



**ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ
ХИЛЕНДАРСКИ“**

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

**КАТЕДРА „ОБРАЗОВАТЕЛНИ
ТЕХНОЛОГИИ“**

СТЕФАН НИКОЛАЕВ НИКОЛОВ

**РАЗВИТИЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИЯ МЕТОД
НА ОБУЧЕНИЕ ЗА СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ В
РАЗДЕЛ "ОПТИКА"**

А В Т О Р Е Р Ф Е Р А Т

на дисертационен труд
за присъждане на образователна и научна степен "доктор"

по област на висше образование: **1. Педагогически науки**
професионално направление: **1.3. Педагогика на обучението по...**
докторска програма: **Методика на обучението по физика**

Научен ръководител: проф. д-р Драгия Трифонов Иванов

Пловдив, 2018

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на катедра "Образователни технологии" при Физико-технологичния факултет на ПУ "Паисий Хилендарски", проведено на 06.07.2018 г.

Дисертационният труд е структуриран в увод, четири глави, резултати и приноси, списък с използваната литература и четири приложения. Общият обем е 126 страници. Цитирани са 153 източника, от които 45 на български език, 25 на руски език, 60 на английски език и 23 web адреса. Съдържа 33 таблици и 94 фигури.

Основните резултати от дисертационния труд са публикувани в 7 авторски публикации – 4 в реферирани списания на английски (едното с импакт фактор) и 3 на български.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 16 Октомври 2018 г. в зала на Ректората на ПУ "Паисий Хилендарски" от часа.

Увод

Физиката е експериментална наука и като такава ролята на експеримента в обучението по физика има неоспоримо значение и роля. Разбирането на физичното знание и неговото осмисляне от учениците може да стане успешно чрез широкото прилагане на физичния експеримент в учебния процес и в учебната среда. Това е отчетено във всички основополагащи нормативни държавни документи, които се отнасят до обучението по физика.

В съдържанието на Държавните образователни стандарти [1] за учебно съдържание е отделено подобаващо място на физичния експеримент, като е определена област на компетентност „Наблюдение, експеримент и изследване“. Конкретизирането на тази област като очаквани резултати става в учебните програми по физика и астрономия за средното училище [2-4].

Акцентът върху експеримента в обучението по физика, който е поставен в тези програми, безспорно показва зачитането на важността на експерименталния подход като основа на преподаването на физика в средното училище. Той е изпитано средство за повишаване на достъпността на изложението и за разкриване съдържанието на физиката като наука за природата. Правилно поставеният физичен експеримент винаги оставя ярко впечатление у учениците и стимулира интереса им към физиката.

Важна е ролята на физичния експеримент за активизиране на познавателната дейност на учениците като развива мисленето, формулира умения и навици за самостоятелна работа.

Чрез физичния учебен експеримент се възпитава активно научен светоглед. Учениците се убеждават, че светът е познаваем, опитът е основа на познанието и критерий за истината. Физичният учебен експеримент има особени нравствени и естетически функции, формира воля, целеустременост, уважение към хората и науката.

Всичко това убедително показва, че въпросът за качеството на обучението по физика е винаги свързан с изпълнението на подходящи учебни експерименти, което определя изследванията по тази тема като актуални и важни.

Изборът да се проведе дидактическо изследване върху експериментите от раздел „Оптика“ е продиктуван от характера на учебното съдържание и от необходимостта учебната практика да се обогати с повече на брой разнообразни и с по-високо качество учебни експерименти. Учебното съдържание по оптика обхваща явления и закономерности, които са широко разпространени в ежедневието и имат практическа значимост. Много от експериментите не изискват специална апаратура и тяхното осъществяване в реална учебна среда е достъпно и евтино.

Предвид актуалността на проблема за физичния експеримент в учебната практика и неговото значение се предприе настоящето дисертационно изследване.

Целта му е да се потърсят възможности за развитие и усъвършенстване на експерименталния метод при изучаването на темите от училищния курс по оптика.

Обект на изследването е процесът на изучаване на оптичните явления от училищния курс по физика.

Предмет на изследването е учебното съдържание по оптика и необходимите за целта на обучението учебни експерименти.

В рамките на настоящия труд се работи по развитието на физичния учебен експеримент (ФУЕ) във всички негови аспекти – съдържание, методика и техника. Използват се експерименти, вече описани в литературата, които са събрани и систематизирани. Също така са разработени и нови физични експерименти, които са изпробвани в практиката и са описани в дисертацията.

Изследването има следната **хипотеза**: качеството на знанията по оптика и интересът към изучаването ѝ от учениците се повишава, ако в учебния процес се увеличи делът на учебния експеримент; осъвременени се съдържанието на експеримента и се предложи система за организация на учебно-възпитателната работа при неговото провеждане.

В съответствие с целта, предмета и хипотезата са поставени за решаване следните изследователски **задачи**:

1. Да се проучи и анализира литературата по въпросите на учебния физичен експеримент по принцип – функции и роля, класификация, методика и т.н.

2. Да се проучи и анализира учебното съдържание по оптика, според действащите държавни образователни стандарти, в исторически план, но и по отношение на нови технологични тенденции.

3. Да се разработят нови учебни експерименти по оптика и нови начини за провеждане на известни такива.

4. Да се състави система за преподаване на оптика на основата на известни и новите експерименти, които да покриват голяма част от понятията, явленията, законите, не само включени в училищния курс по физика, но и други, достатъчно достъпни за възрастта на учениците.

5. Да се проведе диагностично проучване на качествата на предложената система за преподаване на оптични явления.

За решаването на тези задачи се използват теоретични и експериментални **методи** на дидактическо изследване. Теоретичните методи включват: анализ на учебна документация, учебна, методическа и физична литература, използване на ИКТ, проучване на добри практики на отделни учители и университетски преподаватели. Експерименталните методи включват: провеждане на диагностично изследване чрез анкетиране и беседа и наблюдение на учебния процес.

Структура и съдържание /кратко изложение/ на дисертационния труд

Дисертационният труд е структуриран в увод, четири глави и четири приложения съгласно поставените задачи. В увода на дисертационния труд е разкрита актуалността на темата на изследването. Изложени са целта, обектът, предметът, хипотезата и задачите на изследването, както и използваните методи на дидактическо изследване.

В глава 1 са представени теоретичните основи на експерименталния метод на обучение. Разгледани са същността на експерименталния метод на обучение, неговото значение, състояние, разнообразните му възможности и перспективите за развитие и прилагане в учебния процес. Разкрита е основната структура на физичния учебен експеримент (съдържание, техника, методика), въз основа на което са набелязани съответно трите основни направления за развитие и усъвършенстване на експеримента. Набелязани са някои основни методически особености на ФУЕ в раздел "Оптика".

В глава 2 е посветена на учебното съдържание по оптика в средните училища в България. Дадена е извадка от основните нормативни документи по този въпрос (учебните програми на МОН). Направен е анализ на учебното съдържание в исторически план и са представени някои идеи за развитието му в перспектива.

В глава 3 са представени седем учебни проекта по оптика с широко използване на експерименталния метод на обучение. В проектите са разработени нови учебни експерименти, които са внедрени в учебната практика.

В глава 4 са изложени резултатите от педагогическо изследване, проведено в процеса на разработване на дисертационния труд. Представени са и са анализирани резултатите от три анкети, проведени в рамките на дисертационното изследване.

Глава 1. Учебният експеримент по физика

1.1. Същност на експерименталния метод на обучение

Ефективността на образованието зависи съществено от съзнателното и задълбочено овладяване от учениците на методите на научното познание.

Експерименталният метод на обучение се основава на методите на емпиричното и теоретичното познание, както следва: наблюдение, измерване, експеримент, емпирично

обобщение, сравнение, аналогия, анализ, синтез, индукция, дедукция, моделиране, хипотеза, абстракция, конкретизация, систематизация, класификация [5,6].

Физичният експеримент играе основна роля във физичните изследвания, а именно: експериментът е източник на нови знания; експериментът е критерий за верността на която и да е теория и хипотеза; експериментът осъществява връзката на научните знания с техниката, производството и бита.

Формирането на представи за експерименталния метод в процеса на обучението се осъществява както чрез провеждане на учебни експерименти, така и чрез запознаване с особеностите на научния експеримент.

Учебният експеримент съществено се отличава от научния експеримент по своите задачи, сложност, оборудване, точност и т.н. Ето защо е необходимо учениците да се запознаят с ролята на експеримента в научното познание и практиката, видове научен експеримент, същност на физичните измервания, изисквания към съвременния научен експеримент, специфика на измерванията в микросвета и т.н.

Въпросът за съотношението между теорията и експеримента е от голяма важност за обучението по физика [7,8]. Съвременната физика е в еднаква степен експериментална и теоретична. Това се отразява и на учебното съдържание. Физичните теории и математическите методи стоят наравно с експеримента. В мисленето индукцията и дедукцията са неразделни. В обучението те също трябва да бъдат равнопоставени и да се използват в тяхната взаимна връзка.

Физичният учебен експеримент е основата на преподаването на физиката в средното училище и тази роля не може да бъде подценена [9].

- Физичният експеримент е изпитано средство за повишаване достъпността на изложението и за разкриване съдържанието на физиката като наука за природата.
- Експериментът активизира познавателната дейност на учениците, развива мисленето, формира умения и навици за самостоятелна работа.
- Чрез експеримента се показват основните закони на диалектиката, формите на съществуване и движение на материята, основните закони на физиката. Светът е познаваем. Опитът е основа на познанието и критерий за истината.
- Обучението по физика е много ефективно, когато словесните методи се съчетаят с експерименталния метод. Увлекателното слово на учителя никога не може да замени непосредствените наблюдения на учениците на физичните явления.
- Необходимо е да се повдигне равнището на изискванията към знанията, свързани с физичния експеримент, до равнището на изискванията към теоретичните знания.
- Физичният експеримент има особени нравствени и естетически функции. Правилно поставеният експеримент винаги създава ярки впечатления и интерес към физиката. Той формира способност за самостоятелно вземане на решения, отговорност за собствената дейност, уважение към хората на науката. Такива страни на физичния експеримент, като простота, оригиналност на замисъла, изящество и красота на изводите, оказват на учениците силно естетично и възпитателно въздействие.

Прилагането на експерименталния метод в обучението по физика посредством развита система от учебни експерименти, която покрива всички раздели на курса по физика и отговаря на изискванията на методиката на експеримента, ще спомогне за пълноценното овладяване на физичните знания, формиране на експериментални умения и повишаване като цяло на ефективността на учебния процес.

1.2. Съдържание, методика и техника на ФУЕ

По наше мнение в структурата на физичния учебен експеримент (ФУЕ) влизат три основни компоненти: **съдържание, техника, методика**. Във връзка с това съществуват **три** основни направления за развитие и усъвършенстване на физичния учебен експеримент: развитие и усъвършенстване на **съдържанието** на ФУЕ, развитие и усъвършенстване на **техниката** на ФУЕ, развитие и усъвършенстване на **методиката** на ФУЕ.

1.2.1. Развитие на съдържанието на ФУЕ

Когато говорим за съдържание [10] на експеримента, ще разбирате стотиците демонстрационни опити, лабораторни работи, експериментални задачи и т.н., които съществуват в този момент по всички раздели на физиката от механиката до ядрената физика. Редица научно-методически списания непрекъснато публикуват нови експерименти. Постоянно се усъвършенства класическото наследство в светлината на новите достижения на физиката и техниката. Много изследователи са насочили усилията си в разработване на тази плодотворна тематика.

Върху добре изградено съдържание лесно се изгражда ефективна методика. В такъв смисъл **развитието на съдържанието на експеримента е първично и определящо**. Съдържанието на физичния експеримент е базата, а техниката и методиката са надстройката. Съдържанието и методиката на експеримента са в неразривна връзка и единство.

Съществуват множество възможности за развитие на съдържанието на ФУЕ, неговото усъвършенстване и модернизиране, за усъвършенстване на известни вече експерименти и за създаване на съвършено нови експерименти. Имат се предвид както експерименти с класическо съдържание, така и експерименти, основаващи се на съвременни, модерни възможности на физиката, техниката, електрониката, техническите средства в обучението и персоналните компютри.

Ще посочим основните възможности за развитие на съдържанието на ФУЕ:

1.2.1.1. Създаване на нови видове ФУЕ

1.2.1.2. Обогащаване на съдържанието на съществуващите видове ФУЕ с нови демонстрационни опити, лабораторни работи и т.н.

1.2.1.3. Обогащаване на съдържанието на ФУЕ на основата на междупредметна връзка.

1.2.2. Развитие на техниката на провеждане на ФУЕ

Физичният учебен експеримент се гради върху научния физичен експеримент, но те имат съществени различия. Учебният експеримент е опростен технически и строго ограничен по време. В редица случаи той дава само качествени резултати. Учебният експеримент трябва също да отговаря на редица методически изисквания. Независимо от тези различия експерименталните методи във физиката са дали и продължават да дават неоценим принос за развитие на учебния експеримент.

1.2.2.1. Физични експериментални методи

С развитие на техниката научните методи на физиката стават масово приложими за учебни цели. Непрекъснато се раждат нови идеи, осъществяват се нови и се усъвършенстват класически опити. Физиката става все по-привлекателна за преподаване.

1.2.2.2. Съвременни електронни апарати

В последните години станаха широко достъпни евтини електронни измервателни уреди с цифрово отчитане с много добра точност. Точното измерване с подобни уреди на напрежение, ток, честота, капацитет, индуктивност, температура, време, параметри на полупроводникови прибори и т.н., позволява да бъдат осъществени масово някои лабораторни и други експерименти с повишена трудност за горния курс. Възможностите на съвременната електроника за целите на експеримента са неизчерпаеми.

1.2.2.3. Класическите техническите средства в обучението (ТСО)

1. Шрайбпроектор. От групата на класическите ТСО на първо място по възможности за целите на експеримента приоритетно поставяме шрайбпроектора (ШП). Широко известни са неговите възможности за поднасяне на информация в проекция пред голяма аудитория чрез големи по размер диапозитиви.

2. Диапроектор (аспектомат). Поради малкия си кондензор, който е недостъпен за манипулации, този апарат има значително по-малки възможности в областта на експеримента. Преди всичко той се използва като мощен осветител за някои сенчести проекции и особено ценни опити по геометрична и вълнова оптика.

1.2.2.4. Цифрови технически средства в обучението

1. Видеокамера, компютър. Огромни са възможностите на съвременната видеотехника за модернизиране на ФУЕ и издигането му на качествено нова основа [13, 14].

2. Мултимедиен проектор. Той отлично се съчетава с телевизионна камера (и чрез нея с микроскоп), и компютър. Информацията от всички тези източници се представя с достатъчна яркост на голям екран пред голяма аудитория. По този начин се осъществява изключителна видимост на проектирания обект, например на обект от микроскоп. По описания начин чрез видеокамера и проектор могат да се покажат на голям екран трудните за наблюдение картини на вълновата оптика, осцилограми от екрана на осцилоскоп и т.н. Ефектите от физичния експеримент, показани чрез мултимедиен проектор са впечатляващи.

1.2.2.5. Възможности за използване на персоналните компютри за целите на физичния експеримент.

Много изследвания са направени за разкриване възможностите на персоналните компютри (ПК) в обучението изобщо и в частност в обучението по физика [16, 17]. Възможностите за приложението на ПК за целите на експеримента са разгледани подробно в дисертационния труд.

Като учебно-техническо средство компютърът ще заеме водещо място. Това не означава, че трябва да се откажем от класическите технически средства при осъществяване на експеримента. ПК трябва да се използва в случаите, когато осигурява по-голяма ефективност в сравнение с класическите възможности. Откриват се ценни възможности за съчетаване на компютрите и видеотехниката [18].

1.2.3. Развитие на методиката на ФУЕ

Към **методиката** на обучение по физика се отнасят: общите въпроси на методиката; методика на обучение по отделните теми на курса по физика; съдържанието, методиката и техниката на физичния учебен експеримент.

Условие за решаване на сложните задачи, поставени пред обучението по физика, е прилагането на разнообразни учебни методи. Всеки метод има сложна структура и е обусловен от целите, съдържанието на образованието и възпитанието и органически е свързан с формите на организация на учебния процес.

Правилното обучение, в частност обучението по физика, се подчинява на няколко дидактически принципа. Някои от тях имат пряко отношение към прилагане на експерименталния метод в обучението, а именно: принцип за достъпност на учебния материал; принцип за нагледност на обучението; принцип за връзка между теорията и практиката; принцип за съзнателност и активност на учениците в учебния процес. Знанията трябва да се основават върху непосредствени наблюдения и опити. Учебният процес трябва да се води от живото съзерцание към абстрактното мислене, а след това към практиката.

1.2.3.1. Класификация на физичния учебен експеримент

Съществуват класификации на експеримента по различни признаци. Признати са само работните класификации, които имат практическо значение и са намерили приложение в преподаването. По-подробно класификацията на ФУЕ е разгледана в дисертационния труд.

1.2.3.2. Демонстрационен експеримент

Физичният демонстрационен експеримент има най-масово приложение в учебния процес в сравнение с останалите видове експеримент, защото:

- е най-разработен и за него съществуват най-много демонстрационни ръководства.
- е гъвкаво средство в ръцете на учителя и позволява да бъдат осъществени разнообразни дидактически цели и задачи.
- се осъществява само с една демонстрационна постановка и е единственият начин за показване на явления, при които се изисква експериментално майсторство.

Преподавателите по физика имат на свое разположение един много мощен инструмент – лекционните демонстрации [20]. Те остават най-добрия начин за достигане до широка аудитория – ученици, студенти, родители, граждани и издигане на тяхната научна грамотност и възбуждане на интерес към физиката. Провеждането на лекции с физични демонстрации обикновено привлича най-широка и ентусиазирана аудитория.

Демонстрацията води пряко до същността на нещата. Провеждането на една демонстрация, особено ако е по-сложна, дава също пример за добра организация, добра предварителна подготовка и обмисляне на най-малките детайли.

Един важен въпрос, отнасящ се до техниката и методиката на експеримента, е въпросът за съотношението на темпа на провеждане на демонстрацията и темпа на изложението на материала в урока.

Много бързата и много бавната демонстрация обикновено не дават желанния резултат. За да съответстват демонстрациите на темпа на изложение и да дават възможност дадено явление да се изучи убедително в динамика с необходимата задълбоченост, те трябва да се монтират по време на урока, пред очите на учениците. За да се монтира демонстрационната постановка в урока и в същото време да се води изложението в нужния темп, е необходимо освен добрата експериментална подготовка на учителя да има и подходящо техническо осигуряване с уреди и принадлежности. Особено ценно техническо устройство в това отношение е магнитната класна дъска [21].

1.2.3.3. Съотношението между теорията и експеримента в обучението по физика

Въпросите за значението на теорията и експеримента във физиката и за тяхното съотношение са разглеждани както от гледна точка на методологията, така и от гледна точка на методиката на преподаването. Съвременната физика се подразделя на теоретична и експериментална. Разбира се, те представляват едно цяло. Тъй като теорията често води началото си от експеримента, нейната първа задача е да обясни опитните резултати и втората – да предскаже нови експерименти. Основната задача на експерименталната физика е да установи опитно законите, които свързват реакцията на даден обект със съответното външно въздействие.

В хода на научното изследване експериментът е неразривно свързан с теоретичното мислене. Постановката на който и да е експеримент е невъзможна без теоретичен анализ на наблюденията, които предхождат експеримента. Единството на теорията и експеримента се разглежда в динамика. На отделни етапи на изследването експериментът може да изпревари теорията. На други етапи теорията може да изпревари експеримента. Възможно е също временно успоредно развитие на теорията и експеримента [23]. Дилемата не е експеримент или теория. Проблемът е как те да си взаимодействат по-ефективно.

Физичният експеримент за научни цели не се свежда само до технически операции и пасивно регистриране на резултати. Той се предхожда от сериозна мисловна дейност, както при развиване на идеята за експеримента, така и при провеждането му и при интерпретиране на резултатите. Казаното е особено очевидно при провеждането на колосалните съвременни физични експерименти в ускорителите на елементарни частици, в космоса и т.н.

При преподаването на физиката съотношението между теория и експеримент трябва да бъде същото, както и в общия процес на познанието, т. е. експериментът представлява средство за изследване и критерий за истинността на теорията.

Известно е мнението, че физиката трябва да се преподава като експериментална наука. Очевидно това мнение е резултат на неразбиране на същността на въпроса. Физиката е наука за природата, но тя не е нито експериментална, нито теоретична. Всяка природна наука задължително съдържа експеримента като източник на факти и сведения за природата, но от своя страна всяка наука се опитва да свърже тези сведения, поради което съдържа теория.

През последното столетие ролята на теоретичния подход на изследване във физиката нарасна значително, което се отрази също и на преподаването на физиката. Това позволява физиката да се преподава много стройно, логично, да се пести учебно време, да се издига интелектуалното равнище на учениците. Независимо от издигането на теоретичния подход, експерименталният подход в никакъв случай не се подценява. Напротив, експериментът и теорията се съчетават оптимално. Учебният процес трябва да представлява диалектическо единство на експеримент и теория.

1.2.3.4. Фундаменталният учебен експеримент по физика

При разглеждане на системата на ФУЕ от съвкупността на разнообразните опити може да се отдели група опити, които представляват експериментална основа на съвременната физика. Това са опити с историческо значение за физиката, известни още като

решаващи, ключови, основополагащи, фундаментални. Именно тези опити, които са с изключително важно значение за науката, имат същото значение и за учебния процес. Имат се предвид експерименти, дали начало на основни направления в развитието на науката, благодарение на тях са се прокарвали нови пътища в естествознанието, изменяли са научния мироглед, начина на мислене, технологията на производството и т.н.

За съжаление в практическата учебна работа нерядко тези опити се поставят в един мисловен ред с опитите, които например имат илюстративен характер.

1.2.3.5. Лабораторните работи по физика. Физичен практикум

Лабораторните работи имат голямо образователно и възпитателно значение. Изпълнението на лабораторни работи способства за по-дълбокото усвояване на физичните закони, изграждане на умения и навици за работа с измервателни уреди, съзнателно прилагане на знания в живота, лабораторна култура, трудово възпитание, политехническо образование.

1.2.3.6. Съчетаване на експерименталния и графичния метод при провеждане на демонстрационен експеримент

В последно време вниманието на много изследователи се насочва все по-сериозно към възможностите на **графичния метод** в обучението по физика [21, 33-37]. Оказва се, че графичният метод в съчетание с експерименталния метод може да повиши значително ефективността на учебния експеримент по физика.

Натрупаният опит показва, че е твърде важно преди да се проведе реалния опит, да бъде начертана принципната схема на опитната постановка. Тя трябва да бъде изчистена от всички несъществени подробности и маловажни детайли. Тази схема трябва да се впише в общото графично оформяне на целия урок. Необходимите предварителни разяснения се правят върху принципната схема и след това реалните елементи се съпоставят с техните принципни означения. Провеждането на един неразбираем опит с неясни ефекти, който не се вписва в урока, е почти безсмислена дейност.

1.2.3.7. Експерименталните задачи по физика

Ефективното обучение по физика изисква комплексно използване на цялото многообразие от физични задачи. По основния способ за решаване задачите по физика се разделят на: качествени, изчислителни, експериментални, графични. Следователно експерименталните задачи (ЕЗ) се класифицират като такива по основния способ за решаване.

Важността на ЕЗ е определена от физиката като експериментална наука и е очевидна. Въпреки това ЕЗ не се използват достатъчно активно в учебния процес. Главната причина е в това, че поради особеностите си тези задачи се поставят по-трудно в сравнение с другите видове задачи. Най-вече поради това, че включват в решението си експериментална част. Това води до изразходване на значително време при подготовката и използването на ЕЗ в учебния процес. Друга съществена причина е тази, че ЕЗ не са достатъчно популярни в учебния процес. ЕЗ навлязоха по-съществено в обучението по физика едва в последните години. Учителите по физика все още нямат достатъчно умения и традиции в подготовката и решението на ЕЗ, в методиката на използването им в учебния процес.

1.2.3.8. Възможностите на проблемното обучение за развитие на учебния експеримент по физика

Проблемното обучение е система за развитие на мисловната дейност и способностите на учащите се, в основата на която стои използването на учебни проблеми [44-49]. Главната цел на проблемното обучение е при минимална загуба на време да се получи максимален ефект в развитие на мисленето и творческите способности на учащите се. Движещата сила на проблемното обучение е противоречието между известните знания и новите факти. Началото на мисленето е в проблемната ситуация. Системата на проблемното обучение обхваща всички основни видове учебна дейност, в това число и физичният учебен експеримент.

Проблемното обучение по физика притежава големи възможности за повишаване ефективността на всички видове учебен експеримент и за развитие на творческите способности на учениците чрез провеждане на физичен експеримент. В последно време

методиката на учебния експеримент има съществени постижения в посока на проблемното обучение по физика.

Традиционната методика на провеждане на учебния експеримент по физика и използване на резултатите от него притежава определени недостатъци. Основният ѝ недостатък се състои в това, че знанията и уменията се формират чрез дейности, изпълнявани по алгоритмични предписания, които обикновено са описани в учебниците. Тази констатация се отнася и за системата от най-новите учебници. Обикновено се работи с готова опитна постановка. Учениците не се провокират да обмислят експеримента предварително, да го планират, да подберат необходимата апаратура и пособия, да анализират и обяснят резултатите, да формират изводи.

Тези класически недостатъци могат да бъдат отстранени преди всичко чрез методика, основаваща се на идеите на проблемното обучение. Такава методика развива максимално творческите способности на учениците. Очевидно е обаче, че прилагането на такава методика е труден процес. За да може да се прилага тя, както учителите, така и учениците трябва да имат необходимите познания за нея.

1.2.3.9. Мястото на учебния експеримент при проверката на знанията на учениците

Проверката на знанията, уменията и навиците е важен елемент на процеса на обучение и възпитание на учениците [50-52]. Ефективността на обучението по физика зависи съществено от проверката на знанията.

Възможно е да бъдат проверявани както теоретичните знания, така и практическите навици и умения. На практика се оказва обаче, че преди всичко се проверяват теоретичните знания. Проверката на практическите навици и умения се среща твърде рядко. Физичният учебен експеримент се използва в голяма степен при изложение на новия учебен материал и практически не се използва при текущата проверка на знанията. Очевидно това още веднъж показва, че експерименталният метод при обучението по физика се подценява. За да се отстрани това несъответствие при използването на ФУЕ е необходимо да се повиши нивото на изискванията към експерименталните знания до нивото на изискванията към теоретичните знания [53].

ФУЕ включва: осъзнаване на целта на експеримента, подбор на необходимото оборудване, монтаж на опитната постановка, провеждане на експеримента и получаване на опитни данни, анализ на резултатите. Всяка една от съставлящите на експеримента може да се проверява и оценява, а също така да се прави комплексна проверка и оценка.

1.2.3.10. Физичният учебен експеримент по време на извънкласната работа

Физичният експеримент може и трябва да намери широко приложение в извънкласната работа за възпитаване в учениците на инициатива, самостоятелност и творчество. Решаваща роля имат познанията, уменията и желанието на учителя по физика.

В масовата извънкласна работа експериментът може да намери място във вечерите на физиката и техниката, в конкурсите и олимпиадите по физика.

Една добре проведена вечер на физиката, в която са поставени интересни и увлекателни опити, се помни цял живот и често служи като начало на сериозно влечение към физиката. Конкурсите по физика включват обикновено изработване на даден уред по физика под ръководството на специалист. Чрез тази популярна форма се откриват редки таланти. Олимпиадите по физика в последните години задължително включват решаването на експериментални задачи. Особено място намират те в международните олимпиади.

Особен интерес се проявява към кръжоците за придобиване на първоначални умения и навици за началните класове и кръжоците за конструиране на физични уреди и поставяне на опити по физика.

В индивидуалната форма на извънкласна работа се поставят задания към отделни ученици за разработване на демонстрационни опити, решаване на експериментални задачи и конструиране на уреди.

Извънкласната работа свързана с експеримента по физика може да има успех, само ако учителят по физика познава добре разнообразните страни на тази дейност, следи

новостите във физиката, подготвен е методически, научно и практически, познава интересите на своите ученици.

1.2.3.11. Проектното обучение по физика и мястото на ФУЕ

Методът на проектното (или проектно-базирано) обучение е един от модерните методи в педагогиката [54-57]. Неговото начало е дадено на границата на 19ти и 20ти век от Джон Дюи и се основава на принципите на конструктивизма. При този метод акцентът се поставя върху ученика, а учителят подпомага и насочва изследователската и познавателна дейност, без да я ръководи. При този метод се задава някакво задание (проект), което трябва да се изпълни в определен срок, с получаването на даден конкретен резултат. То има връзка с проблемното обучение, но на учениците не просто се задава проблем за решаване, а ясна и конкретна цел, като трябва да се изготви конкретен краен продукт – информационно табло, компютърна презентация, доклад, експериментална установка и др. Характерно за проектно-базираното обучение е, че времевата рамка може значително да надхвърли един стандартен учебен час, като може да достигне и няколко месеца.

Учебният експеримент може да се интегрира в проектното обучение по различни начини. Изработването на една или няколко експериментални установки би могло да бъде окончателна цел на някои проекти. При други проекти провеждането на определени подходящи експерименти би могло да е необходима част от получаването на по-пълно разбиране за обекта на изследване. При неяснота по отношение на основните причинно-следствени връзки за обяснение на определено явление могат да се проведат подходящи контролни опити до пълното изясняване на физичните основи на явлението. Възможно е да се дефинира проект по подобие на задачите от Международния турнир на младите физици [58] (за по-напреднали ученици може да се използват направо задачи от турнира) – кратко се обяснява как да се изпълни някакъв физичен експеримент и от учениците се изисква да го обяснят. При такива проекти също може да се наложи провеждането на допълнителни контролни опити.

1.3. Някои методически особености на ФУЕ в раздел "Оптика" [110]

В тази глава са разгледани някои методически особености на ФУЕ конкретно по оптика. Подробно те са представени в дисертационния труд. Анализирано е разпределението на учебното съдържание по оптика през годините и специфичните затруднения, които това създава, особено по отношение на ФУЕ. Обърнато е внимание, че по отношение на теоретичната и математическа достъпност учебният материал се намира в две крайности – по-простите аспекти на геометричната оптика не използват формули и са лесно разбираеми за учениците, докато вълновата оптика в по-голямата си част изисква използването на математически апарат, непосилен за ученици в средното училище. Отбелязано е, че ФУЕ по оптика са по самата си природа много нагледни и лесни за възприемане. Разгледан е въпроса за естетичността на ФУЕ по оптика и големият мотивиращ ефект, който може да се постигне чрез използването им в учебната практика. Анализиран е въпросът за техническата достъпност на ФУЕ по оптика. Отбелязвайки, че някои опити изискват специализирана, прецизна физична апаратура, специално внимание се обръща на възможностите за изпълнение на подходящи физични демонстрации изцяло с лесно достъпни обекти от бита.

Глава 2. Учебното съдържание по оптика за средното училище в България

За да се състави система от учебни експерименти по оптика е необходимо да се вземе предвид учебното съдържание. За целта проучихме учебните програми, публикувани от МОН [2-4], и извадихме от тях частите, отнасящи се до раздел Оптика. Министерството започна въвеждане на нови учебни програми за някои класове през 2016-та година, но към момента на завършване на настоящия дисертационен труд няма съществени промени, засягащи учебното съдържание по оптика.

В тази глава е дадена подробна извадка от учебните програми на МОН за 7., 10. и 12. клас [2-4], в които фигурира учебно съдържание по оптика. Те са анализирани, като

съдържанието им е сравнено с учебното съдържание в миналото, извлечено от редица стари учебници по физика [61-70]. Отбелязва се, че учебното съдържание по оптика намалява, а някои важни елементи, които преди са се изучавали от всички ученици, сега са преместени в програмата за 12. клас, която е само на второ ниво и се изучава само в малък брой профилирани паралелки. В главата е представен и кратък анализ на някои тенденции за бъдещето и са дадени предложения за промени в учебните програми в перспектива

Глава 3. Учебни проекти по оптика на експериментална основа

В тази глава са представени няколко учебни проекта в областта на оптиката, които сме разработили. Те могат да бъдат използвани от учителите като основа на нови проекти, които те да реализират със своите ученици, но могат да бъдат използвани и като готов източник на дидактически материали (разработените от нас експерименти).

Всички основни резултати, изводи и експерименти са богато илюстрирани с оригинални чертежи и цветни снимки – общо 94 фигури. Част от тях са представени в автореферата.

3.1. Използване на цилиндрични лещи за опити по геометрична оптика [71]

Интересни и достъпни експерименти по геометрична оптика могат да се изпълнят с цилиндрични лещи. За тази цел може да се използват прозрачни цилиндри от стъкло или пластмаса (плексиглас). Същата функция могат да изпълняват и цилиндрични съдове пълни с течност, в частност обикновени чаши, бутилки, буркани и др., пълни с вода. В ежедневието някои явления свързани с цилиндрични лещи са често пред очите ни, но обикновено не им обръщаме внимание. В настоящата работа ние разглеждаме основните свойства на цилиндричните лещи и предлагаме няколко демонстрационни експеримента.

Разгледаните експерименти ще помогнат също за по-добро разбиране на свойствата на сферичните лещи, които се изучават в училище. Аналогията между сферичните и цилиндричните лещи е добре установена. Тя се използва и при някои демонстрационни комплекти по геометрична оптика, където сферичните лещи се моделират с двумерни цилиндрични аналози. Тази аналогия е валидна и за дебели лещи, като позволява прозрачно кълбо да се моделира с цилиндър.

I. Определяне на фокусното разстояние на цилиндрична леща

Въз основа на теорията за дебели лещи [72,73] е изведена формула за фокусното разстояние f на

$$\text{цилиндрична леща } f = \frac{n}{2(n-1)} R.$$

Показан е начин за нейната експериментална проверка (фиг. 2)



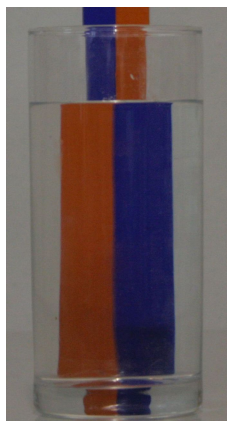
фиг. 2. Намиране на фокуса на цилиндрична водна леща – чаша с вода, екран

II. Образи със събирателна цилиндрична леща

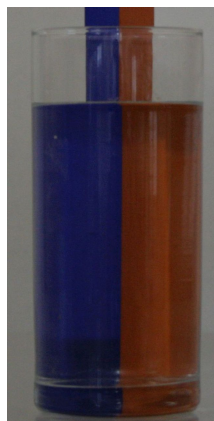
Въз основа на резултатите за фокусното разстояние на цилиндрична леща, можем лесно да демонстрираме трите основни образа при събирателни лещи. Резултатите са показани на фиг. 3.1-3.3. Всички образи се наблюдават пряко с окото. Реалните образи биха могли да се проектират и върху екран. Една възможност за получаване на образи с цилиндрична леща е разгледана в [74].



фиг. 3.1. Умален
обърнат
действителен образ.



фиг. 3.2. Увеличен
обърнат
действителен образ.



фиг. 3.3. Увеличен
прав недействителен
образ.



фиг. 5. Умален образ
с разсейвателна
цилиндрична леща

III. Цилиндрична разсейвателна леща

С празна чаша, поставена в правоъгълен прозрачен съд с вода (вана), лесно можем да осъществим разсейвателна цилиндрична леща (фиг. 5). За да не изплава чашата би могло да се залепи към дъното на съда. Както се вижда от фигурата, с тази конструкция могат да се демонстрират основните свойства на разсейвателна цилиндрична леща, която дава умален, прав, недействителен образ.

IV. Образи на тела в чаша с вода

Цилиндричните водни лещи дават интересна възможност за осъществяване на прости опити за наблюдаване и изследване образите на обекти (точки), които се намират вътре в самата леща. Подобни експерименти със сферични лещи са практически много сложни.

В дисертационния труд подробно е представено получаването на образите на тела, потопени в съд с вода, в зависимост от тяхното разположение в съда.

Направените разсъждения могат да бъдат потвърдени с елементарни, но впечатляващи опити с чаша вода и двуцветната линейка (фиг. 7, фиг. 8).

При поставяне на обект (сламка) в чашата, в зависимост от неговото разположение, се наблюдава не само образа през предната стена на чашата, но и ред други образи получени при отражение и пречупване от стените и свободната повърхност на течността (фиг. 9).



фиг. 7. Линийка напред в
чашата. Образът и неговото
изместване са малки.



фиг. 8. Линийка назад в чашата.
Образът и неговото изместване
са големи.

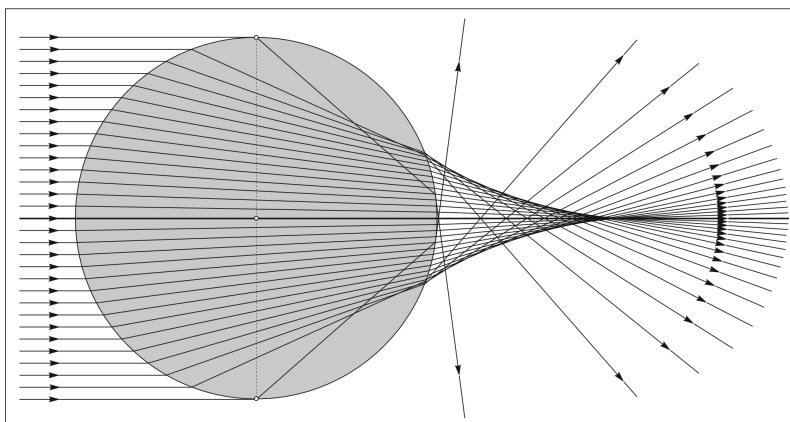


фиг. 9. Образи на
сламка в съд с вода

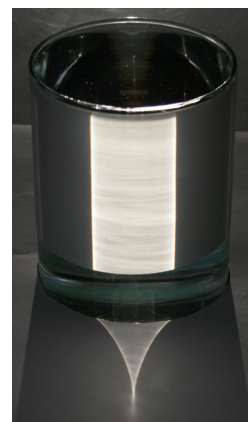
V. Параксиално приближение.

Намереното по-горе фокусно разстояние на цилиндрична леща се отнася само за параксиални лъчи. В реалния случай разглеждането на всички лъчи падащи върху цилиндъра е значително по-сложно. На фиг. 10.1 сме показали напречно сечение перпендикулярно на оста на цилиндъра и сноп лъчи, осветяващи го по цялата му предна повърхност. Всеки от

лъчите е построен по закона на Снелиус (за вода, $n = 1,33$). Параксиалните лъчи наистина се пресичат в една точка, която съответства на изчисленото фокусно разстояние. По-далечните спрямо оста лъчи обаче я пресичат в други точки, по-близо до цилиндъра. Направените разглеждания са подходящи за изясняване на параксиалното приближение при изучаване на геометричната оптика. Фиг. 10.1 е много информативна и може да внесе допълнителна яснота при обясняването на някои от разгледаните по-долу явления.



фиг. 10.1. Всички лъчи през цилиндрична леща



фиг. 11. Светла ивица на задната стена на цилиндричен съд с вода

VI. Светла ивица върху цилиндрична леща

Нека проведем следния експеримент. Използваме тънкостенен стъклен цилиндър, пълен с вода или друга прозрачна течност. Може да се използва също плътен прозрачен цилиндър от стъкло, плексиглас и др. Задната половина на цилиндъра е облепена с паус (или тънка бяла хартия), който изпълнява функцията на екран. Осветяваме цилиндъра с шрайбпроектор или друг осветител от възможно по-голямо разстояние, за да се получи приблизително успореден сноп светлина. Върху задната стена на цилиндъра се получава вертикална светла ивица (фиг. 11). Вертикалните ръбове на ивицата са по-ярки, остри и оцветени. Това има отношение към формирането на небесната дъга и ще го разгледаме по-подробно по-нататък. По-подробно ефектът е разгледан и обяснен в дисертационния труд.

VII. Ефектът "Плосък образ"

Интересен експеримент може да се проведе с цилиндричен съд с вода (чаша, бутилка и др.), на стената на който е залепен етикет или рисунка. За целите на експеримента може да се залепи лист хартия, разчертан на квадрати. При гледане на картината през противоположната страна на празния съд, тя изглежда извита и следва цилиндричната форма на стената. При напълване на съда с вода, образът се променя по интересен начин – той изглежда практически **плосък** и уголемен в хоризонтално направление. Това се вижда особено добре, когато съдът е напълнен частично и двата образа (под и над водата) се сравняват директно (фиг. 13). Това, че образът е уголемен в хоризонтално направление, е лесно обяснимо. Фактът, че изглежда плосък, обаче, съвсем не е тривиален за обяснение.

В дисертационния труд подробно е изградена теорията на плоския образ. Въведено е важното понятие **зона на видимост** и е изследвана зависимостта ѝ от разстоянието на наблюдение. Показано е, че намирането на образа зависи от това, кои излизащи от обекта лъчи ще се проследят. Установена е най-добрата двойка лъчи и е показано, че образът наистина лежи почти точно по права линия.

За да изследваме ефекта "плосък образ", проведохме опити с квадратна мрежа (фиг. 13), и картина (фиг. 19). И в двата случая на хартия се отпечатват две еднакви фигури, на известно разстояние една над друга. Хартията се залепва отзад на съда, така че едната картина да е над нивото на водата, а другата – под нивото. Залепването става лесно, като хартията предварително се намокри.

За практически цели (етикети на бутилки, надписи на чаши и др.) ефектно се използват малки етикети, които изцяло попадат в зоната на видимост. Един такъв етикет, гледан отвън, е показан на фиг. 20.1, а гледан през водата, е показан на фиг. 20.2.



фиг. 13. Ефектът "плосък образ"



фиг. 19. Плосък образ с картинка



фиг. 20.1. Етикетът гледан отвън



фиг. 20.2. Етикетът гледан през съда с вода

VIII. Зона на невидимост

При теоретичните разглеждания в VII се оказа, че само определена част от задната половина на повърхността на цилиндричната леща е видима за наблюдателя. Т.е. съществува определена „зона на видимост“. Невидимата част от задната повърхност на лещата бихме могли да наречем „зона на невидимост“. Ако поставим някакъв обект непосредствено до задната повърхност на лещата, в зоната на невидимост, той ще бъде невидим за наблюдателя, когато той наблюдава от подходящата позиция. Този интересен оптичен ефект може да бъде наблюдаван лесно от всеки с помощта на чаша вода (или плексигласов цилиндър) и сламка (фиг. 21). Тази демонстрация показва основния физичен принцип по който са реализирани други, по-сложни устройства за получаване на зона на невидимост, например [76].



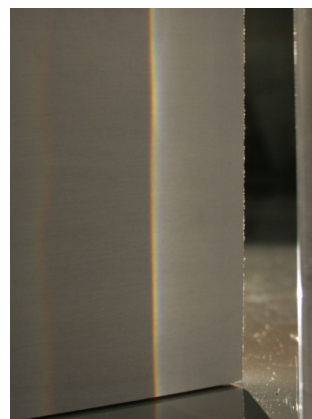
фиг. 21.1 Сламка в зоната на видимост



фиг. 21.2. Сламка в зоната на невидимост



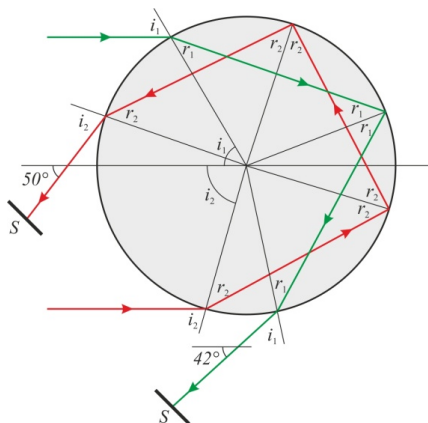
фиг. 22. Първична дъга от съд с вода.



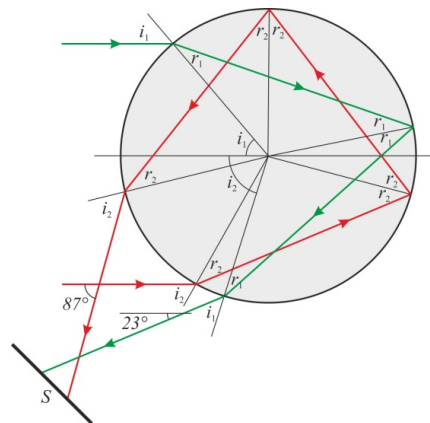
фиг. 23. Първична и вторична дъга от плексигласов цилиндър.

IX. Образуване на дъга

Разгледали сме теоретично нетривиалния въпрос за образуване на дъга. Осъществили сме достъпен експеримент за демонстрирането на основните принципи при формирането на дъга от цилиндри от различни материали (фиг. 22 и фиг. 23). Подробно сме изяснили разликата при образуването на дъга от воден и плексигласов цилиндър (фиг. 24 и фиг. 25)



фиг. 24. Образуващите лъчи за първична (в зелено) и вторична (в червено) дъга за вода



фиг. 25. Образуващите лъчи за първична (в зелено) и вторична (в червено) дъга за плексиглас

Х. Заключение

Разглежданите експерименти са подходящи за използване при обучението по физика поради своята достъпност. Някои от описаните ефекти са лесно наблюдаеми в ежедневието с обикновени чаши вода. Част от експериментите и тяхното фотографиране могат да се поставят като задание на учащите, както в клас, така и като домашна работа.

Въпросът за параксиалното приближение и неговата ограничена приложимост, разгледан в тази тема, е подходящ пример за използването на идеализацията във физиката.

3.2. Демонстриране на дъга [83]

1. Въведение. Дъгата е красиво оптично явление, което запленява човечеството от древни времена. Върху обяснението на дъгата са дали принос редица видни физици. Съвременните описания се основават на разсейване на Ми [84-86]. За целите на обучението обаче се използва теорията на Декарт [77, 86-90], която се основава на геометричната оптика и е много по-достъпна.

2. Съществуващи демонстрации. В дисертационния труд е дадена подробна справка за съществуващите експерименти за демонстриране на дъга. Анализирани са техните съществени недостатъци.

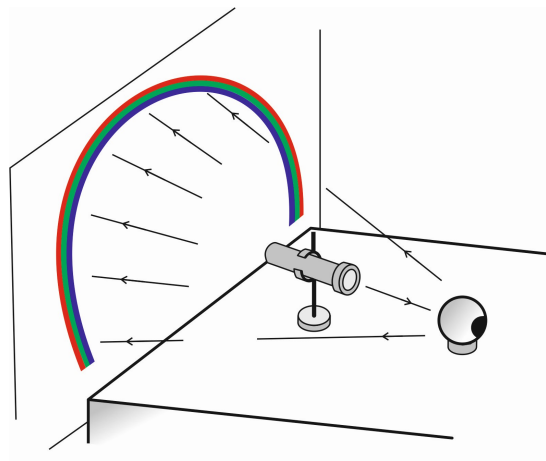
3. Нашата постановка. Основният проблем на всички съществуващи демонстрации, е малката яркост на дъгата. Теоретичните пресмятания [87] показват, че около 90% от светлината влизаща в кълбото се пречупва, когато достигне задната му стена, и излиза, без да участва във формирането на дъгата. Само около 10% от светлината участва в последвалите процеси на формиране на първичната дъга и другите дъги от по-висок порядък. Това ни подтикна да потърсим начин да върнем изгубената светлина обратно в кълбото, за да увеличим яркостта на дъгата за целите на демонстрацията. Това връщане на светлината не променя физичната същност на явленията, които формират дъгата. Успешно постигнахме целта си, като метализирахме част от повърхността на стъклена сфера (фиг. 28), като предварително определихме необходимите размери на метализирания участък. Кълбото осветяваме с компактен светодиоден прожектор с голяма яркост (фиг.29).

4. Резултати. Както показаха директните измервания, **яркостта е на един порядък по-голяма** в сравнение с яркостта на дъгата, получена без метализиране (фиг. 31). Основните цветове са ясно и рязко изразени. Дъгата се наблюдава добре дори без специално затъмнение, особено ако екранът се разположи близо до постановката. Размерите на дъгата могат да бъдат направени много големи, ако разполагаме с подходящ екран или ако дъгата се проектира директно на стената. Впечатлението от демонстрацията е завладяващо и запомнящо се.

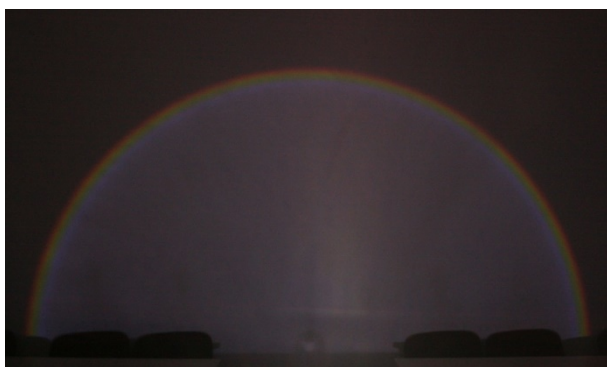
Постановката позволява чрез регулиране положението на прожектора и кълбото, да наблюдаваме както обикновена дъга (фиг. 31), така и цяла кръгова дъга (фиг. 32). Могат да се демонстрират също и: дъга ниско на хоризонта, вторична и третична дъга, отразена дъга и др. Тези възможности са представени и илюстрирани в дисертационния труд.



фиг. 28. Метализираната част от кълбото



фиг. 29. Схема на опитната установка



фиг. 31.1. Нормална полукръгла дъга без метализация. Фотоапаратът е настроен на f -stop 3.5, експозиция 1/2 секунда, ISO 1600



фиг. 31.2. Нормална полукръгла дъга с метализация. Фотоапаратът е настроен на f -stop 4.5, експозиция 1/2 секунда, ISO 1600



фиг. 32. Пълна кръгла дъга

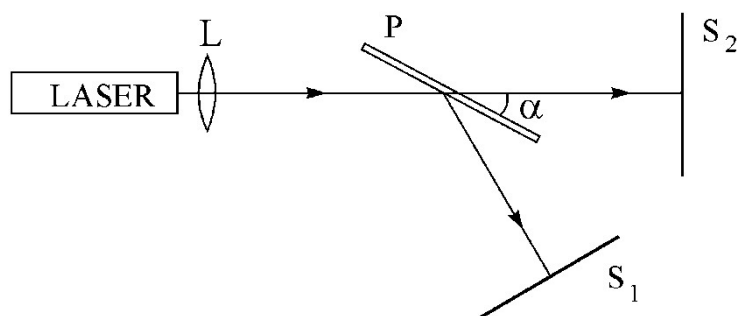
3.3. Интерференция на светлината със стъклени пластинки [95]

Опитите по интерференция на светлината се изпълняват по принцип по-трудно в сравнение с опитите по дифракция. Поради това е необходимо да се търсят опити по интерференция, достъпни и лесни за изпълнение. Използването на лазерите за целите на учебния експеримент по физика значително улеснява тази задача. Анализът на опитите по интерференция показва, че най-достъпните опити се осъществяват със стъклени пластинки.

В дисертационния труд е представен пълен, достъпен за учебни цели, теоретичен анализ на интерференция от тънки пластинки с разходящ и успореден сноп светлина.

За провеждане на **експериментите** по интерференция на светлината ще използваме учебен хелий-неонов лазер, различни стъклени пластинки и два екрана. Опитната постановка

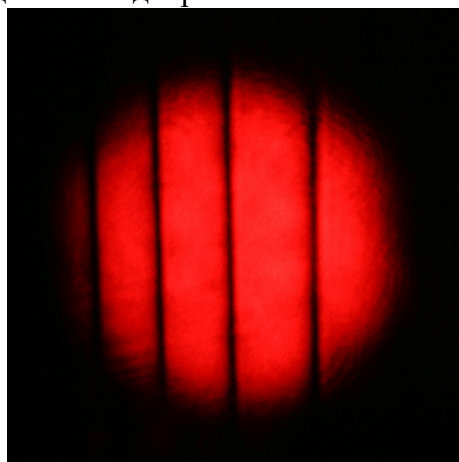
е показана на фиг. 41. Лазерният лъч се разширява с помощта на малка събирателна или разсейвателна леща L с малко фокусно разстояние, която се прикрепва към тръбата на лазера. Много подходящи за целта са лещите от шпионка за врата. Посредством тази опитна постановка се наблюдават интерференчни картини **едновременно** в отразена светлина и в преминала светлина.



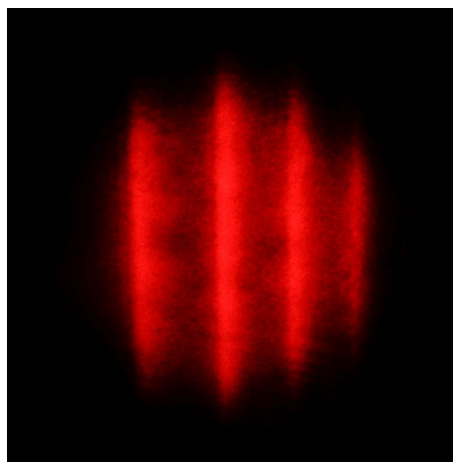
Фиг. 41. Принципна схема на експерименталната установка

Нека проведем експериментите с тънка пластинка от микроскоп, като постепенно завъртаме пластинката спрямо оста на светлинния сноп на лазера (фиг. 41). Отначало разполагаме пластинката под съвсем малък ъгъл α спрямо оста, например $\alpha \approx 5^\circ$. Ивиците са добре очертани. В отразена светлина се наблюдават широки светли ивици, разделени от тесни тъмни ивици (фиг. 42). В преминала светлина се наблюдават широки тъмни ивици разделени от тесни светли ивици (фиг. 43).

При завъртане на пластинката спрямо оста на снопа на все по-голям ъгъл, картината в преминала светлина върху екрана S_1 практически остава на мястото си, но светлите ивици постепенно се сгъстяват и се сливат. В тези случаи, за да разграничим ивиците, трябва да отдалечим екрана на голямо разстояние зад пластинката. Картината в преминала светлина по принцип не е с добро качество.



фиг. 42. Интерференчната картина в отразена светлина при $\alpha \approx 5^\circ$

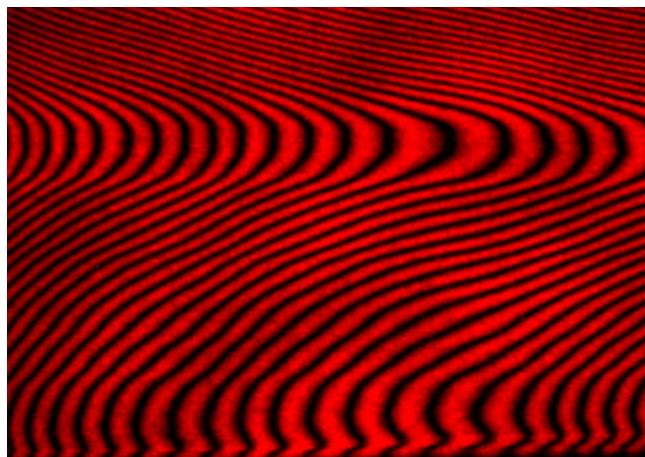


фиг. 43. Интерференчната картина в преминала светлина при $\alpha \approx 5^\circ$

При завъртане на пластинката, картината в отразената светлина върху екрана S_2 също се завърта, като тъмните ивици се сгъстяват, но винаги остават рязко очертани. Отразената картина е с високо качество. Снимките на интерференчните картини в преминала и в отразена светлина за различни ъгли α са показани в дисертационния труд.

Когато стъклената пластинка е разположена близко до лазера, само малка част от нейната повърхност е осветена от светлинния сноп и обикновено интерференчните ивици са успоредни. Когато пластинката се отдалечи от лазера, тя попада изцяло в светлинния сноп. Тогава се проявяват много от недостатъците на пластинката, които се дължат на неуспоредността на нейните стени и нехомогенността на стъклото (фиг. 45). Този вариант за провеждане на експеримента в отразена светлина е много ефектен и лесно достъпен дори с

обикновени стъклени пластинки със значителна дебелина. Колкото обаче пластинката е по-дебела, толкова по-нагъсто се разполагат интерференчните ивици.



фиг. 45. Интерференчната картина от голяма част от пластинката ясно показва несъвършенствата ѝ

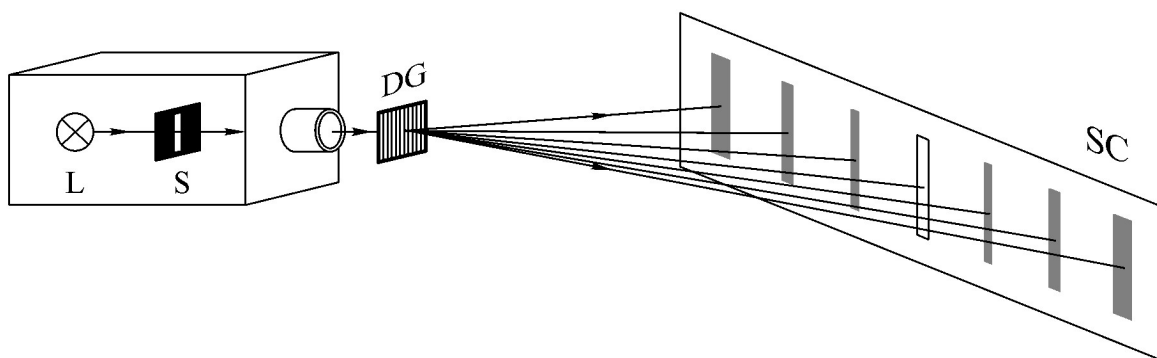
3.4. Използване на проекционна техника за демонстрации по вълнова оптика [99]

Създаването на прости, достъпни и ефектни експерименти за демонстрация пред голяма аудитория на някои явления по вълнова оптика е сериозна експериментална задача. Един от основните проблеми при провеждане на тези експерименти е осигуряването на добра видимост на ефектите. Този проблем би могло да бъде решен преди всичко с помощта на стандартна проекционна апаратура. Точни инструкции за изпълнение на опитите са дадени в дисертационния труд. Тук ще представим основно схемите на постановките и получените резултати.

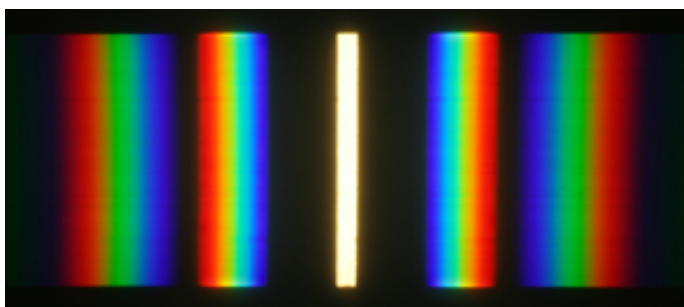
Задачи за изпълнение:

I. Дифракция на бяла светлина чрез дифракционна решетка и диапроектор

Схемата на опитната постановка е показана на фиг. 46. В този случай се използва диапроектор с тесен процеп поставен на мястото на диапозитива. Получената картина е показана на (фиг. 48).



фиг. 46. Обща постановка на експеримента

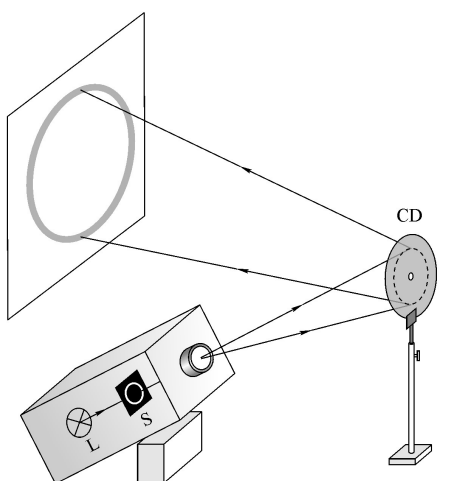


фиг. 48. Дифракционна картина от линейна решетка

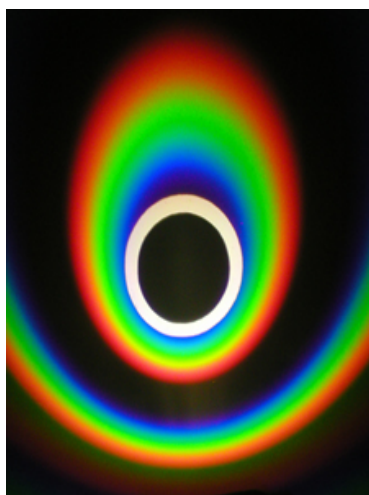
II. Дифракция на бяла светлина чрез компакт диск CD и диапроектор

Оказва се, че обикновен компакт диск може да играе ролята на дифракционна решетка с високо качество. Опитът се изпълнява с диапроектор, като на мястото на диапозитива се разполага специално изработен кръгов процеп.

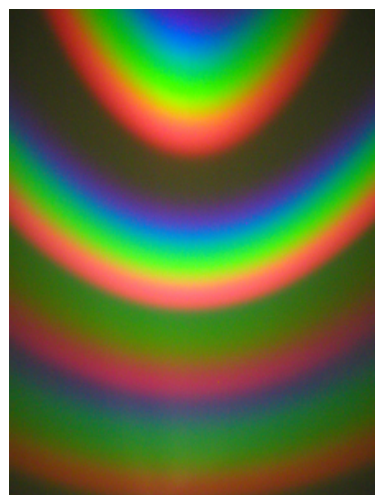
На фиг. 50 е показана опитната постановка за демонстриране на дифракция посредством използване на CD като отражателна решетка. CD се закрепва на статив в близост пред обектива на прожектора. Наблюдава се чудесна ярка дифракционна картина (фиг. 51, фиг. 52). В настоящия момент това е най-впечатляващата и завладяваща демонстрация по дифракция на бяла светлина за масова аудитория.



фиг. 50. Обща постановка на експеримента



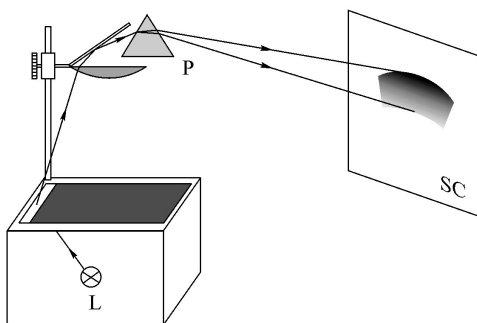
фиг. 51. Централната част на дифракционната картина



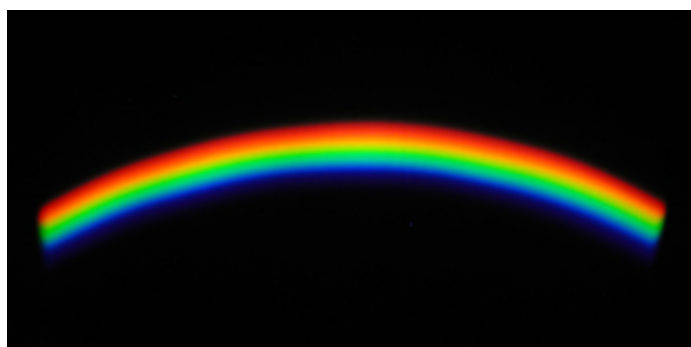
фиг. 52. Периферията на дифракционната картина

III. Дисперсия посредством призма и шрайбпроектор

Най-достъпната опитна постановка за демонстриране на явлението дисперсия е показана на фиг. 53. За целта върху работната плоскост на шрайбпроектора се поставя непрозрачен екран. Плоският светлинен сноп, който излиза от процепа, попада в обектива и след него – върху призмата. Поради разлагане на светлината от призмата, върху екрана се наблюдава дисперсионна картина, която прилича на дъга (фиг. 54).



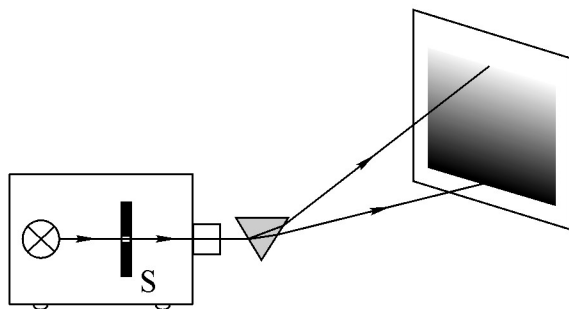
фиг. 53. Обща постановка на експеримента



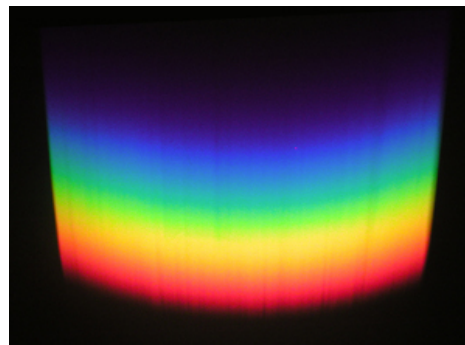
фиг. 54. Дисперсионна картина с шрайбпроектор

IV. Дисперсия посредством призма и диапроектор

Качествена дисперсионна картина може да бъде демонстрирана също посредством диапроектор и равностранный триъгълна призма. Схемата на опитната постановка е показана на фиг. 55. В диапроектора на мястото на диапозитива се поставя хоризонтален процеп S, който се фокусира върху екрана. Призмата се поставя непосредствено пред обектива. Върху екрана се наблюдава спектърът на прожекторната лампа (фиг. 56).



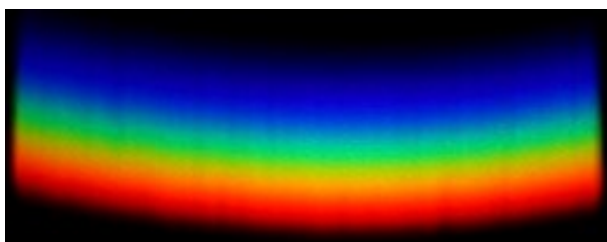
фиг. 55. Обща постановка на експеримента



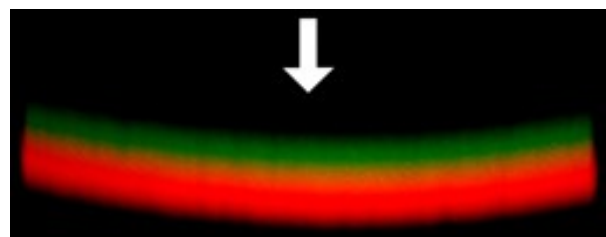
фиг. 56. Дисперсионна картина с диапроектор

V. Топлинно спектрално преместване

Всяка от разгледаните по-горе опитни постановки дава добра възможност за демонстриране на топлинното спектрално преместване. За целта е достатъчно при провеждане на някой от горните опити проекторът да бъде захранван с регулируемо мрежово напрежение посредством автотрансформатор. Чрез автотрансформаторът се регулира температурата на нишката. При максимална температура се наблюдава пълен непрекъснат спектър на лампата (фиг. 58). При намаляване на температурата, се вижда как от спектъра последователно избледняват първо синия цвят, след него – зеленият цвят и т.н. (фиг. 59). Наблюдаваното явление представлява топлинно спектрално преместване, което се подчинява на закона на Вин.



фиг. 58. Дисперсна картина при висока температура на крушката



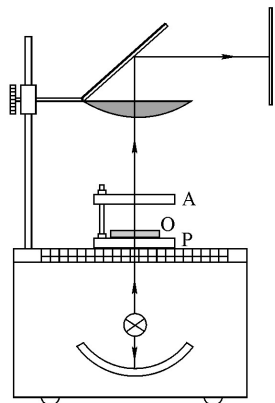
фиг. 59. Дисперсна картина при ниска температура на крушката

VI. Поляризация посредством шрайбпроектор и поляроиди

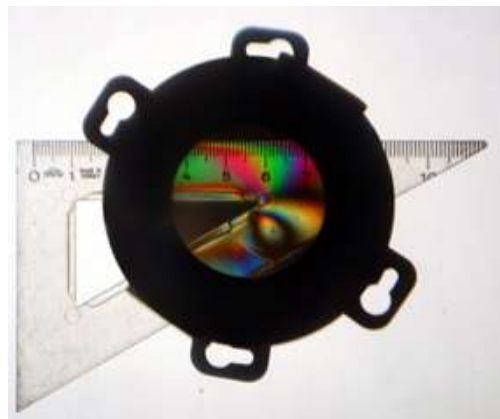
Атрактивна демонстрация на явлениято поляризация на светлината би могло да се извърши с два поляроида (поляризатор Р и анализатор А), които се поставят кръстосано един над друг върху плоскостта на шрайбпроектора (фиг. 60). При това светлината се гаси. Обектите О, които се наблюдават в поляризирана светлина, се поставят между двата поляроида.

За опитите могат да се използват също специални поляроидни листове с размери 20x20 cm или повече (фиг. 62). Така се получава много голямо зрително поле и може да се наблюдава поляризацията на много големи детайли. Вторият поляроид може да е по-малък и да се разположи близо до лещата и огледалото на шрайбпроектора.

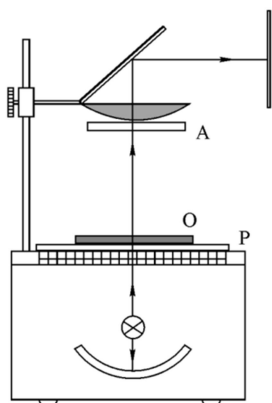
Между поляроидите могат да се поставят прозрачни пластмасови обекти (например триъгълници за чертане), целофаново фолио, слюдени пластинки, специални пластинки с които се осъществяват механични деформации и т.н. На фиг. 61 и фиг. 63 се вижда, че тази част от пластмасов триъгълник, която се намира между поляроидите, е оцветена. Това се дължи на механичните напрежения, които са останали в триъгълника след неговата термична обработка.



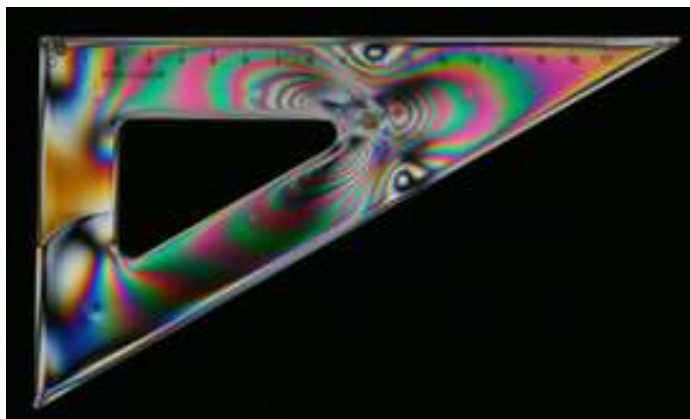
Фиг. 60. Обща постановка на експеримента



Фиг. 61. Поляризация на пластмасов обект



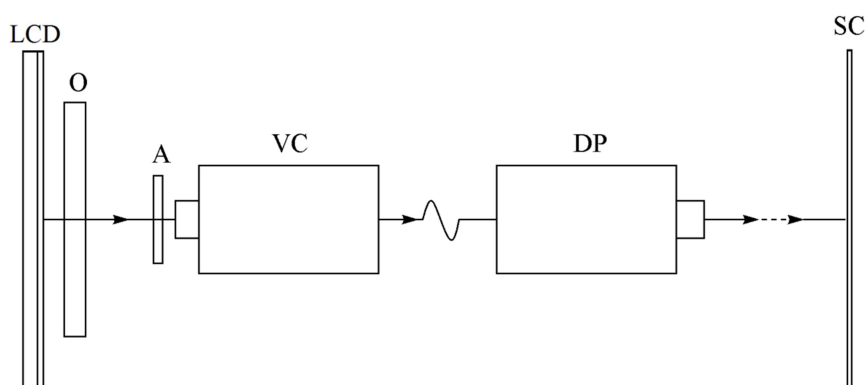
фиг. 62. Постановка на експеримента с голям поляроиден лист



фиг. 63. Поляризация на цял обект

VII. Поляризация посредством LCD екран, видеокамера и цифров проектор

Известно е, че дисплеите от течни кристали (liquid crystal displays – LCD), които се използват широко в компютърните монитори и в телевизорите, основават своята работа на поляризацията на светлината. LCD екраните представляват ярки източници с големи размери, които излъчват линейно поляризирана светлина. Те са много подходящи и достъпни уреди за провеждане на разнообразни експерименти с поляризирана светлина. Обектът О се поставя пред LCD екрана, а експериментаторът го наблюдава в поляризирана светлина през поляроид, който изпълнява ролята на анализатор А. Интерес представлява картината да се покаже пред голяма аудитория. За целта може да се използва опитната постановка на фиг. 63. Допълнителният поляроид се поставя непосредствено пред обектива на видеокамера VC. Тя се свързва с цифров проектор DP, който визуализира картината на голям екран.



фиг. 64. Обща постановка на експеримента

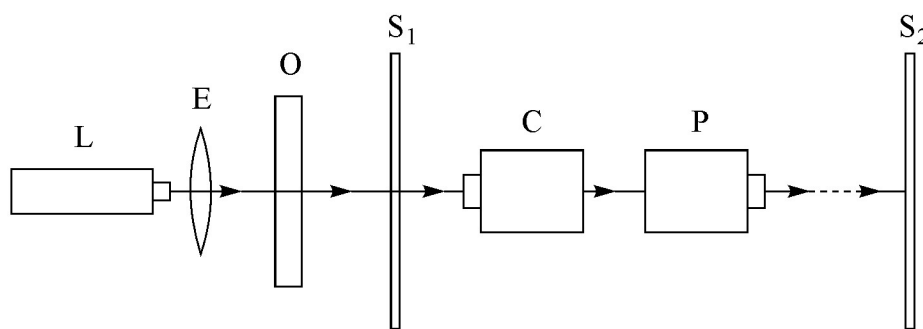
3.5. Демонстриране на явления по вълнова оптика за голяма аудитория с камера и мултимедиен проектор [100]

1. Въведение

Демонстрациите по вълнова оптика са трудни за изпълнение пред голяма аудитория поради малкия размер и недостатъчна яркост на дифракционните и интерференчни картини. Използването на видеокамера за заснемане и уголемяване на малки обекти е известна техника, която доскоро не беше широко разпространена поради липса на подходящо оборудване. Широкото навлизане на цифровите мултимедийни проектори в образователната практика отваря вратите пред използването на тази техника за изпълнение на демонстрации по вълнова оптика за голяма аудитория с отлично качество и видимост на картините. В този проект разглеждаме нова техника за изпълнение на живо на демонстрации по вълнова оптика (особено на основни явления) за голяма аудитория с лазер и мултимедиен проектор.

2. Основна демонстрационна постановка

Принципната постановка е показана на фиг. 65. Тя е разгледана подробно в дисертационния труд. Тази постановка, особено втората ѝ част (системата от камера и проектор) може да се използва и за много други физични демонстрации, при които трябва да се покажат малки елементи и ефекти пред голяма аудитория.

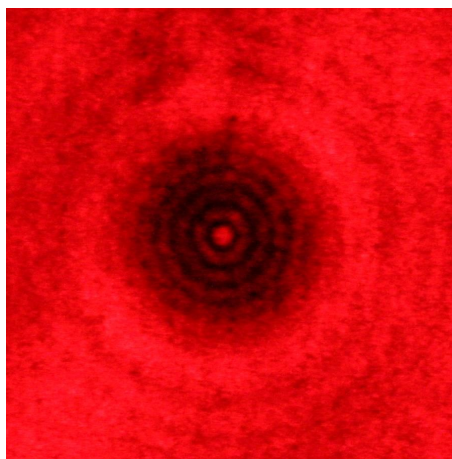


фиг. 65. Обща постановка

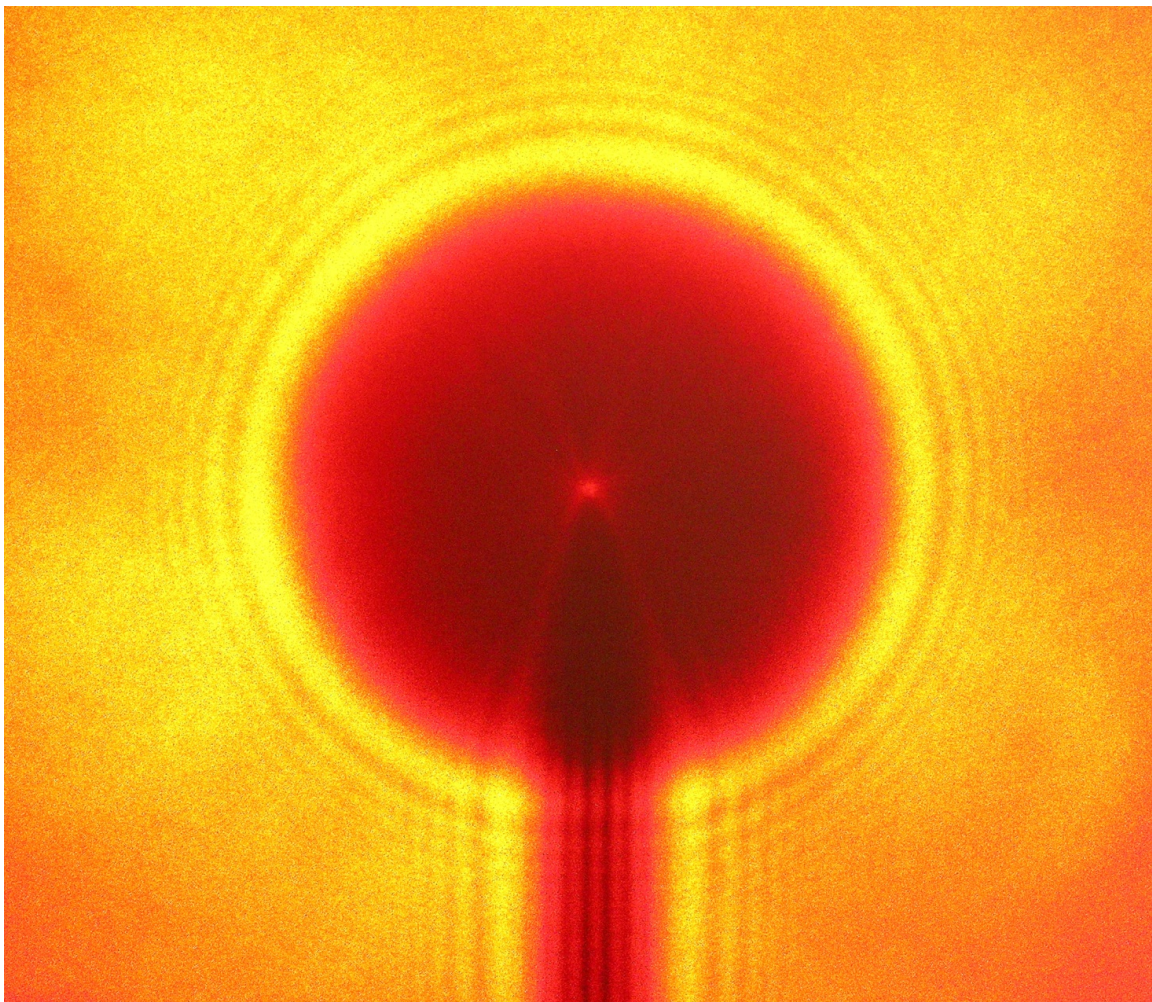
3. Експерименти

С тази постановка могат да се разгледат голям брой явления от вълновата оптика, които сме разгледали подробно в дисертационния труд. Тук ще покажем някои от тях:

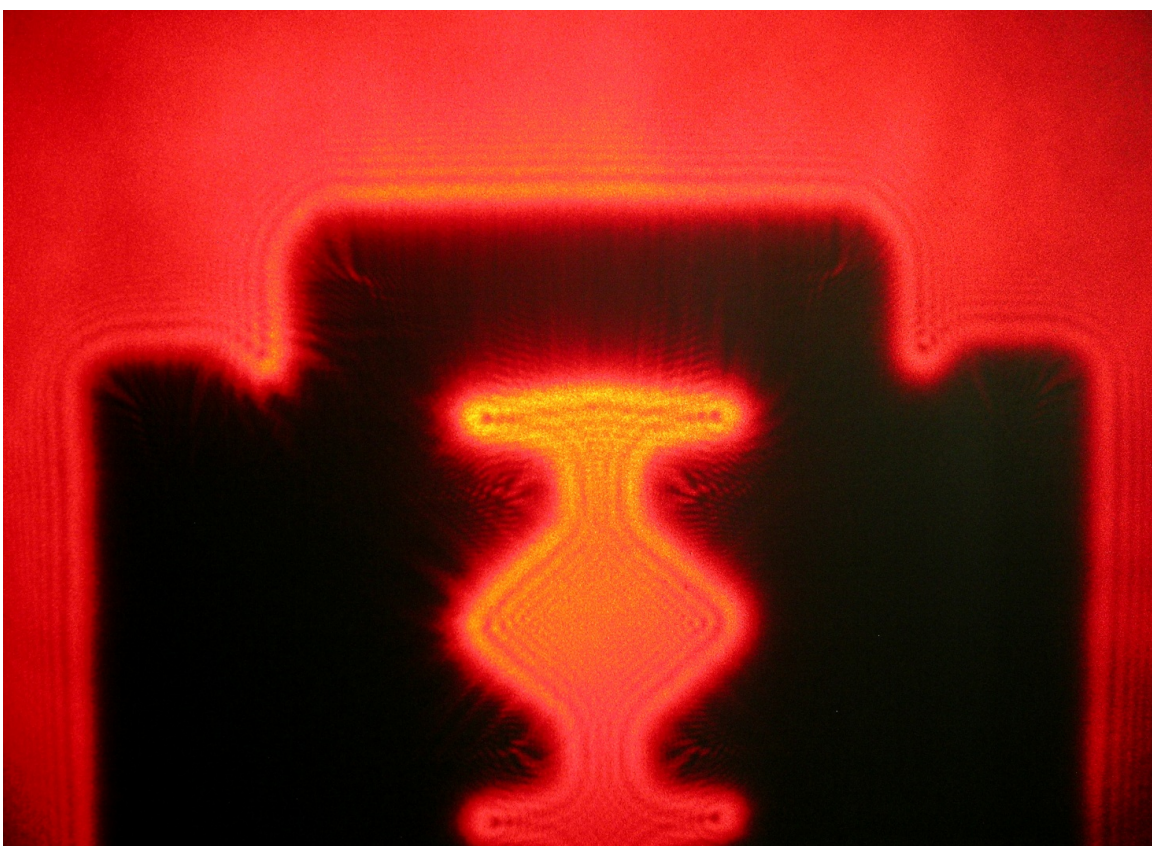
- петно на Поасон от капка туш (фиг. 66) и от глава на карфица (фиг. 67);
- дифракция от ножче за бръснене (фиг. 68);
- интерференция от два процепа и бипризма на Френел (фиг. 70 и фиг. 71);
- дифракция от нишка, процеп и кръгъл отвор (фиг. 73, фиг. 74 и фиг. 75);
- дифракция от връх на игла (фиг. 76);
- множество петна на Поасон (фиг. 77).



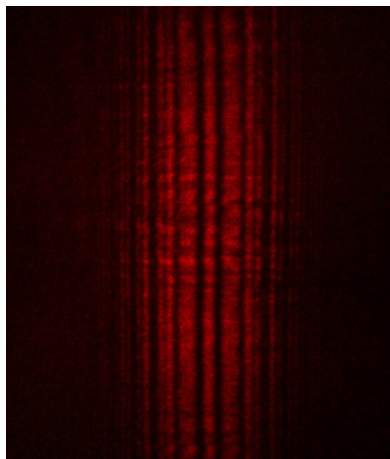
фиг. 66. Петно на Поасон от капка туш с размер приблизително 2 mm



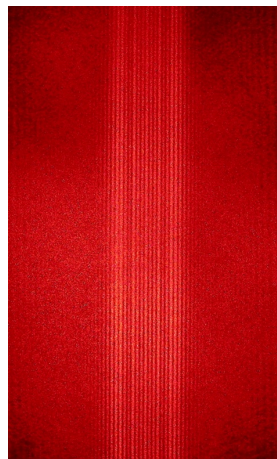
фиг. 67. Дифракция от глава на карфица (включително петно на Поасон).



фиг. 68. Дифракция от острие на ножче за бръснене



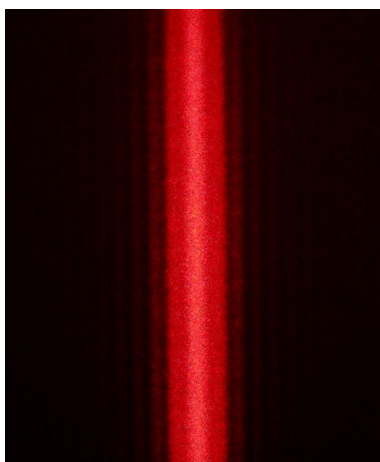
фиг. 70. Интерференция от два процепа (опит на Юнг)



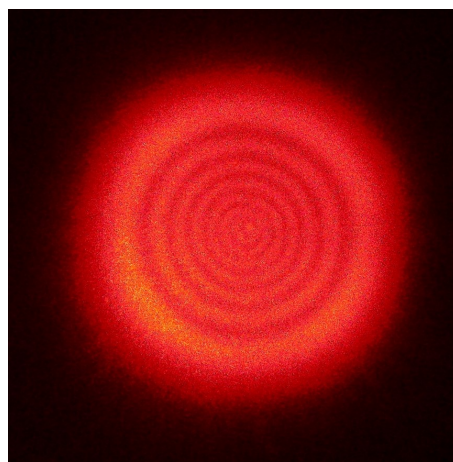
фиг. 71. Интерференция от бипризма на Френел



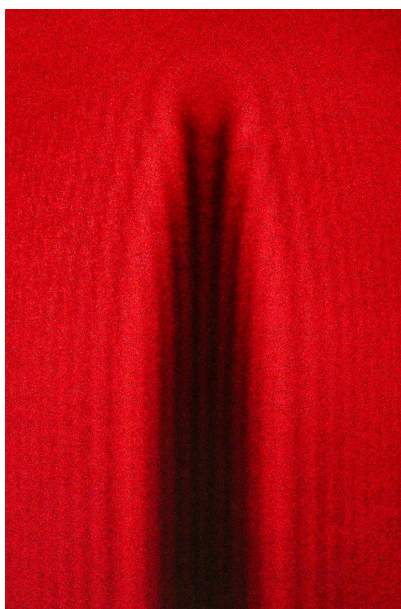
фиг. 73. Дифракция от нишка



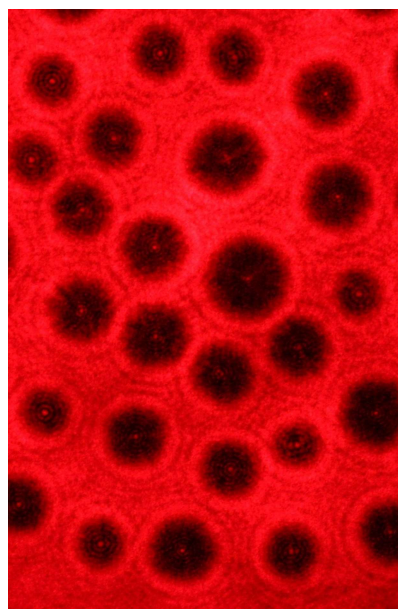
фиг. 74. Дифракция от един процеп



фиг. 75. Дифракция от кръгъл отвор



фиг. 76. Дифракция от връх на игла



фиг. 77. Множество петна на Поасон

3.6. Определяне на фокусното разстояние на сферично огледало [75]

В рамките на този проект подробно е разгледан въпросът за непараксиалните лъчи при сферичните огледала. Получена е точна формула за мястото, в което те пресичат главната оптична ос и е показано, че в параксиално приближение тя преминава в познатата формула $f = r/2$. Изследван е въпросът за многократни отражения при лъчи значително

отдалечени от главната оптична ос. Въведени са величините **относителен отвор** и **дебелина на огледалото** и е показано как те могат да се използват за характеризиране на реални огледала. Изследвано е реално козметично огледало и е показано, че то може да се счита за "тънко". Всички разсъждения са онагледени с подходящи чертежи.

3.7. Сравняване на различни осветителни тела [106]

1. Увод. С развитието на новите осветителни технологии (халогенни, луминесцентни и светодиодни "крушки") сравняването им и изборът на подходящо осветително тяло (ОТ) става все по-трудна задача. В рамките на проекта се разглеждат основните техническите характеристики на ОТ предлагани на пазара и техните физични основи. Предлага се и експериментална постановка, която може да се използва за сравняване на различни ОТ.

2. Основни характеристики на ОТ.

Разгледани са основните характеристики на осветителните тела – светлинен добив, цветна температура, цветен индекс, ъгъл на осветление и други. Изяснена е тяхната физична същност.

3. Експериментална постановка за сравняване на различни ОТ

В дисертационния труд е представена постановка за изпълнение на демонстрационен експеримент за сравняване на различни ОТ по отношение на разгледаните по-горе техни характеристики. Дадени са идеи за бъдещо развитие на постановката на основата на опитът от нейното използване в учебната практика.

3.8. Заключение

Учебните експерименти, разработени в рамките на представените проекти, както и учебни експерименти от други раздели на физиката, са демонстрирани от нас на много публични форуми през годините:

- на национални конференции по въпросите на обучението по физика в Плевен (2007), Русе (2009), Габрово (2012) и Благоевград (2015);
- на редица събития проведени в ПУ "Паисий Хилендарски" инициирани от Физически Факултет и от СФБ клон Пловдив;
- на организирана по покана на фирма Оптикс презентация в Панагюрище през 2015 г.;
- на състезанията на клуба на знаещите "Квант";
- при посещения в ОМГ "Акад. К. Попов";
- при работата на дисертанта като учител по физика в ОУ "Екзарх Антим I";
- при участията на дисертанта на Софийския фестивал на науката;
- и др.

Опитите, представени в 3.4. са внедрени в учебния процес в лабораторния практикум по методика на физичния учебен експеримент в ПУ "Паисий Хилендарски" и се изучават от студентите от педагогическите специалности на Физико-технологичния факултет.

Глава 4. Педагогически експеримент

За проверка на хипотезата бе проведено диагностично изследване чрез педагогически експеримент и провеждане на анкети сред специалисти. Проведени са 3 анкети. Проведено е обучение на ученици от ОМГ „Акад. Кирил Попов“ в гр. Пловдив с широкозастъпен експериментален метод на обучение.

Както обсъдихме в глава 1, физичните учебни експерименти са задължителни за ефективното обучение по физика. Съществено беше да проучим и мнението на специалистите в областта на образованието по физика. За целта, по време на една от поредните ни демонстрации на учебни експерименти (43-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика в Благоевград на 3 Април 2015 г.) проведохме анкета с проучвателен характер сред присъстващите преподаватели от университетите и средните училища в страната. Така реализирахме експертна оценка [111, 112]. Целта е да се получи оценка за състоянието на физичния учебен експеримент в училищното преподаване на

оптичните явления и оценка на качеството на демонстрираните експерименти. Общият брой анкетирани е 30.

Във връзка с получаване на оценка и евентуално препоръки към проекта "Сравняване на различни осветителни тела", разгледан в глава 3.7 се използва отново анкетния метод. В рамките на Софийския фестивал на науката през Май 2015, след презентация "Искрено и електрично", за новите осветителни технологии, бяха попълнени 26 анкети от присъстващите – специалисти и ученици.

През Март 2016 бе организирано обучение на ученици от 11-ти клас (157 ученици в 6 паралелки) от ОМГ "Акад. К. Попов". В рамките на два учебни часа бяха представени основни физични знания от раздел „Фотометрия“ – фотометрични величини, спектър на топлинно излъчване на идеално черно тяло, закон на Вин и бяха разгледани някои нови осветителни технологии, описани в глава 3.7. Теоретичното представяне на тези нови знания беше подкрепено с подходящо подбрани демонстрационни експерименти. Отношението на учениците бе проверено чрез анкета (32 на брой).

Анкетите са подробно представени и резултатите има подробно изложени и анализирани в дисертационния труд в рамките на глави 4.1., 4.2. и 4.3. Тук ще изложим само окончателните обобщени резултати от педагогическия експеримент.

4.4. Анализ на резултатите и изводи от педагогическия експеримент

Основният извод от педагогическия експеримент можем да получим при анализ на резултатите на въпроси 2-5 от първата проведена анкета относно количеството и качеството на учебния експеримент по физика като цяло и по оптика в частност. Ще дадем обобщените резултати в таблици 32 и 33. Показателно е, че по отношение на количеството няма нито един отговор "повече от необходимото" или "прекалено много", а отговорът "оптимално" е определено малцинство. По отношение на качеството на учебните експерименти оценките също не са високи – няма нито един отговор "отлично", а средният резултат е между "ниско" и "задоволително" – абсолютно неприемливо за една добра образователна система!

Таблица 32. Обобщени резултати относно количеството на учебния експеримент

Възможен отговор	по физика като цяло		по оптика	
	брой	процент	брой	процент
Крайно недостатъчно	16	53%	9	30%
По-малко от оптималното	12	40%	12	40%
Оптимално	2	7%	9	30%
Повече от необходимото	0	0%	0	0%
Прекалено много	0	0%	0	0%

Таблица 33. Обобщени резултати относно качеството на учебния експеримент

Възможен отговор	по физика като цяло		по оптика	
	брой	процент	брой	процент
Много ниско	4	13%	4	13%
Ниско	11	37%	10	33%
Задоволително	7	23%	10	33%
Добро	8	27%	6	20%
Отлично	0	0%	0	0%

Основните **изводи** от получените резултати са, че е необходимо:

1. Да се увеличи броя на часовете за провеждане на учебни експерименти по физика, както и за подобряване на материалната база в това отношение. За да се повиши количеството ФУЕ в обучението, трябва да има време за тяхното изпълнение. Трябва да се осигури и нужната учебна техника, която ще подобри и качеството;

2. Разработване на нови учебни експерименти по физика като цяло и по оптика в частност. Новите експерименти могат както да допълват вече известните (повишавайки количеството), така и да заместят някои от по-остарелите (повишавайки качеството);

3. Подобряване на методиката и техника на изпълнение на вече известните от литературата учебни експерименти с цел подобряване на качеството;

4. Запознаване на учителите с учебни експерименти, които не са описани в учебниците.

Взимането на мерки по точка 1 е въпрос на определени законодателни и административни мерки и не е обект на научна работа. По точки 2 и 3 има приноси в дисертационния труд, основно в глава 3. Точка 4 е обект на непрекъсната работа от учителите и цялата физическа общност. В това отношение ние сме дали принос чрез многократното демонстриране на разработените от нас опити, а и самия дисертационен труд може да бъде полезен.

Качеството на представените в глава 3 експерименти се потвърждава от проведените анкети. Втората част от първата анкета се отнася към експериментите от глави от 3.1 до 3.5 и резултатите за всички тях са безспорно високи. Някои експерименти, поради самото им естество, имат по-ниски оценки за техническа достъпност, теоретична достъпност или приложимост в училищния курс. За оценка на експериментите като цяло, обаче, всички резултати са над 4,00 по скала от 1 (най-ниска) до 5 (най-висока)! Втората и третата анкета се отнасяха конкретно за проекта представен в глава 3.7 и резултатите също са положителни.

Заключение

Основни резултати от изследването

I. Направено е изследване и развитие на експерименталния метод на обучение по физика

1. Осъществено е задълбочено комплексно изследване на същността на експерименталния метод на обучение, неговото значение, състояние, разнообразието му възможности и перспективите за развитие и прилагане в учебния процес.

2. Обогатена е общата концепция за съдържанието, техниката и методиката на ФУЕ, както и конкретните виждания, развитие и разработки на концепцията.

3. Разкрита е основната структура на ФУЕ (съдържание, техника, методика), въз основа на което са набелязани съответно трите основни направления за развитие и усъвършенстване на експеримента.

4. Изследвани са основните направления за развитие на съдържанието на ФУЕ.

5. Изследвани са основните направления за развитие на техниката на провеждане на физическия учебен експеримент.

6. Изследвани са основните направления за развитие на методиката на ФУЕ. Показани са съвременните модерни тенденции за развитие на експеримента. Намерени са нови възможности за ефективно провеждане на демонстрационния експеримент. Особено внимание се отделя на физическия практикум, който е основен за експерименталното обучение на учениците. Разкрити са и са систематизирани възможностите за модернизация на практикума и повишаване на неговата ефективност. Разкрито е мястото на експерименталния метод в учебните планове по физика в исторически аспект и е установена положителна тенденция в това отношение.

II. Направени са приноси в прилагане на експерименталния метод в раздел Оптика. Разработени са нови оригинални експерименти за:

1. **Използване на цилиндрични лещи в обучението по оптика:** теоретични разглеждания, определяне на фокусно разстояние, образи с цилиндрични събирателни и разсейвателни лещи с поместване на тела вътре в лещата и извън лещата, параксиално приближение, зона на видимост, каустика, плосък образ. По много прост начин е

демонстрирана първична и вторична дъга с цилиндрична леща. Създадена е система от атрактивни експерименти, богато онагледени с цветни фотографии.

2. Демонстриране на дъга: разработена е принципно нова възможност за демонстриране на дъга за голяма аудитория. За **първ път** е постигната много висока яркост на дъгата. Експериментът се отличава със своята простота и достъпност, които позволяват демонстриране на полукръгла дъга, напълно кръгла дъга, ниска дъга, отразена дъга. За **първ път** е демонстрирана едновременно първична, вторична и третична дъга. Експериментите са придружени с необходимите теоретични обяснения и са онагледени с качествени чертежи и цветни фотографии.

3. Интерференция на светлината със стъклени пластинки: теоретично е разгледана в детайли възможността за демонстриране на интерференция със стъклени пластинки. За **първ път** експериментите се провеждат пред голяма аудитория по предложения от нас начин. Използва се учебен хелий-неонов лазер с разширен лазерен лъч. Интерференчните картини в отразена и преминала светлина под различни ъгли се наблюдават директно на екран с много добра видимост и се сравняват. Предложена е възможност за изследване по интерференчен път на дефекти в тънки прозрачни пластинки. Изложението е потвърдено с оригинални цветни фотографии.

4. Дифракция на бяла светлина чрез дифракционна решетка и диапроектор: за **първ път** се предлага атрактивен достъпен експеримент за голяма аудитория на дифракция на бяла светлина посредством учебен диапроектор, прав процеп и учебна дифракционна решетка. Цветната картина може да бъде използвана директно за бързо количествено измерване на дължината на светлинната вълна пред аудиторията.

5. Дифракция на бяла светлина чрез компакт диск CD и диапроектор: за **първ път** се предлага **изключително** атрактивен достъпен експеримент за голяма аудитория на дифракция на бяла светлина посредством учебен шрайбпроектор, кръгъл процеп и компакт диск. Наблюдаването на красивите цветни дифракционни картини предизвиква силни емоции към това физично явление.

6. Дисперсия на бяла светлина посредством призма и шрайбпроектор: това е най-достъпният известен демонстрационен експеримент на дисперсия на светлината, предложен за **първ път** от нас. Той се осъществява елементарно пред голяма аудитория посредством шрайбпроектор, учебна призма и малък непрозрачен екран, без специално затъмнение.

7. Дисперсия на бяла светлина посредством призма и диапроектор: за **първ път** предложен от нас експеримент, който се изпълнява посредством учебен диапроектор, прав процеп и учебна призма. Експериментът се осъществява пред голяма аудитория, дори без специално затъмнение.

8. Топлинно спектрално преместване: използват се опитните постановки, показани в предните два експеримента. Проекторите се захранват с променливо напрежение от автотрансформатор. При това се изменя температурата на светещата волфрамова нишка. При по-ниска температура аудиторията наблюдава изместване на спектъра към червения край.

9. Поляризация на бяла светлина посредством шрайбпроектор и поляроиди: известната демонстрация на поляризация с два поляроида се провежда върху плоскостта на шрайбпроектор. По този начин вместо от един човек обектът се наблюдава от голяма аудитория едновременно в бяла светлина и в поляризирана светлина, като картините се сравняват. Вместо с учебните поляроиди експериментите могат да се изпълнят с по-големи по размер поляроиди, при което поляризацията се възприема много по-емоционално.

10. Поляризация посредством LCD екран, видеокамера и цифров проектор: опитите по поляризация могат да се изпълнят за голяма аудитория много по-модерно пред екрана на компютър (лаптоп) или цифров телевизор, като картината се предаде чрез видеокамера на мултимедиен проектор. Индивидуално, дори в домашни условия, поляризацията може да се наблюдава през един поляроид на фона на екрана на лаптопа или телевизора.

11. Наблюдаване на Петно на Поасон, посредством базова демонстрационна постановка (учебен хелий-неонов лазер, видеокамера и мултимедиен проектор): малки капки туш се накапват върху прозрачна пластинка и се осветяват с разширен лазерен лъч.

Картината се проектира върху полупрозрачен екран, откъдето се наблюдава без затъмнение посредством видеокамера и мултимедиен проектор върху обикновен екран за голяма аудитория. Тази решаваща за вълновата теория демонстрация на Петното на Поасон е предложена по такъв ефектен начин за **първ път** от нас и е вече широко известна. Тя може да се изпълни също с малка сачма или главичка на топлийка. Цветните снимки, предложени от нас, са впечатляващи.

12. Дифракция от ножче за бръснене, посредством учебен хелий-неонов лазер, видеокамера и мултимедиен проектор: със споменатата в предишния експеримент **базова демонстрационна постановка** (лазер, разширител, полупрозрачен екран, видеокамера, мултимедиен проектор, екран) сме показали за **първ път** пред голяма аудитория широко известната на физичния свят дифракционна картина от ръбовете на ножче за бръснене. По аналогичен начин се демонстрират от нас всички основни демонстрации по вълнова оптика: **дифракция от ръб, нишка, един процец, кръгъл отвор, острие - връх на карфица**. По същия начин се демонстрират важните опити по **интерференция от два процепи (опит на Юнг), интерференция от бипризма на Френел и др.** Експериментите са илюстрирани със съответните впечатляващи цветни снимки.

13. Демонстрация на основни характеристики на осветителни тела: разгледани са физичните основи на различните параметри на различните осветителни тела и е разработена демонстрационна постановка за демонстрирането им.

III. Проведен е педагогически експеримент като са използвани методите на експертната оценка и анкетирането. Проведено е обучение по оптика на ученици в 11. клас, в което широко е застъпен експерименталния метод. Резултатите от анкетите и експертния анализ потвърждават актуалността на дисертационния труд и поставят висока оценка на разработените нови оригинални ФУЕ по оптика.

IV. Разработено е приложение с цялостно, логически последователно изложено учебно съдържание по оптика и учебни експерименти за преподаване на всички елементи от учебното съдържание.

V. Резултатите от дисертационния труд са внедрени в учебната практика:

1. Публикации в научно-методическата литература – 4 броя в чужди списания (едното с импакт фактор), 1 брой в българско списание, 2 броя в сборници с доклади от български конференции;

2. Демонстрации пред национални конференции по въпросите на обучението по физика в Плевен (2007), Русе (2009), Габрово (2012) и Благоевград (2015); на редица събития проведени в ПУ "Паисий Хилендарски" инициирани от Физически Факултет и от СФБ клон Пловдив; на състезанията на клуба на знаещите "Квант" и др.;

3. Лабораторен практикум по методика на ФУЕ в ПУ "Паисий Хилендарски" за педагогическите специалности на Физико-технологичния факултет.

Перспективи за бъдещо развитие на изследванията

Резултатите от дисертационния труд могат да бъдат развивани в следните направления:

- продължаване на работата по развиване и задълбочаване на теоретичните основи на експерименталния метод на обучение по физика;
- развитие на разработените в рамките на дисертационния труд ФУЕ;
- разработване на нови ФУЕ в раздел Оптика;
- разработване на нови ФУЕ в другите раздели на физиката. В това направление дисертантът вече има 6 публикации в реферирани списания в разделите Механика, Молекулна физика и термодинамика, Електричество и магнетизъм.

Приноси на дисертационния труд

I. Направен е принос в изследване и развитие на експерименталния метод на обучение по физика в редица направления:

1. Осъществено е задълбочено комплексно изследване на същността на експерименталния метод на обучение, неговото значение, състояние, разнообразните му възможности и перспективите за развитие и прилагане в учебния процес.

2. Обогатена е общата концепция за съдържанието, техниката и методиката на ФУЕ, както и конкретните виждания, развитие и разработки на концепцията.

3. Разкрита е основната структура на ФУЕ (съдържание, техника, методика), въз основа на което са набелязани съответно трите основни направления за развитие и усъвършенстване на експеримента.

4. Изследвани са основните направления за развитие на съдържанието на ФУЕ в трите основни направления (съдържание, техника, методика).

5. Показани са съвременните модерни тенденции за развитие на експеримента. Намерени са нови възможности за ефективно провеждане на демонстрационния експеримент. Особено внимание се отделя на физичния практикум, който е основен за експерименталното обучение на учениците. Разкрити са и са систематизирани възможностите за модернизация на практикума и повишаване на неговата ефективност. Разкрито е мястото на експерименталния метод в учебните планове по физика в исторически аспект и е установена положителна тенденция в това отношение.

II. Направени са приноси в прилагане на експерименталния метод в раздел Оптика. Разработени са нови оригинални експерименти за:

1. Използване на цилиндрични лещи в обучението по оптика;
2. Демонстриране на дъга;
3. Интерференция на светлината със стъклени пластинки;
4. Дифракция на бяла светлина чрез дифракционна решетка и диапроектор;
5. Дифракция на бяла светлина чрез компакт диск CD и диапроектор;
6. Дисперсия на бяла светлина посредством призма и шрайбпроектор;
7. Дисперсия на бяла светлина посредством призма и диапроектор;
8. Топлинно спектрално преместване;
9. Поляризация на бяла светлина посредством шрайбпроектор и поляроиди;
10. Поляризация посредством LCD екран, видеокамера и цифров проектор;
11. Наблюдаване на множество базови опити по дифракция и интерференция на светлината, посредством базова демонстрационна постановка;
12. Демонстрация на основни характеристики на осветителни тела.

Публикации по дисертационния труд

1. D. Ivanov and S. Nikolov, White-light diffraction with a CD, 2010 *Physics Education* **45** 227, Online ISSN: 1361-6552, Print ISSN: 0031-9120, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/3/F04>
2. D. Ivanov and S. Nikolov, Demonstrations of wave optics (interference and diffraction of light) for large audiences using a laser and a multimedia projector, 2011 *Physics Education* **46** 705, Online ISSN: 1361-6552, Print ISSN: 0031-9120, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/6/008>
3. D. Ivanov and S. Nikolov, Optics demonstrations using cylindrical lenses 2015 *Physics Education* **50**, 548, Online ISSN: 1361-6552, Print ISSN: 0031-9120, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/5/548>
4. D. Ivanov and S. Nikolov, A new way to demonstrate the rainbow, 2016 *The Physics Teacher* **54** 460, ISSN: 0031-921x, impact factor: 0.621 (2017), <https://doi.org/10.1119/1.4965263>
5. Д. Иванов и С. Николов, Експерименти по интерференция на светлината с плоскопаралелни стъклени пластинки, 2011, *сп. Физика*, том **36 (54)** кн.6, ISSN: 0204-6976

6. Д. Иванов и С. Николов, Определяне на фокусното разстояние на сферично огледало, 2012, *40-та Юбилейна национална конференция по въпросите на обучението по физика, Габрово*, сборник публикации, стр. 329-336, ISBN: 978-954-580-313-0
7. С. Николов, Някои особености на учебния експеримент по оптика в средното училище, *ПУ "Паисий Хилендарски" Научни трудове*, том 38, кн. 4, 2013 – Физика, стр. 21-26, ISSN: 0861-0029

Използвана литература

1. НАРЕДБА № 5 от 30.11.2015 г. за общообразователната подготовка Обн. - ДВ, бр. 95 от 08.12.2015 г., в сила от 08.12.2015 г. Издадена от министъра на образованието и науката
2. http://mon.bg/upload/2723/physics_7kl_expanded.pdf
3. http://mon.bg/upload/2829/fizika_10kl.pdf
4. http://mon.bg/upload/2894/fizika_12kl.pdf
5. С. Николов, Р. Маврова, *Методи на научното познание*, Пловдив, Макрос 2000, 1993
6. Г. М. Голин, Формирование у учащихся знаний о научном эксперименте, 1984, *Физика в школе*, № 5, 27
7. И. Златев, Доклад на V национална конференция по физика, 1977, *Физика*, № 4
8. В. Мултановски, Доклад на V национална конференция по физика, 1977, *Физика*, № 4
9. Д. Иванов, *Развитие и усъвършенстване на експерименталния метод на обучение по физика в средното училище*, хабилитационен труд за получаване на научно звание професор, ПУ "Паисий Хилендарски", Пловдив, 2005
10. Д. Иванов, Физичният експеримент и обучението по физика в средното училище, Пленарен доклад на XXVI национална конференция по физика, 1998, *Физика*, № 3-4, 5
13. С. М. Graney, V. A. DiNoto, Digitized Video Images as a Tool in the Physics Lab, 1995, *The Physics Teacher* 33, 460 <https://doi.org/10.1119/1.2344267>
14. D. L. Wagner, Using Digitized Video for Motion Analysis, 1994, *The Physics Teacher* 32, 240 <https://doi.org/10.1119/1.2343982>
16. R. Williams, C. Maclean, *Computing in Schools*, 1988
17. G. Kleiman, *How Computers Can Change Education*, 1987
18. Г. Желев, *Видеокомпютърни системи в образованието*, ДИ "Техника", София, 1988
20. J. B. Johnston, The Lecture Demonstration, 1981, *The Physics Teacher* 19, 393 <https://doi.org/10.1119/1.2340820>
21. П. Таргов, Д. Иванов, Л. Дириманов, Магнитна класна дъска за писане, чертане и извършване на демонстрационни опити по физика във вертикална плоскост, 1976, *Физика*, № 1
23. Н. М. Шахмаев, Содержание, роль и место эксперимента в преподавании физики, 1969, *Физика в школе*, № 3, 53
33. А. Д. Ботвинников, Б. Ф. Ломов, *Научные основы формирования графических знаний, умений и навыков школьников*, 1979, Москва
34. Б. Ф. Ломов, *Формирование графических знаний и навыков у учащихся*, 1959 Москва
35. Л. И. Резников, *Графический метод в преподавании физики*, 1960, Москва
36. У. Боумен, *Графическое представление информации*, 1971, Москва
37. Х. Петрова, Д. Иванов, Определяне на физични величини по графичен път, *Сборник доклади на XXVIII национална конференция по физика*, 2000, 173
44. М. И. Махмутов, *Проблемное обучение*, 1975, Москва
45. П. И. Медвецкий, *Проблемное обучение физике*, 1983, Кишинев
46. В. Окон, *Проблемното обучение*, 1986, София
47. Р. И. Малафеев, *Проблемное обучение физике в средней школе*, 1980, Москва
48. Х. Лехнер и др., *Проблемното обучение по физика*, 1990, София
49. М. М. Терентьев, *Демонстрационный эксперимент по физике в проблемном обучении*, 1978, Москва
50. Д. Василев, *Проверяването и оценяването на знанията в обучението*, 1987, Народна просвета, София,

51. О. В. Оноприенко, *Проверка знаний, умений и навыков учащихся по физике в средней школе*, 1988, Просвещение, Москва,
52. *Контроль знаний учащихся*, под ред. В. Г. Разумавского и Р. Ф. Кривошаповой, 1982, Просвещение, Москва
53. Б. С. Зворыкин, Учебный эксперимент при проверке знаний учащихся по физике, 1977, *Физика в школе*, № 6, 41
54. Н. Димитрова, *Технологичен модел на проектно-базирано обучение по физика и астрономия (в продължаващото образование на учителите и в средното училище)*, 2011, Докторска дисертация, Софийски Университет "Св. Климент Охридски"
55. S. Bell, Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future, 2010, *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, Vol. 83, Iss. 2
56. B.J.S. Barron et al, Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning, 1998, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 7, Iss. 3-4
57. P.C. Blumenfeld et al, Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning, 1991, *Educational Psychologist*, Vol. 26, Iss. 3-4
58. <http://iyp.org>
61. Н. Карабашев и колектив, *Физика, учебник за VIII клас на общообразователните трудово-политехнически училища*, Електричество и магнетизъм, Светлина, 1974, Народна просвета, София
62. Й. Фурнаджиев и колектив, *Физика, учебника за 7 клас на единните средни политехнически училища*, 1979, Народна просвета, София
63. В. Караиванов и колектив, *Физика, 7. клас единното средно политехническо училище*, 1987, Народна просвета, София
64. Х. Попов и колектив, *Физика 10 клас, учебно помагало за средното общообразователно училище*, 1999, Просвета, София
65. П. Марков и А. Иванова, *Физика за XI клас на общообразователните трудово-политехнически училища*, 1968, Народна просвета, София
66. И. Златев и колектив, *Физика за XI клас на общообразователните трудово-политехнически училища*, 1979, Народна просвета, София
67. П. Райчев и колектив, *Физика за 10 клас на средното общообразователно училище, Част втора, вълни и частици*, 1991, Просвета, София
68. Колектив, *Физика за 10. клас на ЕСПУ, учебно помагало за временно ползване*, 1990 Народна просвета, София
69. Х. Попов и колектив, *Физика, учебник за 10 клас на единното средно политехническо училище*, 1988, Народна просвета, София
70. М. Борисов и колектив, *Физика за 11 клас на общообразователните трудово-политехнически училища*, 1972, Народна просвета, София
71. D. Ivanov and S. Nikolov, Optics demonstrations using cylindrical lenses 2015 *Physics Education* **50**, 548, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/5/548>
72. Hecht E, *Optics 5th edition*, 2017, Pearson Education
73. <http://scienceworld.wolfram.com/physics/ThickLensFormula.html>
74. S. Bednarek and J. Krysiak, The use of cylindrical lenses in easy experiments for physics education and the magic arts, 2011, *Physics Education* **46** 591, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/5/013>
75. Д. Иванов и С. Николов, Определяне на фокусното разстояние на сферично огледало, 2012, *40-та Юбилейна национална конференция по въпросите на обучението по физика, Габрово, сборник публикации*, стр. 329-336
76. Choi J and Howell J, Paraxial Ray Optics Cloaking, 2014, *Optics Express*, **22**, issue 24, p. 29465, <https://doi.org/10.1364/OE.22.029465>
77. J. Adam, The mathematical physics of rainbows and glories, 2002, *Physics Reports* **356** 229-365, [https://doi.org/10.1016/S0370-1573\(01\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S0370-1573(01)00076-X)
83. D. Ivanov and S. Nikolov, A new way to demonstrate the rainbow, 2016 *The Physics Teacher* **54** 460, <https://doi.org/10.1119/1.4965263>

84. R.L. Lee, Mie theory, Airy theory, and the natural rainbow, 1998, *Applied Optics* Vol. 37, No. 9 1506-1519, <https://doi.org/10.1364/AO.37.001506>
85. P. Laven, Simulation of rainbows, coronas, and glories by use of Mie theory, 2003, *Applied Optics* Vol. 42, No. 3 436-444, <https://doi.org/10.1364/AO.42.000436>
86. M. Vollmer and R. Tammer, Laboratory experiments in atmospheric optics, 1998, *Applied Optics* Vol. 37, No. 9 1557 – 1568, <https://doi.org/10.1364/AO.37.001557>
87. J. Walker, Multiple rainbows from single drops of water and other liquids, 1976, *American Journal of Physics* **44**, 421, <https://doi.org/10.1119/1.10172>
88. R. Whitaker, Physics of the Rainbow, 1974, *The Physics Teacher* **12**, 283, <https://doi.org/10.1119/1.2350374>
89. G. Casini and A. Covello, The “rainbow” in the drop, 2012, *American Journal of Physics* **80**, 1027, <https://doi.org/10.1119/1.4732530>
90. R.D. Russell A rainbow for the classroom, 1989, *The Physics Teacher* **27**, 262, <https://doi.org/10.1119/1.2342749>
95. Д. Иванов и С. Николов, Експерименти по интерференция на светлината с плоскопаралелни стъклени пластинки, 2011, *Физика*, том 36 (54) кн.6
99. D. Ivanov and S. Nikolov, White-light diffraction with a CD, 2010 *Physics Education* **45** 227, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/3/F04>
100. D. Ivanov and S. Nikolov, Demonstrations of wave optics (interference and diffraction of light) for large audiences using a laser and a multimedia projector, 2011 *Physics Education* **46** 705, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/6/008>
106. С. Николов, Новите осветителни технологии и изучаването на оптика в училище, 2015, *43-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика, Благоевград, сборник публикации*
110. С. Николов , Някои особености на учебния експеримент по оптика в средното училище, *ПУ "Паусий Хилендарски" Научни трудове*, том 38, кн. 4, 2013 – Физика, стр. 21-26
111. Г. Бижков, *Методология и методи на педагогическите изследвания*, 1995, Аскони-Издат, София
112. К. Йонов и Б. Ванев, *Експертни оценки*, 1977, Техника, София