

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

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
577 ОТДЕЛЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОФИСА  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ (М)

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ**

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>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 7       | 3                      | 108                        | 32           | 32                        | 0                        |                                          | 44        | 0         | 30                                       |
| Итого   | 3                      | 108                        | 32           | 32                        | 0                        | 10                                       | 44        | 0         |                                          |

## АННОТАЦИЯ

Целью курса является изложение основ квантовой теории взаимодействия излучения с веществом и ознакомление студентов с современными разделами этой области физики и применяемыми в них теоретическими методами исследований. Студенты, освоившие курс, должны обладать базовыми знаниями и навыками в физике нелинейного взаимодействия лазерного излучения с веществом, квантовой оптике, квантовой электродинамике атомов и методе матрицы плотности в физике взаимодействия атомов с полями излучения.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является изложение основ квантовой теории взаимодействия излучения с веществом и ознакомление студентов с современными разделами этой области физики и применяемыми в них теоретическими методами исследований. Студенты, освоившие курс, должны обладать базовыми знаниями и навыками в физике нелинейного взаимодействия лазерного излучения с веществом, квантовой оптике, квантовой электродинамике атомов и методе матрицы плотности в физике взаимодействия атомов с полями излучения.

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

Курс односеместровый.

Знание, полученные при изучении курса, помогут студентам в освоении курса квантовой теории поля, а также будут полезны при изучении специальных дисциплин, относящихся к тематике взаимодействия излучения с веществом.

### 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 создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; участие в | Природные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и | ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования                        | З-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты                                                                                                                                             | 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 | <i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011                                                                                                                             | деятельности ;<br>У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.;<br>В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                        |
| инновационный                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей | Информационные источники и исходные данные для планирования новых проектов и разработки новых методов производства                                                                                                  | ПК-5 [1] - Способен управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 06.022 | З-ПК-5[1] - Знать основные методы и принципы управления программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию в сфере своей профессиональной деятельности. ;<br>У-ПК-5[1] - Уметь находить оптимальные решения при освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию. ;<br>В-ПК-5[1] - Владеть навыками нахождения оптимальных решений для освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию |
| педагогический                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Организация лабораторных занятий, подготовка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Образовательный процесс в области основных                                                                                                                                                                          | ПК-12 [1] - Способен преподавать специальные предметы                                                                                                                              | З-ПК-12[1] - Знать основные цели и задачи, особенности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                                            |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| учебно-методических материалов и оборудования                                              | направлений квантовой физики                                            | <p>в области прикладной и фундаментальной физики.</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 01.003</p>                                                                                                                     | <p>содержания и организации педагогического процесса на основе компетентностного подхода; психологические особенности обучающихся, особенности педагогического взаимодействия в условиях изменяющегося образовательного пространства. ;</p> <p>У-ПК-12[1] - Уметь организовывать образовательно-воспитательный процесс в изменяющихся социокультурных условиях; применять психолого-педагогические знания в области общей, прикладной и фундаментальной физики.;</p> <p>В-ПК-12[1] - Владеть навыками преподавания специальных дисциплин в области общей, прикладной и фундаментальной физики.</p> |
| Организация лабораторных занятий, подготовка учебно-методических материалов и оборудования | Образовательный процесс в области основных направлений квантовой физики | <p>ПК-13 [1] - Способен организовывать лабораторные занятия со студентами в области электрофизики, измерительной техники, лазерных технологий и импульсных процессов.</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 01.003</p> | <p>З-ПК-13[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса на основе компетентностного подхода; психологические особенности обучающихся, принципы организации</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>лабораторных занятий со студентами в области электрофизики, измерительной техники, лазерных технологий и импульсных процессов. ;</p> <p>У-ПК-13[1] - Уметь организовывать лабораторные занятия со студентами в области электрофизики, измерительной техники, лазерных технологий и импульсных процессов.;</p> <p>В-ПК-13[1] - Владеть навыками преподавания специальных дисциплин в области общей, прикладной и фундаментальной физики, в том числе организации и проведения лабораторных работ.</p> |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)                                                                                     | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В27) | <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 экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими повышенный уровень опасности через выполнение</p> |

|  |  |                                                                                                                        |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 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/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции                                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <i>7 Семестр</i>                            |        |                                                        |                                           |                               |                                     |                                                                                                                                       |
| 1     | Первый раздел                               | 1-8    | 16/16/0                                                |                                           | 25                            | КИ-8                                | 3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>3-ПК-5,<br>У-ПК-5,<br>В-ПК-5,<br>3-ПК-12,<br>У-ПК-12,<br>В-ПК-12,<br>3-ПК-13,<br>У-ПК-13,<br>В-ПК-13 |
| 2     | Второй раздел                               | 9-15   | 16/16/0                                                |                                           | 25                            | КИ-15                               | 3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>3-ПК-5,<br>У-ПК-5,<br>В-ПК-5,<br>3-ПК-12,<br>У-ПК-12,<br>В-ПК-12,<br>3-ПК-13,<br>У-ПК-13,<br>В-ПК-13 |
|       | <i>Итого за 7 Семестр</i>                   |        | 32/32/0                                                |                                           | 50                            |                                     |                                                                                                                                       |
|       | <b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b> |        |                                                        |                                           | 50                            | 30                                  | 3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>3-ПК-5,<br>У-ПК-5,<br>В-ПК-5,                                                                        |

|  |  |  |  |  |  |  |                                                                     |
|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |  | 3-ПК-12,<br>У-ПК-12,<br>В-ПК-12,<br>3-ПК-13,<br>У-ПК-13,<br>В-ПК-13 |
|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------|

\* – 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 |
|-------------|---------------------|
| ЗО          | Зачет с оценкой     |
| КИ          | Контроль по итогам  |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели      | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Лек.,<br>час.          | Пр./сем.,<br>час. | Лаб.,<br>час. |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------|
|             | <i>7 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 32                     | 32                | 0             |
| <b>1-8</b>  | <b>Первый раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16                     | 16                | 0             |
|             | <b>Первый раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Всего аудиторных часов |                   |               |
|             | Предмет курса. Ограниченность применимости классической электродинамики и статистики для описания электромагнитного излучения. Основы алгебраического метода в квантовой механике. Квантование линейного гармонического осциллятора.                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16                     | 16                | 0             |
|             | Вторичное квантование системы тождественных бозонов. Квантование свободного электромагнитного поля. Операторы полей. Взаимодействие одночастичной нерелятивистской квантовой системы с электромагнитным полем: постановка задачи. Представление взаимодействия. Ряд теории возмущений. Временное упорядочение операторов. Излучение и поглощение фотона. Спонтанное и вынужденное излучение. Дипольное излучение. Правила отбора при дипольном излучении. Резонансная флуоресценция. Естественная ширина спектральной линии. | 0                      | 0                 | 0             |
| <b>9-15</b> | <b>Второй раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16                     | 16                | 0             |
|             | <b>Второй раздел</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Всего аудиторных часов |                   |               |
|             | Фотоэффект. Рассеяние света. Предел высоких частот: формула Релея. Предел низких частот. Когерентность при рассеянии. Диаграммная техника. Радиационные поправки в связанных состояниях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 16                     | 16                | 0             |
|             | Сдвиг Лэмба в атоме водорода. Уравнения движения атома в поле резонансного излучения. Световое давление. Оптическое охлаждение атомов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                      | 0                 | 0             |

|  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|  | Электромагнитное поле в среде. Флуктуационнодиссипативная теорема. Тепловое излучение в бесконечном пространстве. Флуктуации поля в изотропной среде. Тепловое излучение нагретых тел. |  |  |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|

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 курсе используются традиционные образовательные технологии, включая лекции с разбором задач и примеров и большое домашнее задание.

## 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-12       | З-ПК-12             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | У-ПК-12             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | В-ПК-12             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
| ПК-13       | З-ПК-13             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | У-ПК-13             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | В-ПК-13             | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
| ПК-4        | З-ПК-4              | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | У-ПК-4              | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | В-ПК-4              | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
| ПК-5        | З-ПК-5              | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | У-ПК-5              | ЗО, КИ-8, КИ-15                   |
|             | В-ПК-5              | ЗО, 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 – <i>«отлично»</i>             | 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 – <i>«хорошо»</i>              | 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        |                                  | 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        | 3 – <i>«удовлетворительно»</i>   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ниже 60      | 2 – <i>«неудовлетворительно»</i> | 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. 535 Г77 Взаимодействие излучения с веществом : курс лекций: учеб. пособие для вузов, Грасюк А.З., М.: ФИАН, 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**

Для успешного усвоения курса необходимо присутствовать на всех лекционных занятиях, выполнять домашнее задание и сдать итоговую работу.

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

Общие положения.

1. Целью лекционных занятий по данному курсу является овладение необходимыми теоретическими знаниями о взаимодействии излучения с веществом.

2. Главной целью практических занятий является закрепление полученных на лекциях знаний и умений, это достигается путем выполнения практических самостоятельных работ и совместных практических занятий.

Автор(ы):

Ляхова Яна Сергеевна