

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕТРОЛОГИИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИКУ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

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	4-5	144- 180	32	32	0		44-62	0	Э
Итого	4-5	144- 180	32	32	0	32	44-62	0	

## АННОТАЦИЯ

В рамках курса освещены следующие темы: Инженерные основы материаловедения. Методы исследования и физических и структурных характеристик материалов. Наноструктурированные функциональные материалы и перечислить их уникальные свойства. Физические основы современных методов моделирования свойств наноструктурированных материалов. Постановка физического эксперимента и вакуумная техника. Основные виды средств достижения высокого вакуума и физические основы их функционирования. Постановка эксперимента в молекулярной физике. Алгоритм решения экспериментальной задачи. Планирование эксперимента. Разделительные приборы. Масс-спектрометрические приборы. Электромагнитные установки. Рабочая модель. Технический прототип. Опытный образец. Автоматизация измерений в экспериментальной физике. Виды измерений и погрешностей. Оценка систематической и случайной погрешностей. Характеристики точности средств измерений. Основные задачи, решаемые при обработке опытных данных. Области применения вакуумной техники. Методы получения вакуума. Классификация средств получения вакуума. Области действия вакуумных насосов. Сравнение различных типов насосов и критерии выбора. Основные характеристики насосов. Форвакуумные насосы: пластинчато-роторные, двухроторные, др. насосы. Принципы действия, параметры и конструктивные особенности форвакуумных насосов. Масла. Турбомолекулярные насосы. пароструйные насосы. Принципы действия, характеристики и конструктивные особенности высоковакуумных насосов. Цеолитовые, ионно-сорбционные, криогенные и другие насосы, применяемые в масс-спектрометрах. Ловушки. Геттеры. Понятие о вакуумных системах. Быстрота откачки насоса и объекта. Методика расчета вакуумных систем. Примеры расчета. Измерение давления. Поиск течи. Элементы вакуумных систем. Статические, теплоэлектрические, ионизационные, электроразрядные и др. вакуумметры. Характеристики и режимы работы вакуумметров. Измерение парциальных давлений. Интерпретация спектра масс остаточного газа. Приборы для измерения парциальных давлений: магнитный статический масс-спектрометр, времяпролетный масс-спектрометр, омегатрон, фарвитрон, квадрупольный масс спектрометр. Испытание вакуумных систем на герметичность. Течи. Методы локализации течей. Масс-спектрометрические течеискатели. Напуск газов в вакуумные системы. Газовый поток через масс-спектрометр. Напускные системы масс-спектрометров. Напуск газов в периодическом и непрерывном режимах. Мембранный ввод. Дифференциальные системы откачки масс-спектрометров. Электрораспыление жидкостей. Ионизация в коронном разряде. Фотоионизация. Ввод твердых образцов в вакуум. Системы шлюзования твердых образцов в вакуум. Вакуумная арматура. Материалы элементов вакуумных систем. Уплотнения. Регулирующие вентили для масс-спектрометров. Натекатели. Электрические вводы.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современными методиками формирования и исследования тонкопленочных структур. в том числе наноматериалов. Особое внимание уделяется физическим основам экспериментальных методов, являющихся базовыми в исследованиях наноструктур и поверхности твердого тела.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение данной дисциплины предшествует научно-исследовательской работе студентов, и обеспечивает проработку теоретических вопросов в рамках выбранного профиля подготовки, изучение современных методов исследования физических свойств материалов, участие в научных исследованиях. В рамках курса наряду со знаниями теоретических основ вакуумной техники, конструкционных и функциональных материалов, студенты получают практические навыки: расчета сложных вакуумных конструкций, постановки физических экспериментов в области молекулярной физики и наноматериалов.

### 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
	научно-исследовательский		
Разработка перспективных методов и технологий глобальных навигационных спутниковых систем(ГНСС), мониторинг навигационных полей ГНСС и их функциональных дополнений (ФД)	Научно-исследовательский процесс по развитию ГНСС и их ФД с использованием квантовых вычислительных систем и анализа данных	ПК-1.3 [1] - Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики конденсированного состояния вещества и лазерной физики с целью создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений с их последующей аттестацией и вводом в реестр средств измерений для нужд нанометрологии  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.049	З-ПК-1.3[1] - Знать физические основы физики конденсированного состояния вещества и лазерной физики, способов и методов создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений, а также механизмов их последующей аттестации и ввода в реестр средств измерений для нужд нанометрологии; У-ПК-1.3[1] - Уметь выбирать необходимые материалы и методики для решения конкретных задач с учетом дальнейшего применения в сфере

			научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики конденсированного состояния вещества и лазерной физики; В-ПК-1.3[1] - Владеть основами создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений
участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства	ПК-2 [1] - Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.035, 25.049, 40.011	З-ПК-2[1] - Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. ; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками выбора и применения оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.
участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий;	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов в науке,	ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 25.049, 40.008, 40.011	З-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ; У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы

<p>участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований</p>	<p>технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства</p>		<p>исследования.; В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности</p>
<p>Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований. участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных</p>	<p>Деятельность по разработке материалов, покрытий, приборов.</p>	<p>ПК-14.2 [1] - Способен проводить научные исследования в области физики конденсированного состояния вещества с целью разработки полупроводниковых, сверхпроводниковых, тонкопленочных и наноструктурированных материалов, сверхпроводящих устройств и оптоэлектронных приборов; в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий; в области лазерной физики с целью создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений с их последующей аттестацией и вводом в реестр средств измерений для нужд нанометрологии</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.049</p>	<p>3-ПК-14.2[1] - знать основные современные достижения физики твердого тела и возможности современной экспериментальной техники; основы физической оптики, теорию интерференции, дифракции, основы атомной и молекулярной спектроскопии; способы и методы создания новых эталонов.; У-ПК-14.2[1] - уметь построить математическую модель явления, рассчитать схему эксперимента, провести оценки параметров материалов, выбрать необходимые материалы и методики для решения конкретных задач с учетом дальнейшего применения в сфере научно-исследовательских и опытно-</p>

<p>моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			<p>конструкторских работ в области физики конденсированного состояния вещества и средств измерений.; В-ПК-14.2[1] - владеть основами спектроскопии атомов и молекул, методиками ведения измерений и средств измерений; методами получения, анализа и описания параметров и характеристик процессов в экспериментальных установках физики твердого тела и лазерной физики.</p>
<p>конструкторско-технологический</p>			
<p>выбор, оптимизация и эффективное использование материалов, оборудования, соответствующих методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров</p>	<p>объекты техники, технологии и производства</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к разработке прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 25.042, 29.004, 40.008, 40.011</p>	<p>3-ПК-7[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные методы и алгоритмы для разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований. ; У-ПК-7[1] - Уметь применять современные методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения.; В-ПК-7[1] - Владеть навыками разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований.</p>

		<p>ПК-11 [1] - Способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию: план работ, техническое задание и научно-технический отчет в соответствии с требованиями работодателя.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.022, 40.008, 40.011</p>	
<p>Сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий.</p>	<p>экспертно-аналитический</p> <p>Результаты исследований, научные и аналитические отчеты.</p>	<p>ПК-14.1 [1] - Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих основные процессы в приборах физики твердого тела, лазерных и плазменных установках, системах квантовой логики на основе ультрахолодных атомов и ионов в ловушках</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-14.1[1] - знать основы физики конденсированных сред: энергетические зоны; классификацию веществ с точки зрения зонной теории, основы физики металлов, полупроводников и наноструктур; основные свойства и теоретические модели, описывающие ультрахолодные атомы и ионы в ловушке.; У-ПК-14.1[1] - уметь сформулировать математическую модель для прототипа или макета разрабатываемого прибора физики твердого тела, лазерной или плазменной установки.; В-ПК-14.1[1] - владеть квантовомеханическим описанием твердых тел, терминологией энергетических зон, квазичастиц и размерного квантования, методами компьютерного</p>

			моделирования физических процессов.
--	--	--	-------------------------------------

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	<p>1.Использование воспитательного 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.</p> <p>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>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: -



	промышленных установках высокой мощности (В28)	формирования культуры лазерной безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным оборудованием. - формирования культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.
--	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (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	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2,

							3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-14.1, У-ПК-14.1, В-ПК-14.1, 3-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2
2	Раздел 2	9-16	16/16/0		25	КИ-16	3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4,

							У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-14.1, У-ПК-14.1, В-ПК-14.1, 3-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-

							11, У- ПК- 11, В- ПК- 11, 3-ПК- 14.1, У- ПК- 14.1, В- ПК- 14.1, 3-ПК- 14.2, У- ПК- 14.2, В- ПК- 14.2, 3-ПК- 1.3, У- ПК- 1.3, В- ПК- 1.3, 3-ПК- 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
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	32	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	16	16	0

1 - 8	<b>Тема 1</b> Введение. Общие понятия о проведении физических экспериментов. Техника безопасности. Инженерные основы материаловедения. Методы исследования и физических и структурных характеристик материалов. Наноструктурированные функциональные материалы и перечислить их уникальные свойства. Физические основы современных методов моделирования свойств наноструктурированных материалов. Постановка физического эксперимента и вакуумная техника. Основные виды средств достижения высокого вакуума и физические основы их функционирования. Постановка эксперимента в молекулярной физике. Алгоритм решения экспериментальной задачи. Планирование эксперимента. Разделительные приборы. Масс-спектрометрические приборы. Электромагнитные установки. Рабочая модель. Технический прототип. Опытный образец. Автоматизация измерений в экспериментальной физике. Виды измерений и погрешностей. Оценка систематической и случайной погрешностей. Характеристики точности средств измерений. Основные задачи, решаемые при обработке опытных данных. Области применения вакуумной техники.	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Раздел 2</b>	16	16	0
9 - 16	<b>Тема 2</b> Методы получения вакуума. Классификация средств получения вакуума. Области действия вакуумных насосов. Сравнение различных типов насосов и критерии выбора. Основные характеристики насосов. Форвакуумные насосы: пластинчато-роторные, двухроторные, др. насосы. Принципы действия, параметры и конструктивные особенности форвакуумных насосов. Масла. Турбомолекулярные насосы. пароструйные насосы. Принципы действия, характеристики и конструктивные особенности высоковакуумных насосов. Цеолитовые, ионно-сорбционные, криогенные и другие насосы, применяемые в масс-спектрометрах. Ловушки. Геттеры. Понятие о вакуумных системах. Быстрота откачки насоса и объекта. Методика расчета вакуумных систем. Примеры расчета. Измерение давления. Поиск течи. Элементы вакуумных систем. Статические, теплоэлектрические, ионизационные, электроразрядные и др. вакуумметры. Характеристики и режимы работы вакуумметров. Измерение парциальных давлений. Интерпретация спектра масс остаточного газа. Приборы для измерения парциальных давлений: магнитный статический масс-спектрометр, времяпролетный масс-спектрометр, омегатрон, фарвитрон, квадрупольный масс спектрометр. Испытание вакуумных систем на герметичность. Течи. Методы локализации течей. Масс-спектрометрические течеискатели. Напуск газов в вакуумные системы. Газовый поток через масс-спектрометр. Напускные системы масс-спектрометров. Напуск газов в периодическом и	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0

	непрерывном режимах. Мембранный ввод. Дифференциальные системы откачки масс-спектрометров. Электрораспыление жидкостей. Ионизация в коронном разряде. Фотоионизация. Ввод твердых образцов в вакуум. Системы шлюзования твердых образцов в вакуум. Вакуумная арматура. Материалы элементов вакуумных систем. Уплотнения. Регулировочные вентили для масс-спектрометров. Натекатели. Электрические вводы.			
--	--	--	--	--

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

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки, курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 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-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16

	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-14.1	З-ПК-14.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-14.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-14.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-14.2	З-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-14.2	Э, 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 – «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 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 – «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.
--	--	--	---

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Y66 Vacuum Technology : Practice for Scientific Instruments, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. ЭИ Н61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Р 93 Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Б82 Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. 539.1 Б82 Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
6. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
2. 539.2 В24 Введение в физику поверхности : , К. Оура [и др.], Москва: Наука, 2006

### 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

В рамках курса освещены следующие темы: Инженерные основы материаловедения. Методы исследования и физических и структурных характеристик материалов. Наноструктурированные функциональные материалы и перечислить их уникальные свойства. Физические основы современных методов моделирования свойств наноструктурированных материалов. Постановка физического эксперимента и вакуумная техника. Основные виды средств достижения высокого вакуума и физические основы их функционирования. Постановка эксперимента в молекулярной физике. Алгоритм решения экспериментальной задачи. Планирование эксперимента. Разделительные приборы. Масс-спектрометрические приборы. Электромагнитные установки. Рабочая модель. Технический прототип. Опытный образец. Автоматизация измерений в экспериментальной физике. Виды измерений и погрешностей. Оценка систематической и случайной погрешностей. Характеристики точности средств измерений. Основные задачи, решаемые при обработке опытных данных. Области применения вакуумной техники. Методы получения вакуума. Классификация средств получения вакуума. Области действия вакуумных насосов. Сравнение различных типов насосов и критерии выбора. Основные характеристики насосов. Форвакуумные насосы: пластинчато-роторные, двухроторные, др. насосы. Принципы действия, параметры и конструктивные особенности форвакуумных насосов. Масла. Турбомолекулярные насосы. пароструйные насосы. Принципы действия, характеристики и конструктивные особенности высоковакуумных насосов. Цеолитовые, ионно-сорбционные, криогенные и другие насосы, применяемые в масс-спектрометрах. Ловушки. Геттеры. Понятие о вакуумных системах. Быстрота откачки насоса и объекта. Методика расчета вакуумных систем. Примеры расчета. Измерение давления. Поиск течи. Элементы вакуумных систем. Статические, теплоэлектрические, ионизационные, электроразрядные и др. вакуумметры. Характеристики и режимы работы вакуумметров. Измерение парциальных давлений. Интерпретация спектра масс остаточного газа. Приборы для измерения парциальных давлений: магнитный статический масс-спектрометр, времяпролетный масс-спектрометр, омегатрон, фарвитрон, квадрупольный масс спектрометр. Испытание вакуумных систем на герметичность. Течи. Методы локализации течей. Масс-спектрометрические течеискатели. Напуск газов в вакуумные системы. Газовый поток через масс-спектрометр. Напускные системы масс-спектрометров. Напуск газов в периодическом и непрерывном режимах. Мембранный ввод. Дифференциальные системы откачки масс-спектрометров. Электрораспыление жидкостей. Ионизация в коронном разряде. Фотоионизация. Ввод твердых образцов в вакуум. Системы шлюзования твердых образцов в вакуум. Вакуумная арматура. Материалы элементов вакуумных систем. Уплотнения. Регулирующие вентили для масс-спектрометров. Натекатели. Электрические вводы.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов

На выбор преподавателя студенту выдается 5 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на

основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-16). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля - экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-16 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

Рекомендуемая литература:

Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела [Текст] : учебное пособие для вузов / В. И. Троян [и др.]. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. - 257 с. - ISBN 978-5-7262-2076-5

Низаметдинов, Ш.У. Анализ данных [Текст] : учебное пособие для вузов / Ш. У. Низаметдинов, В. П. Румянцев. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. - 285 с. - (Учебная книга инженера-физика). - ISBN 978-5-7262-1687-4

Борман, В.Д. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - 473 с. - (Библиотека ядерного университета). - ISBN 978-5-7262-1667-6

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

В рамках курса освещены следующие темы: Инженерные основы материаловедения. Методы исследования и физических и структурных характеристик материалов. Наноструктурированные функциональные материалы и перечислить их уникальные свойства. Физические основы современных методов моделирования свойств наноструктурированных материалов. Постановка физического эксперимента и вакуумная техника. Основные виды средств достижения высокого вакуума и физические основы их функционирования. Постановка эксперимента в молекулярной физике. Алгоритм решения экспериментальной задачи. Планирование эксперимента. Разделительные приборы. Масс-спектрометрические приборы. Электромагнитные установки. Рабочая модель. Технический прототип. Опытный образец. Автоматизация измерений в экспериментальной физике. Виды измерений и погрешностей. Оценка систематической и случайной погрешностей. Характеристики точности средств измерений. Основные задачи, решаемые при обработке опытных данных. Области применения вакуумной техники. Методы получения вакуума. Классификация средств получения вакуума. Области действия вакуумных насосов. Сравнение различных типов насосов и критерии выбора. Основные характеристики насосов. Форвакуумные насосы: пластинчато-роторные, двухроторные, др. насосы. Принципы действия, параметры и конструктивные особенности форвакуумных насосов. Масла. Турбомолекулярные насосы. пароструйные насосы. Принципы действия, характеристики и конструктивные особенности высоковакуумных насосов. Цеолитовые, ионно-сорбционные, криогенные и другие насосы, применяемые в масс-спектрометрах. Ловушки. Геттеры. Понятие о вакуумных системах. Быстрота откачки насоса и объекта. Методика расчета вакуумных систем. Примеры расчета. Измерение давления. Поиск течи. Элементы вакуумных систем. Статические, теплоэлектрические, ионизационные, электроразрядные и др. вакуумметры. Характеристики и режимы работы вакуумметров. Измерение парциальных давлений. Интерпретация спектра масс остаточного газа. Приборы для измерения парциальных давлений: магнитный статический масс-спектрометр, времяпролетный масс-спектрометр, омегатрон, фарвитрон, квадрупольный масс спектрометр. Испытание

вакуумных систем на герметичность. Течи. Методы локализации течей. Масс-спектрометрические течеискатели. Напуск газов в вакуумные системы. Газовый поток через масс-спектрометр. Напускные системы масс-спектрометров. Напуск газов в периодическом и непрерывном режимах. Мембранный ввод. Дифференциальные системы откачки масс-спектрометров. Электрораспыление жидкостей. Ионизация в коронном разряде. Фотоионизация. Ввод твердых образцов в вакуум. Системы шлюзования твердых образцов в вакуум. Вакуумная арматура. Материалы элементов вакуумных систем. Уплотнения. Регулирующие вентили для масс-спектрометров. Натекатели. Электрические вводы.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов

На выбор преподавателя студенту выдается 5 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-16). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля - экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-16 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

Рекомендуемая литература:

Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела [Текст] : учебное пособие для вузов / В. И. Троян [и др.]. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. - 257 с. - ISBN 978-5-7262-2076-5

Низаметдинов, Ш.У. Анализ данных [Текст] : учебное пособие для вузов / Ш. У. Низаметдинов, В. П. Румянцев. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. - 285 с. - (Учебная книга инженера-физика). - ISBN 978-5-7262-1687-4

Борман, В.Д. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - 473 с. - (Библиотека ядерного университета). - ISBN 978-5-7262-1667-6

Автор(ы):

Борисюк Петр Викторович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Пальчиков В.Г.