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

ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ НИЯУ МИФИ (ТФ НИЯУ МИФИ)

ОДОБРЕНО

УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 04.02.2026 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА КОЛЛАЙДЕРАХ

Направление подготовки (специальность) [1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки, час. | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3 | 108 | 30 | 30 | 0 | | 48 | 0 | ЗО |
| Итого | 3 | 108 | 30 | 30 | 0 | 30 | 48 | 0 | |

## АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики элементарных частиц

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) "Введение в физику элементарных частиц" являются овладение основными понятиями физики элементарных частиц.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс является введением в цикл курсов по экспериментальной физике элементарных частиц. Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими знаниями:

- Знаниями общей физики в объеме программы МФТИ.
- Начальными понятиями Квантовой Механики
- Знаниями математики в объеме 2-х лет МФТИ
- Знаниями теории групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» базируется на дисциплинах:

- Общая Физика
- Введение в физику элементарных частиц
- Теория групп

Дисциплина «Введение в физику элементарных частиц» является промежуточной дисциплиной в цикле курсов по экспериментальной физике.

## 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора достижения компетенции** |
|---|---|
| УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации<br>У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации<br>В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий |
| УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами |

| | |
|---|---|
| | У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла<br>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта |
| УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки | З-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения<br>У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности<br>В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик |

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| **Задача профессиональной деятельности (ЗПД)** | **Объект или область знания** | **Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)** | **Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции** |
|---|---|---|---|
| научно-исследовательский | | | |
| проведение научных исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, самостоятельное решение поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к | атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, | ПК-38.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, к самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к | З-ПК-38.1[1] - Знать методы исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;<br>У-ПК-38.1[1] - Уметь самостоятельно решать задачи, связанные с исследованиями в области физики элементарных частиц, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| самостоятельной формулировке задач; | современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками; | самостоятельной формулировке задач;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | экспериментальной ядерной физики и космофизики, с выбором необходимых средств, а так же самостоятельно формулировать задачи;;<br>В-ПК-38.1[1] - Владеть методами исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики |
| применение детекторов и установок в области физики элементарных частиц, их разработка и оптимизация; | атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками; | ПК-38.2 [1] - Способен работать с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, над их разработкой и оптимизацией;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.2[1] - Знать методы работы с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, а так же методы их разработки и оптимизации;;<br>У-ПК-38.2[1] - Уметь применять детекторы и установки в области физики элементарных частиц, а так же разрабатывать их и оптимизировать;;<br>В-ПК-38.2[1] - Владеть методами работы с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, а так же методами их разработки и оптимизации; |
| применение программного обеспечения и его разработка для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области | математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, | ПК-38.4 [1] - Способен к работе с программным обеспечением и его разработке для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных | З-ПК-38.4[1] - Знать методы работы с программным обеспечением и его разработки для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных |

| | | | |
|---|---|---|---|
| физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; | ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, | данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>У-ПК-38.4[1] - Уметь применять программное обеспечение и выполнять его разработку для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>В-ПК-38.4[1] - Владеть методами работы с программным обеспечением и его разработки для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; |
| оценка перспектив развития атомной отрасли, использование ее современных достижения и передовых технологий в научно-исследовательской деятельности; | атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, | ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности | З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ;<br>У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.;<br>В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками; | *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | физических процессов. |
| разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений и методов измерения количественных характеристик ядерных материалов; | разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине; | ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и 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 |
| организационно-управленческий | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| поиск оптимальных решений с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды; | разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине; | ПК-38.12 [1] - Способен формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования ядернофизических и космофизических установок, разрабатывать и оформлять соответствующую документацию, искать специалистов смежных профилей и эффективно взаимодействовать с ними;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.12[1] - Знать методы осуществления выбора научно-технических и организационных решений в области проектирования ядернофизических и космофизических установок, методы разработки и оформления соответствующей документации, поиска специалистов смежных профилей и эффективного взаимодействовия с ними;;<br>У-ПК-38.12[1] - Уметь формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования ядернофизических и космофизических установок, разрабатывать и оформлять соответствующую документацию, искать специалистов смежных профилей и эффективно взаимодействовать с ними;;<br>В-ПК-38.12[1] - Владеть методами осуществления выбора научно-технических и организационных решений в области проектирования ядернофизических и космофизических установок, методы |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | разработки и оформления соответствующей документации, поиска специалистов смежных профилей и эффективного взаимодействовия с ними; |
| проектный | | | |
| проведение расчетов и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий; | математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, | ПК-38.5 [1] - Способен проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.5[1] - Знать методы проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;;<br>У-ПК-38.5[1] - Уметь проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;;<br>В-ПК-38.5[1] - Владеть методами проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики; |
| технико-экономический анализ текущих и перспективных разработок детекторов и | атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их | ПК-38.6 [1] - Способен к проведению предварительного технико-экономического | З-ПК-38.6[1] - Знать методы проведения предварительного технико-экономического анализа текущих и |

| | | | |
|---|---|---|---|
| установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; | применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками; | анализа текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>У-ПК-38.6[1] - Уметь проводить предварительный технико-экономический анализ текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>В-ПК-38.6[1] - Владеть методами проведения предварительного технико-экономического анализа текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; |
| проведение расчетов и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий; | математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой | ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ;<br>У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | природы, | | и установок;<br>В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок |
| оценка рисков и определение мер безопасности для новых установок и технологий, составление и анализ сценариев потенциально возможных аварий, разработка методов уменьшения риска их возникновения; | экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики; | ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения<br><br>*Основание:*<br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ;<br>У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;<br>В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения |
| экспертный | | | |
| оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню; | разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине; | ПК-38.7 [1] - Способен провести общую проверку предлагаемому решению, гипотезе в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;<br><br>*Основание:*<br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.7[1] - Знать методы проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>У-ПК-38.7[1] - Уметь проводить общую проверку предлагаемого решения, гипотезы в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;;<br>В-ПК-38.7[1] - Владеть методами проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики; |
| анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии и безопасности и другим нормативным актам; | разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине; | ПК-38.8 [1] - Способен провести проверку детекторов и специализированных приборов, выбрав необходимые средства, на их соответствие заявленным физико-техническим характеристикам, провести их экспертное сравнение;<br><br>*Основание:*<br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.8[1] - Знать методы проверки детекторов и специализированных приборов на их соответствие заявленным физико-техническим характеристикам, методы проведения их экспертного сравнения;;<br>У-ПК-38.8[1] - Уметь провести проверку детекторов и специализированных приборов, выбрав необходимые средства, на их соответствие заявленным физико-техническим |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | характеристикам, провести их экспертное сравнение;; В-ПК-38.8[1] - Владеть методами проверки детекторов и специализированных приборов на их соответствие заявленным физико-техническим характеристикам, методами проведения их экспертного сравнения; |
| производственно-технологический | | | |
| разработка технологии применения приборов и установок для анализа веществ в научных, экологических и промышленных целях; | разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ; | ПК-38.9 [1] - Способен к наладке и эксплуатации, а также готовность к модернизации ядернофизических и космофизических установок и приборов, и контрольно-измерительных систем;<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-38.9[1] - Знать методы наладки и эксплуатации, а также модернизации ядернофизических и космофизических установок и приборов, и контрольно-измерительных систем;; У-ПК-38.9[1] - Уметь осуществлять наладку и эксплуатацию, а также модернизацию ядернофизических и космофизических установок и приборов, и контрольно-измерительных систем;; В-ПК-38.9[1] - Владеть методами наладки и эксплуатации, а также модернизации ядернофизических и космофизических установок и приборов, и контрольно-измерительных систем; |
| эксплуатация, испытание и ремонт современных | атомное ядро, элементарные частицы и плазма, | ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания | З-ПК-9[1] - Знать регламент эксплуатации и |

| | | | |
|---|---|---|---|
| физических установок, выполнение технико-экономических расчетов; | конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками; | и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | ремонта современных физических установок ;<br>У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок;<br>В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *2 Семестр* | | | | | | |
| 1 | Стандартная модель элементарных частиц | 1-3 | 6/6/0 | | 15 | Зд-3 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | З-ПК-38.12, У-ПК-38.12, В-ПК-38.12, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.6, У-ПК-38.6, В-ПК-38.6, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-38.8, У-ПК-38.8, В-ПК-38.8, З-ПК-38.9, У-ПК-38.9, В-ПК-38.9, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6 |
| 2 | Кварки и эксперименты по их обнаружению | 4-12 | 18/18/0 | | 15 | Кл-12 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.12, |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | У-ПК-38.12, В-ПК-38.12, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.6, У-ПК-38.6, В-ПК-38.6, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-38.8, У-ПК-38.8, В-ПК-38.8, З-ПК-38.9, У-ПК-38.9, В-ПК-38.9, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6 |
| 3 | Лептоны | 13-15 | 6/6/0 | | 20 | ДЗ-15 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.12, У-ПК-38.12, |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | В-ПК-38.12, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.6, У-ПК-38.6, В-ПК-38.6, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-38.8, У-ПК-38.8, В-ПК-38.8, З-ПК-38.9, У-ПК-38.9, В-ПК-38.9, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6 |
| | *Итого за 2 Семестр* | | 30/30/0 | | 50 | | |
| | **Контрольные мероприятия за 2 Семестр** | | | | 50 | ЗО | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.12, У-ПК-38.12, |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | В-ПК-38.12, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.6, У-ПК-38.6, В-ПК-38.6, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-38.8, У-ПК-38.8, В-ПК-38.8, З-ПК-38.9, У-ПК-38.9, В-ПК-38.9, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6 |

* – 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** |
|---|---|
| Кл | Коллоквиум |
| ЗО | Зачет с оценкой |
| ДЗ | Домашнее задание |
| Зд | Задание (задача) |
| З | Зачет |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|---|---|---|---|---|
| | *2 Семестр* | 30 | 30 | 0 |
| **1-3** | **Стандартная модель элементарных частиц** | 6 | 6 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Введение и исторический обзор.**<br>Стандартная модель элементарных частиц и ее проблемы. Ускорительные и неускорительные методы исследований в физике элементарных частиц. Основные экспериментальные центры. Семинар: Ознакомление с кварковым составом различных адронов, решение задач на сохранение ароматов кварков в сильных взаимодействиях и на сохранение лептонного заряда в слабых взаимодействиях. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | **Заряженные летоны.**<br>Открытие и основные свойства. Масса, время жизни и относительные вероятности распада тау-лептона. Проверка гипотезы лептонной универсальности. Семинар: Практическая работа с использованием персональных компьютеров (ноутбуков). Анализ небольшого образца данных эксперимента Бель. Ознакомление с методом восстановления частиц на примере распада D-мезона на заряженные каон и пион. Определение параметров сигнала при помощи фитирования. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 | **Дискретные симметрии**<br>Дискретные симметрии – C, P, T, CP, и CPT . Нарушение C и P инвариантности. Семинар: Практическая работа (2). Пример восстановления каскадных распадов. Методы улучшения разрешения инвариантной массы. Пример восстановления распадов с нейтральными частицами в конечном состоянии. Пример полного восстановления события. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| **4-12** | **Кварки и эксперименты по их обнаружению** | 18 | 18 | 0 |
| 4 | **Обнаружение J/ψ-частицы**<br>Спектроскопия чармония. Основные состояния и их квантовые числа. Основные моды распада. Семинар: Практическая работа (3). Восстановление трехчастичного распада, знакомство с диаграммой Далица, ее свойствами. Амплитуда резонанса. Вывод формулы связи между временем жизни и шириной резонанса. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Обнаружение X(3872) и других тяжелых состояний чармония**<br>Обнаружение X(3872) и других тяжелых состояний чармония, поиск экзотических состояний. Поиски пентакварка. Семинар: Вывод формулы для P-четности системы фермион-антифермион. Решение задач на сохранение P-четности. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 | **Обнаружение ϒ-мезонов и их спектроскопия.**<br>Основные состояния и их квантовые числа. Основные моды распада. Обнаружение экзотических Zb-частиц и их свойства. Семинар: Вывод формулы для C-четности системы фермион-антифермион. Решение задач на сохранение C-четности. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 7 | **Обнаружение очарованных частиц**<br>Обнаружение очарованных частиц. Свойства D-мезонов. Времена жизни и относительные вероятности распада. Отклонения от спектаторной модели. ГИМ-механизм. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Семинар: Решение задач на сохранение изотопического спина в сильном взаимодействии. Знакомство с таблицами Клебша-Гордана. Изотопические соотношения для ширин распадов. | | | |
| 8 | **Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства.**<br>Спектроскопия очарованных мезонов и их основные свойства. Обнаружение первых возбужденных состояний очарованных барионов. Семинар: Решение задач на изотопические соотношения между сечениями реакций. Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 9 | **Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада.**<br>Обнаружение прелестных частиц и их основные моды распада. Осцилляции В-мезонов. СКМ-матрица. Семинар: Связь между изоспином и С-четностью системы двух заряженных пионов. Связь между изоспином и спином для очарованных барионов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 10 | **Обнаружение t-кварка, W- и Z-бозонов.**<br>Обнаружение t-кварка, W- и Z-бозонов. Их свойства. Изотопическая инвариантность. Систематика легких адронов. Семинар: Контрольная работа. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 11 - 12 | **CP-инвариантность и ее нарушение.**<br>CP-инвариантность и ее нарушение. Семинар: Разбор контрольной работы. Коллоквиум, промежуточный зачет. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 4 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| **13-15** | **Лептоны** | 6 | 6 | 0 |
| 13 | **Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино**<br>Обнаружение электронного нейтрино, обнаружение мюонного и тау нейтрино. Бета-распад. Измерение массы нейтрино. Семинар: | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 14 | **Измерение поляризации заряженных лептонов**<br>Измерение поляризации заряженных лептонов в бета-распаде и определение спиральности нейтрино. Семинар: Определение спиральности тау-нейтрино. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 2 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 15 | **Двойной бета распад.**<br>Двойной бета распад. Определение природы нейтрино. Семинар: Вычисление величины выделяемой энергии в различных типах двойного бета-распада. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 15 | **Осцилляции нейтрино.**<br>Осцилляции нейтрино. Вывод формулы для случая двух сортов нейтрино. Экспериментальное обнаружение осцилляций нейтрино от различных источников: солнечные, реакторные, атмосферные и ускорительные нейтрино. Семинар: оценки разницы масс нейтрино в различных экспериментах. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 17 | **Обзорная лекция**<br>Обзорная лекция. Семинар: прием домашнего задания. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 0 | 0 | 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 |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводится постоянный мониторинг знаний студентов по содержанию предыдущих лекций. Это позволяет корректировать процесс изложения материала в течение семестра, контролировать процесс обучения и заставляет студентов самостоятельно готовиться к занятиям.

По каждой лекции подготовлен иллюстративный материал, что существенно повышает степень усвояемости материала. В лекции включена информация о последних достижениях в области физики элементарных частиц.

## 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-38.1 | З-ПК-38.1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.12 | З-ПК-38.12 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.12 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.12 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.2 | З-ПК-38.2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.4 | З-ПК-38.4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.5 | З-ПК-38.5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |

| | | |
|---|---|---|
| | В-ПК-38.5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.6 | З-ПК-38.6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.7 | З-ПК-38.7 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.7 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.7 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.8 | З-ПК-38.8 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.8 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.8 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-38.9 | З-ПК-38.9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-38.9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-38.9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-3 | З-ПК-3 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-3 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-3 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-4 | З-ПК-4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-4 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-5 | З-ПК-5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-5 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-6 | З-ПК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| ПК-9 | З-ПК-9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-ПК-9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-ПК-9 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| УК-1 | З-УК-1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-УК-1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-УК-1 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| УК-2 | З-УК-2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-УК-2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-УК-2 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| УК-6 | З-УК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | У-УК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-15 |
| | В-УК-6 | ЗО, Зд-3, Кл-12, ДЗ-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-х балльной шкале | Отметка о зачете | Оценка ECTS |
|---|---|---|---|
| 90-100 | *5 – «отлично»* | *«зачтено»* | A |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 85-89 | 4 – «*хорошо*» | | B |
| 75-84 | | | C |
| 70-74 | | | D |
| 65-69 | 3 – «*удовлетворительно*» | | |
| 60-64 | | | E |
| ниже 60 | 2 – «*неудовлетворительно*» | *«не зачтено»* | F |

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 И83 Квантовая физика : основные законы, Иродов И.Е., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2014

2. ЭИ Ф 80 Уравнения состояния вещества от идельного газа до кварк-глюонной плазмы : учебное пособие, Фортов В. Е., Москва: Физматлит, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И F32 A modern introduction to particle physics : , Riazuddin , Fayyazuddin , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012

2. 539.1 О-52 Альфа бета гамма...дзета элементарное введение в физику элементарных частиц : , Окунь Л.Б., Москва: Физматлит, 2009

3. 539.1 С20 Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер : учебное пособие для вузов, Сарычева Л.И., Москва: Либроком, 2012

4. 539.1 О-52 Физика элементарных частиц : , Окунь Л.Б., Москва: ЛКИ, 2008

5. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, Мухин К.Н., : Лань, 2008

6. 539.1 О-52 Элементарное введение в физику элементарных частиц : , Окунь Л.Б., М.: Физматлит, 2006

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

1. Научиться понимать цель решения конкретных задач в контексте общего понимания развития физики элементарных частиц.

2. Освоить специфику постановки экспериментов, как в области высоких энергий, так и в области "неускорительной" физики.

3. Освоить связь результатов современных экспериментов с задачей построения единой теории элементарных частиц и взаимодействий и место этой теории в общей картине эволюции.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Научиться понимать цель решения конкретных задач в контексте общего понимания развития физики элементарных частиц.

2. Освоить специфику постановки экспериментов, как в области высоких энергий, так и в области "неускорительной" физики.

3. Освоить связь результатов современных экспериментов с задачей построения единой теории элементарных частиц и взаимодействий и место этой теории в общей картине эволюции.

Автор(ы):

Данилов Михаил Владимирович, д.ф.-м.н.,
профессор