

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КВАРК-ГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЫ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки/В СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 8 | 2 | 72 | 12 | 24 | 0 | 36 | 0 | 3 |
| Итого | 2 | 72 | 12 | 24 | 0 | 0 | 36 | 0 |

АННОТАЦИЯ

В курсе излагается основная информация для формирования прикладных навыков студентов в области физики релятивистских тяжелых ионов, в том числе проведения экспериментов на ускорительных комплексах класса мега-сайенс

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является повышение компетенций и расширение прикладных навыков студентов в области экспериментальной физики релятивистских тяжелых ионов, в том числе проведения экспериментов на ускорительных комплексах класса мега-сайенс.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов. Изучение дисциплины базируется на следующих полученных ранее знаниях и навыках: общие знания в области физики элементарных частиц, основ релятивистской кинематики и квантовой механики. Данная дисциплина является базовой для выполнения НИРС, дипломной работы и дальнейшей практической работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-2 [1] – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности | З-ОПК-2 [1] – Знать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности |

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; | Код и наименование индикатора достижения |
|--|---------------------------|--|--|
|--|---------------------------|--|--|

| | | Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | профессиональной компетенции |
|--|---|--|---|
| научно-исследовательский | | | |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации | Природные и социальные явления и процессы | ПК-4.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044 | З-ПК-4.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред; У-ПК-4.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред; В-ПК-4.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики конденсированных сред |
| инновационный | | | |
| Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач | Природные и социальные явления и процессы | ПК-6 [1] - Способен к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, | З-ПК-6[1] - Знать основные принципы и возможности интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса. ; У-ПК-6[1] - Уметь принимать участие в разработке и |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | | 40.034 | реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса. ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками участия в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий |
| экспертно-аналитический | | | |
| Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий | Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса | ПК-10 [1] - Способен к аналитической и количественной оценке процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044 | З-ПК-10[1] - Знать основные методики, цели и задачи построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь строить аналитические и количественные модели процессов в природе, технике и обществе и выбирать на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера. ; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | обществе и выбора на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера |
|--|--|--|--|

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код) | Воспитательный потенциал дисциплин |
|-----------------------------|--|--|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты. |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)</p> | <p>«Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий. |
|--|---|---|

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|-------|---|--------|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | <i>8 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 6/12/0 | | 25 | КИ-8 | 3-ОПК-2, |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---------|--|----|-------|---|
| | | | | | | | У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-6 |
| 2 | Второй раздел | 9-15 | 6/12/0 | | 25 | КИ-15 | 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-6 |
| | <i>Итого за 8 Семестр</i> | | 12/24/0 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 8 Семестр | | | | 50 | 3 | 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-6, У-ПК-6, В- |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | ПК-6, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10 |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

* – 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 |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|---|------------------------|----------------|------------|
| | <i>8 Семестр</i> | 12 | 24 | 0 |
| 1-8 | Первый раздел | 6 | 12 | 0 |
| 1 - 3 | Основные понятия физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий Спектр масс "элементарных" частиц, формула Хагедорна. "Предельная" температура по Хагедорну. Современные представления об элементарных частицах: кварки, лептоны; и фундаментальных взаимодействиях и их переносчиках: фотоны, глюоны, W и Z – бозоны, гравитоны. Бозон Хиггса и его открытие. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 - 6 | Основы гипотезы о новом состоянии материи с сильным взаимодействием – кварк-глюонной материи Отрицательные результаты экспериментальных поисков свободных кварков. Пространственная зависимость сильного взаимодействия: асимптотическая свобода, пленение (конфайнмент) кварков и глюонов. Фазовая диаграмма материи с сильным взаимодействием. Фазовый переход в состояние кварк-глюонной материи. Критическая температура, критическая плотность энергии. Кварк-глюонная материя в ходе эволюции Вселенной после Большого Взрыва. Основные этапы ядро-ядерного столкновения. Оценка плотности энергии по Бьёркену. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 - 8 | Кинематика столкновения частиц релятивистских энергий Быстрота. Поперечный импульс. Инвариантные сечения. Современные ускорительные установки для исследований | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|-------------|---|------------------------|----|---|
| | столкновений ядер сверхвысоких энергий. Ускорители с неподвижными мишенями. Коллайдеры. Светимость. | | | |
| 9-15 | Второй раздел | 6 | 12 | 0 |
| 8 - 10 | Геометрия ядро-ядерных столкновений Нуклоны участники и наблюдатели. Модель Глаубера. Основные предположения модели Глаубера. Входные и выходные параметры модели. Монте-Карло версия модели Глаубера. Сравнение теоретических кривых с экспериментальными данными. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 4 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 10 - 12 | Свидетельство нового состояния материи - явление подавления выходов адронов в экспериментах на ядерном коллайдере RHIC Метод сравнения выходов адронов в ядро-ядерных и протон-протонных столкновениях. Определение отношения RAA. Определение отношения Rcp. Результаты экспериментов PHENIX и STAR по обнаружению и исследованию явления подавления выходов адронов в центральных столкновениях тяжёлых ядер. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 3 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 12 - 14 | Коллективные потоки частиц и транспортные свойства кварк-глюонной плазмы Виды коллективных потоков. Методы измерения коллективных потоков. Непотоковые корреляции и способы их подавления. Сравнение результатов измерений коллективных потоков с моделью вязкой гидродинамики. Определение сдвиговой вязкости кварк-глюонной плазмы. Скайлинговые отношения для коллективных потоков и партонная коллективность. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 3 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 14 - 15 | Фазовая диаграмма ядерной материи и методы ее изучения Критическая точка. Фазовый переход 1-ого рода. Кроссовер переход. Положение современных ускорительных экспериментов на фазовой диаграмме. Экспериментальные признаки приближения к критической точке. Флуктуации измеряемых величин. Современное состояние проблемы определения положения критической точки. Программы по сканированию энергии столкновения на ускорителях RHIC и SPS. Физические программы экспериментов на ускорительных комплексах NICA и FAIR. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 1 | 2 | 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 |
|----|--------------------|

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе лекционных занятий рассматриваются теоретические задачи, делается акцент на экспериментальных методах исследований. Студенты получают опыт реализации методов, используемых для изучения фазовой диаграммы сильновзаимодействующей материи. Полученные навыки используются в НИРС и дипломных проектах студентов.

При обсуждении тем лекционных занятий используются интерактивные формы обучения, в частности используются презентации, обсуждаются последние научные работы, новые экспериментальные методы, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, работа с литературой.

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) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
| | У-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
| | В-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-10 | З-ПК-10 | З |
| | У-ПК-10 | З |
| | В-ПК-10 | З |
| ПК-4.1 | З-ПК-4.1 | З, КИ-8, КИ-15 |
| | У-ПК-4.1 | З |
| | В-ПК-4.1 | З, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-6 | З-ПК-6 | З, КИ-8, КИ-15 |
| | У-ПК-6 | З |
| | В-ПК-6 | З |

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» | В | 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 | | С | |
| 70-74 | | Д | |
| 65-69 | 3 – «удовлетворительно» | Е | 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» | Ф | 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. И В27 Introduction to relativistic heavy ion physics : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2009
2. И F69 Phenomenology of ultra-relativistic heavy-ion collisions : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2010
3. 539.1 Е60 Введение в релятивистскую ядерную физику : , В. М. Емельянов, С. Л. Тимошенко, М. Н. Стриханов, Москва: Физматлит, 2004

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ R19 Ultrarelativistic Heavy-Ion Collisions : , : Elsevier, 2007

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 эффективного усвоения материала программы данной дисциплины, рекомендуется самостоятельное повторения материалов курсов по общей физике, кинематике, специальной теории относительности и основам физики элементарных частиц. Помимо этого, рекомендуется прорабатывать материал каждой лекции в день, когда она была прочтена, и в случае наличия вопросов обращаться к преподавателю. Для более детального ознакомления со Стандартной Моделью и физикой элементарных частиц, рекомендуется ознакомление с книгой "Физика Элементарных Частиц", Л. Б. Окунь, URSS 2022 и с NICA White Paper.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изложении курса необходимо акцентировать внимание студентов на нескольких ключевых понятиях и связанных с ними постановках задач и методах их решения.

Основная траектория данного курса начинается с пояснения теоретических основ и вопросов, исследованию которых посвящен данный раздел физики, и продолжается, делая все больший акцент на экспериментальных методах изучения поставленных вопросов. Данный формат позволит естественным образом продемонстрировать студентам практическую сторону данного курса. Это важно для того, чтобы у студента не возникло впечатление, его учили бесполезным вещам, не имеющим с действительностью ничего общего. В этом может значительно помочь личный опыт лектора, работающего в данной области: чтение материала лекций можно разбавлять примерами из личного профессионального опыта, что также позволит несколько оживить читаемый материал и убрать барьер между слушателем и материалом лекций. Поскольку данный курс был разработан для чтения учебной группе, а не целому потоку, рекомендуется также поощрять вопросы студентов по мере самой лекции. Причем вопросы могут быть как непосредственно по читаемому материалу, так и по рассказываемому личному профессиональному опыту преподавателя. Это не только добавит интерактивности при чтении лекций, но и позволит студенту более эффективно усвоить читаемый материал.

Автор(ы):

Тараненко Аркадий Владимирович, к.ф.-м.н.