

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И БИОФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3/2

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика
[2] 12.04.04 Биотехнические системы и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
1	4	144	16	16	0	76	0	Э
2	3-4	108- 144	15	15	0	42-78	0	Э
Итого	7-8	252- 288	31	31	0	0 118- 154	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина является частью профессионального модуля образовательной программы.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе рассматриваются электромагнитная теория света, физика излучения света, интерференция и дифракция волн, когерентность оптического излучения, вопросы взаимодействия излучения с веществом. Из уравнений Максвелла строятся геометрическое и квазиоптическое приближения распространения оптического излучения. Выводятся основные законы геометрической оптики, интерференции и дифракции излучения. Рассматриваются отражение и преломление световых волн на границе раздела, свойства неоднородных поверхностных волн. Излагается макроскопическая теория дисперсии – формулы Крамерса-Кронига, строится микроскопическая теория дисперсии в окнах прозрачности и теория резонансного взаимодействия света с атомами и молекулами. На основании изложенного материала рассматриваются конкретные примеры, например, оптика и взаимодействие с веществом ультракоротких лазерных импульсов, оптика метаматериалов и оптические свойства наночастиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, оптика твердого тела, взаимодействие лазерного излучения с веществом, полупроводниковые лазеры.

В курсе рассматриваются электромагнитная теория света, физика излучения света, интерференция и дифракция волн, когерентность оптического излучения, вопросы взаимодействия излучения с веществом. Из уравнений Максвелла строятся геометрическое и квазиоптическое приближения распространения оптического излучения. Выводятся основные законы геометрической оптики, интерференции и дифракции излучения. Рассматриваются отражение и преломление световых волн на границе раздела, свойства неоднородных поверхностных волн. Излагается макроскопическая теория дисперсии – формулы Крамерса-Кронига, строится микроскопическая теория дисперсии в окнах прозрачности и теория резонансного взаимодействия света с атомами и молекулами. На основании изложенного материала рассматриваются конкретные примеры, например, оптика и взаимодействие с веществом ультракоротких лазерных импульсов, оптика метаматериалов и оптические свойства наночастиц.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

- установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;
- установок и систем лазерной обработки материалов;
- использования нелинейно-оптических процессов при разработке новых установок, материалов и изделий;
- методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий;
- лазерных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>3-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации</p> <p>У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации</p> <p>В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий</p>
УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>3-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами</p> <p>У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p> <p>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта</p>
УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>3-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения</p> <p>У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности</p> <p>В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик</p>

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>Анализ научно-технической информации по теме планируемых исследований в области создания инновационных наноразмерных и наноструктурированных изделий и технологий для биотехнических систем и биомедицинских применений. Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, выбор методик и средств решения сформулированных задач, подготовка отдельных заданий для исполнителей. Организация и участие в проведении физических, химических и медико-биологических экспериментов, сбор, обработка, систематизация и анализ результатов исследований. Сбор, обработка и систематизация информации, необходимой для эффективного выполнения задач профессионального и</p>	<p>Наноразмерные и наноструктурированные биотехнические системы, медицинские изделия для решения задач диагностики, лечения, мониторинга состояния здоровья человека, медицинской реабилитации, технологии биомедицинских исследований с применением этих систем.</p>	<p>ПК-2.2 [2] - Способен организовывать поиск научно-технической информации о существующих наноструктурированных лекарственных и диагностических средствах и существующих способах их производства</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 26.022</p>	<p>З-ПК-2.2[2] - Знать существующие требования, стандарты, технические условия и нормативы на составы, методы получения и свойства наноструктурированных лекарственных и диагностических средств.; У-ПК-2.2[2] - Уметь анализировать и сравнивать между собой информацию о наноструктурированных лекарственных и диагностических средствах и существующих способах их производства.; В-ПК-2.2[2] - Владеть методами работы с современными базами данных научно-технической литературы.</p>

<p>личного развития.</p> <p>- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства</p>	<p>ПК-4.1 [1] - Способен применять на практике знания лазерной физики, физики полупроводников, оптики, физических основ взаимодействия излучения с веществом для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.006, 40.037, 40.039</p>	<p>З-ПК-4.1[1] - Знать законы и принципы физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики; У-ПК-4.1[1] - Уметь формулировать, выделять, анализировать исходные данные об исследуемом объекте и явлении, исходя из законов и принципов физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики; В-ПК-4.1[1] - Владеть приемами и методами, используемыми в области физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики, для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений</p>
<p>- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения</p>	<p>физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства</p>	<p>ПК-4.2 [1] - Способен ставить и решать теоретические и экспериментальные задачи в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037, 40.039</p>	<p>З-ПК-4.2[1] - Знать теоретические и аналитические модели и основные приемы проведения эксперимента в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом; У-ПК-4.2[1] - Уметь формулировать задачи исследования в области физики конденсированного</p>

<p>исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>			<p>вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом, выбирать подходящие модели, экспериментальные приемы и методы исследования; В-ПК-4.2[1] - Владеть навыками анализа полученных результатов, формулирования выводов, корректировки дальнейшего плана исследования в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p>
<p>проектный</p>			
<p>Осуществлять разработку оборудования и программного обеспечения, предназначенного для оптического воздействия и анализа биологических тканей</p>	<p>Оборудование и программное обеспечение, предназначенное для оптического воздействия и анализа биологических тканей</p>	<p>ПК-5.4 [1] - Способен разрабатывать медицинское лазерное, видеофлуоресцентное и спектроскопическое оборудование</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>3-ПК-5.4[1] - Знать принципы получения спектральной информации; типы и схемы монохроматоров; оптические элементы, доступные в библиотеке Zemax; элементы управления Zemax; возможности расчета оптических систем в Zemax; принципы формирования и распространения гауссовых пучков в воздухе, полимерах и стеклах; возможности сопряжения излучения на выходе лазерных резонаторов различных типов с оптоволоконными устройствами; принципы распространения света в оптоволоконных</p>

			<p>устройствах; конструкции систем формирования однородного распределения излучения в осветительном пятне, их параметры и свойства; оптоволоконные устройства передачи изображений, их типы, свойства, условия применения, достоинства и недостатки; параметры выходного лазерного излучения, нормы, допустимые пределы значений характерных величин для медико-биологического применения; режимы лазерного излучения, используемые для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии; принципы работы полупроводниковых лазеров; принципы работы твердотельных лазеров; типы диспергирующих элементов (в частности, дифракционных решеток), их достоинства и недостатки, условия использования, особенности монтажа; типы фотоприемников, их достоинства и недостатки, условия использования, особенности монтажа; спектральные свойства цветных стекол и интерференционных фильтров; У-ПК-5.4[1] - Уметь</p>
--	--	--	--

			<p>разрабатывать в среде Zemax оптические схемы; осуществлять настройку и юстировку спектрометра с оптоволоконным выходом;</p> <p>конструировать линзовые системы визуализации;</p> <p>разрабатывать оптические схемы оптоволоконных устройств для передачи освещения и изображения;</p> <p>В-ПК-5.4[1] - Владеть опытом разработки оптической системы лазеров медицинского назначения с оптоволоконным выходом; юстировкой и отладкой лазеров медицинского назначения;</p> <p>разработкой и отладкой оптической системы спектроскопического оборудования</p>
проектно-конструкторский			
<p>Определение целей, постановка задач проектирования, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ в сфере наноразмерных и наноструктурированных биотехнических систем и технологий.</p> <p>Проектирование устройств, приборов, систем и комплексов биомедицинского назначения, включающих в себя наноразмерные и/или наноструктурированные элементы. Подготовка научно-технических отчетов в соответствии</p>	<p>Наноразмерные и наноструктурированные биотехнические системы, медицинские изделия для решения задач диагностики, лечения, мониторинга состояния здоровья человека, медицинской реабилитации, технологии биомедицинских исследований с применением этих систем.</p>	<p>ПК-6 [2] - способен составлять описания проводимых исследований, собирать данные для составления отчетов, обзоров, технической документации</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 26.014</p>	<p>З-ПК-6[2] - Знать подходы к составлению описания проводимых исследований, сбору данных для составления отчетов, обзоров, технической документации ;</p> <p>У-ПК-6[2] - Уметь разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования биотехнических систем и медицинских изделий. ;</p> <p>В-ПК-6[2] - Владеть методами проектирования инновационных биотехнических систем</p>

с требованиями нормативных документов, составление обзоров и подготовка публикаций по результатам проведенных исследований и работ.			и технологий, подходами к составлению описания проводимых исследований, сбору данных для составления отчетов, обзоров, технической документации
---	--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2,

							3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, 3-ПК-5.4, У-ПК-5.4, В-ПК-5.4, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2
2	Раздел 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-4.2, У-ПК-

							4.2, В- ПК- 4.2, 3-УК- 6, У- УК-6, В- УК-6, 3-ПК- 5.4, У- ПК- 5.4, В- ПК- 5.4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3-УК- 2, У- УК-2, В- УК-2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	В- ПК- 4.1, 3-ПК- 4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2, 3-УК- 6, У- УК-6, В- УК-6, 3-ПК- 5.4, У- ПК-

							5.4, В- ПК- 5.4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3-УК- 2, У- УК-2, В- УК-2, 3-ПК- 2.2, У- ПК- 2.2, В- ПК- 2.2, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 4.1, У- ПК- 4.1
	<i>2 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК- 5.4, У- ПК- 5.4, В- ПК- 5.4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3-УК- 2,

							У- УК-2, В- УК-2
2	Раздел 2	9-15	7/7/0		25	КИ-15	3-ПК- 5.4, У- ПК- 5.4, В- ПК- 5.4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3-УК- 2, У- УК-2, В- УК-2
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК- 5.4, У- ПК- 5.4, В- ПК- 5.4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3-УК- 2, У- УК-2, В- УК-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозна	Полное наименование
--------	---------------------

чение	
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>I Семестр</i>	16	16	0
1-8	Раздел 1	8	8	0
1 - 3	Тема 1. Уравнения Максвелла и их общие свойства. Плотность и поток энергии электромагнитного поля, уравнение непрерывности. Принцип суперпозиции. Комплексные решения уравнений Максвелла и их связь с физическими полями. Разложение решений уравнений Максвелла в интеграл Фурье, монохроматические решения. Плоские волны, частота, волновой вектор, амплитуда и фаза плоской волны, скорость распространения, поляризация. Основные операции с векторными величинами. Скалярный и векторный потенциалы. Градиентная инвариантность. Условия калибровки. Волновые уравнения. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Тема 2. Понятие волновой зоны (дальней зоны, зоны излучения). Средняя по времени плотность потока энергии и интенсивность излучения. Отношение размера излучающей системы к длине волны излучения при классическом и квантовомеханическом описании движения зарядов. Относительная интенсивность излучения мультиполей. Электрическое дипольное излучение, индикатрисса направленности и полная интенсивность.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Тема 3. Уравнение движения классического осциллятора в поле монохроматической волны. Радиационное затухание. Роль радиационного затухания в аргументации необходимости создания квантовой механики и его трактовка в квантовой теории. Поляризуемость классического осциллятора. Оптическая теорема. Сечения ослабления, рассеяния и поглощения света. Сечения Рэлеевского и Томпсоновского рассеяния света. Резонансная флюоресценция. Допплеровская форма линии поглощения и излучения света. Роль эффекта Допплера как основного фактора, ограничивающего точность спектроскопических измерений. Допплеровская форма линии рассеяния в разреженных газах и ее видоизменение в плотных газах и жидкостях.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Раздел 2	8	8	0
9 - 10	Тема 4. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Диэлектрическая	Всего аудиторных часов		

	проницаемость разреженных газов. Распространение электромагнитной волны в среде с комплексной диэлектрической проницаемостью.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Тема 5. Магнитно-дипольное излучение витка с переменным током. Циклотронное излучение. Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова, волновой фронт, поляризация, спектральная и полная интенсивность.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	Тема 6. Геометрическая оптика скалярного поля. Переход к медленным переменным и пределы применимости геометрической оптики. Уравнение эйконала. Понятие лучей и фазовая скорость света. Уравнение для амплитуды волны. Резкая граница между светом и тенью в геометрической оптике. Принцип Ферма. Уравнение для лучей. Законы преломления и отражения в геометрической оптике. Методы просветляющих покрытий. Геометрическая оптика векторного поля, сохранение потока. Закон сохранения яркости. Угловой эйконал. Аксиально-симметричные оптические системы. Тонкие пучки лучей и законы параксиальной оптики, стигматичность изображения, продольное и поперечное увеличения. Идеальная оптика.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>2 Семестр</i>	15	15	0
1-8	Раздел 1	8	8	0
1 - 3	Тема 1. Формула Кирхгофа. Дифракция сферической волны на плоском экране. Принцип Гюйгенса-Френеля. Функция Грина, альтернативная формула для прошедшей через отверстие волны. Принцип Гюйгенса-Френеля в случае дифракции на отверстии произвольной формы. Малые углы дифракции. Дифракция Френеля на полуплоскости. Интегралы Френеля и спираль Корню, построение дифракционной картины. Дифракция Фраунгофера на щели, отверстия прямоугольной формы и на круглом отверстии. Принцип Бабинне. Дифракция на шаре. Дифракционное изображение точки объективом и дифракционная разрешающая способность оптических приборов. Камера-обскура и ее предельная разрешающая способность. Предельная разрешающая способность призмного спектрографа.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Тема 2. Отражение и преломление волн. Непрерывность тангенциальных составляющих электрического и магнитного полей волны на границе раздела. Полное внутреннее отражение, неоднородные плоские волны. Формулы Френеля. Коэффициент отражения. Изменение поляризации волн при отражении и преломлении. Угол Брюстера. Отражение света от металлической поверхности, роль поглощения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Тема 3. Интерференционный опыт Юнга. Влияние	Всего аудиторных часов		
		3	3	0

	немонохроматичности и пространственных размеров источника на видность интерференционной картины. Длина когерентности, время когерентности и угол когерентности. Точность сравнения длины волны света с масштабной линейкой. Функции взаимной когерентности и функции корреляции светового поля. Связь функции корреляции со спектральной плотностью светового поля. Видность интерференционной картины. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Звездный интерферометр Майкельсона. Восстановление изображения объекта методом численной обработки интерференционной картины. Внеатмосферная радиоинтерферометрия. Интерференция интенсивностей. Функция корреляции интенсивностей теплового источника, опыт Брауна-Твисса. Исследование спектрального состава света методом автокорреляции интенсивностей, сравнение разрешающей способности и светосилы этого метода с разрешающей способностью и светосилой резонатора Фабри-Перо.	Онлайн		
		0	0	0
9-15	Раздел 2	7	7	0
9 - 11	Тема 4. Аналитические свойства диэлектрической проницаемости $\epsilon(\omega)$. Формулы Крамерса-Кронига. Поведение $\epsilon(\omega)$ при $\omega > 0$ и при $\omega \rightarrow \infty$. Области нормальной и аномальной дисперсии. Окна прозрачности. Поведение $\epsilon(\omega)$ в широком окне прозрачности, плазменные волны. Отсутствие нулей у функции $\epsilon(\omega)$ в верхней полуплоскости комплексных значений ω и невозможность распространения сигнала в среде со скоростью, превышающей скорость света. Распространение в среде волновых пакетов, групповая скорость света и ограничение , как следствие формул Крамерса-Кронига.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 15	Тема 5. Взаимодействие атомов и молекул с резонансным полем. Уравнение для матрицы плотности и феноменологическое введение коэффициентов релаксации. Поляризуемость атомов и молекул при нерезонансном поле. Переход к медленным переменным. Эффект насыщения. Сечения поглощения и вынужденного излучения. Коэффициенты Эйнштейна, спектральная и полная вероятности радиационного перехода. Однородное и неоднородное уширение линии. Коэффициенты поглощения и вынужденного излучения. Порог генерации лазера и интенсивность генерации в стационарном режиме. Выгорание населенностей в случае линии уширенной эффектом Доплера. Методы внутренней и внешней поглощающей ячейки в нелинейной лазерной спектроскопии. Влияние эффекта отдачи и квадратичного эффекта Доплера. Современный лазерный стандарт частоты. Уравнение Шредингера для атома в поле монохроматической волны. Электрическое дипольное, магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучение. Правила отбора и соотношения между	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

<p>вероятностями мультипольных переходов. Роль мультипольных переходов в атомной спектроскопии. Вероятности электрических дипольных переходов в молекулах. Резонансы Рамси. Закон Кирхгофа. Оптическая толщина слоя. Эффект самопоглощения. Парниковый эффект и его роль в балансе температуры Земли.</p>			
---	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
	1 тема Комплексные решения уравнений Максвелла и их связь с физическими полями. Разложение решений уравнений Максвелла в интеграл Фурье, монохроматические решения. Плоские волны, частота, волновой вектор, амплитуда и фаза плоской волны, скорость распространения
	2 тема Поляризация световых волн. Двойное лучепреломление. Четвертьволновая и полуволновая пластинки.
	3 тема Понятие волновой зоны (дальней зоны, зоны излучения). Отношение размера излучающей системы к длине волны излучения при классическом и квантовомеханическом описании движения зарядов
	4 тема Средняя по времени плотность потока энергии и интенсивность излучения.
	5 тема Электрическое дипольное излучение, индикатрисса направленности и полная интенсивность. Движение классического осциллятора в поле монохроматической волны. Радиационное затухание.
	6 тема Поляризуемость классического осциллятора. Сечения ослабления, рассеяния и поглощения света. Допплеровская

	форма линии поглощения и излучения света.
	7 тема Закон Бугера-Ламберта-Бера. Распространение электромагнитной волны в среде с комплексной диэлектрической проницаемостью.
	8 тема Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова.
	9 тема Понятие лучей и фазовая скорость света. Законы преломления и отражения в геометрической оптике.
	10 тема Методы просветляющих покрытий. Интерференционные полосы равной толщины и равного наклона.
	Укажите название пункта Тонкие пучки лучей и законы параксиальной оптики, стигматичность изображения, продольное и поперечное увеличения. Идеальная оптика.
	<i>2 Семестр</i>
	1 тема Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на непрозрачном диске. Зонная пластинка.
	2 тема Малые углы дифракции. Дифракция Фраунгофера на щели и на круглом отверстии. Дифракционная решетка.
	3 тема Дифракционное изображение точки объективом и дифракционная разрешающая способность оптических приборов.
	4 тема Отражение и преломление волн. Полное внутреннее отражение. Формулы Френеля. Коэффициент отражения. Изменение поляризации волн при отражении и преломлении. Угол Брюстера.
	5 тема Интерференционный опыт Юнга. Длина когерентности, время когерентности и угол когерентности. Звездный интерферометр Майкельсона.
	6 тема Исследование спектрального состава света при помощи резонатора Фабри-Перо.
	7 тема Формулы Крамерса-Кронига. Поведение $\epsilon(\omega)$ при $\omega \rightarrow 0$ и при $\omega \rightarrow \infty$. Области нормальной и аномальной дисперсии. Распространение в среде волновых пакетов, групповая скорость света и ограничение .
	8 тема Взаимодействие атомов и молекул с резонансным полем. Сечения поглощения и вынужденного излучения. Коэффициенты Эйнштейна, спектральная и полная вероятности радиационного перехода.
	9 тема

	Однородное и неоднородное уширение линии. Коэффициенты поглощения и вынужденного излучения.
	10 тема Электрическое дипольное, магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучение. Правила отбора и соотношения между вероятностями мультипольных переходов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в повторении ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям. С целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся в учебном процессе, широко используются технологии активного обучения, интерактивные формы проведения занятий – дискуссии, обсуждение тем для самостоятельного изучения. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, проводимых в ФИАН, НИЯУ МИФИ, а также в других организациях.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-16	
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УК-2	З-УК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УК-6	З-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
	У-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
	В-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16	
ПК-4.1	З-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-4.1	Э, КИ-8, КИ-16	
ПК-4.2	З-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16	

	В-ПК-4.2	Э, КИ-8, КИ-16	
ПК-5.4	З-ПК-5.4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5.4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5.4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Г 70 Оптика : учебник и практикум для вузов, Москва: Юрайт, 2021
2. ЭИ С 78 Основы оптики : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. 53 С34 Общий курс физики Т.4 Оптика, , Москва: Физматлит, 2006
4. 537 3-43 Принципы лазеров : , О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 535 Б82 Основы оптики : , М. Борн, Э. Вольф, М.: Наука, 1973
2. 535 А95 Физическая оптика : учебник для вузов, С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин, Москва: Наука, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- оценка участия в практических занятиях;

- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- оценка участия в практических занятиях;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Канавин Андрей Павлович, к.ф.-м.н., с.н.с.