

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ВАКУУМА В ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ
УСТАНОВКАХ**

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, экс./зач./КР/КП
7	2	72	0	0	48	24	0	3
Итого	2	72	0	0	48	32	24	0

АННОТАЦИЯ

Курс направлен на изучение построения вакуумных систем в лазерных и плазменных установках и расчет их параметров. В курсе уделено внимание изучению средств откачки и диагностики состояния вакуумной среды в установках.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи курса состоят в том, чтобы дать студентам представление о характерных особенностях работы вакуумной системы, включающей низко- и высоковакуумный насосы, оценить влияние на работу вакуумной системы процессов газовой выделенности и протекания, прогрева вакуумной системы; освоить методику работы с моделирующей программой; научиться проводить анализ зависимостей изменения давления от времени и режимов откачки; уметь выбирать средства откачки, обеспечивающие получение требуемого вакуума в системе.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс теоретически и практически развивает знания, полученные студентами. Дисциплина базируется на курсе "Методы и техника лазерного физического эксперимента", подробно раскрывая вопросы получения и контроля вакуума.

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 исследуемых	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 исследуемых	З-ПК-1.1[1] - Знать: основные понятия и законы физики оптики, лазеров и плазмы, основные понятия, законы и модели, используемые для описания,

<p>физических объектов.</p>		<p>физических объектов.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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.</p>
<p>Эксплуатация современных приборов и установок и системы диагностики в области лазерной физики.</p>	<p>Приборы, установки и системы диагностики в области лазерной физики.</p>	<p>ПК-1.2 [1] - Способен эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002</p>	<p>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</p>

			<p>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.</p>
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное	Создание условий,	1.Использование воспитательного

воспитание	обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	<p>потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
------------	---	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	0/0/24		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
2	Раздел 2	9-16	0/0/24		25	КИ-16	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		0/0/48		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2

* – 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:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	0	0	48
1-8	Раздел 1	0	0	24
1 - 2	Вакуумные системы в современных установках. Общее представление о вакуумных системах в современных лазерных и плазменных установках. Роль вакуума в физическом эксперименте. Основы техники безопасности при работе с вакуумными системами. История развития вакуумной техники.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Давление и вакуум. Число молекул, ударяющихся в ед. времени, объем газа, приходящийся на это число молекул. Уравнение состояния идеального газа. Скорость теплового движения молекул. Явления переноса в газе.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Требования к вакуумным системам. Требования к вакуумным системам. Конфигурации систем, функциональное назначение основных элементов. Методика построения и характеристики. Откачные параметры установок. Состояние вакуумной среды. Влияние условий работы элементов вакуумной системы на состав остаточного газа.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Взаимодействие рабочих поверхностей с вакуумной средой. Источники газовых нагрузок. Парциальный состав вакуумной среды. Вакуумные конструкционные материалы. Критерии выбора. Испарение.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Раздел 2	0	0	24
9 - 10	Низкий и средний вакуум. Режимы течения при низком и среднем вакууме. Форвакуумный насос. Средства контроля низкого и среднего вакуума.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Высокий вакуум. Режимы течения при высоком вакууме. Средства контроля высокого вакуума. Принцип работы высоковакуумных насосов. Магниоразрядный и турбомолекулярный насосы.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Техника течеискания. Изучение техники течеискания. Герметичность вакуумных систем. Течеискатели. Методика течеискания.	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Моделирование вакуумной системы. Откачка вакуумной системы. Потoki натекания и газовой выделения. Согласование последовательно	Всего аудиторных часов		
		0	0	6
		Онлайн		

	работающих насосов. Параметры вакуумной камеры. Ступени откачки.	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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1	Предварительный инструктаж. Правила работы с вакуумной техникой в учебной лаборатории.
2 - 5	Получение низкого вакуума. Получение и контроль низкого вакуума. Подготовка вакуумной камеры. Ознакомление с принципом работы форвакуумного насоса.
6 - 8	Получение высокого вакуума. Получение и контроль высокого вакуума. Подготовка вакуумной камеры. Ознакомление с принципом работы турбомолекулярного насоса.
9 - 12	Течеискание и натекатели. Натекатели. Напуск воздуха в камеру. Виды соединений и уплотнений. Течеискатели. Поиск и устранение течи.
13 - 16	Защита лабораторных работ. Защита лабораторных работ. Выполнение пропущенных работ.

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	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-16

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.
--	--	--	---

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ W82 Elements of Plasma Technology : , Singapore: Springer Singapore, 2016
2. ЭИ Т 31 Молекулярная физика : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ М 27 Основы вакуумной техники и технологии производства вакуумных и газонаполненных приборов : учебное пособие, Москва: Буки Веди, 2020

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ш51 Вакуумная техника. Концепция разреженного газа : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.5 Ш28 Вакуумная техника : учебное пособие, В. Л. Шатохин, Москва: МИФИ, 2011

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: «Методы и техника лазерного физического эксперимента», и

«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 принципам работы приборов и правилам их эксплуатации.

Отдельное внимание в курсе уделено разработке вакуумной части лазерной 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 разделов, связанных с особенностями работы вакуумной системы, включающей низко- и высоковакуумный насосы, надо дать оценку влияния на работу вакуумной системы процессов газовой выделенности и натекания, прогрева вакуумной системы. Кроме этого, следует дать достаточно подобное описание средств диагностики 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.

Автор(ы):

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

Шатохин Вадим Леонидович, к.т.н., доцент