

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 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕТРОЛОГИИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПОСТАНОВКА 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, экз./зач./КР/КП
5	3	108	32	32	0		44	0	3
Итого	3	108	32	32	0	0	44	0	

## АННОТАЦИЯ

В рамках курса освещены следующие темы: Общие понятия о проведении физических экспериментов. Техника безопасности. Проведение физических экспериментов по исследованию свойств наноструктур.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современным состоянием науки об исследовании поверхности, в том числе наноматериалов. Особое внимание уделяется физическим основам экспериментальных методов, являющихся базовыми в исследованиях наноструктур и поверхности твердого тела: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, оже-электронная спектроскопия, спектроскопия рассеяния медленных ионов, сканирующая зондовая микроскопия и дифракция медленных элекtronов, а так же ознакомлению с приборной составляющей постановки эксперимента в физике нанометровых масштабов.

### 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 получат практические навыки: расчета сложных вакуумных конструкций, постановки физических экспериментов в области молекулярной физики и наноматериалов.

Учебная программа соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта и ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки.

### 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
экспертно-аналитический			

участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов	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 научноемкого производства	ПК-10 [1] - Способен к аналитической и количественной оценке процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 26.003, 40.008, 40.011	З-ПК-10[1] - Знать основные методики, цели и задачи построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь строить аналитические и количественные модели процессов в природе, технике и обществе и выбирать на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера. ; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и выбора на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера
--	--	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков

	мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	<p>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 колlettивизма 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 промышленных установках высокой мощности (В28)	<p>1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - 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</p>

		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>5 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Раздел 2	9-16	16/16/0		25	КИ-15	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		<i>32/32/0</i>		<i>50</i>		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	3	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

\* – 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
3	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.,	Лаб.,
--------	---------------------------	-------	-----------	-------

		час.	час.	час.
	5 Семестр	32	32	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	16	16	0
1 - 8	<p><b>Тема 1</b></p> <p>Инженерные основы материаловедения? Основные методы исследования и физических и структурных характеристик материалов. Органические и неорганические сорбенты.</p> <p>Охарактеризовать органические и неорганические мембранные материалы. Наноструктурированные функциональные материалы и перечислить их уникальные свойства.</p> <p>Физические основы современных методов моделирования свойств наноструктурированных материалов. Постановка физического эксперимента и вакуумная техника.</p> <p>Основные виды средств достижения высокого вакуума и кратко изложить физические основы их функционирования. Постановка эксперимента в молекулярной физике.</p> <p>Алгоритм решения экспериментальной задачи.</p> <p>Планирование эксперимента. Разделительные приборы.</p> <p>Масс-спектрометрические приборы. Электромагнитные установки. Рабочая модель. Технический прототип.</p> <p>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.</p> <p>Форвакуумные насосы: пластинчато-роторные, двухроторные, др. насосы. Принципы действия, параметры и конструктивные особенности форвакуумных насосов. Масла. Турбомолекулярные насосы.</p> <p>пароструйные насосы. Принципы действия, характеристики и конструктивные особенности высоковакуумных насосов. Цеолитовые, ионно-сорбционные, криогенные и другие насосы, применяемые в масс-спектрометрах. Ловушки. Геттеры.</p>	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Раздел 2</b>	16	16	0
9 - 16	<p><b>Тема 2</b></p> <p>Понятие о вакуумных системах. Быстрота откачки насоса и объекта. Производительность. Законы Кнудсена и Пуазейля. Сопротивление и пропускная способность трубопроводов в вязкостном, молекулярно-вязкостном и молекулярном режимах течения газа. Проводимость элементов вакуумных систем. Уравнение Геде. Изменение состояния газа в вакуумной системе. Расчет диафрагм. Пропускная способность отверстия и капилляра. Критерии</p>	Всего аудиторных часов		
		16	16	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>определения границ режимов течения в трубопроводах. Кинетика процесса откачки. Инерционные и безинерционные методы определения быстроты откачки. Время откачки элементов вакуумных систем. 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. Регулировочные вентили для масс-спектрометров. Натекатели. Электрические вводы.</p>		
--	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

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

## 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-10	З-ПК-10	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	З, 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 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно 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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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	3 – «удовлетворительно»	E	
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, Yoshimura, Nagamitsu. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. ЭИ Н61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Б82 Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, Троян В.И., Тронин В.Н., Борман В.Д., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 539.1 Б82 Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, Троян В.И., Тронин В.Н., Борман В.Д., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.2 В24 Введение в физику поверхности : , Оура К. [и др.], Москва: Наука, 2006
2. 539.2 П75 Приборы и методы измерения химического состава и структуры нанообъектов : учебное пособие, Троян В.И. [и др.], Москва: МФТИ, 2011
3. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

### **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: Общие понятия о проведении физических экспериментов. Техника безопасности. Проведение физических экспериментов по исследованию свойств наноструктур.

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 и отдельно для второй. Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

К промежуточному контролю допускаются студенты, имеющие по итогам Контроля итогов в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на промежуточном контроле 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: Общие понятия о проведении физических экспериментов. Техника безопасности. Проведение физических экспериментов по исследованию свойств наноструктур.

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 и отдельно для второй. Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

К промежуточному контролю допускаются студенты, имеющие по итогам Контроля итогов в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на промежуточном контроле 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., профессор, д.ф.-м.н.