{\sqrt{\lambda \times r}}{d}. \quad (2.7)$$

Закони геометричної оптики застосовуються лише для явищ, коли хвильовий параметр малий ( $p \ll 1$ ). У тих випадках, коли  $p \gg 1$ , не можна не враховувати дифракційні явища, і для їх пояснення повинні бути використані положення хвильової теорії. Сказане легко проілюструвати на імітаційних моделях. На рис.2.12,а показана картина поширення хвильового фронту при дифракції на щілині шириною  $S=28$  від. од. при достатньо великому значенні хвильового параметра ( $p=1.6$  при  $E=153$ ,  $L=13$ ), на якій чітко помітні дифракційні максимуми. При малому значенні хвильового параметра ( $p=0.21$  при  $E=135$ ) розподіл інтенсивності хвильового поля за щілиною незначно відрізняється від розподілу, який впливає із законів

геометричної оптики (рис. 2.12, б). ( $E=r$ ;  $L$  - довжина хвилі; всі величини дані в від. од. виміру).



а)



б)

Рис. 2.12. Дифракція світла на щілині: а)-  $p > 1$ ; б)-  $p < 1$

Переходячи до вивчення дифракції, учні вже знають принцип Гюйгенса, що дозволяє обґрунтувати закони відбивання і заломлення світла. При цьому треба вказати, що на основі принципу Гюйгенса не можна пояснити не тільки дифракційні явища (бо в ньому нічого не говориться про інтенсивності вторинних хвиль), але і утворення геометричної тіні, тобто про прямолінійне поширення світла. Для пояснення явищ дифракції О.Френель доповнив принцип Гюйгенса новим положенням про інтерференцію вторинних хвиль, що дозволило дати кількісне пояснення різноманітним дифракційним явищам.

Розглянемо вивчення дифракції на довгій прямій щілині за допомогою наочних комп'ютерних моделей. На екрані комп'ютеру учні можуть спостерігати наступне: плоский фронт хвилі, що поширюється на своєму

шляху зустрічає нескінченно довгу щілину; за щілиною, фронт хвилі має вид концентричних кіл, створюючи враження кругових хвиль, які виходять від країв щілини, а також за щілиною з'являється екран, на якому зображається графік інтенсивності хвилі в площині спостереження (рис. 2.13).

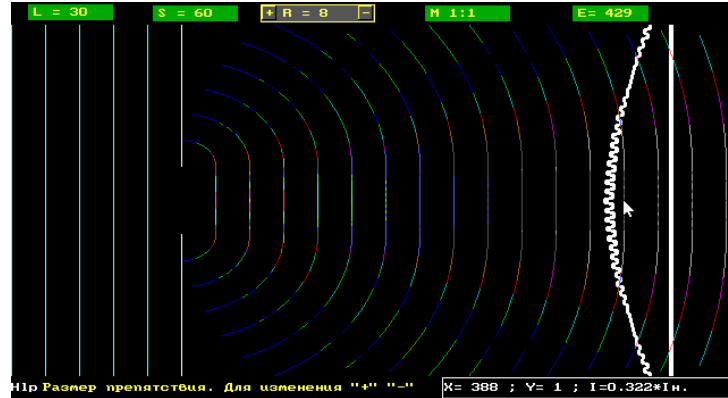


Рис. 2.13. Дифракція світла на щілині при параметрах  $L=50$ ,  $S=60$  (відносних одиниць)

Інтерференційна картина діфрагуючих променей, що спостерігається на екрані, залежить від довжини хвилі, що падає, відстані до точки спостереження, розмірів щілини. Всі ці величини є вхідними параметрами і можуть змінюватися при роботі. Одиниці виміру всіх параметрів відносні, тобто з'являється можливість використання даних імітаційних моделей для демонстрації хвильових процесів різноманітної природи (механічних, електромагнітних хвиль різноманітних діапазонів).

Перед учнями можна висунути проблему: як буде змінюватися амплітуда хвиль, які проходять через щілину, при збільшенні її розмірів? Згідно "здоровому глузду", на основі законів фотометрії, внаслідок збільшення поверхні хвильового фронту, як це має місце, наприклад, в фотоапараті, амплітуда коливань, що приймаються повинна поступово зростати, досягаючи максимального значення при  $E \rightarrow \infty$ . Проробивши дослід, переконуються, що амплітуда хвилі, яка прийшла, періодично змінюється при збільшенні розмірів щілини.

Учнем роз'яснюють, що при поступовому збільшенні розмірів щілини від деякого мінімального значення амплітуда хвилі, що проходить хвилі буде збільшуватися до тих пір, поки в щілині не укладеться перша зона



Френеля. Амплітуда хвилі в точці спостереження при цьому буде дорівнювати  $A_1$ . Але в подальшому виявляється, що хвилі, які йдуть від краю щілини в точку спостереження, знаходяться в протифазі з хвилями, що йдуть від центру щілини. Амплітуда хвилі, що приймається, буде зменшуватися до тих пір, поки в щілини не будуть вкладатися дві перші смуговані зони Френеля. При цьому амплітуда хвилі, що приймається згідно з теорією інтерференції буде дорівнювати:  $A_1 - A_2$ . Якщо в щілині при її подальшому збільшенні укладеться три перші зони Френеля, чисельне значення амплітуди результуючого коливання буде дорівнювати  $A_1 - A_2 + A_3$ , отже, амплітуда коливання, що приймається збільшиться.

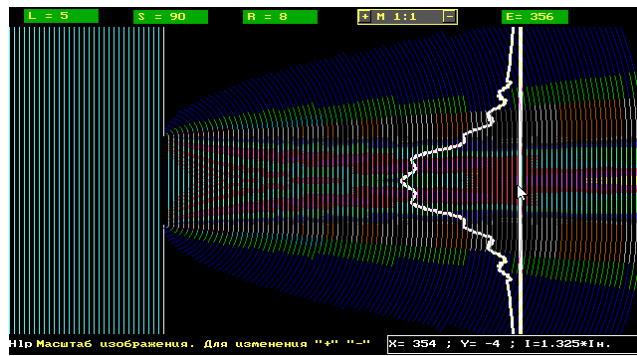
Необхідно визначити, що принцип Гюйгенса-Френеля дозволяє доказати прямолінійність поширення світла, а, отже, і пояснити утворення геометричної тіні з точки зору хвильової теорії. Звертають увагу учнів на те, що незважаючи на рівність площ зон Френеля, амплітуди  $A_1, A_2, A_3 \dots$  повторних хвиль різні. Пояснюється це тим, що при збільшенні номеру  $i$  зони кут  $\alpha_i$  між нормалю до поверхні зони і напрямом у точку спостереження зростає. Додаючи графічним шлихом вектори  $A_1, A_2, A_3 \dots$ , переконуються, що результуюча амплітуда  $A$  хвилі, яка приходить в точку спостереження від повністю відкритого хвильового фронту, дорівнює половині амплітуди  $A_1$  хвилі, що приходить від першої зони, тобто  $A = A_1/2$ . Це легко перевірити дослідним шляхом на імітаційних комп'ютерних моделях, порівнюючи величину амплітуди хвилі, що падає без щілини і хвилі, яка проходить через щілину, що містить тільки першу зону Френеля. Із цих даних роблять висновок про те, що при повністю відкритому хвильовому фронті інтенсивність в точці спостереження забезпечується дією частини хвильової поверхні, площа якої менша розмірів першої зони Френеля. Дія інших зон компенсується за рахунок інтерференції вторинних хвиль. Оскільки при проведенні оптичних дослідів розміри першої зони Френеля звичайно не перевищують 0,01 см, можна стверджувати, що світло від джерела в точку

спостереження передається по достатньо вузькому "каналі", тобто прямолінійно.

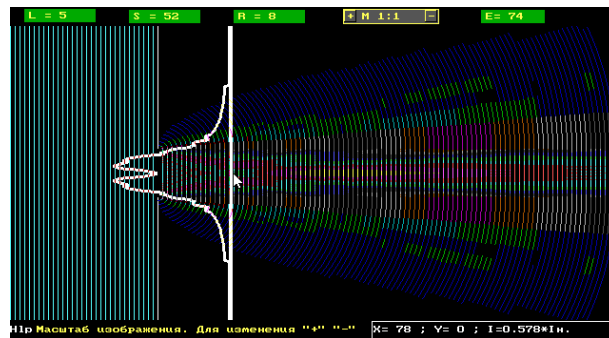
Далі необхідно експериментальним шляхом дослідити (провести імітаційні досліди) дифракцію світла на щілині. На уроці (лекції) доцільно показати зміну виду дифракційних картин і відповідних розподілень інтенсивності в них при зміні ширини. На рис. 2.14,а дифракційні картини відповідають достатньо широкій щілині, коли хвильовий параметр  $p < 1$ . При цьому в площині щілини вкладається достатньо велике число смугованих зон Френеля. Одержаний розподіл інтенсивності відповідає теоретичній залежності і може бути знайдений за допомогою спіралі Корню. Рис. 2.14,б відповідає дифракції на щілині, півширина якої  $S/2$  займає дві смуговані зони Френеля. При цьому в центрі дифракційної картини спостерігається мінімум інтенсивності світла. Не представляє труда підібрати щілину, півширина якої  $S/2$  буде займати, наприклад, три смуговані зони Френеля (рис. 2.14,в). У цьому випадку максимум інтенсивності буде в центрі дифракційної картини. При подальшому звуженні щілини можна показати перехід від дифракції Френеля до дифракції Фраунгофера. Рис. 2.14,г відповідає дифракції Фраунгофера від щілини, півширина якої менш однієї смугованої зони Френеля, а хвильовий параметр  $p > 1$ . Даний графік (рис. 2.14,г) знаходиться у повній відповідності з розподілом інтенсивності світла  $I$ , що описується функцією

$$I = i_0 \left( \frac{\sin u}{u} \right)^2, \quad (2.8)$$

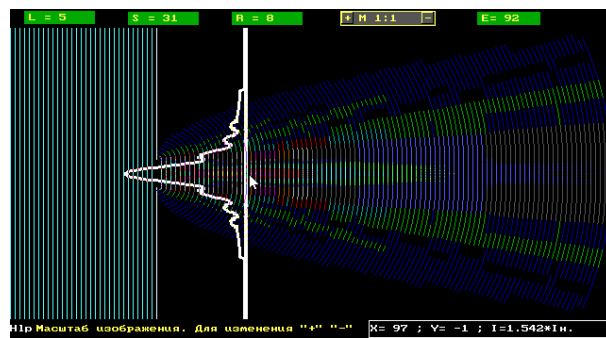
де  $u = (1/2) \times k \times \sin u$ ,  $k = (2 \times \pi) / \lambda$  хвильове число,  $u$  - кут, утворений лінією спостереження і напрямом хвиль, які не відхилилися. Із рівняння рис. 2.14,в і рис. 2.14,г випливає, що при подальшому звуженні щілини діється щось, у корні супротивне тому, що можливо очікувати на підставі геометричної оптики: в повній згоді з формулою розподілу інтенсивності в дифракційній картині Фраунгофера від щілини, освітлена область не тільки не звужається, але хутко поширюється.



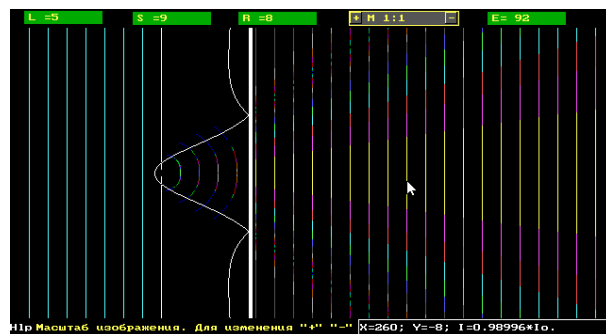
а)



б)



в)



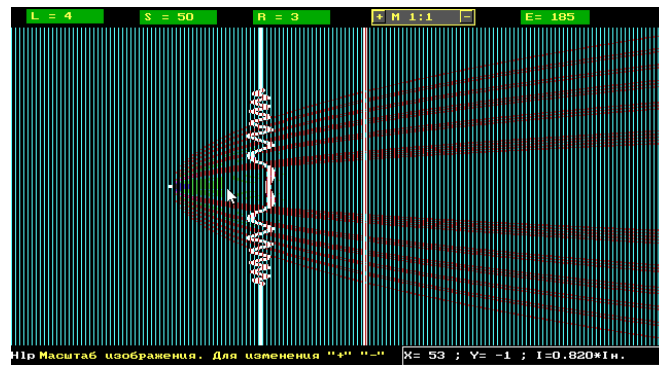
г)

Рис. 2.14. Дифракція світла на щілині: а) у площині щілини укладається велике число смугастих зон Френеля; б) півширина щілини містить дві зони Френеля; в) півширина щілини містить три зони Френеля; г) півширина щілини містить менш однієї зони Френеля.

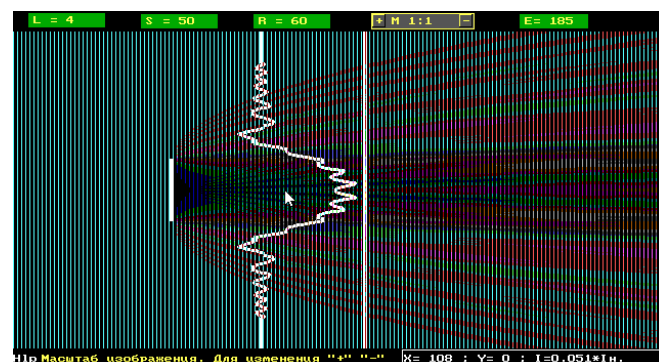
Ми переконуємося, що неможливо, звужуючи щілину, одержати як завгодно вузький пучок світла, тобто неоближено приблизитися до тих нескінченно вузьких світлових променів, з якими оперує геометрична оптика. Найменша товщина пучка, яку можна одержати при довжині хвилі  $L$  ( $\lambda$ ) на відстані  $E$  від щілини, яка створює пучок, - порядку ширини щілини при  $p=1$ , тобто порядку  $\sqrt{E \times \lambda}$ .

Розроблені моделі дозволяють дослідити змінювання дифракційної картини при віддаленні від щілини та при зменшенні довжини хвилі.

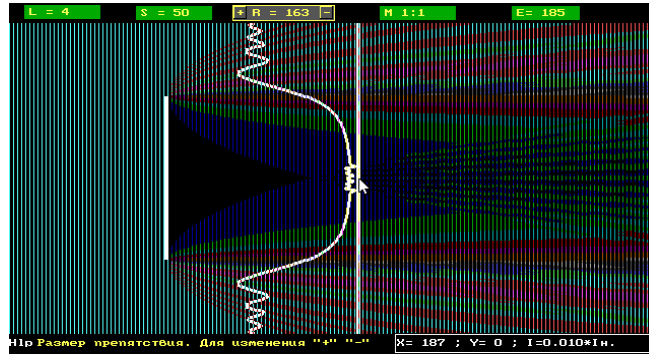
Застосування імітаційних моделей на уроках-лекціях виявляється корисним при демонстрації ряду тонких оптичних явищ, коли інтенсивність світла в області, що досліджується дуже мала. Так, навіть при використанні лазера, пляма Пуассона виявляється майже неразрізною для всіх учнів у класі і слухачів великої аудиторії. На інтерференційних картинах дифрагуючих променів, одержаних на екрані комп'ютеру (рис. 2.15), пляму Пуассона добре спостерігати, також за допомогою цих моделей можна вивчати тонку структуру хвильового поля цього явища.



a)



б)



в)

Рис. 2.15. Демонстрація плями Пуассона.

Таким чином, запропонований нами ППЗ має низку важливих дидактичних і методичних особливостей:

1. У ньому здійснений єдиний підхід до вивчення хвильових процесів:

а) можливість використання програми для демонстрації хвильових процесів різноманітної природи (механічні, електромагнітні хвилі різного діапазону);

б) забезпечується всебічний, глибокий і докладний аналіз явища, що вивчається, зокрема, візуалізація картини хвильового поля відбувається в усій області розповсюдження хвиль;

в) завдяки можливостям варіювання параметрів розповсюдження хвиль у широких межах з'являється можливість змоделювати явища дифракції Френеля, Фраунгофера, прямолінійного розповсюдження світла (геометрична оптика як граничний випадок хвильової).

2. ППЗ підсилює наочність навчання в сучасному розумінні змісту принципу наочності як єдності предметно-образного і абстрактно-логічного впливу на учнів.

3. ППЗ є поєднанням продуктивного і репродуктивного методів навчання.

## ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Розроблена і апробована методика застосування імітаційного експерименту при вивченні хвильової оптики.

2. Досліджена система фізичного експерименту на основі ІКТ для вивчення явищ інтерференції світла, на основі якої розроблено програмно-педагогічний засіб "Засоби спостереження інтерференції світла".

3. Удосконалено методику вивчення явища дифракції світла на основі імітаційних комп'ютерних моделей, що дозволило створити програмно педагогічний засіб "Дифракція світла".

4. Визначено, що розроблений експеримент на основі імітаційного комп'ютерного моделювання у поєднанні з традиційними технічними засобами володіє достатньою повнотою, цілісністю і інтегративністю, що дозволяє успішно реалізувати в навчально-виховному процесі інноваційні технології навчання.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу джерельної бази дослідження визначено, що тенденції розвитку навчального експерименту з хвильової оптики матеріалізувались у технології, дизайні та конструктивних особливостях демонстраційних засобів і обладнання для лабораторних робіт. Використання сучасних засобів в навчальному фізичному експерименті сприяє не тільки більш детальному вивченню програмного матеріалу і більш ґрунтовному засвоєнню сутності фізичних об'єктів, явищ, процесів та законів, але і ознайомленню учнів з сучасними науковими методами пізнання.

2. Системне впровадження ІКТ в навчальний процес відкриває нові можливості і перспективи удосконалення методики навчання фізики та розвитку методичної думки. Завдяки використанню сучасної техніки з'являються не тільки принципово нові підходи щодо підвищення інформативності навчального процесу, зокрема розвитку самостійної діяльності учнів, формуванню у них навичок абстрактного мислення, а й розширення можливостей лабораторного та демонстраційного експерименту з фізики.

3. Впровадження елементів сучасної техніки в курс фізики, зокрема в фізичний експеримент, передбачає раціоналізацію його структури і змісту, дає змогу розробити більш досконалу методику і техніку постановки демонстрацій, проведення лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, їх модернізацію, значне оновлення методів, засобів і форм навчання незважаючи на те, що в фізичних кабінетах сьогодні недостатньо сучасного високоефективного демонстраційного і лабораторного обладнання.

4. Одним із перспективних напрямків опрацювання сучасного фізичного експерименту, що задовольняє дидактичному принципу наочності, є постановка дослідів, в яких здійснюється відображення різноманітних функціональних закономірностей у вигляді графічних образів, що містять визначені сутнісні характеристики фізичних явищ широкого класу і природи.

5. Важливою перевагою навчального фізичного експерименту на основі імітаційного комп'ютерного моделювання є його внутрішня логічна стрункість, яка зумовлена її орієнтуванням на комплексне експериментальне дослідження хвильових явищ та процесів.

6. Достатня повнота системи удосконаленого ФЕ полягає в тому, що вона дозволяє на якісно новому рівні з єдиних позицій експериментально дослідити широке коло явищ та процесів. Об'єктивна необхідність використання удосконаленого фізичного експерименту визначається істотною зміною і розширенням на його основі методичних підходів, прийомів і методик вивчення оптичних явищ.

7. Доцільність застосування інновацій у ФЕ зумовлена тим, що на основі комплексного експериментального дослідження фізичних явищ різноманітної природи виникає можливість проводити порівняння і аналогії, що мають важливе значення не тільки у методиці навчання фізики, але і в науці і техніці.

8. Розроблені ППЗ дозволяють створити різноманітні проблемні ситуації, що включають учнів у процес самостійного отримання знань, активізують їх навчально-пізнавальну діяльність, підвищують інтерес до фізичних експериментальних досліджень. Запропонована система ФЕ дозволяє на основі інноваційних засобів навчання організувати високопродуктивну пошуково-творчу діяльність учнів, що дозволяє наблизити навчальне пізнання до наукового.

9. ППЗ з вивчення інтерференції та дифракції світла задовольняють основним загальнодидактичним принципам навчання, забезпечують високу предметну і знакову наочність. Це створює умови для дослідження певних істотних характеристик і функціональних закономірностей оптичних явищ і процесів та забезпечує тісний зв'язок теорії з експериментом.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алешкович В.А., Киселев Д.Ф., Корчажкин В.В. Лазеры в лекционном эксперименте. - М.: Изд-во МГУ, 1985. - 135 с.
2. Амстиславский Я.Е. Наблюдение дифракционной картины от круглых объектов // Физика в школе. - 1986. - N 1. - С. 46 -51.
3. Анциферов Л.И. ЭВМ в обучении физике: Учебное пособие. - Курск: Из-во КГПИ, 1991. - 181 с.
4. Атрощенко В.Н., Казанцев Б.И. Демонстрация дифракции сантиметровых электромагнитных волн на круглом отверстии // Уч. зап. Пермского гос. пед. института. - 1974. - т. 119. - С. 79 - 85.
5. Башкатов М.Н., Огородников Ю.Ф. Школьные опыты по волновой оптике. - М.: Акад. пед. наук РСФСР. - 1960. - 78 с.
6. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: Теоретические основы. - М.: Просвещение, 1981. - 288 с.
7. Бугайов О.І. Демонстрації з хвильової оптики з газовим лазером // З досвіду навчання фізики в школі / За ред. О.І. Бугайова. - К.: Рад. школа, 1980.-С. 51 - 54.
8. Буров В.А., Зворыкин Б.С., Кузьмин А.П., Покровский А.А., Румянцев И.М. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы: Колебания и волны. Оптика. Физика атома, ч. 2. - М.: Просвещение, 1979. - 288 с.
9. Величко С.П. Підвищення ефективності вивчення питань з оптики і будови атома в середній школі // Методика викладання математики і фізики. -К.: Освіта, 1991.-Вип. 7.-С. 110-115.
10. Верник А.Н., Кулагин С.А., Угаров В.В. Моделирование фундаментальных физических опытов на персональной ЭВМ // Физика в школе. - 1987. - N 3. - С. 44 - 46.
11. Вильямс Р., Маклин К. Компьютеры в школе: Пер. с англ. / Общ. ред. и вступ. ст. В.В. Рубцова. - М.: Прогресс, 1988. - 336 с.: ил. 69.

12. Воронов В.К. Обучающая программа по волновой оптике / Тезисы докладов II Международной конференции "Компьютерные программы учебного назначения".- Донецк: ДОНГУ, 1994. - С. 62.

13. Гайдучок Г.М., Нижник В.Г. Фронтальный эксперимент з фізики в 7 - 11 класах середньої школи: Посіб. для вчителя. - К.: Рад. школа, 1989. - 175 с. 52.

14. Гончаренко С.У. Фізика. 11 кл.: Проб. навч. пос. для шк. III ступ., гімназій і ліцеїв гуманіт. проф.: Пер. з укр. Реком. М-вом освіти України. - К.: Освіта, 1995. - 287 с.

15. Горелик Г.С. Колебания и волны. - М.: ГИФМЛ, 1959. - 572 с.

16. Горячкин Е.Н., Орехов В.П. Методика и техника физического демонстрационного эксперимента в восьмилетней школе. - М.: Просвещение, 1964. - 482 с.

17. Державна Національна Програма "Освіта" (Україна XXI століття) // Освіта.-1993.- NN 44-45-46.

18. Жалдак М.І., Рамський Ю.С. Програмування на мікрокалькуляторах: Посібник для самоосвіти вчителів. - К.: Рад. шк., 1985. - 226 с.

19. Желюк О.М. Комп'ютерна техніка в навчальному курсі фізики: Теорія і практика. - Рівне: РДПІ, 1994. - 109 с.

20. Жук Ю.О. Використання засобів нових інформаційних технологій у навчальній дослідницькій діяльності // Фізика та астрономія в школі. - 1997. - NN 1, 3. - С. 4-7.

21. Зворыкин Б.С. Система учебного эксперимента по физике и учебное оборудование // Физика в школе. - 1969. - N 3. - С. 3 - 14.

22. Знаменский П.А. Вопросы волновой теории света в курсе физики средней школы. - М.: Из-во Академии Педагогических Наук РСФСР, 1954. - 107 с.

23. Извозчиков В.А., Ревунов А.Д. Электронно-вычислительная техника на уроках физики в средней школе. - М.: Просвещение, 1988. 239 с.: ил.

24. Извозчиков В.А. Информационная эдукология: Новые информационные технологии обучения. С.-Петербург: РГПУ им.Герцена, 1991.-120 с.
25. Кабанов С.Ф. Демонстрация практического применения полного отражения света // Физика в школе. - 1981. - N 1. - С. 54 - 58.
26. Кабардин О.Ф. Методические основы физического эксперимента // Физика в школе. -1985. - N 2. - С. 69 - 73.
27. Калапуша Л.Р. Моделювання у викладанні фізики в школі. - Київ: Рад. школа, 1968. - 122 с.
28. Калитеевский Н.И., Марченко О.М., Пеньков С.Н. Лазеры в лекционном эксперименте // Известие высших учебных заведений, сер. Физика. - 1987. - N 4. - С. 73 - 74.
29. Клос Є.С., Шульга М.С. Оптика в демонстраційних дослідах. - К.: Рад. шк., 1984. - 159 с.
30. Коршак Е.В., Миргородский Б.Ю. Методика и техника школьного физического эксперимента. - Киев: Вища школа, 1981. - 279 с.
31. Костюкевич Д.Я. Використання системи шкільного фізичного експерименту у побудові інтегрованої моделі процесу навчання: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (10-12 травня 1994 р.). - Полтава, 1994. - С. 145-146.
32. Лазеры в общем физическом практикуме / под ред. А.Н. Матвеева. - М.: Из-во МГУ, 1981. - 110 с.
33. Лапінський В.В., Дем'янченко В.М. Напрями використання НІТН при вивченні фізики / Тези доповідей IV Міжвузівській науково-практичної конференції "Нові інформаційні технології в навчальному процесі загальноосвітньоїшколи та вузу". - Київ, 1995. - С. 53 - 54.
34. Ларин В.Л. Развитие экспериментальной основы курса физической оптики: Разработка приборов и опыты: Автореф. дис. ... канд. ф.-м. наук. - Томск, 1983. - 20 с.

35. Лекционные демонстрации по физике, 2-е изд. / Под ред. В.И. Ивероновой. - М.: Наука, 1972. - 639 с.
36. Лемешевский Е.Т. Моделирование дифракции Фраунгофера (лекционная демонстрация) / Тезисы докладов I Международной конференции "Компьютерные программы учебного назначения". - Донецк: ДОНГУ, 1993. - С. 244.
37. Макарченко Д.А., Черняшевський В.Т. Виготовлення і використання наочності при вивченні коливань і хвиль: Посібн. для вчителя. - Київ: Рад. школа, 1991. - 109 с.
38. Малов Н.Н. Методические рекомендации по трудным вопросам курса общей физики: Оптика. Атомная и ядерная физика. - М.: Из-во МГПИ им. В.И. Ленина, 1981. - 76 с.
39. Мансуров А.Н. Лазеры и их применение в преподавании физики. - М.: Просвещение, 1984. - 88 с.
40. Марченко О.М. Создание новых лекционных экспериментов по оптике с использованием современных средств наблюдения и регистрации: Автореф. дис. ... канд. ф.-м. наук. - Л., 1988. - 16 с.
41. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения. - М.: Педагогика, 1988. - 192 с.
42. Методика преподавания физики в средней школе: Частные вопросы; Учебное пособие для студентов пед. институтов по физ.-мат. спец. / Под ред. С.Е. Каменецкого. - М.: Просвещение, 1987. - 336 с.: ил.
43. Миргородский Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстрационный эксперимент по физике: Колебания и волны. - Киев: Рад. школа, 1985. - 167 с.
44. Миргородський Б.Ю. Шкільний фізичний експеримент. - Київ: Рад. школа, 1972.
45. Молотков Н.Я. Изучение дифракции // Физика в школе. - 1978. - N 1. - С. 53 - 56.
46. Монахов В.М. Программирование: факультативный курс. - М.: Просвещение, 1974.- 195 с.

47. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб. для 11 кл. сред. шк. - М.: Просвещение, 1991. - 254 с.: ил.
48. Основы методики преподавания физики / Под ред. Л.И. Резникова, А.В. Перышкина, П.А. Знаменского. - М.: Просвещение, 1965.- 374 с.
49. Нурминский И.И. Об изучении дифракции в средней школе // Физика в школе. - 1974. - N 1. - С. 63 - 67.
50. Орехов В.П. Колебания и волны в курсе физики средней школы. - М.: Просвещение, 1977. - 176 с.
51. Перкальскис Б.Ш. Волновые явления и демонстрации по курсу физики. - Томск: Из-во Томского гос. Университета, 1984. - 280 с.
52. Пинский А.А., Ивакович А.С. Структура и содержание волновой оптики в школьном курсе физики // Физика в школе. -1982.- N1.-С.74-76.
53. Резников Л.И. Физическая оптика в средней школе. - М.: Просвещение, 1971. - 163 с.
54. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебн. пос. В 3-х т. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 496 с.
55. Садовий М. Про особливості демонстрації з інтерференції та дифракції світла / Матеріали доповідей II міжвузівської науково-практичної конференції "Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі", частина I. - Кіровоград, 1996. - С. 62.
56. Самойленко П.И., Сергеев А.В., Тыщук В.И. Совершенствование методики проведения демонстрационного эксперимента по физике посредством его компьютеризации // Среднее профессиональное образование. - 1997. - N 2. - С. 33 - 35; - N 4. - С. 25-30.
57. Синенко В.Я. Структура методики и техники школьного физического эксперимента // Физика в школе. - 1989. - N 3. - С. 77 - 79.
58. Сосницька Н.Л. Засоби реалізації нових педагогічних технологій у навчальному процесі з фізики / Н.Л. Сосницька // Засоби реалізації сучасних технологій навчання: [наукові записки; серія: педагогічні науки]. -

Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2001. – Вип. 34. – С. 236–241.

59. Сосницька Н.Л. Дидактичні вимоги до створення програмно-методичного забезпечення з фізики / Н.Л. Сосницька // Наукові записки; серія: педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2005. – Вип. № 60. – Ч. 2. – С. 217–222.

60. Сперантов В.В., Шаронова Н.В. Использование лазера при изучении дифракции // Сборник научно-методических статей по физике, вып. 5. -М.: Высшая школа, 1977. - С. 40 - 44.

61. Хорошавин С.А. Физический эксперимент в средней школе. - М.: Просвещение, 1988. - 176 с.

62. Шахмаев Н.М., Шилов В.Ф. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. - М.: Просвещение, 1989. - 255 с.: ил.

63. Шахмаев Н.М., Шахмаев С.Н., Шодиев Д.Ш. Физика: Учеб. для 11 класса средней школы. - М.: Просвещение, 1991. - 239 с.: ил.

64. Штофф В.А. Моделирование и философия. - М.- Л.: Наука, 1966. - 301с.