

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 МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО  
НТС ИНТЭЛ Протокол №4 от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практических работ/ В подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	15	30	0		27	0	3
Итого	2	72	15	30	0	10	27	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина посвящена описанию закономерностей и механизмов атомных процессов в наноструктурах. Ключевыми являются процессы образования наночастиц, включая углеродные нанотрубки и фуллерены, на поверхности, в объеме материалов, в каналах и порах, процессы формирования пленок нанометровой толщины, упорядоченных наноструктур из наночастиц. В курсе рассматриваются примеры неравновесных процессов, на которых демонстрируется реализация различных сценариев формирования наноструктур с различными свойствами и показываются возможности современных экспериментальных методов исследования процессов в наносистемах. Курс отражает современное состояние представлений о кинетике неравновесных процессов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются изучение современных проблем физической кинетики и неравновесной статистической механики, ознакомление с применением современных методов теоретической физики и физики неравновесных процессов для анализа разнообразных систем, состоящих из большого числа одинаковых объектов.

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

Физическая кинетика занимает важное место в освоение теоретических и практических методик расчета задач, возникающих в научно исследовательской и инженерно – внедренческой работе инженера-физика.

Наряду со знаниями основ современной статистической физики и физической кинетики, студенты получат практические навыки: расчета сложных процессов, постановки физических экспериментов в молекулярной физике.

Уровень сложности теоретических и практических заданий полностью соответствует требованиям государственного образовательного стандарта.

### 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

производственно-технологический			
Квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик научноемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах научноемкого производства, управления и бизнеса	ПК-3.3 [1] - Способен использовать современные языки и методы программирования, комплексы прикладных компьютерных программ, сетевые технологии при решении научных и технологических задач в области математического моделирования физических процессов  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104	3-ПК-3.3[1] - Знать современные языки и методы программирования, комплексы прикладных компьютерных программ, сетевые технологии при решении научных и технологических задач в области математического моделирования физических процессов; У-ПК-3.3[1] - Уметь использовать современные языки и методы программирования, комплексы прикладных компьютерных программ, сетевые технологии при решении научных и технологических задач в области математического моделирования физических процессов; В-ПК-3.3[1] - Владеть современными языками и методами программирования, комплексами прикладных компьютерных программ, сетевыми технологиями при решении научных и технологических задач в области математического моделирования физических процессов
научно-исследовательский			
Участие в проведении	Природные и	ПК-2 [1] - Способен	3-ПК-2[1] - Знать

<p>теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации</p>	<p>социальные явления и процессы</p>	<p>выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044</p>	<p>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.</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</p>

		<p>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 воспитание	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:  - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:  - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;  - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами</p>

		современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	<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 колlettivизма 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 ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты (В35)	<p>1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и</p>

наноэлектронике»,  
«Информационные технологии  
в физических исследованиях»,  
«Экспериментальная учебно-  
исследовательская работа» для:  
- формирования навыков  
безусловного выполнения всех  
норм безопасности на рабочем  
месте, соблюдении мер  
предосторожности при  
выполнении исследовательских  
и производственных задач с  
опасными веществами и на  
оборудовании  
полупроводниковой  
промышленности, а также в  
помещениях с высоким классом  
чистоты посредством  
привлечения действующих  
специалистов  
полупроводниковой  
промышленности к реализации  
учебных дисциплин и  
сопровождению проводимых у  
студентов практических работ в  
этих организациях, через  
выполнение студентами  
практических и лабораторных  
работ, в том числе с  
использованием современных  
САПРов для моделирования  
компонентной базы  
электроники, измерительного и  
технологического оборудования  
на кафедрах, лабораториях и  
центрах ИНТЭЛ;  
2.Использование  
воспитательного потенциала  
профильных дисциплин  
«Спецпрактикум по физике  
наносистем», «Спецпрактикум  
по нанотехнологиям»,  
«Специальный практикум по  
физике наносистем»,  
«Современные проблемы  
физики конденсированных сред  
(спецсеминар)»,  
«Экспериментальные методы  
исследования наноструктур  
(спецсеминар)», для: -  
формирования  
профессиональной

		<p>коммуникации в научной среде;</p> <p>- формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистам для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в наноэлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.</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/ Практ. (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	Определение интеллектуальных материалов и их классификация	1-8	7/14/0		25	Зд-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3
2	Физика процессов происходящих в интеллектуальных материалах	9-15	8/16/0		25	Зд-15	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	3	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3

\* – 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
Зд	Задание (задача)
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	30	0
1-8	<b>Определение интеллектуальных материалов и их классификация</b>	7	14	0
1 - 8	<b>Определение интеллектуальных материалов и их классификация</b> Магнитные наночастицы для обессоливания морской воды Умные полимерные гидрогели Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона	Всего аудиторных часов 7 Онлайн 0	14 0	0

	Метаматериалы в технике СВЧ			
<b>9-15</b>	<b>Физика процессов происходящих в интелектуальных материалах</b>	8	16	0
9 - 15	<b>Физика процессов происходящих в интелектуальных материалах</b> Интеллектуальные свойства суспензий Обратимое переключение фобность/фильтрность поверхности Пьезоэлектрические генераторы (на теле/одежде) Материалы с эффектом памяти формы (нитинол, никель-титан) Искусственные мышцы из углеродных нанотрубок	Всего аудиторных часов 8	16	0
	Онлайн	0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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

Дисциплина реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий с использованием проектора 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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ПК-2	З-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
ПК-3.3	З-ПК-3.3	З, Зд-8, Зд-15

	У-ПК-3.3	3, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-3.3	3, Зд-8, Зд-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 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		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 П 85 Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие, Ганзуленко О. Ю. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022

2. ЭИ Д 40 Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебное пособие, Метелица А. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2021

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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**

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс включает в себя следующие темы: фракталы, кинетика образования нанокластеров металла при импульсном лазерном осаждении, транспорт атомных частиц и нанокластеры в субнанометровых каналах цеолитов, заполнение несмачивающими жидкостями неупорядоченных нанопористых сред, метод функционала плотности для атомных частиц в среде.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

- Задание

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из представленного списка вопросов. Время на подготовку – не более 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.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

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

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и

тензорного анализа. Курс включает в себя следующие темы: фракталы, кинетика образования нанокластеров металла при импульсном лазерном осаждении, транспорт атомных частиц и нанокластеры в субнанометровых каналах цеолитов, заполнение несмачивающими жидкостями неупорядоченных нанопористых сред, метод функционала плотности для атомных частиц в среде.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

- Задание

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из представленного списка вопросов. Время на подготовку – не более 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.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

Автор(ы):

Еремин Юрий Сергеевич

Рецензент(ы):

Борман В.Д.