|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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:** | | Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика | | | | | | | |
| **по направлению:** | | Прикладные математика и физика (бакалавриат) | | | | | | | |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий | | | | | | | |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики | | | | | | | |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии | | | | | | | |
| **курс:** | | 4 | | | | | | | |
| **квалификация:** | | бакалавр | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Аудиторных часов: 30 всего, в том числе: | | | | | |  | | |  |
|  | лекции: 30 час. | | | | |  | | |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. | | | | |  | | |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Самостоятельная работа: 42 час. | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Всего часов: 72, всего зач. ед.: 2 | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Программу составил:** | | И.М. Железных, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 теоретических и экспериментальных основ новых областей физики и астрономии – нейтринной физики и астрономии (астрофизики) высоких и сверхвысоких энергий, в том числе альтернативных методов детектирования космических нейтрино высоких и сверхвысоких энергий. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Задачи дисциплины** | | | | | |  | | |  |
|  формирование у студентов базовых знаний в области физики космических лучей и физики взаимодействий элементарных частиц, необходимых для разработки научных основ нейтринной физики высоких и сверхвысоких энергий в космических лучах и нейтринной астрономии (астрофизики) высоких и сверхвысоких энергий; | | | | | | | | | |
|  обучение студентов методу быстрых расчетов (оценок) сечений сильных взаимодействий адронов с рождением мезонов - источников нейтрино высоких энергий, а также сечений различных процессов электромагнитных взаимодействий гамма квантов и заряженных частиц; | | | | | | | | | |
|  обучение студентов (в рамках теории электрослабых взаимодействий) расчетам вероятностей распадов мезонов с образованием нейтрино, расчетам потоков атмосферных нейтрино и сечений взаимодействий нейтрино с веществом - нуклонами и электронами; | | | | | | | | | |
|  изучение экспериментальных методов детектирования атмосферных нейтрино и поисков потоков нейтрино высоких энергий от астрофизических источников в подземных экспериментах (исторические аспекты развития подземной нейтринной физики, подземные сцинтилляционные и черенковские детекторы - нейтринные телескопы в СССР, США, Европе, Японии, Индии, результаты экспериментов с атмосферными нейтрино); | | | | | | | | | |
|  изучение теоретических и экспериментальных проблем создания крупномасштабных черенковских нейтринных телескопов нового поколения (с массами мишеней в миллиарды тонн и более): черенковских детекторов в прозрачных льдах Антарктиды, на больших глубинах в Средиземном море и в озере Байкал; | | | | | | | | | |
|  изучение альтернативных методов детектирования нейтрино и текущих разработок альтернативных детекторов космических нейтрино экстремально высоких энергий, а именно: - гидроакустических детекторов в Мировом океане, радио детекторов нейтрино в массивах антарктического льда, орбитального (оптического) детектора нейтрино, взаимодействующих с атмосферой Земли, радиоастрономических детекторов нейтрино, бомбардирующих Луну; | | | | | | | | | |
|  информация о смежных задачах нейтринной астрономии и гамма астрономии высоких энергий и о возможностях этих ветвей Астрономии в исследовании главных проблем Астрофизики и Космологии (реликтовые частицы, скрытая масса и Вселенной и др.); | | | | | | | | | |
|  информация о проводимых в ИЯИ РАН (совместно с ОИЯИ) в рамках программы фундаментальных исследований по нейтринной физике инновационных разработок новых полупроводниковых лавинных фотодиодов и детекторов частиц на их основе. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Курс «Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика» относится к вариативной части образовательной программы | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дисциплина «Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика» базируется на дисциплинах: | | | | | | | | | |
| Введение в физику элементарных частиц; | | | | | | | | | |
| Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дисциплина «Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика» предшествует изучению дисциплин: | | | | | | | | | |
| Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников; | | | | | | | | | |
| Физика нейтрино; | | | | | | | | | |
| Проблемы теории элементарных частиц и космологии. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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: | | | | | | | | | |
| способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7); | | | | | | | | | |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); | | | | | | | | | |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); | | | | | | | | | |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  место и роль общих вопросов физики в научных исследованиях;   современные проблемы нейтринной физики и астрофизики;   теоретические модели фундаментальных взаимодействий элементарных частиц;   принципы симметрии и законы сохранения;   новейшие открытия в физике и астрофизике. | | | | | | | | | |
| **уметь:** | | | | | |  | | |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;   представить панораму универсальных методов и законов современной физики;   планировать оптимальное проведение эксперимента. | | | | | | | | | |
| **владеть:** | | | | | |  | | |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;   научной картиной мира;   навыками самостоятельной работы;   математическим моделированием 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 | Введение в физику космических лучей. | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| 2 | Фундаментальные взаимодействия частиц: расчеты вероятностей их взаимодействий на основе метода размерностей. | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| 3 | Атмосферные мюоны и нейтрино. | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| 4 | Подземные нейтринные эксперименты. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 5 | Крупномасштабные черенковские нейтринные детекторы (нейтринные телескопы) под водой и во льду. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 6 | Альтернативные крупномасштабные нейтринные телескопы: гидроакустические, радиоволновые. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 7 | Гамма астрономия высоких энергий, астрофизические источники гамма квантов. | | 4 |  |  |  | | | 4 |
| 8 | Нейтринная астрономия высоких энергий, астрофизические источники нейтрино. | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| 9 | «Стандартная модель» ранней Вселенной, «большой взрыв». | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| 10 | Реликтовые частицы. Скрытая масса и «темная энергия» Вселенной. | | 2 |  |  |  | | | 2 |
| 11 | Инновационные разработки в рамках программы фундаментальных исследований «Физика нейтрино». | | 2 |  |  |  | | | 4 |
| Итого часов | | | 30 |  |  |  | | | 42 |
| Подготовка к экзамену | | | 0 час. | | | | | | |
| Общая трудоёмкость | | | 72 час., 2 зач.ед. | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| 4.2. | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестр: 8 (Весенний) | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 1. Введение в физику космических лучей. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Энергетический спектр и состав (протоны, ядра и др.) галактических и внегалактических космических лучей; возможные механизмы ускорения заряженных частиц до сверхвысоких энергий; гипотетические сверхтяжелые частицы (максимоны, GUT-частицы и др.) и возможная верхняя граница спектра космических лучей. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 2. Фундаментальные взаимодействия частиц: расчеты вероятностей их взаимодействий на основе метода размерностей. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Слабые взаимодействия и вероятности распадов мезонов (мюонов, тау-лептонов, пи-мезонов и др.); электромагнитные взаимодействия гамма квантов и заряженных частиц (Комптон-эффект, рождение пар частиц в поле ядра, тормозное излучение, фотоядерное взаимодействие, энергетические потери частиц в веществе); сечения взаимодействий нейтрино с электронами и нуклонами. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 3. Атмосферные мюоны и нейтрино. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Энергетические спектры мюонов и нейтрино от распадов пи- и К-мезонов в атмосфере; угловые распределения атмосферных мюонов и нейтрино; нейтрино и мюоны от распадов чармированных частиц в атмосфере. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 4. Подземные нейтринные эксперименты. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Баксанский сцинтилляционный нейтринный телескоп; черенковский водный детектор SuperК (Япония). | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 5. Крупномасштабные черенковские нейтринные детекторы (нейтринные телескопы) под водой и во льду. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Глубоководный нейтринный телескоп на Байкале; нейтринный телескоп IceCube на Южном полюсе; проект KM3NeT в Средиземном море. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 6. Альтернативные крупномасштабные нейтринные телескопы: гидроакустические, радиоволновые. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Детектирования нейтрино в Океане; радиоволновой метод детектирования нейтрино в антарктическом льду; радиоастрономический метод детектирования нейтрино и Луна как мишень для космических нейтрино экстремально высоких энергий. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 7. Гамма астрономия высоких энергий, астрофизические источники гамма квантов. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  |  | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 8. Нейтринная астрономия высоких энергий, астрофизические источники нейтрино. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  |  | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 9. «Стандартная модель» ранней Вселенной, «большой взрыв». | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  |  | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 10. Реликтовые частицы. Скрытая масса и «темная энергия» Вселенной. | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  |  | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | 11. Инновационные разработки в рамках программы фундаментальных исследований «Физика нейтрино». | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | |  |
|  | Инновационные разработки ИЯИ РАН совместно с ОИЯИ новых полупроводниковых мультипиксельных лавинных фотодиодов и детекторов частиц на их основе. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории (М.: URSS, 2008)  2. Физика элементарных частиц в преддверии Большого Адронного Коллайдера (М.: URSS, 2011)  3. Красников Н., Матвеев В. Новая физика на Большом адронном коллайдере (М.: URSS, 2011) | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Дополнительная литература | | | | | | | | |  |
|  | 1. T. Gaisser. Cosmic rays and particle physics. 1992.  2. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. Наука. 1981.  3. Стивен Вайнберг. Первые три минуты. Энергоиздат. 1981. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | Astroparticle Physics (the European strategy). www.aspera-eu.org | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  | www.nu.to.infn.it/Astrophysical\_Neutrinos/ | | | | | | | | |
|  | www.inspire.hep.net | | | | | | | | |
|  | www.inr.ru | | | | | | | | |
|  | http://www.sciencemag.org/ | | | | | | | | |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук. | | | | | | | | |
|  | http://www.i-exam.ru – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования. | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 «Методы детектирования нейтроино и нейтринная астрофизика», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания в своей будущей научной деятельности. | | | | | | | | | |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать место и роль общих вопросов физики в научных исследованиях, современные проблемы нейтринной физики и астрофизики, а также иметь достаточно хорошее представление о теоретических моделях фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и новейших открытиях в физике и астрофизике. Следует эффективно использовать на практике понятия, суждения, умозаключения, законы и хорошо представлять панораму универсальных методов и законов современной физики, планировать оптимальное проведение экспериментов. Обучающимся должны быть доступны планирование, постановка и обработка результатов физического эксперимента, они должны владеть научной картиной мира, навыками самостоятельной работы и уметь осуществлять математическое моделирование физических задач. | | | | | | | | | |
| 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, доказательство отдельных утверждений; | | | | | | | | | |
| – решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях; | | | | | | | | | |
| – подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, дифференцированному зачёту. | | | | | | | | | |
| 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 теоретические сведения. | | | | | | | | | |
| При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. 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 практическому занятию, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему занятия. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 (бакалавриат) | | | | | | | |
| **профиль подготовки:** |  | Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий | | | | | | | |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики | | | | | | | |
|  | | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии | | | | | | | |
| **курс:** | | 4 | | | |  | | |  |
| **квалификация:** | | бакалавр | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **Разработчик:** | | И.М. Железных, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** | | | | | | | | | |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7); | | | | | | | | | |
| способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2); | | | | | | | | | |
| способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4); | | | | | | | | | |
| способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4). | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** | | | | | |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| В результате изучения дисциплины «Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика» обучающийся должен: | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  место и роль общих вопросов физики в научных исследованиях;   современные проблемы нейтринной физики и астрофизики;   теоретические модели фундаментальных взаимодействий элементарных частиц;   принципы симметрии и законы сохранения;   новейшие открытия в физике и астрофизике. | | | | | | | | | |
| **уметь:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;   представить панораму универсальных методов и законов современной физики;   планировать оптимальное проведение эксперимента. | | | | | | | | | |
| **владеть:** | |  |  |  |  |  | | |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;   научной картиной мира;   навыками самостоятельной работы;   математическим моделированием физических задач. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы детектирования нейтрино и нейтринная астрофизика» осуществляется в форме дифференцированного зачета. Зачет проводится в устной форме. | | | | | | | | | |
| Перечень контрольных вопросов: | | | | | | | | | |
| 1. Космические лучи: энергетический спектр и состав (протоны, ядра и др.) галактических и внегалактических космических лучей, возможные механизмы ускорения заряженных частиц до сверхвысоких энергий, гипотетические сверхтяжелые частицы (максимоны, GUT-частицы и др.) и возможная верхняя граница спектра космических лучей. | | | | | | | | | |
| 2. Физика частиц: слабые взаимодействия и вероятности распадов мезонов (мюонов, тау-лептонов, пи-мезонов и др.), электромагнитные взаимодействия гамма квантов и заряженных частиц (Комптон-эффект, рождение пар частиц в поле ядра, тормозное излучение, фотоядерное взаимодействие, энергетические потери частиц в веществе), сечения взаимодействий нейтрино с электронами и нуклонами. | | | | | | | | | |
| 3. Атмосферные мюоны и нейтрино: энергетические спектры мюонов и нейтрино от распадов пи- и К-мезонов в атмосфере, угловые распределения атмосферных мюонов и нейтрино, нейтрино и мюоны от распадов чармированных частиц в атмосфере. | | | | | | | | | |
| 4. Подземные нейтринные эксперименты: Баксанский сцинтилляционный нейтринный телескоп, черенковский водный детектор SuperК (Япония). | | | | | | | | | |
| 5. Крупномасштабные черенковские нейтринные телескопы под водой и во льду: глубоководный нейтринный телескоп на Байкале, нейтринный телескоп IceCube на Южном полюсе, проект KM3NeT в Средиземном море. | | | | | | | | | |
| 6. Альтернативные крупномасштабные нейтринные детекторы: гидроакустический метод детектирования нейтрино в Океане, радиоволновой метод детектирования нейтрино в антарктическом льду, радиоастрономический метод детектирования нейтрино и Луна как мишень для космических нейтрино экстремально высоких энергий. | | | | | | | | | |
| 7. Гамма астрономия высоких энергий, астрофизические источники гамма квантов. | | | | | | | | | |
| 8. Нейтринная астрономия высоких энергий, астрофизические источники нейтрино. | | | | | | | | | |
| 9. «Стандартная модель» ранней Вселенной, «большой взрыв». | | | | | | | | | |
| 10. Реликтовые частицы (нейтрино, гипотетические магнитные монополи и др.). Скрытая масса и «темная энергия» Вселенной. | | | | | | | | | |
| 11. Инновационные разработки ИЯИ РАН совместно с ОИЯИ новых полупроводниковых мультипиксельных лавинных фотодиодов и детекторов частиц на их основе. | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |
| **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 дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося на устном зачёте не должен превышать двух астрономических часов. | | | | | | | | | |
| Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи (если она дана преподавателем); при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено. | | | | | | | | | |