|  |
| --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»** |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  |  |
|  |  |  |  | **Директор физтех-школы фундаментальной и прикладной физики** |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Киселев** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** |
| **по дисциплине:** | Экспериментальная ядерная физика |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (магистратура) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика фундаментальных взаимодействий |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 1 |
| **квалификация:** | магистр |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 1(Осенний) - Зачет |  |  |
|  |  | 2(Весенний) - Экзамен |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: |  |  |
|  | лекции: 30 час. |  |  |
|  | практические и семинарские занятия: 30 час. |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа: 45 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подготовка к экзамену: 30 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | А.Б. Курепин, д-р физ.-мат. наук, профессор |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программа обсуждена на заседании кафедры**  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 марта 2017 г. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| СОГЛАСОВАНО: |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Заведующий кафедрой | В.А. Матвеев |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Начальник учебного управления | И.Р. Гарайшина |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Декан факультета | А.Г. Леонов |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Цели и задачи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цель дисциплины** |  |  |  |  |  |  |
| - освоение студентами фундаментальных знаний в области экспериментальной ядерной физики, методов исследования, а также практического применения. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
|  формирование базовых знаний в области релятивистской ядерной физики, изучение направлений проведения экспериментов на крупных ядерно-физических установках.  |
|  обучение студентов принципам создания ядерных детектирующих систем, выявление особенностей их функциональных характеристик.  |
|  формирование подходов к выполнению самостоятельных исследований студентами в области релятивистской ядерной физики в рамках выпускных работ на степень магистра.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс «Экспериментальная ядерная физика» относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Экспериментальная ядерная физика» базируется на дисциплинах: |
| Введение в физику элементарных частиц; |
| Структура ядра; |
| Ядерные реакции. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Экспериментальная ядерная физика» предшествует изучению дисциплин: |
| Научно-исследовательская работа. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: |
| готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2); |
| способность выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности (ОПК-4); |
| способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
 современные проблемы физики, химии, математики;
 теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
 принципы симметрии и законы сохранения;
 новейшие открытия естествознания;
 постановку проблем моделирования;
 о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук. |
| **уметь:** |  |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
 представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
 работать на современном экспериментальном оборудовании;
 абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
 планировать оптимальное проведение эксперимента. |
| **владеть:** |  |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
 научной картиной мира;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
 математическим моделированием ядерно-физических физических задач.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу  |
|  |  | Лекции | Практичес- кие и семинарские занятия | Лаборат. работы | Задания, курсовые работы | Самост. работа |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Цели и задачи ядерной физики высоких энергий. | 2 | 2 |  |  | 2 |
| 2 | Основные физические величины для описания ядерных процессов. | 3 | 3 |  |  | 3 |
| 3 | Исследование редких процессов. | 2 | 2 |  |  | 3 |
| 4 | Методы расчета и проектирования магнитных систем. | 3 | 3 |  |  | 1 |
| 5 | Различные виды черенковских детекторов. | 2 | 2 |  |  | 3 |
| 6 | Современные адронные и электромагнитные калориметры | 3 | 3 |  |  | 3 |
| 7 | Методы идентификации заряженных частиц. | 2 | 2 |  |  | 2 |
| 8 | Методы получения пучков поляризованных частиц и поляризованных и ориентированных мишеней. | 2 | 2 |  |  | 4 |
| 9 | Методы монохроматизации фотонных пучков. | 2 | 2 |  |  | 7 |
| 10 | Электромагнитная диссоциация тяжелых релятивистских ядер. | 2 | 2 |  |  | 5 |
| 11 | Взаимодействие электронов с ядрами. | 3 | 3 |  |  | 4 |
| 12 | Фазовые переходы ядер в состояние кварк глюонной плазмы. | 2 | 2 |  |  | 4 |
| 13 | Открытие состояний чармония и ботомония и разработка кварковой модели. | 2 | 2 |  |  | 4 |
| Итого часов | 30 | 30 |  |  | 45 |
| Подготовка к экзамену | 30 час. |
| Общая трудоёмкость | 135 час., 3 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 1 (Осенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Цели и задачи ядерной физики высоких энергий. |
|  |  |  |
|  | Основные тенденции развития физики атомного ядра при высоких энергиях. Исследование ядер при больших плотностях и возбуждениях. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Основные физические величины для описания ядерных процессов. |
|  |  |  |
|  | Системы единиц ядерной физики, инвариантное эффективное сечение, светимость, быстрота, псевдобыстрота. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Исследование редких процессов. |
|  |  |  |
|  | Определение верхнего предела при заданном уровне достоверности. Примеры редких процессов. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Методы расчета и проектирования магнитных систем. |
|  |  |  |
|  | Матричный метод расчета и проектирования магнитных систем с заданными свойствами фокусировки. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Различные виды черенковских детекторов. |
|  |  |  |
|  | Выбор черенковских радиаторов в соответствии с поставленными физическими задачами в заданном интервале импульсов. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6. Современные адронные и электромагнитные калориметры |
|  |  |  |
|  | Определение параметров калориметров для проведения физических экспериментов при различных энергиях, радиус Мольера. Выбор материалов и фотодетекторов калориметра. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 2 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 7. Методы идентификации заряженных частиц. |
|  |  |  |
|  | Определение импульсов заряженных частиц по измерению траектории в магнитном поле, время пролета. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 8. Методы получения пучков поляризованных частиц и поляризованных и ориентированных мишеней. |
|  |  |  |
|  | Установки для получения поляризованных пучков на основе эффекта Штерна-Герлаха, Лэмбовского сдвига и при использовании лазера. Динамический метод поляризации мишеней. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 9. Методы монохроматизации фотонных пучков. |
|  |  |  |
|  | Методы монохроматизации с помощью меченых фотонов, обратного комптоновского рассеяния на основе лазера. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 10. Электромагнитная диссоциация тяжелых релятивистских ядер. |
|  |  |  |
|  | Роль электромагнитной диссоциации при высоких энергиях, метод эквивалентных фотонов Вайдзекера-Вильямса. Определение светимости ускорителей ядер высоких энергий. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 11. Взаимодействие электронов с ядрами. |
|  |  |  |
|  | Определение зарядовых радиусов ядер и распределение плотности зарядов в ядрах. Форм факторы ядер. Глубоко неупругое рассеяние электронов и партонная модель. Кумулятивные эффекты. Масштабная инвариантность. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 12. Фазовые переходы ядер в состояние кварк глюонной плазмы. |
|  |  |  |
|  | Фазовая диаграмма ядерного вещества. Поиск фазовых переходов при столкновении ядер высокой энергии. Столкновение релятивистских ядер и исследование сверхплотной ядерной материи. Гидродинамическая модель Ландау для столкновения релятивистских ядер. Поиск кварк глюонной плазмы. Современное представление о фазовых переходах в ядерной материи при сжатии и нагреве ядер в процессе ядро-ядерных столкновений при высоких энергиях. Эксперименты KaoS, FOPI, HADES, NA50, NA61, ALICE, PHENIX, STAR, проекты CBM(FAIR), MPD(NICA), BM@N. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 13. Открытие состояний чармония и ботомония и разработка кварковой модели. |
|  |  |  |
|  | Нормальное и аномальное подавление рождения чармония. Дебаевское экранирование. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |
|  | Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, доской. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Основная литература |  |
|  | 1. « Введение в физику ядра и частиц», Капитонов И.М., изд-во Физматлит, 2010
2. « Введение в релятивистскую ядерную физику», Емельянов В.М., Тимошенко С.Л., Стриханов М.Н., изд-во Физматлит, 2004
3. « Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии», Барсуков О.А., изд-во Физматлит, 2004
4. « Введение в экспериментальную физику частиц», Любимов А., Киш Д., изд-во Физматлит, 2001
5. « Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер», Сарычева Л.И., изд-во Книжный дом « ЛИБРОКОМ», 2012
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. «Кварки и адроны во взаимодействиях частиц высоких энергий», Гришин В.Г. Энергоатомиздат, 1988.
2. « Инклюзивные процессы в адронных взаимодействиях при высоких энергиях», Гришин В.Г. Энергоатомиздат, 1982.
3. Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий», Карташев В.П., Котов В.И. Энергоатомиздат, 1989
4. « Методы анализа данных в физическом эксперименте», Бор Р., Грот Х., Ноу Д., Реглер М. изд-во МИР, 1993.
5. « Астрофизика элементарных частиц», Клапдор-Клайнгротхаус Г.В., Цюбер К., Редакция журнала « Успехи физических наук», 2000.
6. « Фотонные методы регистрации излучений», Акимов Ю.К., Дубна, ОИЯИ, 2006.
7. « Основы космомикрофизики», Хлопов М.Ю. изд-во Едиториал УРСС, 2004.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Чистяков В.А., Садыков Э.К., Ивойлов Н.Г., Дулов Е.Н., Бикчантаев М.М. Практикум по ядерной физике. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань, 2004.- 154 с. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | http://scitation.aip.org/ |
|  | http://www.sciencemag.org/  |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование».  |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Студент, изучающий курс экспериментальной ядерной физики, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а, с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях, осознавать место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях, знать современные проблемы физики и математики, принципы симметрии и законы сохранения, постановку проблем моделирования в экспериментальной ядерной физике. Студент должен уметь исследовать свойства протекающих в экспериментах по ядерной физике процессов, представлять панораму универсальных методов и законов современного естествознания, уметь работать на современном экспериментальном оборудовании и планировать оптимальное проведение эксперимента. После освоения данной дисциплины студент должен владеть математическим моделированием физических задач, навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании и уметь обрабатывать результаты физического эксперимента в области ядерной физики. |
| Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя: |
| – чтение и конспектирование рекомендованной литературы, |
| – проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения; |
| – решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях, |
| – подготовку к семинарам, зачету и экзамену. |
| Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. |
| Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.  |
| При подготовке к семинарам необходимо повторять ранее изученные основные определения и формулировки. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к семинару. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. |
|  |
| Промежуточный контроль знаний проводится в виде зачёта, экзамена, на которых студенту предлагается ответить на следующие вопросы: |
| 1. Необходимость увеличения энергии ускорителей протонов и ядер для изучения внутренней структуры ядер. |
| 2. Численное соотношение между величинами в различных системах единиц. |
| 3. Основные понятия экспериментальной ядерной физики. Вывод соотношения для релятивистски инвариантного эффективного сечения. |
| 4. Светимость ускорителей, интегральная светимость, быстрота и псевдобыстрота, примеры их применения. |
| 5. Понятия верхнего предела вероятности распада и эффективных сечений для редких процессов. |
| 6. Примеры построения магнито оптических систем с заданными условиями фокусировки. |
| 7. Использование времени пролета и черенковского излучения и кривизны траекторий для идентификации заряженных частиц. |
| 8. Регистрация и спектрометрия нейтральных частиц и гамма квантов. |
| 9. Методы создания поляризованных пучков-нуклонов и поляризованных и ориентированных ядерных мишеней. |
| 10. Принципы создания монохроматических фотонных пучков. |
| 11. Роль кумулятивных процессов при столкновении нуклонов и ядер. |
| 12. Современные представления о фазовых переходах в ядерной материи при сжатии и нагреве в процессе ядерно¬-ядерных столкновений релятивистских энергий. Понятие об уравнении состояния адронной материи.  |
| 13. Как происходит взаимодействие фотона с ядром, сечение фотон-¬ядерных реакций. Гигантский дипольный резонанс. Электромагнитные возбуждения и фрагментация ультрарелятивистских ядер. Особенности эксперимента (на примере ALICE). |
| 14. Упругое рассеяние электронов на ядрах и нуклонах, формфакторы. Опыты Хофштадтера. Современные подходы в изучении формфакторов нуклонов. |
| 15. Глубоконеупругое рассеяние электронов на ядрах, квазиупругое рассеяние на отдельных нуклонах. Глубоконеупругое рассеяние электронов на нуклонах: структурные функции и их параметры. Масштабная инвариантность лептон¬нуклонного рассеяния при высоких энергиях и партоны. |
| 16. Физическая мотивация программы исследований свойств плотной ядерной материи посредством изучения дилептонных каналов распадов векторных мезонов ρ, ω, φ, j/Ψ. Особенности экспериментального подхода на примере ADES или ALICE: требования к детекторам, идентификация частиц, триггер, комбинаторный фон и его учет. |
| 17. Эксперименты по поиску фазового перехода в состояние деконфайнмента. Предсказания модели SMES (ступенька, горн, излом) и интерпретация результатов с AGS, NA49 и STAR. Пособытийные флуктуации вторичных частиц как способ обнаружения критической точки на фазовой диаграмме. Особенности экспериментального подхода на примере (NA61, CBM, NICA). |
| 18. Нормальное и аномальное подавление рождения чармония в эксперименте NA50. Дебаевское экранирование. Особенности экспериментальной установки. |
| 19. Измерение коллективных потоков в столкновениях тяжелых ионов. Плоскость реакции и плоскость события, методика коррекции амплитуды извлекаемых потоков. Потоки заряженных пионов и каонов. Особенности экспериментальной установки (на примере эксперимента KaoS и FOPI). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Приложение |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** |
| **ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ** |
| **ПО ДИСЦИПЛИНЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (магистратура) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика фундаментальных взаимодействий |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики |
|  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 1 |  |  |
| **квалификация:** | магистр |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестры, формы промежуточной аттестации: |  |  |
|  |  | 1(Осенний) - Зачет |  |  |
|  |  | 2(Весенний) - Экзамен |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Разработчик:** | А.Б. Курепин, д-р физ.-мат. наук, профессор |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2); |
| способность выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности (ОПК-4); |
| способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Экспериментальная ядерная физика» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
 современные проблемы физики, химии, математики;
 теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
 принципы симметрии и законы сохранения;
 новейшие открытия естествознания;
 постановку проблем моделирования;
 о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук. |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
 представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
 работать на современном экспериментальном оборудовании;
 абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
 планировать оптимальное проведение эксперимента. |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
 научной картиной мира;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
 математическим моделированием ядерно-физических физических задач.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Экспериментальная ядерная физика» осуществляется в форме экзамена и зачета, на которых студенту предлагается ответить на следующие вопросы: |
| 1. Необходимость увеличения энергии ускорителей протонов и ядер для изучения внутренней структуры ядер. |
| 2. Численное соотношение между величинами в различных системах единиц. |
| 3. Основные понятия экспериментальной ядерной физики. Вывод соотношения для релятивистски инвариантного эффективного сечения. |
| 4. Светимость ускорителей, интегральная светимость, быстрота и псевдобыстрота, примеры их применения. |
| 5. Понятия верхнего предела вероятности распада и эффективных сечений для редких процессов. |
| 6. Примеры построения магнито оптических систем с заданными условиями фокусировки. |
| 7. Использование времени пролета и черенковского излучения и кривизны траекторий для идентификации заряженных частиц. |
| 8. Регистрация и спектрометрия нейтральных частиц и гамма квантов. |
| 9. Методы создания поляризованных пучков-нуклонов и поляризованных и ориентированных ядерных мишеней. |
| 10. Принципы создания монохроматических фотонных пучков. |
| 11. Роль кумулятивных процессов при столкновении нуклонов и ядер. |
| 12. Современные представления о фазовых переходах в ядерной материи при сжатии и нагреве в процессе ядерно¬-ядерных столкновений релятивистских энергий. Понятие об уравнении состояния адронной материи.  |
| 13. Как происходит взаимодействие фотона с ядром, сечение фотон-¬ядерных реакций. Гигантский дипольный резонанс. Электромагнитные возбуждения и фрагментация ультрарелятивистских ядер. Особенности эксперимента (на примере ALICE). |
| 14. Упругое рассеяние электронов на ядрах и нуклонах, формфакторы. Опыты Хофштадтера. Современные подходы в изучении формфакторов нуклонов. |
| 15. Глубоконеупругое рассеяние электронов на ядрах, квазиупругое рассеяние на отдельных нуклонах. Глубоконеупругое рассеяние электронов на нуклонах: структурные функции и их параметры. Масштабная инвариантность лептон¬нуклонного рассеяния при высоких энергиях и партоны. |
| 16. Физическая мотивация программы исследований свойств плотной ядерной материи посредством изучения дилептонных каналов распадов векторных мезонов ρ, ω, φ, j/Ψ. Особенности экспериментального подхода на примере HADES или ALICE: требования к детекторам, идентификация частиц, триггер, комбинаторный фон и его учет. |
| 17. Эксперименты по поиску фазового перехода в состояние деконфайнмента. Предсказания модели SMES (ступенька, горн, излом) и интерпретация результатов с AGS, NA49 и STAR. Пособытийные флуктуации вторичных частиц как способ обнаружения критической точки на фазовой диаграмме. Особенности экспериментального подхода на примере (NA61, CBM, NICA). |
| 18. Нормальное и аномальное подавление рождения чармония в эксперименте NA50. Дебаевское экранирование. Особенности экспериментальной установки. |
| 19. Измерение коллективных потоков в столкновениях тяжелых ионов. Плоскость реакции и плоскость события, методика коррекции амплитуды извлекаемых потоков. Потоки заряженных пионов и каонов. Особенности экспериментальной установки (на примере эксперимента KaoS и FOPI). |
|  |
| Примеры экзаменационных билетов, используемых для проведения экзамена: |
| Билет № 1 |
| 1. Описание редких процессов и редких распадов, верхний предел при определенном уровне достоверности. Метод максимального правдоподобия. |
| 2. На ускорителе SPS в CERN получен пучок ядер свинца с импульсом 158 ГэВ/с на нуклон. Определить энергию в с.ц.м. в столкновении Pb + Pb на один нуклон. |
|  |
| Билет № 2 |
| 1. Излучение релятивистских заряженных частиц. Черенковское излучение, угол испускания, спектр и интенсивность. |
| 2. На коллайдере LHC , настроенном на ускорение протонов до энергии 4 ТэВ, организовано столкновение протонов с ядрами свинца. Определить энергию в с.ц.м. на один нуклон в этом столкновении. |
|  |
| Билет № 3 |
| 1. Спектрометрия заряженных частиц. Понятие о матричной теории расчета магнитных каналов и спектрометров первого и второго порядка. Создание магнитных систем с заданными условиями фокусировки. Дублет квадруполей, роль секступольных элементов. |
| 2. Определить светимость коллайдера LHC по методу Ван дер Меера, если длина орбиты коллайдера 27 км, число сгустков (bunches) пучка 1000, в каждом сгустке 10\*13 частиц, а частота обращения частиц 10 000 Гц. Распределение сканирования по X и по Y принять типа Гаусса с sigma= 0.1 мм по X и по Y для обоих пучков. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Критерии оценивания** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материма, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы. |
| Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе па экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения. |
| Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей. |
| Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей. |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|  Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов). |
| Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышает двух астрономических часов.  |
| Во время проведения экзамена и зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |