

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С
ВЕЩЕСТВОМ**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и
энергетические установки

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, экз./зач./КР/КП
6	3,5-4	131- 144	30	45	0		33-51	0	Э
Итого	4	131- 144	30	45	0	0	33-51	0	

АННОТАЦИЯ

Курс знакомит учащихся с методами измерения физических величин, учета погрешностей измерения, принципами работы измерительных приборов, понимание основ функционирования электронных средств диагностики в современной физической лаборатории, законами физики, лежащими в основе функционирования лазера.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются формирование представлений о методах измерения физических величин, учета погрешностей измерения, изучение физических принципов работы измерительных приборов, понимание основ функционирования электронных средств диагностики в современной физической лаборатории. Задача курса направлена на развитие знаний о методах и технике физического эксперимента, подготовке студентов к переходу от выполнения лабораторных работ к реальной научно-исследовательской работе в рамках НИРС, обучение работе с экспериментальной техникой и подготовке к работе на учебно-исследовательских установках.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина представляет собой профессиональную дисциплину и базируется на курсах дисциплин по общей физике и «Теоретические основы электротехники».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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
расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского			
Использование основных законов физики, оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок параметров и характеристик	Параметры и характеристики физических объектов.	ПК-1.1 [1] - Способен использовать основные законы физики, оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок параметров и характеристик	З-ПК-1.1[1] - Знать: основные понятия и законы физики оптики, лазеров и плазмы, основные понятия, законы и модели,

исследуемых физических объектов.		исследуемых физических объектов. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов ; У-ПК-1.1[1] - Уметь: применять основные законы физики оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов ; В-ПК-1.1[1] - Владеть: методами получения и анализа экспериментальных данных на основе законов физики оптики, лазеров и плазмы, используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов.
Эксплуатация современных приборов и установок и системы диагностики в области лазерной физики.	Приборы, установки и системы диагностики в области лазерной физики.	ПК-1.2 [1] - Способен эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	З-ПК-1.2[1] - Знать: основные современные приборы и установки и диагностические системы, применяемые в лазерной физике; принципы действия современных приборов и установок и систем диагностики в области лазерной физики. ; У-ПК-1.2[1] - Уметь: эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики;

			интерпретировать и оценивать результаты, полученные с помощью современных приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики. ; В-ПК-1.2[1] - Владеть: навыком получения, обработки и анализа экспериментальных результатов с помощью приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики.
инновационный			
Оформление результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в виде отчетов, статей, докладов и иной документации.	Результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, соответствующая документация.	ПК-7 [1] - Способен оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технические отчеты и материалы для получения патентов и авторских свидетельств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-7[1] - Знать основные правила оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технических отчетов и материалов для получения патентов и авторских свидетельств ; У-ПК-7[1] - Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технические отчеты и материалы для получения патентов и авторских свидетельств ; В-ПК-7[1] - Владеть навыками оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских

			работ, технических отчетов и материалов для получения патентов и авторских свидетельств деятельности по физике плазмы и лазерной физике;
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

5. 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>6 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/24/0		25	КИ-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

2	Раздел 2	9-15	14/21/0		25	КИ-15	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/45/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

* – 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:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	45	0
1-8	Раздел 1	16	24	0
1	Физические величины и методы измерений. Физическая величина – свойство материальных объектов или явлений (качественные и количественные свойства). Многообразие свойств физических величин: электрические, магнитные, механические, оптические и другие величины. Виды физических величин. Физические основы измерений. Физические постоянные. Системы единиц физических величин (СГС, СИ).	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Принципы и средства измерения давления и получения вакуума. Виды давления. Соотношение единиц давления. Манометры. Основные свойства разреженных газов. Длина свободного пробега. Принципы работы и типы насосов для получения вакуума. Методы измерения давления. Принципы работы,	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

	области измерения давления и типы манометров. Физические основы процесса откачки.			
4 - 5	Температура. Температурные шкалы Кельвина, Цельсия, Фаренгейта. Соотношения между шкалами. Биометаллические и жидкостные термометры. Термоэлектрические преобразователи (термопары). Терморезисторы. Термочувствительные элементы на основе полупроводниковых структур: диоды и транзисторы. Яркостная температура. Излучение абсолютно черного тела. Тепловые источники излучения: пирометры и болометры.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Элементы физики твердого тела Кристаллическая решетка. Понятие фонона. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Уровень Ферми. Собственные и примесные полупроводники. Квазиуровни Ферми. p-n переход.	Всего аудиторных часов		
		6	9	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Раздел 2	14	21	0
9 - 10	Электромагнитное излучение. Лазеры. Основные характеристики электромагнитных излучений: частота, длина волны. Спектр электромагнитных излучений и оптический диапазон. Примеры и краткая характеристика оптических источников излучения, применяемых в физических лабораториях. Лазеры. Отличительные особенности лазерного излучения. Применение лазеров в физических исследованиях. Физические основы принципа работы лазера. Типы лазеров.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Плазма. Понятие плазмы. Плазменная частота. Радиус Дебая. Лазерная плазма.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Измерения в электрических цепях. Единицы измерения электрических величин: силы тока, напряжения, разности потенциалов, электродвижущей силы (ЭДС), сопротивления, мощности. Измерение напряжения вольтметром. Расширение предела измерений с помощью омического делителя напряжения. Гальванометр. Измерение силы тока. Расширение предела измерений с помощью шунтирующего сопротивления. Вольтамперная характеристика (ВАХ) электронного прибора. Измерение активного сопротивления. Мощность, выделяемая на активном сопротивлении. Единицы измерения электрических величин: емкости, индуктивности, частоты и периода колебаний, импеданса, энергии накопительного конденсатора. Измерения в электрических цепях переменного тока.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Импульсные токи. Техника и методы измерения больших импульсных токов. Генераторы импульсных токов.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

14 - 15	Регистрация излучения. Визуализация быстропротекающих процессов. Фотометрические приемники оптического излучения (фотоприемники). Полупроводниковые фотоприемники, основанные на внутреннем фотоэффекте. Электровакуумные приемники, основанные на внешнем фотоэффекте: фотоэлемент коаксиальный (ФЭК), фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). Электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Микроканальная пластина (МКП). Приборы и методы визуализации быстропротекающих процессов.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, повторения ранее пройденного материала.

7. 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)
ПК-1.1	З-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15

	В-ПК-7	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 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 – <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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ W82 Elements of Plasma Technology : , Wong, Chiow San. , Mongkolnavin, Rattachat. , Singapore: Springer Singapore, 2016

2. ЭИ Ш51 Вакуумная техника. Концепция разреженного газа : учебное пособие для вузов, Шестак В.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Л25 Квантовая электроника : курс лекций, Ларкин А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. ЭИ М 27 Основы вакуумной техники и технологии производства вакуумных и газонаполненных приборов : учебное пособие, Марков В.Г., Москва: Буки Веди, 2020

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 535 Л17 Лазерная плазма : физика и применения: монография, Крохин О.Н. [и др.], М.: МИФИ, 2003
2. 53 П26 Методы исследований в экспериментальной физике : учебное пособие для вузов, Пергамент М.И., Долгопрудный: Интеллект, 2010
3. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
4. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
5. 53 С24 Основы статистической обработки результатов измерений : учеб. пособие, Светозаров В.В., Москва: МИФИ, 2005
6. ЭИ К93 Плазма - XXI век : , Курнаев В.А., Москва: МИФИ, 2008
7. 53 С24 Элементарная обработка результатов измерений : учеб. пособие, Светозаров В.В., М.: МИФИ, 2005

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Студентам перед началом занятий надо учесть, что курс является авторским и полноценного учебника по нему не существует. Поэтому следует аккуратно посещать лекции, перед очередной лекцией прорабатывать предыдущий материал и не стесняться задавать

вопросы преподавателю. Следует учесть, что изучаемый курс опирается на многие вопросы, изучаемые в курсах: «Атомная физика», «Электротехника», «Молекулярная физика и термодинамика». Можно обращаться к соответствующим разделам этих курсов, конспектам и рекомендованной для них литературе.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач. Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы. В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам. Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений. Следует работать с рекомендованными литературными источниками.

На практических занятиях рекомендуется особое внимание уделять демонстрациям работы измерительных приборов.

Отдельное внимание в курсе уделено разработке вакуумной части установки. При изучении данного раздела необходимо понять физический смысл основного уравнения вакуумной техники, которое лежит в основе разработки вакуумных систем. Необходимо разобраться с режимами течения газа, понять принципиальное отличие низкого вакуума от высокого. Необходимо также понять физическую картину откачки вакуума и разобраться с причинами ограничений, накладываемых на использование тех или иных вакуумных насосов.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю. При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

На первой лекции сделать общий обзор содержания курса. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников. Провести входной контроль знаний в форме устной беседы или опроса. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов. Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения. При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, формируя у студентов образное мышление, не следует увлекаться математическими выкладками. Активная форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты самостоятельно прорабатывают отдельные разделы лекционного курса, на основе которых выполняется ряд заданий. На последней лекции делается обзор наиболее важных положений.

При рассмотрении раздела «Измерения в электрических цепях» рекомендуется учесть тот факт, что на фундаментальном уровне это рассматривается в курсе «Электроника и электротехника». Таким образом следует лишь обозначить для студентов основные формулы и понятия и дать на их основе прикладное применение данных законов и понятий. При рассмотрении раздела «Принципы и средства измерения давления и получения вакуума» рекомендуется особое внимание уделить качественному объяснению физики измерения и получения среднего и низкого вакуума, также следует напомнить необходимые законы из молекулярной физики и термодинамики.

Лекции по курсу можно при необходимости проводить в дистанционном формате.

Автор(ы):

Вовченко Евгений Дмитриевич, к.ф.-м.н.