

Общая физика: оптика и введение в квантовую механику

Лекторы:

Алексей Щербаков

Ассистент:

Леонид Герчиков

Екатерина Ефремова

Владислав Шоев

Александр Зинчик



Язык:

Русский

Трудоемкость:

6 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

Теоретическая и экспериментальная физика

4 семестр

Беспроводные технологии

4 семестр

| Лекции (ак.час)* | Практические занятия (ак.час) | Лабораторные занятия (ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 48 | 32 | 40 |
| *1 академический час = 45 минутам | | |

Курс специальные разделы оптики представляет собой углубленную версию раздела «Оптика» курса общей физики.

В рамках курса на основе уравнений Максвелла проводится последовательный теоретический анализ решений для электромагнитных волн в вакууме. Предполагается получение волнового уравнения Даламбера в различных представлениях. Подробно разбираются свойства и характеристики фундаментального решения в виде плоских, сферических и цилиндрических электромагнитных волн. Рассматривается резонаторная задача и модовый состав излучения в резонаторе с идеально отражающими стенками. Обсуждается использование Фурье анализа для представления произвольного поля по плоским волнам. Отдельно изучается случай гауссового сигнала. Разбираются вопросы описания полностью поляризованного, частично-поляризованного и неполяризованного излучения. Рассматривается классическая теория дипольного, изучаются модели излучения атома Томпсона, ускоренно движущегося заряда, осциллятора и ротатора. Также рассматриваются вопросы спектральных характеристик излучения эффекты Штарка и Зеемана. Последовательно строится теория распространения и взаимодействия электромагнитных волн с веществом на основе уравнений, дополненных материальными уравнениями. Рассматривается классическая теория дисперсии вещества, в том числе с учетом проводимости среды. Изучаются распространение света в анизотропных средах, включая двуосные кристаллы, искусственная анизотропия и магнетооптические эффекты. Теория дифракции на основе интеграла Кирхгофа. Рассмотрены как дифракция Френеля, так и дифракция Фраунгофера с различной геометрии щели, включая дифракцию на хаотических структурах.

Подробно рассматривается дифракция на периодических структурах и дифракционных решетках, включая рассмотрение решеток с профилированных штрихом, двух и трехмерных периодических структур. Строится последовательная теория спектральных приборов. Освещаются вопросы фурье-оптики и основ голографии, включая принципы динамической голографии. При изучении интерференции рассматриваются двух- и многолучевая интерференция. Подробно рассмотрены основные виды интерферометров и принципы их использования в физических измерениях, в том числе принципы фурье-спектроскопии на основе интерферометров Майкельсона и Фабри-Перо. Подробно рассматриваются вопросы временной и пространственной когерентности. Даются основы матричной оптики, включая расчет гауссовых пучков в центрированной системе методами матричной оптики.

Изучаются вопросы и эффекты, которые стимулировали развитие квантовой теории. Излучение абсолютно твердого тела, гипотеза Планка, квантование поля и фотоны, четырех-вектор энергии-импульса, фотоэффект, эффект Комптона, давление света, интерференционный опыт Юнга с точки зрения корпускулярной теории света. Рассматриваются механизмы возникновения нелинейного отклика среды: учет силы Лоренца, модельное представления отклика среды на базе ангармонического осциллятора, уравнения Максвелла для нелинейных сред. На базе вышеуказанных представлений рассмотрены эффекты самофокусировки, генерации второй гармоник, параметрическое преобразование частоты, вынужденное рассеяние Мандельштамма-Бриллюэна, комбинационное рассеяние.

Содержание курса

4 семестр

Оптика и введение в квантовую механику

Структура курса

| Разделы | Лекции (ак.ч.) | Практика (ак.ч.) |
|---|----------------|------------------|
| Лекция № 1 | | |
| Предмет оптики. Плоские электромагнитные волны. Линейная поляризация. Коэффициенты Френеля. Дисперсия. Диэлектрическая проницаемость металлов и плазмы. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорость. | 2 | 2 |
| Лекция № 2 | | |
| Линейная, круговая и эллиптическая поляризация. Естественный свет. Степень поляризации. Закон Малюса. Плоские волны в анизотропных средах. Уравнение волновых нормалей Френеля. Поверхность нормалей. Оптическая ось. | 2 | |
| Лекция № 3 | | |
| Ортогональность собственных решений в анизотропной среде. Одноосные кристаллы. Обыкновенная и необыкновенная волна. Двулучепреломление на грацах однородной среды и одноосных кристаллов. Распространение энергии. Фазовая и групповая скорость. Поляризующие призмы: николю, призмы Глана-Томсона и Глана-Тейлора, волластон. Искусственная оптическая анизотропия: эффекты Погкельса, Керра и Коттона-Мутона. | 2 | 2 |
| Лекция № 4 | | |
| Полуволновая и четвертьволновая пластинки. Естественная оптическая активность. Интерференция. Интерференционная картина. Видность. Интерференция в тонких пленках. Схемы интерференционных опытов. Интерференция сферических волн. Кольца Ньютона. Протяженный источник в опыте Юнга. | 2 | |
| Лекция № 5 | | |
| Интерференция немонахроматических волн. Временная и пространственная когерентность. Соотношение неопределенностей. Видность интерференционной картины. Теорема Винера-Хинчина. | 2 | 2 |
| Лекция № 6 | | |
| Пространственная когерентность. Теорема ван Циттера-Цернике. Многолучевая интерференция. Интерферометры и их применения | 2 | 2 |
| Лекция № 7 | | |
| Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Интеграл Френеля. Зоны Френеля. Ближняя и дальняя зоны. Дифракционная расходимость. | 2 | |
| Лекция № 8 | | |
| Дифракция Френеля. Дифракция на краю экрана и на щели. Дифракция Гауссова Пучка. | 2 | 2 |
| Лекция № 9 | | |
| Дифракция Фраунгофера. Пространственное преобразование Фурье. Дифракционная решетка. | 2 | |
| Лекция № 10 | | |
| Приближение геометрической оптики. Эйконал. Оптические системы. Параксиальное приближение. Тонкая линза. | 2 | 2 |
| Лекция № 11 | | |
| Элементы фотометрии. Оптические и спектральные приборы. Критерий Рэлея. Интерферометры. Фурье-спектроскопия. | 2 | |
| Лекция № 12 | | |
| Формирование оптических изображений. Методы темного поля и фазового контраста. Методы повышения разрешающей способности. Принципы голографии. | 2 | 2 |
| Лекция № 13 | | |

| | | |
|---|---|---|
| Оптические волноводы и резонаторы. Фотонные кристаллы. Передача информации с помощью оптических сигналов. Принципы резонансного оптического детектирования. | 2 | |
| Лекция № 14 | | |
| Основы нелинейной оптики. Нелинейная поляризация и восприимчивость. Генерация второй гармоники. Самофокусировка. | 2 | 2 |
| Лекция № 15 | | |
| Рассеяние света. Экстинкция. Оптическая теорема. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Рэлеевское рассеяние. | 2 | 2 |
| Лекция № 16 | | |
| Рассеяние на флуктуациях плотности. Рассеяние в мелкодисперсных средах. Парадокс экстинкции. | 2 | |
| Лекция № 17 | | |
| Нелинейный осциллятор во внешнем поле. Бистабильность. Неупругое рассеяния. Комбинационное рассеяние. | 2 | 2 |
| Лекция № 18 | | |
| Излучение ансамбля атомов. Время корреляции. Спектральная плотность мощности. Ударное, доплеровское и полное уширение спектральных линий. | 2 | |
| Лекция № 19 | | |
| Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. | 2 | 2 |
| Лекция № 20 | | |
| Внешний фотоэффект. Гипотеза Эйнштейна относительно квантов света. Уравнение Эйнштейна и объяснение фотоэффекта. Эксперимент Комптона, комптоновская длина волны. | 2 | |
| Лекция № 21 | | |
| Формализм квантовой механики. Уравнение Шредингера. | 2 | 2 |
| Лекция № 22 | | |
| Одномерные потенциальные барьеры и ямы. Туннелирование. Эффект Рамзауэра. Одномерный гармонический осциллятор. | 2 | 2 |
| Лекция № 23 | | |
| Квантовая природа излучения. Спонтанное и вынужденное излучение. Люминесценция. | 2 | |
| Лекция № 24 | | |
| Генерация лазерного излучения. Виды лазеров. Принципы генерации и усиления фемтосекундного лазерного излучения. | 2 | 2 |
| | | 2 |
| | | 2 |

Наименования лабораторных работ:

- 4.01 Определение фокусного расстояния линз методом Бесселя
- 4.02 Определение расстояния между щелями интерференционным методом
- 4.03 Определение радиуса кривизны линзы по интерференционной картине колец Ньютона
- 4.04 Определение показателя преломления стеклянной пластины интерференционным методом
- 4.05 Изучение интерферометра Майкельсона
- 4.06 Определение размера щели по картине дифракции Фраунгофера
- 4.07 Исследование дифракции Фраунгофера на нескольких щелях
- 4.08 Изучение зависимости коэффициента отражения света от ориентации плоскости поляризации
- 4.09 Исследование поляризации света (стопа Столетова)
- 4.10 Законы Малюса и Брюстера
- 4.11 Определение основных характеристик дифракционной решетки
- 4.15. Дифракция. Изучение электроуправляемого пространственного модулятора света
- 4.16 Определение концентрации растворов оптически активного вещества
- 4.17 Изучение пространственной фильтрации. 4F-схема

Рекомендуемые ресурсы

1. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : учебник / Г.С. Ландсберг. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 656 с. — Режим

- доступа: <https://e.lanbook.com/book/2239>. — Загл. с экрана.
- Бутиков, Е.И. Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.И. Бутиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2764>. — Загл. с экрана.
 - Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Игнатов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 596 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95150>. — Загл. с экрана.
 - Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Кузнецов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53685>. — Загл. с экрана.
 - Зисман, Г.А. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/508>.
 - Д.В.Сивухин. ОБЩИЙ КУРС ФИЗИКИ. Т.IV. ОПТИКА.
 - Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. Пер. с англ. — М.: Физматлит, 2000. - 896 с.

Политика оценивания

1. За семестр можно набрать максимум 103 балла:

25 баллов за лабораторные работы

15 баллов за проект

по 15 баллов за каждую из двух контрольных работ (в середине и в конце семестра)

10 баллов за коллоквиум (в середине семестра)

20 баллов за экзамен

3 дополнительных балла за особые успехи

Допускается получение дробных баллов

2. Оценка за семестр:

больше 90 - отлично

больше 74 и до 90 - хорошо

больше 60 и до 74 - удовлетворительно

3. Лабораторные работы

В течение семестра будет 10 лабораторных работ

4. Проекты

5. Контрольные работы:

Две контрольные работы в середине и в конце семестра.

На каждой работе будет предложено 6 задач стоимостью 3 балла каждая (одна задача бонусная). Работа проходит в течение 3.5 часов.

Работа является обязательной к посещению и не предусматривает переписывания.

За контрольную работу обязательно набрать не менее 60% баллов (9 баллов), что соответствует оценке "удовлетворительно". Если студент не набирает нужного числа баллов, ему необходимо добрать недостающие до оценки "удовлетворительно" баллы путем сдачи семинаристу домашнего задания: решение в присутствии семинариста произвольно выбранных задач из домашнего задания, по 2 балла за задачу. Если студент не справляется с указанным процессом, у него будет еще одна попытка добрать баллы за контрольные работы в день экзамена.

6. Коллоквиум и экзамен:

на коллоквиуме и экзамене студент получает билет с двумя теоретическими вопросами билеты на коллоквиуме - по первой половине семестра, билеты на экзамене - по второй половине семестра если студент захочет повысить оценку за коллоквиум или пересдать его, если не сдавал, он сможет сдавать экзамен в конце семестра по всем темам при условии хорошей подготовки на экзамене можно добрать баллы, чтобы повысить итоговую оценку, получив дополнительные задачи: 2 балла за задачу, но не более трех задач

на коллоквиум автоматически допускаются все студенты допуском к экзамену является выполнение контрольных работ на оценку не менее 9 баллов за каждую, получение не менее 60% баллов за лабораторные работы и прохождение защиты проекта при отсутствии допуска к экзамену студент автоматически отправляется на пересдачу, для которой действуют те же правила допуска.

7. Вопросы лектору можно задавать после лекций или направлять в форме личных сообщений через ИСУ или на портале <https://study.physics.itmo.ru/>