

Курсът по оптика за физични специалности*

Теменужка Йовчева¹, Мирослав Абрашев²

¹Пловдивски университет “Паисий Хилендарски”,
Физически факултет, ул. Цар Асен 24, 4000 Пловдив

²Софийски Университет “Св. Климент Охридски”,
Физически факултет, София 1164, бул. Джеймс Баучър 5

Абстракт. В настоящата работа са разгледани въпроси, свързани с обучението в курса по Оптика за физични специалности в двата Физически факултета в България - на Софийския и на Пловдивския университети. Използван е дългогодишният опит на висококвалифицирани преподаватели, водещи курсове по Оптика в двата факултета, както и сега действащите учебни планове и програми в двата университета за придобиване на ОКС “бакалавър” по физична специалност.

Обучението по Оптика и в двата факултета се осъществява по много сходни планове и програми. Курсът по Оптика е четвъртият пореден курс от курсовете по Обща физика и включва лекции, семинарни упражнения и лабораторни (практически) упражнения с хорариум 45(или 60)/30/45. Лекциите се провеждат като се използва традиционното изложение на учебния материал на дъска, както и мултимедийно представяне и демонстрации на основни физични явления. Семинарните упражнения доизясняват и онагледяват с подходящи задачи разглеждания лекционен материал. По време на лабораторните упражнения експериментално се изследват различни оптични явления и закони. Освен аудиторната заетост, за студентите се предвижда и извънаудиторни дейности за самостоятелна подготовка.

Тематичното съдържание на учебната дисциплина Оптика в двата факултета се припокрива приблизително около 80%. Разглежданите общи теми включват най-важните раздели на класическите курсове по Оптика, а именно: основи на електромагнитната теория за светлината, фотометрия, интерференция и дифракция на светлината, холография, взаимодействие на светлината с веществото, поляризация на светлината, геометрична оптика, както и прибори, използващи тези явления.

Основата на курса по Оптика за физични специалности е линейната вълнова оптика, поради което в учебното съдържание на Пловдивския университет само накратко са разгледани принципите на нелинейната оптика. Освен това съвсем информативно са дадени само някои въпроси от квантовата оптика, тъй като тяхното задълбочено изучаване се прави в курса по Атомна и ядрена физика. В учебното съдържание по Оптика на Софийския университет въпросите от нелинейната и квантовата оптика са разгледани много по-подробно, а в програмата на Пловдивския университет въпросите от вълновата оптика са малко по-широко застъпени.

* Доклад, представен на XLIII Конференция по въпросите на обучението по физика, 2–5 април 2015, Благоевград

ВЪВЕДЕНИЕ

През последното десетилетие ние, университетските преподаватели по физика във Физическите факултети, установяваме една много неприятна и трайна тенденция на значителен спад на интереса на студентите към образованието по физически науки. Заедно с това се наблюдава и непрекъснато снижаване на нивото на постъпващите във Физическите факултети студенти, което пък от своя страна води до неизбежното снижаване на нивото на изискванията на университетските преподаватели. Съществуващото положение е напълно разбираемо като се свърже с икономическата ситуация в България и желанието на младежите за лесно обучение, което след това да им осигури бърза и високоплатена реализация. Въпреки, че физическите специалности са в основата на развитието на съвременните технологии и разработването на нови материали, те са свързани с изучаването на трудни дисциплини, изискващи много усилия от страна на студентите и очевидно затова не са особено привлекателни за тях. Във физическите факултети се правят опити за привличане на интереса на студентите чрез създаване на нови специалности и дисциплини, прекрояване на програми, олекотяване на преподавания материал, обмен на нови курсове за обучение и т.н. В тази сложна обстановка се провежда обучението по Оптика за физични специалности.

В настоящата работа са разгледани важни въпроси, свързани обучението в курса по Оптика за физични специалности в двата Физически факултета в България - на Софийския и на Пловдивския университети. Използван е дългогодишният опит на висококвалифицираните преподаватели, водещи занятията в курса по Оптика в двата факултета, както и сега действащите учебни планове и програми в двата университета за придобиване на ОКС бакалавър по физична специалност.

Към студентите се поставят следните предварителни изисквания, които са необходимият минимум, гарантиращ успешно усвояване на материала.

Необходими са добри познания от университетските курсове по механика, електричество и магнетизъм, курсовете по математичните дисциплини и математични методи на физиката. Това, което студентите конкретно трябва да знаят и да могат в аванс, е:

- Основните понятия и закони от средното училище по Оптика;
- Уравненията на Максвел от университетския курс по Електричество и магнетизъм;
- Диференциално и интегрално смятане;
- Съставяне и решаване на диференциални уравнения;

- Изследване на функции;
- Линейна и векторна алгебра.

ПЛАНИРАНИ УЧЕБНИ ДЕЙНОСТИ И МЕТОДИ НА ПРЕПОДАВАНЕ

Обучението по Оптика и в двата факултета се осъществява по много сходни планове и програми. Курсът по Оптика е четвъртият пореден курс от курсовете по Обща физика и включва лекции, семинарни упражнения и лабораторни (практически) упражнения с хорариум съответно – 45(или 60) часа/ 30часа/ 45часа. Лекциите се провеждат като се използва традиционното изложение на учебния материал на дъска, както и мултимедийно представяне и демонстрации на основни физични явления. Семинарните упражнения доизясняват и онагледяват с подходящи задачи разглеждания лекционен материал. По време на лабораторните упражнения експериментално се изследват различни оптични явления. Освен аудиторната заетост, за студентите се предвижда и извънаудиторни дейности за самостоятелна подготовка.

Оптиката, като учение за светлината, заема много важно място в преподаването на общия университетски курс по физика. Основата на курса по Оптика за физични специалности е линеината вълнова оптика и геометричната оптика. Теоретичната основа на представянето на вълновата оптика е теорията на електромагнитното поле и неговото взаимодействие с материята. Във връзка с това, в процеса на обучението по Оптика се поставя важната задача да се свърже изучаването на оптичните явления с електромагнитната теория на Максвел, чиито основи студентите са изучили в предшестващия курс „Електричество и магнетизъм“; да се разкрие дълбокото физично единство на природата на електромагнитните и оптични явления. Теоретичната основа на геометричната оптика е значително по-лесна за усвояване от студентите, тъй като тя се изгражда на базата на несложни зависимости от геометрията, голяма част от които са изучавани в средния курс. Тук е важно да се отбележи и следното. Разбирането на физичната теория е най-трудният за усвояване от студентите елемент на курса, поради наличието на голямо количество абстрактен материал при теоретичните модели. Малко студенти могат да видят физическото явление при разглеждането на физически модел, дори и ако добре владеят описващия го математически апарат.

Успешното изпълнение на задачата за свързване на теоретичните модели с реалните физически явления се подпомага чрез използването на модерни лабораторни практикуми, в които експериментално се изследват различни оптични явления. Използването на съвременни инфор-

мационни технологии при обработката на експерименталните данни се оказва много интересно за студентите и засилва техния интерес и мотивация, тъй като те имат възможност да покажат уменията си по компютърна грамотност при получаването на крайните резултати.

Очевидно е, че най-тясно с реалните физически явления са свързани лабораторните упражнения, докато при решаването на физичните задачи тази връзка е доста по-слаба. На практика по време на семинарното занятие акцентът се поставя главно върху осмислянето и затвърждаването на част от преподавания материал и придобиването на определени умения и техника за решаване на физични задачи. Рядко полученият резултат се анализира от гледна точка на практическата му стойност или използваната методика се препоръчва като методика за експериментални изследвания. Затова при съвременното обучение по Оптика се търсят различни приложни аспекти на физичните задачи в следните примерни направления:

- експериментални установки;
- методи за изследване;
- контролиране на характеристиките на работната среда;
- определяне на физичните характеристики.

Тези направления могат да бъдат допълвани и изменяни. В много случаи една задача може да бъде отнесена към повече от едно направление. Това дава възможност на ръководителя на упражнението да поставя акцента при анализа върху проблеми, касаещи различни приложни аспекти на физичните задачи.

ОБЕЗПЕЧАВАНЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ОПТИКА С УЧЕБНИ МАТЕРИАЛИ

Мнозинството наши студенти не говорят свободно английски език, въпреки, че го изучават в средното училище. Единици са и тези, които владеят руски език. Така, голямото разнообразие от учебници и учебни помагала по Оптика, издадени на тези два езика са недостъпни за нашите студенти. Те могат да използват само ограничен брой учебници и учебни помагала по Оптика на български език (повечето с изчерпан тираж) [1-10]. Като се има предвид, че присъствието на студентите на лекциите и в двата Университета не е задължително и голяма част от тях не посещават редовно тези занятия, то се поражда необходимостта от подробно разписване на лекционния материал от съответния преподавател, за да се осигури на студентите необходимия минимум от знания.

Тематично съдържание

Тематичното съдържание на учебната дисциплина Оптика в двата факултета се припокрива приблизително около 80%. Разглежданите общи теми включват най-важните раздели на класическите курсове по Оптика, а именно: основи на електромагнитната теория за светлината, фотометрия, интерференция и дифракция на светлината, холография, взаимодействие на светлината с веществото, поляризация на светлината, геометрична оптика, както и прибори, използващи тези явления.

Основата на курса по Оптика за физични специалности е линейната вълнова оптика, поради което в учебното съдържание на Пловдивския университет накратко са разгледани принципите на нелинейната оптика. Освен това съвсем информативно са дадени само някои въпроси от квантовата оптика, т.к. тяхното задълбочено изучаване се прави в последващия университетски курс по Атомна и ядрена физика. В учебното съдържание по Оптика на Софийския университет въпросите от нелинейната и квантовата оптика са разгледани много по-подробно, а в програмата на Пловдивския университет въпросите от вълновата оптика са малко по-широко застъпени.

Основните теми от учебното съдържание могат да се резюмират така:

1. Електромагнитна природа на светлината: Предмет на оптиката. Геометрична и физична оптика. Развитие на възгледите за природата на светлината. Разпространение на електромагнитна вълна в изотропна среда. Свойства. Хармонични вълни. Интензивност на светлината. Стоящи вълни. Поляризирани вълни. Видове поляризация. Закон на Малюс.
2. Явления на границата на две среди: Закони за отражение и пречупване на светлината на границата на две диелектрични среди. Пълно вътрешно отражение. Световоди. Формули на Френел.
3. Геометрична оптика: Центрирана оптична система. Правила на знаците. Уравнение на нулевия инвариант. Формула на Нютон. Инвариант на Хюйгенс-Хелмхолмц. Принцип на построяване на образи. Линеино, надлъжно и ъглово увеличение на сферична повърхност. Тънка леща. Идеална оптична система. Събиране на системи. Оптична сила на система. Дебела леща. Недостатъци на оптичните системи. Оптични апарати. Око.
4. Фотометрия: Енергетични и фотометрични величини, зависимости между тях. Единици за измерване. Измерване на фотометрични величини. Субективна и обективна фотометрия. Фотометър на Ричи и на Лумер-Бродхун. Интегрален фотометър на Улбрихт.

5. Интерференция на светлината: Дефиниция на явлението. Опит на Юнг. Анализ на интерференчната картина. Кохерентност на светлинните вълни - временна и пространствена. Двулъчева интерференция чрез делене на фронта на вълната и чрез делене на амплитудата на вълната. Диелектрични интерференчни слоеве. Двулъчеви интерферометри. Многолъчева интерференция. Формули на Ейри. Интерферометри на Лумер-Герке и Фабри-Перо. Характеристики. Интерференчни филтри.
6. Дифракция на светлината: Дефиниция на явлението. Принцип на Хюйгенс-Френел. Френелова и Фраунхоферова дифракция. Зони на Френел. Амплитудни и фазови зонални решетки. Фраунхоферова дифракция от безкрайно дълъг процеп. Изследване на дифракционната картина. Число на Френел. Линейна дифракционна решетка. Разпределение на интензитета на светлината. Дисперсия и разделителна способност на дифракционната решетка. Стъпалчеста решетка на Майкелсон.
7. Холография" Холография. Физическо въведение. Записване и възстановяване на вълновия фронт. Влияние на параметрите на плаката върху качествата на възстановения вълнов фронт. Разделителна способност. Видове холограми. Приложение.
8. Разпространение на светлината в анизотропна среда: Поляризация на светлината при преминаването ѝ през анизотропни диелектрични среди. Теория на Хюйгенс. Поляризационни прибори. Интерференция на поляризираната светлина. Преминаване на плоскополяризирана светлина през кристална пластина. Изкуствена анизотропия - при деформация, ефект на Кер, ефект на Котон-Мутон, ефект на Покелс. Въртене на равнината на поляризация. Оптически активни вещества. Ефект на Фарадей.
9. Квантова оптика: Студено светене – луминесценция. Излъчване на нагрети тела. Закони на Кирхоф, Вин, Стефан-Болцман. Закони на Рейли-Джинс. Формула на Планк. Фотоелектрични явления: външен и вътрешен фотоефект. Фотоелектрични приемници на светлината. Коефициенти на Айнщайн. Спонтанно и принудено излъчване. Инверсна населеност. Връзка между коефициентите на Айнщайн.
10. Нелинейна оптика: Некохерентни линейни ефекти. Материални уравнения за нелинейна среда. Самофокусировка. Нелинейни ефекти, дължащи се на квадратичната поляризуемост. Кохерентна дължина. Фазов синхронизъм. Параметрично преобразуване на честотата.

По всяка от темите се провеждат лекционни и семинарни занятия.

Лабораторните упражнения са разделени на два цикъла и след всеки цикъл (или накрая) се провежда едно занятие - колоквиум. Във Физическите факултети са издадени Практикуми за лабораторни упражнения, които се използват при провеждането на лабораторните упражнения. Те имат за цел да подпомагат студентите да усвоят по-задълбочено курса по Оптика, да осъзнаят основните физични процеси и явления и техните закономерности, да добият елементарни практически навици за точни измервания. Във всяко упражнение студентите се запознават с устройството и принципа на действие на конкретна апаратура или експериментална установка и съответните методи на измерване, които използват при изпълнение на поставените задачи. Специално внимание се отделя на изчисляването на експерименталните неопределености.

Задачите на лабораторните упражнения във ФзФ на ПУ [9] са, както следва:

1. Монохроматор – измерване на спектралната пропускливост на цветни филтри.
2. Рефрактометър на Аббе – определяне коефициента на пречупване на захарни разтвори с различна концентрация.
3. Дисперсия на светлината – определяне на дисперсионните криви и дисперсионните характеристики на стъклени призми.
4. Лазерен рефрактометър – определяне дисперсионните криви на течности и прозрачни филми.
5. Лупа и микроскоп – определяне на увеличението на различни лупи; определяне на размерите на различни предмети с микроскоп.
6. Фотометър на Улбрихт – определяне на светлинния поток и светлинния добив на различни осветителни тела.
7. Нютонови пръстени – определяне на дължината на вълната на монохроматични източници.
8. Интерферометър на Релей – определяне на показателя на пречупване на CO_2 газ.
9. Интерферометър на Майкелсон.
10. Изследване на дифракционна решетка - определяне на константата на дифракционна решетка и на дължината на вълната на светлинен източник.
11. Поляризирана светлина – експериментална проверка на закона на Малюс.
12. Поляриметър на Лоран - изследване на оптично активни захарни разтвори.

13. Изкуствена анизотропия – определяне на разликата в хода на обикновения и необикновения лъч на плексиглас при механична деформация.
14. Поглъщане на светлината – снемане на спектралните характеристики на различни цветни разтвори.
15. Фотоелектричен ефект – снемане на волт-амперна и лукс-амперна характеристики на вакуумна фотоклетка и на лукс-амперна характеристика на селенов фотоелемент.

Задачите на лабораторните упражнения във ФзФ на СУ [10] са, както следва:

1. Рефрактометър на Аббе
2. Въртене на равнината на поляризация
3. Пречупване на светлината през призма
4. Оптични измервания с помощта на хелий-неонов лазер
5. Оптичен микроскоп
6. Външен фотоелектричен ефект
7. Колориметрични измервания
8. Абсорбционна фотометрия
9. Някои закономерности на поляризираната светлина
10. Дифракционна решетка
11. Лъчеизпускане на нагрети тела
12. Измерване на фокусното разстояние на лещи и системи от лещи
13. Интерферометър на Рейли
14. Интерферометрични измервания по метода на нютоновите пръстени с прибора на Дезен
15. Монохроматор
16. Фотометрични измервания

Очакваните учебни резултати след прослушването на курса по Оптика са свързани с усвоените знания, умения и компетенции от студентите.

След прослушването на този курс студентът трябва да може да разпознава оптичните явления, да обяснява причините за тяхното протичане, както и да предсказва бъдещото им развитие. Основавайки се на прости модели, да описва качествено и количествено оптични процеси.

Успешно завършилите обучението по Оптика трябва да знаят:

- основните понятия и закони на оптиката от областите: фотометрия, интерференция, дифракция, поляризация, оптика на кристалите, геометрична оптика, фотоелектрични явления;
- приложенията на оптичните явления в различни области на живота, науката, промишлеността, комуникациите и др.

и да могат:

- да формулират и да решават задачи от изброените по-горе дялове на оптиката;
- да пресмятат елементарни оптични системи с помощта на геометричната оптика;
- да извършват основни оптични измервания на фотометрични, поляризационни, дифракционни и интерферентни величини.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обучението по Оптика за физични дисциплини в двата Физически факултета в България – към Софийския университет и към Пловдивския университет, се осъществява по много сходни планове и програми, като тематичното съдържание се припокрива приблизително около 80%. Курсът е добре балансиран и включва 45(или 60) часа лекции, 30 часа семинарни упражнения и 45 часа лабораторни упражнения. Обучението е обезпечено с учебници и учебни материали на български език.

Литература

- [1] И.В. Горбан (1986) *Оптика*, София, Наука и изкуство.
- [2] М.Н. Илиев (1998) *Оптика*, София, Университетско издателство “Св. Кл. Охридски”.
- [3] И.Й. Лалов (2001) *Електричество, магнетизъм, оптика – първото велико обединение*, София, Университетско издателство “Св. Кл. Охридски”.
- [4] Е.Г. Наджаков (2005) *Електромагнитни и оптични явления*, София, Университетско издателство “Св. Кл. Охридски”.
- [5] М. Балева (2009) *Оптика* София, Херон Прес.
- [6] Т. Василев (1975) *Обща физика, част 2 – Оптика*, Пловдивско университетско издателство “Паисий Хилендарски”.
- [7] Г. Мекишев (2000) *Сборник от задачи по обща физика – II част*, Пловдивско университетско издателство “Паисий Хилендарски”.
- [8] Т. Йовчева, А. Виранева (2015) *Сборник с решени задачи по Оптика*, Пловдивско университетско издателство “Паисий Хилендарски”.

- [9] П. Свещаров, Т. Йовчева, Хр. Полизов, Р. Божинова (2009) *“Практикум по Обща физика, II част*, Пловдивско университетско издателство “Паисий Хилендарски”.
- [10] А. Андреева (редактор) (2005) *Лабораторен практикум по оптика*, София, Университетско издателство “Св. Кл. Охридски”.

Teaching Optics in the Bulgarian Faculties of Physics

Temenuzhka Yovcheva¹, Miroslav Abrashev²

¹Paisii Hilendarski University of Plovdiv, 24 Tsar Asen St., 4000 Plovdiv

²St. Kliment Ohridski University of Sofia, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia

Abstract: This work deals with issues related to the teaching course in Optics for physical specialties in both faculties of physics in Bulgaria – of the Sofia and Plovdiv universities. The current curricula and many years of experience of highly qualified teachers who have been leading courses in Optics in both universities were used. Teaching Optics in both faculties is carried out in very similar curricula. The thematic content of the course Optics in both faculties overlap by approximately 80