

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОПТИКА ПОВЕРХНОСТИ**

Направление подготовки [1] 03.03.01 Прикладные математика и физика  
(специальность)

| Семестр | Трудоемкость, кредит. | 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 |
|---------|-----------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 8       | 3                     | 108                     | 12           | 36                     | 0                     | 33                                 | 0         | 0         | Э                                  |
| Итого   | 3                     | 108                     | 12           | 36                     | 0                     | 33                                 | 0         | 0         |                                    |

## АННОТАЦИЯ

Курс затрагивает наиболее важные разделы оптики – теория поверхностных электромагнитных волн, дифракция, нелинейные процессы. Курс базируется на базовых принципах оптики, электродинамики, электромагнетизма и статистической физики. Курс направлен на приобретение студентом теоретических знаний и практических навыков работы в области оптики поверхности. Главное внимание уделено описанию явлений с помощью базовых методов геометрической оптики и электродинамики. Общие теоретические положения проиллюстрированы на конкретных физических примерах.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

дать студентам представление о многообразии явлений, возникающих в оптике,

познакомить с методами решения научных задач, возникающими в данной области физики,

познакомить с новейшими тенденциями развития в области физики поверхностных явлений.

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

Для успешного усвоения данной дисциплины студент должен владеть математическим аппаратом, необходимым для решения дифференциальных и интегральных уравнений, представлениями о геометрической оптике из курса общей физики, владеть понятийным аппаратом и методами решения задач теории поля, электродинамики, а также феноменологическими представлениями из теории физики конденсированного состояния. Предполагается предварительное изучение следующих дисциплин:

Аналитическая геометрия

Линейная алгебра

Дифференциальные и интегральные уравнения

Теория функций комплексного переменного

Общая физика — электричество и магнетизм

Общая физика — оптика

Теория поля

Квантовая механика

Теоретическая физика: статистическая физика

Макроскопическая электродинамика

### 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:

| <b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>  | <b>Объект или область знания</b>          | <b>Код и наименование профессиональной компетенции;<br/>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>   | <b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>   |
|--|---|--|--|
| научно-исследовательский   |   |  |  |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации | Природные и социальные явления и процессы | <p>ПК-4.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.044</p> | <p>З-ПК-4.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред;</p> <p>У-ПК-4.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред;</p> <p>В-ПК-4.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред</p> |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении  | Природные и социальные явления и процессы | <p>ПК-4.2 [1] - Способен применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики</p>   | <p>З-ПК-4.2[1] - Знать методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики</p>   |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| аналитических исследований в предметной области по профилю специализации |  | <p>конденсированных сред</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.044</p> | <p>конденсированных сред;</p> <p>У-ПК-4.2[1] - Уметь применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики конденсированных сред;</p> <p>В-ПК-4.2[1] - Владеть методами математической и теоретической физики, методами математического и компьютерного моделирования процессов в области физики конденсированных сред</p> |
|--|--|---|--|

#### конструкторско-технологический

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Контроль соответствия выполненных работ требованиям технического задания и соотношения получаемых результатов с известными мировыми разработками и образцами в данной области исследований | 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 наукоемкого производства, управления и бизнеса | <p>ПК-7 [1] - Способен к разработке прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.028</p> | <p>З-ПК-7[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные методы и алгоритмы для разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований. ;</p> <p>У-ПК-7[1] - Уметь применять современные методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения.;</p> <p>В-ПК-7[1] - Владеть навыками разработки и адаптации прикладного</p> |
|--|---|---|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | программного обеспечения для проведения научных исследований. |
|--|--|--|---|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин   |
|-----------------------------|--|--|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)   | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.   |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:<br>- 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:<br>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;<br>- формирования критического мышления, умения рассматривать |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий. |
|--|--|---|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| №<br>п.п | Наименование<br>раздела учебной<br>дисциплины       | Недели | Лекции/ Практ.<br>(семинары) /<br>Лабораторные<br>работы, час. | Обязат. текущий<br>контроль (форма*,<br>неделя) | Максимальный<br>балл за раздел** | Аттестация<br>раздела (форма*,<br>неделя) | Индикаторы<br>освоения<br>компетенции  |
|----------|---|--------|--|---|----------------------------------|---|--|
|          | <i>8 Семестр</i>                                    |        |  |   |                                  |   |  |
| 1        | Первый раздел                                       | 1-8    | 6/18/0   |   | 25                               | КИ-8                                      | 3-ПК-4.1,<br>У-ПК-4.1,<br>В-ПК-4.1,<br>3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7  |
| 2        | Второй раздел                                       | 9-15   | 6/18/0   |   | 25                               | КИ-15                                     | 3-ПК-4.2,<br>У-ПК-4.2,<br>В-ПК-4.2,<br>3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7  |
|          | <i>Итого за 8 Семестр</i>                           |        | 12/36/0  |   | 50                               |   |  |
|          | <b>Контрольные<br/>мероприятия за 8<br/>Семестр</b> |        |  |   | 50                               | Э   | 3-ПК-4.1,<br>У-ПК-4.1,<br>В-ПК-4.1,<br>3-ПК-4.2,<br>У-ПК-4.2,<br>В-ПК-4.2,<br>3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7 |

\* – 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>8 Семестр</i>  | 12   | 36             | 0          |
| <b>1-8</b>  | <b>Первый раздел</b>  | 6  | 18             | 0          |
| 1           | <b>Вводная лекция</b><br>Геометрическая оптика, законы отражения, преломления, коэффициенты Френеля.  | Всего аудиторных часов<br>1<br>Онлайн<br>0 | 2<br>0<br>0    | 0          |
| 2 - 3       | <b>Коэффициенты отражения, прохождения, преломления.</b><br>Коэффициенты отражения, прохождения, преломления.   | Всего аудиторных часов<br>1<br>Онлайн<br>0 | 4<br>0<br>0    | 0          |
| 4 - 5       | <b>Неоднородные волны. Затухающие волны.</b><br><b>Поверхностные волны.</b><br>Неоднородные волны. Затухающие волны. Поверхностные волны.   | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 4<br>0<br>0    | 0          |
| 6           | <b>Дифракция и интерференция</b><br>Дифракция и интерференция   | Всего аудиторных часов<br>1<br>Онлайн<br>0 | 2<br>0<br>0    | 0          |
| 7           | <b>Отражение света резонансной поверхностью.</b><br><b>Когерентные и некогерентные процессы</b><br>Отражение света резонансной поверхностью. Когерентные и некогерентные процессы   | Всего аудиторных часов<br>1<br>Онлайн<br>0 | 4<br>0<br>0    | 0          |
| 8           | <b>Коллоквиум</b><br>Коллоквиум по пройденному материалу  | Всего аудиторных часов<br>0<br>Онлайн<br>0 | 2<br>0<br>0    | 0          |
| <b>9-15</b> | <b>Второй раздел</b>  | 6  | 18             | 0          |
| 9           | <b>Рентгеновская оптика поверхности.</b><br>Отражение и дифракция при скользящих углах падения  | Всего аудиторных часов<br>1<br>Онлайн<br>0 | 2<br>0<br>0    | 0          |
| 10 - 12     | <b>Плазмоны. Плазмон-поляритоны. Поверхностные и локализованные плазмоны. Дисперсионные соотношения. Локализованный плазмонный резонанс.</b><br>Плазмоны. Плазмон-поляритоны. Поверхностные и локализованные плазмоны. Дисперсионные соотношения. Локализованный плазмонный резонанс. | Всего аудиторных часов<br>3<br>Онлайн<br>0 | 8<br>0<br>0    | 0          |
| 13 - 15     | <b>Основные принципы нелинейной оптики</b><br>Основные принципы нелинейной оптики   | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 8<br>0<br>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               |

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| <b>Недели</b> | <b>Темы занятий / Содержание</b>  |
|---------------|---|
|               | <i>8 Семестр</i>  |
| 1             | <b>Геометрическая оптика, законы отражения, преломления, коэффициенты Френеля</b><br>Геометрическая оптика, законы отражения, преломления, коэффициенты Френеля   |
| 2 - 3         | <b>Коэффициенты отражения, прохождения, преломления.</b><br>Коэффициенты отражения, прохождения, преломления.   |
| 4 - 5         | <b>Неоднородные волны. Затухающие волны. Поверхностные волны.</b><br>Неоднородные волны. Затухающие волны. Поверхностные волны.   |
| 6             | <b>Дифракция и интерференция</b><br>Дифракция и интерференция   |
| 7 - 8         | <b>Отражение света резонансной поверхностью. Когерентные и некогерентные процессы</b><br>Отражение света резонансной поверхностью. Когерентные и некогерентные процессы   |
| 9             | <b>Рентгеновская оптика поверхности.</b><br>Отражение и дифракция при скользящих углах падения  |
| 10 - 12       | <b>Плазмоны. Плазмон-поляритоны. Поверхностные и локализованные плазмоны. Дисперсионные соотношения. Локализованный плазмонный резонанс.</b><br>Плазмоны. Плазмон-поляритоны. Поверхностные и локализованные плазмоны. Дисперсионные соотношения. Локализованный плазмонный резонанс. |
| 13 - 15       | <b>Основные принципы нелинейной оптики</b><br>Основные принципы нелинейной оптики   |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, с применением проектора и презентаций по избранным темам;
- семинары – практическая работа по решению задач, с опорой на лекционный материал, для наилучшего его усвоения;
- самостоятельная работа студентов;
- дополнительные лекции и семинары с участием зарубежных и российских ученых из ведущих мировых научно-исследовательских центров.

## 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-4.1      | З-ПК-4.1            | Э, КИ-8                           |
|             | У-ПК-4.1            | Э, КИ-8                           |
|             | В-ПК-4.1            | Э, КИ-8                           |
| ПК-4.2      | З-ПК-4.2            | Э, КИ-15                          |
|             | У-ПК-4.2            | Э, КИ-15                          |
|             | В-ПК-4.2            | Э, КИ-15                          |
| ПК-7        | З-ПК-7              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-7              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-7              | Э, 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 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 –                           | F           | Оценка «неудовлетворительно»  |

|  |                       |  |  |
|--|-----------------------|--|--|
|  | «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 В78 Principles of optics : : electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light /, Born, Max, , : Elsevier, 1980
2. 537 Р99 Введение в электродинамику конденсированного вещества : , Рязанов М.И., Москва: Физматлит, 2002
3. ЭИ С 12 Курс общей физики. В 5 т. Том 2. Электричество и магнетизм : , Савельев И. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. 535 Б82 Основы оптики : , Вольф Э., Борн М., М.: Наука, 1973
5. ЭИ В 57 Физика поверхности твердых тел : учебное пособие, Владимиров Г. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. 535 А95 Физическая оптика : учебник для вузов, Никитин С.Ю., Ахманов С.А., Москва: Наука, 2004

### **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**

Основное внимание студентов должно быть сосредоточено на детальном изучении явлений в области оптики поверхности, рекомендуется самостоятельное повторение материалов курсов по квантовой механике, теории поля, классической оптики. Кроме того, рекомендуется материал каждой лекции прорабатывать непосредственно в день, когда она была прочтена, и в случае наличия вопросов обращаться к преподавателю. Для студентов, чья учебно-исследовательская работа так или иначе связана с кругом рассматриваемых в курсе лекций явлений рекомендуется ознакомление с содержанием обзоров УФН – Успехи физических наук, начиная примерно с 1990 г.

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

Необходимо акцентировать внимание студентов на наиболее актуальных явлениях известных в области физики поверхностных явлений. Структуру лекций необходимо строить таким образом, чтобы студент получил качественное описание изучаемого явления, имел представления об актуальности темы, четко понял и усвоил математическое описание явления, которое должно быть использовано при решении задач на семинарской части занятий. По каждой пройденной теме проводятся семинарские занятия, на которых студентам предлагается набор задач по теме. Контроль проводится в середине и в конце семестра. В середине семестра студентам предлагается устный опрос (коллоквиум) по пройденному материалу, который содержит вопросы без вариантов ответов. На письменную подготовку ответа отводится не более 35 минут, на устный ответ – не более 25 минут.

Автор(ы):

Тищенко Алексей Александрович