

**Содержание учебной дисциплины «Общий курс физики. Оптика»**  
**для студентов Факультета нелинейных процессов**  
 специальностей **013800 «РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА», 010710 «ФИЗИКА**  
**ОТКРЫТЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ»,** направлений **511500 «РАДИОФИЗИКА» и**  
**511600 «ПРИКЛАДНЫЕ МАТЕМАТИКА И ФИЗИКА»**

1.	<u>Введение.</u> Оптика в современной физике. Краткая история развития оптики и основные разделы оптики. Открытия в оптике в 20-ом столетии.
	<b>Электромагнитные волны оптического диапазона. Поляризация света</b>
2.	<u>Электромагнитные волны в однородных, изотропных, не поглощающих, диэлектрических средах.</u> Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Уравнение волны. Плоская и сферическая волны. Основные характеристики колебаний и волн и их физический смысл. Представление монохроматических волн в комплексном виде. Комплексная амплитуда волнового поля. <u>Поляризация электромагнитных волн.</u> Поперечность электромагнитной волны. Взаимная ориентация волнового вектора, векторов электрического и магнитного полей в плоской волне. Типы поляризации электромагнитных волн. Линейно (плоско) поляризованная волна. Круговая (циркулярная) и эллиптическая поляризации. Суперпозиция ортогонально поляризованных волн с одинаковыми частотами. Суперпозиция ортогонально поляризованных волн с различными частотами, с изменяющимися во времени начальными фазами. Случайная (хаотическая) поляризация волн - естественный свет. Частичная поляризация. Степень поляризации.
3.	<u>Модулированные (квазимонохроматические) волны.</u> Амплитудная, фазовая, частотная модуляции. Разложение по гармоническим составляющим. Временной спектр. Волновой цуг конечной длительности. Соотношение между длиной цуга и шириной спектрального интервала. Время и длина когерентности волны. Суперпозиция двух плоских монохроматических волн различной частоты. Биения. Групповая скорость. Формула Рэлея. Дисперсия света. <u>Энергия электромагнитных волн.</u> Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света. Мощность пучка света. <u>Стоячие электромагнитные волны.</u> Уравнение стоячей волны. Узлы и пучности в стоячей волне. <b>Самостоятельно:</b> Регистрация стоячих электромагнитных волн: опыт Винера, цветная фотография Липпмана, объемная голограмма Денисюка.
	<b>Отражение и преломление света</b>
4.	<u>Отражение и преломление света на плоской границе раздела двух изотропных диэлектриков.</u> Вывод законов отражения и преломления: 1 - на основе принципа Гюйгенса (построений Гюйгенса); 2 – из граничных условий для уравнений Максвелла. <u>Формулы Френеля.</u> Физический смысл и вывод формул Френеля. Физические следствия из формул Френеля. Зависимость коэффициентов отражения от угла падения. Изменение фазы волны при отражении. Изменение азимута колебаний линейно поляризованной волны при отражении и преломлении. Поляризация отраженного света при отражении под углом Брюстера. Брюстеровские окна в газовом лазере. Изменение состояния поляризации света при отражении и преломлении. Степень поляризации отраженного и преломленного света. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Закон сохранения энергии отражении и преломлении света. Коэффициент отражения при произвольном азимуте линейной поляризации. Коэффициент отражения для естественного и циркулярно поляризованного света.
5.	<u>Полное внутреннее отражение.</u> Предельный угол полного внутреннего отражения. Призмы полного внутреннего отражения. Волоконные и планарные световоды. <b>Самостоятельно:</b> Неоднородная волна вблизи границы раздела сред при полном внутреннем отражении. Нарушенное полное внутреннее отражение. Изменение состояния поляризации света при полном внутреннем отражении. Преобразование линейно поляризованного света в циркулярно поляризованный при полном внутреннем отражении. Параллелепипед Френеля. <b>Самостоятельно:</b> Отражение света поверхностью металлов. Коэффициент отражения металлов. Глубина проникновения преломленной волны. Изменение состояния поляризации линейно поляризованной волны при отражении поверхностью металлов. Эллипсометрия.

<b>Оптика анизотропных сред. Кристаллооптика</b>	
6.	<u>Распространение света в анизотропной среде.</u> Тензор диэлектрической проницаемости. Одноосные и двуосные кристаллы. Фазовая и лучевая скорости волны в анизотропной среде. Обыкновенные и необыкновенные волны. Уравнение для лучевых скоростей в одноосном кристалле. Поверхности лучевых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн в одноосном кристалле. Преломление света на границе анизотропной среды. Построения Гюйгенса для одноосных сред.
7.	<u>Оптические поляризационные устройства.</u> Кристаллические пластинки в $\lambda_0/4$ и $\lambda_0/2$ . Компенсаторы. Поляриды. Закон Малюса. Фазовая пластина между двумя поляроидами. Поляризационные призмы Николя и Волластона. <b>Самостоятельно:</b> призмы Рошона и Сенармона. Жидкие кристаллы и ЖК экраны. <u>Индукцированная анизотропия оптических свойств.</u> Фотоупругость. Эффекты Керра и Поккельса.
<b>Интерференция света</b>	
8.	<u>Интерференция монохроматических волн точечных источников.</u> Сложение колебаний с использованием векторной диаграммы и комплексной формы записи для уравнения волны. Уравнение интерференции монохроматических волн. Пространственное распределение интенсивности в интерференционной картине. Условия образования максимумов и минимумов интенсивности в интерференционной картине. Интерференционные полосы. Контраст (видность) интерференционных полос.
9.	<u>Интерференция немонахроматических волн.</u> Взаимная когерентность волн. Оптические устройства для получения взаимно когерентных волн и наблюдения их интерференции - интерферометры. Интерферометры с делением волны по амплитуде и по волновому фронту. Оптический путь, оптическая разность хода. Связь разности фаз волн с их оптической разностью хода. Условия формирования светлых и темных интерференционных полос. Разность хода волн, отраженных от плоскопараллельной стеклянной пластины и от оптического клина.
10.	<u>Интерферометры с делением по амплитуде.</u> Интерферометр Майкельсона. Интерферометры: Маха-Цендера, Жамена, Саньяка. <b>Самостоятельно:</b> интерферометр Ньютона, кольца Ньютона. <u>Интерферометры с делением по волновому фронту.</u> Интерферометр Юнга. Период интерференционных полос Юнга. Интерферометр Рэлея. <b>Самостоятельно:</b> бипризма Френеля, бизеркала Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда.
11.	<u>Пространственная и временная когерентность света.</u> Проявление временной когерентности в интерференционном эксперименте. Соотношения между разностью хода и длиной временной когерентности, между временем когерентности и шириной спектрального интервала в интерференционном эксперименте. Предельная разность хода и полное число наблюдаемых интерференционных полос. Функция временной когерентности и ее связь со спектром оптического поля. Зависимость контраста интерференционных полос от степени временной когерентности. Фурье-спектроскопия.
12.	<u>Поперечная пространственная когерентность.</u> Роль конечных размеров источника света. Длина (радиус) поперечной когерентности. Проявление ограниченной поперечной когерентности в интерферометре Юнга. Звездный интерферометр Майкельсона и его современные модификации. Уравнение интерференции частично когерентного света. Когерентные и некогерентные изображающие оптические системы. <b>Самостоятельно факультативно:</b> Функция и степень поперечной когерентности. Теорема Ван-Циттерта-Цернике.
13.	<u>Многолучевая интерференция.</u> Интерферометр Фабри-Перо. Распределение интенсивности в интерференционных картинах в проходящем и ( <b>самостоятельно</b> ) отраженном излучении. Разность фаз и разность хода лучей в интерферометре Фабри-Перо. Применение интерферометра Фабри-Перо в высокоразрешающей спектроскопии. Интерферометр Фабри-Перо – лазерный резонатор. Интерференционные светофильтры. Многослойные диэлектрические интерференционные зеркала. <b>Самостоятельно:</b> просветление поверхности оптических деталей. <b>Самостоятельно:</b> фотография Липпмана в натуральных цветах; голограммы Денисюка. Дифракционная решетка – многолучевой интерферометр с делением по волновому фронту.

<b>Дифракция света</b>	
14.	<p><u>Дифракция света</u>. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционный интеграл. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом экране. Зоны Френеля. Векторные диаграммы. Пятно Пуассона. Амплитудная и фазовая зонные пластинки Френеля. Линза Френеля.</p> <p><u>Дифракция Фраунгофера – дифракция дальнего поля, дифракция в параллельных лучах</u>. Дифракция Фраунгофера на щели и на прямоугольном отверстии. Распределение интенсивности в дифракционной картине. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии. Дифракционная расходимость (уширение) световых пучков. Дифракционный предел разрешения оптических систем.</p>
15.	<p><u>Дифракционная решетка</u>. Распределение интенсивности в картине дифракции на щелевой дифракционной решетке. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дифракционный спектрограф. Разрешающая способность дифракционной решетки.</p> <p><b>Самостоятельно:</b> фазовые дифракционные решетки, отражающие дифракционные решетки, дифракция Брегга-Вульфа на трехмерных решетках, объемные дифракционные решетки, дифракция света на бегущей и стоячей акустических волнах.</p>
16.	<p><u>Физические принципы голографии</u>. Голографические схемы записи и восстановления оптических полей. Голографическая интерферометрия. Объемные голограммы Денисюка. Метод голографической интерферометрии. Цифровая голография.</p>
<b>Молекулярная оптика. Нелинейная оптика.</b>	
17.	<p><u>Распространения света в изотропной диспергирующей среде</u>. Поляризация среды. Дисперсия света. Уравнение плоской монохроматической волны в поглощающей среде. Закон Бугера. Волновые пакеты. Групповая скорость волны. Формула Рэлея.</p> <p><u>Классическая электронная теория дисперсии</u>. Уравнение движения осциллятора во внешнем поле. Дисперсия вдали от линии поглощения. Дисперсия в области линии поглощения -аномальная дисперсия. Дисперсионная кривая и спектральный контур поглощения.</p> <p><b>Самостоятельно:</b> Экспериментальные методы исследования аномальной дисперсии. Метод скрещенных призм. Интерференционный метод. Метод "крюков" Рождественского.</p>
18.	<p><u>Эффект вращения направления (плоскости) поляризации при распространении света в веществе</u>. Естественное вращение плоскости поляризации. <b>Самостоятельно:</b> Опыт Френеля. Сахарометрия. Поляриметры.</p> <p>Эффект вращения направления линейной поляризации в магнитном поле - эффект Фарадея.</p>
19.	<p><u>Рассеяние света в неоднородных средах и его закономерности</u>. Индикатриса рассеяния. Поляризация рассеянного света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние. Объяснение цвета зари и неба. Неупругое рассеяние света. Комбинационное рассеяние – рассеяние Мандельштама-Рамана.</p> <p><u>Нелинейная оптика</u>. Генерация второй гармоники. Самофокусировка световых пучков. Просветление, многофотонное поглощение.</p>
<b>Оптика движущихся тел</b>	
20.	<p><b>Самостоятельно:</b> <u>Скорость света и методы ее определения</u>. Астрономические методы Ремера (по спутникам Юпитера) и Брадлея (метод аберраций). Лабораторные методы Физо (метод прерываний) и Фуко (метод вращающегося зеркала). Современные лабораторные методы определения скорости света.</p> <p><u>Проявление движения среды в интерференционных опытах</u>. Опыт Физо. Интерферометр и эффект Саньяка. Оптический интерференционный гироскоп.</p> <p>Опыт Майкельсона - попытка обнаружения движения Земли оптическим методом.</p>
21.	<p><u>Эффект Доплера в оптике</u>. Проявление эффекта Доплера в спектральных исследованиях (частотный сдвиг спектральных линий излучения звезд, доплеровское уширение спектральных линий).</p> <p><b>Самостоятельно:</b> Проявление эффекта Доплера при дифракции и интерференции света; сдвиг частоты света при дифракции на движущейся дифракционной решетке, дифракция света на бегущей акустической волне.</p>

#### 4. Перечень основной и дополнительной литературы

1.	Бутиков Е.И. Оптика. - С.-Петербург: Невский Диалект: БХВ-Петербург. 2003. - 480 с. Бутиков Е.И. Оптика. - М.: Высшая школа, 1986. - 512 с
2.	Ландсберг Г.С. Оптика. Издание 5-е. - М.: Наука, 1976. - 928 с. Издание 6-е. - М.: Наука, 2006. - 928 с.
3.	Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - М.: Наука, 1978. - 480 с.
4.	Калитеевский Н.И. Волновая оптика. - М.: Высшая школа, 1995. - 463 с.
5.	Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. - М.: Наука, 1976. - 752 с. 3-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 792 с.
6.	Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л." Основы оптики. Издательство: С.-П. Изд-во «Питер», 2006. – 336 с.
7.	Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика: Учебник. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 656 с.
8.	Матвеев А.Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985. - 351 с.
9.	Годжаев Н.М. Оптика. - М.: Высшая школа, 1977. - 432 с.
10.	Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. 3-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 656 с.
	<b>Физический практикум. Задачники</b>
11.	Физический практикум. Оптика. <a href="http://optics.sgu.ru/library/education/laboptics">http://optics.sgu.ru/library/education/laboptics</a>
12.	Рябухо В.П. Сборник задач по общему курсу физики. Волновая оптика. – СГУ. Кафедра оптики и биофотоники. 2011. 100 с. (электронное издание)
13.	Физический практикум. Электричество и оптика. Под редакцией В.И.Ивероновой. М.; Наука, 1968.
14.	Сборник задач по общему курсу физики. Оптика. / Под ред. Д.В.Сивухина, изд. 4. - М.: Наука, 1977. - 320 с.
15.	И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. М.; Наука, 1988.
16.	Ильичева Е.Н., Кудеяров Ю.В., Матвеев А.Н. Методика решения задач оптики. /Под ред. А.Н.Матвеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 232 с.
	<b>Дополнительная литература</b>
17.	Борн М., Вольф Э. Основы оптики. - М.: Наука, 1973. - 720 с.
18.	Дитчберн Р. Физическая оптика. 1965.
19.	Учебно-методические материалы по оптике, размещенные на Интернет-сайте кафедры оптики и биофотоники <a href="http://optics.sgu.ru">http://optics.sgu.ru</a>
20.	Федосов И.В. Геометрическая оптика (учебное пособие). - Саратов: Сателлит. – 2008. – 92 с.

Профессор кафедры оптики и биофотоники физического факультета,  
д.ф.-м.н., профессор

В.П. Рябухо