

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 5       | 3                      | 108                        | 32           | 16                        | 16                       |                                         | 44        | 0         | 3                                        |
| Итого   | 3                      | 108                        | 32           | 16                        | 16                       | 8                                       | 44        | 0         |                                          |

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современными проблемами в областях создания и исследования свойств наноматериалов. Особое внимание уделяется применению наноматериалов в качестве конструкционных и функциональных материалов. Дается описание основных направлений нанотехнологий.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: ознакомление студентов с современными проблемами в областях создания и исследования свойств наноматериалов. Особое внимание уделяется применению наноматериалов в качестве конструкционных и функциональных материалов. Дается описание основных направлений нанотехнологий.

### 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 студенты получают практические навыки постановки физических экспериментов в области наноматериалов.

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;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции             |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| научно-исследовательский                                                |                                           |                                                                                                            |                                                                                   |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, | Природные и социальные явления и процессы | ПК-2 [1] - Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы                    | З-ПК-2[1] - Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для |

|                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации |  | исследований для решения задач в избранной предметной области<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.044 | решения задач в избранной предметной области. ;<br>У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области ;<br>В-ПК-2[1] - Владеть навыками выбора и применения оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания            | Задачи воспитания (код)                                                                                                                                                                                                                  | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Интеллектуальное воспитание            | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры умственного труда (В11)                                                                                                                                                          | Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Профессиональное и трудовое воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством |

|                                        |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |                                                                                                                                        | <p>осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p> |
| Профессиональное и трудовое воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15) | <p>Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.</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>5 Семестр</i>                            |        |                                                        |                                           |                               |                                     |                                 |
| 1     | Часть 1                                     | 1-8    | 16/8/8                                                 |                                           | 25                            | Зд-8                                | З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2          |
| 2     | Часть 2                                     | 9-12   | 16/8/8                                                 |                                           | 25                            | Зд-12                               | З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2          |
|       | <i>Итого за 5 Семестр</i>                   |        | 32/16/16                                               |                                           | 50                            |                                     |                                 |
|       | <b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b> |        |                                                        |                                           | 50                            | 3                                   | З-ПК-2, У-ПК-2, В-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 |
|-------------|---------------------|
| Зд          | Задание (задача)    |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                  | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>5 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                           | 32                     | 16             | 16         |
| <b>1-8</b> | <b>Часть 1</b>                                                                                                                                                                                                             | 16                     | 8              | 8          |
| 1 - 3      | <b>Введение</b><br>Классификация наноматериалов и направлений их использования. Физические и геометрические параметры наноматериалов, методы их исследований. Классификация наноматериалов и направлений их использования. | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                            | 8                      | 4              | 4          |
|            |                                                                                                                                                                                                                            | Онлайн                 |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                            | 0                      | 0              | 0          |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |   |   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|---|
|         | Физические и геометрические параметры наноматериалов, методы их исследований. Особенности взаимодействия систем наночастиц. Энергетические характеристики перколяционного кластера наночастиц в матрице. Оценка прочности, электропроводности и теплопроводности композитных материалов с наночастицами. Параметры нанопористых сред: пористость, площадь поверхности, связанность пор.                                                                                                                   |                        |   |   |
| 4 - 8   | <b>Углеродные и полимерные наноструктурированные материалы.</b><br>Физические свойства полимерных материалов.<br>Аллотропные формы углерода: графит, алмаз, графены, фуллерены, ОУНТ, МУНТ. Индексы хиральности и связывающие уравнения для расчета структуры УНТ. Физические свойства УНТ. Методы синтеза УНТ и УНВ. Полимерные мембраны с внедренными наночастицами: структура композитных мембран. Модели газопроницаемости и газоселективности.                                                       | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8                      | 4 | 4 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                      | 0 | 0 |
| 9-12    | <b>Часть 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 16                     | 8 | 8 |
| 9 - 10  | <b>Взаимодействие наночастиц в жидких средах</b><br>Коллоидные смеси с наночастицами. Задача Стокса, броуновское движение наночастиц. Электромагнитное взаимодействие наночастиц в жидких средах. Ультразвуковое диспергирование коллоидных растворов. Термо и электропроводность коллоидных систем. Наножидкость: рео и электроореология. Влияние внешнего электро- и магнитного поля на вязкость жидкостей с наночастицами. Двойной поляризационный слой, реологическая стабильность коллоидных смесей. | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8                      | 4 | 4 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                      | 0 | 0 |
| 11 - 12 | <b>Практическое применение наноструктурированных материалов</b><br>Фононы в наноструктурах. Одномерная проводимость. Композитные теплопроводящие материалы. Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами. Новые материалы для биоимплантантов. Наноструктурированные лекарственные препараты                                                                                                                                                                                                      | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8                      | 4 | 4 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                      | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели  | Темы занятий / Содержание                                                                                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | <i>5 Семестр</i>                                                                                                                              |
| 1 - 3   | <b>Лабораторная работа 1</b><br>Экспериментальное исследование параметров нанопористых сред: пористость, площадь поверхности, связанность пор |
| 4 - 8   | <b>Лабораторная работа 2</b><br>Синтез полимерных мембран с внедренными наночастицами                                                         |
| 9 - 10  | <b>Лабораторная работа 3</b><br>Исследование гибридных полимерных мембран на проницаемость                                                    |
| 11 - 12 | <b>Лабораторная работа 4</b><br>Исследование гибридных полимерных мембран на прочностные и тепловые характеристики                            |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс 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 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-2        | З-ПК-2              | З, Зд-8, Зд-12                    |
|             | У-ПК-2              | З, Зд-8, Зд-12                    |
|             | В-ПК-2              | З, Зд-8, Зд-12                    |

## 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 | Оценка по 4-ех | Оценка | Требования к уровню освоению |
|-------|----------------|--------|------------------------------|

| баллов  | балльной шкале            | ECTS | 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 П 85 Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Д 40 Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2021
3. 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
4. 539.2 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. ЭИ Р83 Экспериментальная физика наноструктур : , И. А. Руднев, Москва: МИФИ, 2008
2. 539.2 С86 Фононы в наноструктурах : , М. Строшио, М. Дутта, М.: Физматлит, 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**

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 разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 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.

При подготовке к аттестации и итоговому контролю рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика. Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, : , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

### **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 разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 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.

При подготовке к аттестации и итоговому контролю рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика. Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, : , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

Автор(ы):

Попов Александр Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с.

Грехов Алексей Михайлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

Тронин В.Н.