

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОСЛАБЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

| 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 |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---|-----------|-----------|--|
| 2       | 4                      | 144                        | 15           | 30                        | 0                        |   | 63        | 0         | Э  |
| Итого   | 4                      | 144                        | 15           | 30                        | 0                        | 0                                       | 63        | 0         |  |

## АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются основы теории калибровочных полей – математического языка, на котором формулируется Стандартная Модель. Изучается конструкция калибровочной теории электрослабых взаимодействий Глэшоу-Вайнберга-Салама и вытекающей из неё эффективной теории Ферми.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является формирование знаний у студентов об устройстве Стандартной Модели, а также общее знакомство с языком теории калибровочных взаимодействий, и формирование умения им пользоваться.

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

К данному времени студенты пройдут спец. курсы необходимые для начала изучения дисциплины: «Теория поля», «Квантовая механика», «Введение в ядерную физику» и др. Изучение данного курса откроет возможность изучения дальнейших курсов «Квантовая Теория Поля и Гравитации» и проч. Также, изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и, главное, в рамках работы над дипломным проектом.

### 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   |   |   |  |
| 1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия | 1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные системы сбора и обработки данных для ядерных и физических установок математические | ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно- | 3-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ;<br>У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p>лазерного и ионизирующего излучения с веществом; создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах, ускорителях, коллайдерах, масс-спектрометрах; создание методов расчета разделения изотопных и молекулярных смесей; создание современных электронных устройств сбора и обработки информации, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучений; разработка методов повышения безопасности ядерных и лазерных установок, материалов и технологий; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды</p> | <p>модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений</p> | <p>исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.011</p> | <p>В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.</p>            |
| <p>1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание</p>   | <p>1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные системы</p>   | <p>ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические</p>                | <p>3-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и</p> |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p>теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия лазерного и ионизирующего излучения с веществом; создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах, ускорителях, коллайдерах, масс-спектрометрах; создание методов расчета разделения изотопных и молекулярных смесей; создание современных электронных устройств сбора и обработки информации, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучений; разработка методов повышения безопасности ядерных и лазерных установок, материалов и технологий; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды</p> | <p>сбора и обработки данных для ядерных и физических установок математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений</p> | <p>исследования для решения научных и производственных задач</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.011</p> | <p>средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ;<br/>У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ;<br/>В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p> |
|--|--|---|---|

#### 4. 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>2 Семестр</i>                            |        |  |   |                               |                                     |   |
| 1     | Первый раздел                               | 1-8    | 8/16/0   |   | 25                            | КИ-8                                | З-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4 |
| 2     | Второй раздел                               | 9-15   | 7/14/0   |   | 25                            | КИ-15                               | З-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4 |
|       | <i>Итого за 2 Семестр</i>                   |        | 15/30/0  |   | 50                            |                                     |   |
|       | <b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b> |        |  |   | 50                            | Э                                   | З-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4 |

\* – 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>2 Семестр</i>   | 15                     | 30             | 0          |
| <b>1-8</b>  | <b>Первый раздел</b>   | 8                      | 16             | 0          |
| 1 - 2       | <b>Введение</b><br>Место курса в физике высоких энергий. Тензорные обозначения. Вариационный принцип в механике и теории поля. Квантование интегралом по путям.  | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 2                      | 4              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| 3 - 5       | <b>Теория поля</b><br>Скалярное поле, понятие частицы. Потенциал, масса. Диаграммы Фейнмана. Внутренняя и пространственная симметрия, теорема Нетер. Тензор энергии импульса и углового момента. Векторное поле, поляризация.                      | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 3                      | 6              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| 6 - 8       | <b>Основы теории групп</b><br>Определение группы, гомоморфизм. Группы Ли, их примеры. Алгебры Ли, генераторы, структурные константы. Представления группы, неприводимые представления. Мультиплеты. Группа вращений.                               | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 3                      | 6              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| <b>9-15</b> | <b>Второй раздел</b>   | 7                      | 14             | 0          |
| 9 - 10      | <b>Калибровочная теория</b><br>Глобальные и локальные симметрии. Длинная производная, калибровочные поля. Абельева теория, группа U(1). Неабелева теория, самовзаимодействие.  | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 2                      | 4              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| 11 - 12     | <b>Фермионы</b><br>Группа Лоренца, её неприводимые представления. Инвариантный лагранжиан фермионов, уравнение Дирака. Спин, хиральность. Фермионы Вейля и Майораны. Лагранжиан КЭД.   | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 2                      | 4              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| 13 - 15     | <b>Электрослабая теория</b><br>Лептонный сектор SM. Нарушение P-четности. Калибровочное смешивание, угол Вайнберга, гиперзаряды. Механизм Хиггса, массы W и Z бозонов. Остаточная U(1)-симметрия. Слабые и электромагнитные вершины, теория Ферми. | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 3                      | 5              | 0          |
|             |  | Онлайн                 |                |            |
|             |  | 0                      | 0              | 0          |
| 15          | <b>Контрольное мероприятие</b><br>Сдача заданий  | Всего аудиторных часов |                |            |
|             |  | 0                      | 1              | 0          |
|             |  | 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 СЕМИНАРОВ

| Недели | Темы занятий / Содержание   |
|--------|---|
|        | <i>2 Семестр</i>  |
| 1 - 2  | <b>ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ</b><br>Проводится вводная беседа о месте курса в образовательной программе         |
| 2 - 8  | <b>Обсуждение лекционных занятий</b><br>Проводится обсуждение лекционных тем в дискуссионном варианте |
| 9 - 15 | <b>Обсуждение лекционных занятий</b><br>Проводится обсуждение лекционных тем в дискуссионном варианте |
| 15     | <b>Контрольное мероприятие</b><br>Сдача заданий   |

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме.

Даже во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы. Например, именно в такой технологии можно контролировать усвояемость актуальной темы "Стандартная модель", где поднимается много теоретических вопросов, требующих осмысления их применения в реальных физических задачах. Без дискуссии изучение таких тем невозможно.

На семинарах выдаются домашние задания, которые студенты выполняют и рассказывают перед аудиторией на семинарах, а также отвечают на вопросы аудитории.

### 6. 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-3        | З-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
| ПК-4        | З-ПК-4              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-4              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-4              | 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        | 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. |
|--|--|--|---|

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Лекции, как правило, читаются в аудиториях с использованием доски. Важно присутствовать на каждой лекции и вести конспект.

Рекомендуется записывать важные моменты, отмечаемые лектором словами, даже если таковые показались очевидными. На протяжении каждой лекции преподаватель может задавать вопросы.

В качестве основного материала для подготовки к экзамену рекомендуется использовать конспект лекции. В отдельных случаях возможно использование ДОТ.

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

Для лучшего усвоения материала студентами каждую лекцию следует начинать с напоминания предыдущей лекции (лучше в виде вопросов) и пояснения ее связи с предстоящей.

Важно задавать вопросы на знание материала из прошедших лекций или других курсов по мере обращения к этому материалу или по крайней мере проговаривать их связь.

Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы (даже если она совсем частного характера), стимулируя внимание и творческое участие студента в ходе рассуждений лектора.

Автор(ы):

Окороков Виталий Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Рубин С.Г., проф. каф.40