

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Квантовой электроники»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, д.ф.-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

«___» _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЛАЗЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) _____ **03.03.01 Прикладные математика и физика**

Наименование образовательной программы _____ **Квантовая электроника**

Квалификация (степень) выпускника _____ **бакалавр**

Форма обучения _____ **очная**

Программа одобрена на заседании кафедры _____ **Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор**

_____ **Ф.А. Стариков**

протокол № _____ **«___» _____ 2023г.**

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
7	32	5	180	16	32	-	96	0	Э
ИТОГО	32	5	180	16	32	-	96	0	36

АННОТАЦИЯ

На курсе "Лазерные измерения" студенты получают знания по отдельным приборам и методикам изучаемого курса, знакомятся на действующих лазерных установках с приборами и методиками измерения характеристик лазеров: энергии, длительности, мощности излучения, расходимости, пространственно-временных характеристик, спектрального состава излучения.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса - "Лазерные измерения" является ознакомление студентов с основными методами измерения характеристик лазерного излучения, техникой и практической работой приборов и устройств для измерения параметров лазерного излучения. В изложении рассматривается физика явлений, процессов положенных в основу измерительных приборов и методик, даются спектральные чувствительности приборов и их разрешающие способности: точность и погрешность измерения.

1. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина "Лазерные измерения", входящая в часть, формируемую участниками образовательных отношений по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладные математика и физика», опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: физическая и геометрическая оптика. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и университетскому курсу математики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

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

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия	З-УК-8 Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычай-

жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	ных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте У-УК-8 Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте В-УК-8 Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте
---	--

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский

проведение научных и аналитических исследований в области лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований по отдельным разделам темы в рамках предметной области по профилю специализации	классические и квантовые поля, плотная горячая плазма, лазеры и их применения, математические модели для теоретического и численного исследований явлений и закономерностей в указанных выше областях физики, включая физику лазеров, физическую оптику, спектроскопию	ПК-1 Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и Опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-1 Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. У-ПК-1 Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования. В-ПК-1 Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по
---	---	---	---

		ПК-2 Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и Опытно-конструкторским разработкам»	тематике исследования З-ПК-2 Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. У-ПК-2 Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области В-ПК-2 Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области
Тип задачи профессиональной деятельности: проектный			
участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей	классические и квантовые поля, плотная горячая плазма, лазеры и их применения, математические модели для теоретического и численного исследований явлений и закономерностей в указанных выше областях физики, включая физику лазеров, физическую оптику, спектроскопию	ПК-10.1 способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области в области лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований, квантовой электроники с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов	З-ПК-10.1 знать нормы и правила ядерной и радиационной безопасности У-ПК-10.1 уметь проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений В-ПК-10.1 владеть навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных

Профессиональный стандарт «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»	данных
ПК-10.2 способен к участию в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий в области физики лазеров и лазерной плазмы	З-ПК-10.2 знать порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ У-ПК-10.2 уметь создавать математические модели процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках
Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»	В-ПК-10.2 владеть навыками обработки результатов расчетных исследований

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	44		
Семестр №4								
1.	Название раздела							
1.1.	Тема 1. Характеристики лазерного излучения. Принципы построения оптических измерительных схем. Фильтрация излучения. Способы защиты измерения от паразитных эффектов.	1-2	4	4	-	6	ДЗ, КР	5
1.2.	Тема 2. Приемники на тепловых и фотонных эффектах.	3-4	4	4	-	6	ДЗ, КР	5
1.3	Тема 3. Измерение поляризации оптических и спектральных характеристик излучения	5-6	4	4	-	6		5
Рубежный контроль		6	КР					5
2.	Название раздела							
2.1.	Раздел 4. Измерение временных характеристик излучения. Контраст. Регистрация квазиимпульсного излучения. Электронно-оптические преобразователи излучения	7-8	4	4	-	6		5

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	44		
2.2.	Раздел 5. Изменение энергетических характеристик излучения. Измерение структуры поля в ближней и дальней зонах.	9-11	4	4	-	6		5
2.3	Раздел 6. Когерентность излучения. Интерферометрические схемы и методы измерений	12-14	6	6	-	8		5
2.4	Раздел 7. Математическая обработка изображений. Статистический анализ, расчет погрешностей, представление результатов	15-16	6	6	-	6		5
Рубежный контроль		16 (15)	КР					5
Промежуточная аттестация		Экзамен					36 / 0	0 - 50
Посещаемость								5
Итого:			32	32	-	44		100

***Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:**

УО – устный опрос

КР – контрольная работа, ДЗ-домашнее задание.

Тест – тестирование (письменный опрос)

ДЗ – домашнее задание

РГР – расчетно-графическая работа

Э/Зач/ЗсО – экзамен/зачет/зачет с оценкой и др.

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Название раздела 1	
1	Тема 1 Характеристики лазерного излучения:	монохроматичность, когерентность, спектральные характеристики, поляризация, энергия, временные характеристики. Характеристики приемников излучения: спектральная чувствительность, уровень шумов, обнаружительная способность, динамический диапазон, переходная характеристика. Методы и измерения экспериментальных величин. Теория ошибок.
2	Тема 2. Приемники на фотонных эффектах.	Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость собственная и примесная. Фоторезисторы и их характеристики: спектральные, временные, шумовые, условия работы. Фотодиоды. Основные характеристики. Типы фотодиодов, спектральный диапазон, рабочее напряжение, чувствительность и быстродействие.
3	Тема 3. Внешний фотоэффект, фотокатоды.	Частотные характеристики, спектральная чувствительность, квантовая эффективность. Типы фотокатодов и их характерные параметры. Фотоэлементы. Типы конструкций и их характеристики. Фотоумножители, принцип работы, характерные параметры ФЭУ.
4	Тема 4. Электроннооптические преобразователи (ЭОП).	Принцип работы и элементы электронной оптики. Типовые люминофоры для экранов ЭОП. Характеристики ЭОП: коэффициент преобразования, пространственное разрешение, неравномерность свечения по экрану. Виды ЭОП. Режим щелевой развертки. Многокадровый режим регистрации. Блок схема универсального фотохронографа.
5	Тема 5. Приемники на тепловых эффектах.	Болометрический эффект. Типы болометров, их характеристики и принцип работы. Термопары. Принцип работы. Пирозлектрический эффект, физика явления, пирозлектрические материалы, особенности пирозлектрических приемников.
6	Тема 6. Калориметры	Главные элементы калориметров. Виды поглотителей. Примеры используемых калориметров. Приемники двумерного изображения. Фотоматериалы и их спектральные характеристики, светочувствительность, контрастность. Микрофотометрирование. Регистратор на термофото пленке. Приборы с зарядной связью. ПЗС – матрица. Основные виды ПЗС – матриц. Основные характеристики ПЗС – матриц.
7	Тема 7. Оптические фильтры: основные характеристики.	Типы фильтров: абсорбционные, отражательные, интерференционные, дисперсионные и интерференционно-поляризационные. Измерение энергетических характеристик излучения. Виды измерений характеристик излучения. Измерение импульсного излучения. Способы ослабления энергии пучка. Согласование размеров пучка с при-

		емной площадкой регистратора. Измерение энергии в заданном угле излучения. Защита от излучения накачки и паразитной подсветки.
8	Тема 8. Регистрация квазиимпульсного излучения.	Измерение излучения длительностью ($10^{-1} \div 10$)с., способы реализации измерений. Регистрация импульсно-периодического излучения в ИК – диапазоне $\lambda=1-11$ мкм. Особенности регистрации, приемники излучения. Прецизионные измерения энергии лазера. Основные погрешности калориметров. Погрешности оптической схемы измерения. Калибровка измерителей и схем регистрации.
9	Тема 9. Измерение временных характеристик излучения.	Регистрация формы импульса до 10^{-9} с в видимой и ближней ИК – области спектра. Требования к фотоприемникам и регистраторам излучения по чувствительности и быстродействию. Электрические схемы осциллографической регистрации. Характеристики скоростных осциллографов типа СРГ. Особенность пиродетекторов. Регистрация импульсов пикосекундной длительности ($10^{-10} \div 10^{-12}$)с. Время анализирующий ЭОП в режиме щелевой развертки. Методы регистрации с помощью нелинейной оптики. Двухфотонная люминесценция. Регистрация формы импульса с большим динамическим диапазоном. Многоканальное ранжирование.
10	Тема 10. Измерение контраста моноимпульса.	Требования к приемным детекторам: их чувствительности, динамическому диапазону, быстродействию. Оптические измерительные схемы. Методика измерения энергетического контраста. Измерение пространственных параметров лазера. Регистрация ближней зоны (БЗ) излучения. Пространственно-временная регистрация БЗ: многокадровая регистрация, в режиме щелевой развертки. Измерение расходимости излучения. Получение изображения пучка в дальней зоне (ДЗ). Особенности регистрации ДЗ. Регистрация ДЗ в ИК – области.
11	Тема 11. Принципы построения оптических измерительных схем.	Основные оптические элементы. Расчет характеристик схем.
12	Тема 12. Математическая обработка изображений.	Алгоритмы и способы представления экспериментальной информации.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Название раздела 1	
1.1.	Тема 1	Световой поток и его измерение. Энергия излучения. Плотность энергии. Сила света. Яркость. Яркость световой трубки. Поглощение света. Восприятие света. Световые фотометрические величины.

1.2.	Тема 2	Детекторы оптического излучения. Классификация. Основные параметры. Чувствительность. Пороговая и шумовые характеристики. Инерционность. Спектральные характеристики. Временная и пространственная характеристики. Пересчет паспортных параметров приемников.
1.3	Тема 3	Тепловые приемники. Оптико-акустический приемник. Ячейка Голя. Болومتر. Термоэлемент. Пирозлектрический приемник.
1.4	Тема 4	Фотоэлектронные приемники. Вакуумный фотоэлемент. ФЭУ. ЭОП. Развертывающие приемники.
1.5	Тема 5	Приемники с внутренним фотоэффектом. Фоторезисторы. Фотодиоды структур p-n, pin, с барьером Шоттки. Гетероструктурные фотодиоды. Фототранзистор.
1.6	Тема 6	Координатные детекторы. Инверсные фотодиоды с продольным фотоэффектом. Фотопотенциометры. Детекторы с радиальным электрическим полем. Структуры с барьером Шоттки. Сканисторы. Многоэлементные приемники. Приборы с зарядовой связью. Приборы с зарядовой инжекцией.
	<u>Тема 7.</u>	Фотометрия и колориметрия. Принципы построения визуальных и объективных фотометров. Основы колориметрии.
	<u>Тема 8.</u>	Техника интерферометрии. Характеристики интерференционного поля. Условия образования и наблюдения интерференционных полос различного типа. Оптические схемы двухлучевых интерферометров. Многолучевая интерферометрия. Интерференционная метрология. Голографическая интерферометрия.
	<u>Тема 9.</u>	Применение поляризации в оптическом эксперименте. Способы получения различных видов поляризации и анализа ее состояния. Интерференция поляризованных лучей. Установки и приборы для измерения состояния поляризации.
	<u>Тема 10.</u>	Дифракционные явления. Решение дифракционной задачи в общем виде. Дифракция Фраунгофера на входных зрачках различной формы. Разрешающая способность оптических приборов. Фильтрация спектра пространственных частот.

		оптических системах.
	<u>Тема 11.</u>	Ознакомление с лазерной установкой «Искра – 5» и ее основными характеристиками излучения.
	<u>Тема 12.</u>	Ознакомление с приемниками и методиками измерения энергии, длительности излучения на установке «Луч».
	<u>Тема 13.</u>	Ознакомление с методами и приборами регистрации мощностного контраста и энергетического контраста излучения на установке «Луч».
	<u>Тема 14.</u>	Ознакомление с регистрацией ближней и дальней зоны излучения на установке «Луч» и регистрацией ее пространственно-временных характеристик излучения.

Лабораторные занятия

Лабораторные работы отсутствуют.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Самостоятельный поиск литературы по разделам дисциплины.
2. Самостоятельное решение задач по темам при подготовке к практическим занятиям и контрольной работе.
3. Решение задач, предложенных преподавателем в качестве домашнего задания.
4. Подготовка к экзамену.

Форма контроля: проверка работ, сданных преподавателю в письменной форме.

ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Имеется телескопическая система, состоящая из положительной и отрицательной линз. Размер пучка на входе телескопа $D=30$ см. Фокусы линз для длины волны 600 нм составляют $F_1=15$ м и $F_2=-10$ м. Определить на какое расстояние нужно передвинуть одну из линз для того, чтобы на выходе системы иметь плоский фронт излучения на длине волны 500 нм. Дисперсия стекла составляет $\frac{\partial n}{\partial \lambda} = 10^{-1} \text{ мкм}^{-1}$. Под каким углом будет сходиться (расходиться) излучение, если не перемещать линзу. На каком расстоянии от линзы с фокусом $F_3=1$ м произойдет фокусировка такого излучения

2. Имеется линза с фокусом $F=10$ м, перестраивающая изображение БЗ пучка на выходе системы в измерительную схему. Определить расположение линзы относительно плоскости измерения, чтобы изображение пучка строилось с увеличением 0,5. Перед линзой располагается оптический клин с углом при вершине α , и коэффициентом отражения граней $R1$ и $R2$. Определить период и глубину модуляции распределения интенсивности на регистрации: для $R1=98\%$ и $R2=4\%$ и для $R1=4\%$ и $R2=4\%$. Сформулировать требования к значению α при проведении измерений БЗ и калориметрии пучка.

3. На выходе усилительной цепи формируется пучок размером $D=20$ см с энергией $E=1$ кДж. Предложить и обосновать оптическую схему измерения энергии, если апертура детектора составляет $d=2$ см, а допустимая нагрузка на приемную площадку $\epsilon=0,2$ Дж/см². Определить ошибку измерения энергии при условии, что ошибка определяется лишь прохождением разработанной схемы.

4. Имеется плоский пучок размером D , фокусируемый линзой с фокусным расстоянием F . В сфокусированном излучении располагается оптический клин с характерной толщиной L , углом α , ориентированный под углом β относительно падающего излучения. Найти на какое расстояние сместится продольное и поперечное положение фокуса системы. На какое время будет задержано излучение таким клином.

5. а) Частично поляризованный свет проходит через поляризатор. При повороте поляризатора на угол $\pi/6$ от положения, соответствующего максимальному пропусканию света, интенсивность прошедшего пучка уменьшилась в 1.5 раза. Пренебрегая потерями света при прохождении поляризатора определить отношение интенсивностей линейно поляризованного и естественного света. Определить степень поляризации света

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \text{ где } I_{\max} \text{ и } I_{\min} - \text{максимальная и минимальная интенсивности света на выходе поляризатора}).$$
 б) определить поляризационное действие стопы из 8 пластин расположенных под углом Брюстера.

6. Эшелон Майкельсона состоит из $N=30$ стеклянных пластинок с показателем преломления $n=1,5$ и толщиной $h=1$ см. Найти длину a основания призмы, которая будет

иметь эквивалентную эшелону разрешающую способность. Дисперсия показателя преломления призмы

$$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = 1000 \text{ см}^{-1}, \lambda = 500 \text{ нм}.$$

7. На поверхность металла падает излучение с длиной волны 400 нм. При некотором задерживающем напряжении фототок прекращается. На сколько нужно изменить запирающий потенциал, если длина волны излучения изменится на 20 нм. Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, заряд электрона $e = 1,61 \cdot 10^{-19}$ Кл.
8. Предложить и обосновать методику измерения коэффициента пропускания оптической детали, если имеется источник излучения и два измерителя энергии (мощности) с неизвестными чувствительностями.
9. Проводится измерение энергии импульсного излучения. Энергия излучения 500 Дж, диаметр пучка - 10 см. Чувствительность приемника 20 мВ/Дж, максимум линейной характеристики 10 мВ, апертура - 1 см. На сколько нужно ослабить излучение для регистрации в линейном диапазоне, предложить решение оптической схемы. Определить ошибку измерения энергии если приемник имеет ошибку 0,1 мВ, а ошибка расчета пропускания схемы регистрации составляет 5%.

ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Примерным учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр. В конце семестра предусмотрен экзамен. В семестре проводится одна контрольная работа, выполняются три домашних задания.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

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

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр 7				
Раздел 1	Раздел 1. Характеристики лазерного излучения. Принципы построения оптических измерительных схем. Фильтрация излучения. Способы защиты измерения от паразитных эффектов.	УК-8, ПК-1, ПК-2	З- УК-8, У- УК-8, В- УК-8, З- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, З- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2	УО
	Раздел 2. Приемники на тепловых и фотонных эффектах.			
	Раздел 3. Измерение поляризационных и спектральных характеристик излучения			
Рубежный контроль		УК-8, ПК-1, ПК-2, ПК-10.1, ПК-10.2	З- УК-8, У- УК-8, В- УК-8, З- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, З- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2 З- ПК-10.1, У- ПК-10.1, В- ПК-10.1 З- ПК-10.2, У- ПК-10.2, В- ПК-10.2	Контр
Раздел 2	Раздел 4. Измерение временных характеристик излучения. Контраст. Регистрация квазиимпульсного излучения. Электронно-оптические преобразователи излучения	ПК-10.1, ПК-10.2	З- ПК-10.1, У- ПК-10.1, В- ПК-10.1 З- ПК-10.2, У- ПК-10.2, В- ПК-10.2	УО
	Раздел 5. Измерение энергетических характеристик излучения. Измерение структуры поля в ближней и дальней зонах.			
	Раздел 6. Когерентность излучения. Интерферометрические схемы и методы измерений			
	Раздел 7. Математическая обработка изображений. Статистический анализ, расчет погрешностей, представление результатов			

Рубежный контроль	УК-8, ПК-1, ПК-2, ПК-10.1, ПК-10.2	3- УК-8, У- УК-8, В- УК-8, 3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2 3- ПК-10.1, У- ПК- 10.1, В- ПК-10.1 3- ПК-10.2, У- ПК- 10.2, В- ПК-10.2	Контрол.
Промежуточная аттестация	УК-8, ПК-1, ПК-2, ПК-10.1, ПК-10.2	3- УК-8, У- УК-8, В- УК-8, 3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2 3- ПК-10.1, У- ПК- 10.1, В- ПК-10.1 3- ПК-10.2, У- ПК- 10.2, В- ПК-10.2	Экзамен

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.2.1. Примерные вопросы к экзамену или зачету

5.2. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классификация лазерных параметров
2. Когерентность излучения, степень когерентности. Пространственная и временная когерентность.
3. Энергия и яркость излучения.
4. Детекторы оптического излучения..
5. Тепловые приемники.
6. Фотоэлектронные приемники.
7. Приемники с внутренним фотоэффектом.
8. Фотометрия и колориметрия.
9. Поляризация, поляризационные эффекты
10. Анализ состояния поляризации, поляризационные устройства,
11. Спектральные приборы и их классификация.
12. Призмённые системы.
13. Приборы с дифракционными решетками.
14. Интерферометр Фабри-Перо.

15. Интерферометр Майкельсона
16. Эшелон Майкельсона
17. Фурье спектрометрия
18. Классификация пространственных и временных характеристик.
19. Принципы организации временных характеристик лазерного излучения в различных диапазонах длительности.
20. Осциллография
21. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Принцип работы и элементы электронной оптики. Виды ЭОП.
22. Измерение глубокого фронта импульса
23. Измерение энергетического и мощностного контраста
24. Измерение ближней зоны излучения.
25. Измерение дальней зоны излучения
26. Измерение волнового фронта методами Гартмана
27. Фотоматериалы и их спектральные характеристики, светочувствительность, контрастность.
28. Микрофотометрирование. Приборы с зарядной связью.
29. Способы ослабления энергии пучка. Светофильтры.
30. Согласование размеров пучка с приемной площадкой регистратора.
31. Измерение энергии в заданном угле излучения. Защита от излучения накачки и паразитной подсветки.
32. Принципы построения измерительных систем.

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

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 балль-	Оценка	Требования к уровню освоению
--------------	-----------------------	--------	------------------------------

	ной шкале	ECTS	учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	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 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо 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 – «удовлетворительно»	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 – «неудовлетворительно»	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.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Механика, М., “Наука”, 1973 г.
2. И.В.Савельев, Основы теоретической физики. Том 1, Механика. Электродинамика, М., “Наука”, 1991 г.
3. Сборник коротких задач по теоретической механике: учебн. пособие для студ. ун-тов и техн. вузов / ред. О.Э. Кепе. – 2 изд. – СПб: Лань, 2009 г.
4. С.М. Тарг, Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов. – М.: высшая школа, 2008г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Айзерман М.А. Классическая механика. М. Наука .1980
2. Мултановский В.В. Курс теоретической физики, т. 1. - М.: Просвещение. 1988
3. Жирнов Н.И. Классическая механика. М. Просвещение. 1980
4. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М. МГУ. 1974

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»
4. Виртуальная образовательная лаборатория (<http://www.virtulab.net>), раздел «Теоретическая механика»
5. Научно-образовательный портал «Вся физика» (<http://sfiz.ru>), раздел «Учебные материалы»

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Отсутствует.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При чтении лекционного материала используется электронное сопровождение курса: справочно-иллюстративный материал воспроизводится и озвучивается в аудитории с использованием проектора и переносного компьютера в реальном времени. Электронный материал доступен студентам для использования и самостоятельного изучения на сайте кафедры по адресу <http://dozen.mephi.ru>.

8. 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети факультета и кафедры и находится в режиме свободного доступа для студентов.

1. Д.В. Сивухин «Общий курс физики» т.4 «Оптика», Наука, 1980.
2. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов» под ред. Р.Киеса, 1985.
3. А.В, Павлов, А.И. Черников «Приемники излучения автоматических оптоэлектронных приборов», 1972.

4. В.А. Зубов «Методы измерения характеристик лазерного излучения», 1973.
5. Г. Хирд «Измерение лазерных параметров», 1970
6. Л.С. Кременчугский, О.В. Ройцина «Пироэлектрические приемники излучения», 1979.
7. В.К. Новик, Н.Д. Гаврилова, Н.Б. Фельдман «Пироэлектрические преобразователи», 1979.
8. В.В. Пасынков, Л.К. Чикрин «Полупроводниковые приборы», 1987.
9. «Справочник по лазерной технике» под ред. Ю.В. Байбородина, Л.З. Криксунова, 1978.
10. «Сверхкороткие световые импульсы» под редакцией С. Шапира, 1981.
11. В.В. Лебедева «Техника оптической спектроскопии», 1977.
- 12.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. 1. И.М. Нагибина, В.К. Прокофьев «Спектральные приборы и техника спектроскопии», 1967.
2. О.А. Геращенко и др. «Температурные измерения», справочник, 1984.
3. И.В. Скоков «Оптические спектральные приборы», 1984.
4. В.В. Лебедева. Экспериментальная оптика. М., МГУ, 1994.
5. В.В. Лебедева. Техника оптической спектроскопии. М., МГУ, 1977.
6. Светосильные спектральные приборы. Под ред. К.И. Тарасова. М., Наука, 1988.
7. В.И. Малышев. Введение в экспериментальную спектроскопию. М., Наука, 1979.
8. А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Ю.И. Островский. Техника и практика спектроскопии. М., Наука, 1976.
9. Ю.А. Толмачев. Новые спектральные приборы. Л., ЛГУ, 1976.
10. Прикладная физическая оптика. Под ред. В.А. Москалева. С-Пб., Политехника, 1995.
11. Новые методы спектроскопии. Под ред. С.Г. Раутиана. Новосибирск, Наука, 1988.
12. Современные тенденции в технике спектроскопии. Под ред. С.Г. Раутиана. Новосибирск. Наука, 1988.
13. И.В. Пейсахсон. Оптика спектральных приборов. М., Машиностроение, 1975.
14. А.Н. Зайдель и др. «Техника и практика спектроскопии», 1976

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ) по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Квантовая электроника».

Автор(ы): старший преподаватель кафедры КЭ

Рецензент(ы): Зав кафедрой КЭ