|  |
| --- |
| **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:** | Структура ядра |
| **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: 6 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 36, всего зач. ед.: 1 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | Р.М. Джилкибаев, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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** |  |  |  |  |  |  |
| - изучение физических основ физики ядра; |
| - приобретение навыков использовании полученных знаний в исследовательской работе, в том числе в области структуры и свойств ядра. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
|  освоение студентами базовых знаний в области физики ядра; |
|  приобретение теоретических знаний в области структуры и свойств ядра; |
|  оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и ориентированных на практическое применение исследований в области физики ядра и элементарных частиц; |
|  приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс «Структура ядра» относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Структура ядра» базируется на дисциплинах: |
| Основы экспериментальной физики элементарных частиц; |
| Введение в физику элементарных частиц; |
| Математика; |
| Физика. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Структура ядра» предшествует изучению дисциплин: |
| Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников; |
| Ядерные реакции; |
| Экспериментальная ядерная физика. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
 порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
 современные проблемы физики и математики;
 общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики ядра;
 основные положения и методы физики ядра, применяемые при создания установок для изучения структуры вещества. |
| **уметь:** |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить численные оценки по порядку величины;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
 эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. |
| **владеть:** |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
 практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
 навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с изучением свойств ядра и строения вещества.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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 | Открытие атомного ядра. Опыты Резерфорда. | 2 |  |  |  |  |
| 2 | Размеры атомных ядер. | 3 |  |  |  | 1 |
| 3 | Принципы симметрии в физике атомного ядра. | 2 |  |  |  |  |
| 4 | Зарядовая симметрия ядерных сил. | 3 |  |  |  | 1 |
| 5 | Энергия связи ядра. | 2 |  |  |  |  |
| 6 | Модели атомного ядра. | 3 |  |  |  | 1 |
| 7 | Коллективная модель ядра. | 2 |  |  |  |  |
| 8 | Общие закономерности радиоактивного распада. | 3 |  |  |  | 1 |
| 9 | Спонтанное деление ядра. | 2 |  |  |  |  |
| 10 | Бета - распад ядра. | 3 |  |  |  | 1 |
| 11 | Гамма - распад ядра. | 2 |  |  |  |  |
| 12 | Поиск частиц темной материи (WIMP). | 3 |  |  |  | 1 |
| Итого часов | 30 |  |  |  | 6 |
| Подготовка к экзамену | 0 час. |
| Общая трудоёмкость | 36 час., 1 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 8 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Открытие атомного ядра. Опыты Резерфорда. |
|  |  |  |
|  | Открытие атомного ядра. Опыты Резерфорда. Формула Резерфорда. Модель атома Томсона и Резерфорда. Единицы физических величин. Комптоновская длина волны частицы. Фундаментальные взаимодействия. Виды взаимодействий. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Размеры атомных ядер. |
|  |  |  |
|  | Рассеяние электронов атомными ядрами. Опыты Хофштадтера. Формула Мотта. Форм-фактор ядра. Распределения заряда в ядре. Плотность ядерной материи. N-Z диаграмма стабильных и долгоживущих ядер. Структура и размер нуклона. Форм-фактор нуклона. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Принципы симметрии в физике атомного ядра. |
|  |  |  |
|  | Р-четность. Четность пиона. Нарушение Р-четности. Опыт Ву по наблюдению нарушения Р-четности в распаде ядра Co60. Обращение времени. Т-четность. Зарядовое сопряжение. С-четность. С - инвариантность. СРТ - теорема. Дипольный момент нейтрона. Спиральность нейтрино. Опыт Гольдхабера и др. по определению спиральности нейтрино.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Зарядовая симметрия ядерных сил. |
|  |  |  |
|  | Зеркальные ядра. Изоспин нуклона. Сохранение изоспина. Пион-нуклонное рассеяние. Изоспин пиона и каона. Изоспин ядер. Изобары. Форма ядра. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Энергия связи ядра. |
|  |  |  |
|  | Энергия отделения нуклона из ядра. Потенциал Юкавы. Основное состояние дейтрона. Энергия симметрии. Роль принципа Паули. Измерение массы ядер. Поверхностная энергия связи ядра. Модель жидкой капли. Клоновская энергия связи. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра. Эффект четно-четных, нечетных и нечетно-нечетных ядер. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6. Модели атомного ядра. |
|  |  |  |
|  | Модель ферми-газа. Энергия Ферми. Средняя энергия нуклона в модели Ферми. Энергия симметрии в модели Ферми. Роль принципа Паули. Оболочечная модель. Замкнутые оболочки. Потенциал Вудса-Саксона. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичная оболочечная модель.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 7. Коллективная модель ядра. |
|  |  |  |
|  | Сферическое ядро. Деформация ядер. Одночастичный квадрупольный момент ядра. Вращательные спектры бесспиновых ядер. Колебательные состояния сферических ядер. Модель Нильсона для аксиально-симметричных ядер. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 8. Общие закономерности радиоактивного распада. |
|  |  |  |
|  | Вероятность распада и статистика Пуассона. Виды распада. Закономерности каскадного распада ядер. Альфа - распад ядра. Прохождение альфа-частиц через кулоновский барьер. Роль центробежного барьера на альфа- распад ядра. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 9. Спонтанное деление ядра. |
|  |  |  |
|  | Деление ядра нейтронами. Капельная модель ядра. Влияние на устойчивость ядра поверхностной и кулоновской энергии связи. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 10. Бета - распад ядра. |
|  |  |  |
|  | Золотое правило Ферми. Плотность состояний. Бета - распад трития. Спектр бета -распада, график Кюри. Разрешенные и запрещенные бета - перехды. Бета - переходы Ферми и Гаммова - Теллера. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 11. Гамма - распад ядра. |
|  |  |  |
|  | Поглощение фотона ядром. Правило отбора для электромагнитных переходов. Вероятности электромагнитных переходов в длинноволновом приближении.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 12. Поиск частиц темной материи (WIMP). |
|  |  |  |
|  | Эксперименты по поиску WIMP c измерением энергии ядер отдачи. Эксперименты по поиску WIMP c измерением направления и энергии ядер отдачи. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. УРСС, Москва 2002.
2. Сайт МГУ Ядерная физика в интернете: nuclphys.sinp.msu.ru/
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. - М.: Наука, 1972.
2. Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий. - М.: Мир, 1975.
3. Фрауенфельдер Г., Хенли Г. Субатомная физика. - М.: Мир, 1979.
4. Элтон Л. Размеры ядер. - М.: Изд-во Ин. Лит. 1962.
5. Бор О., Мотельсон Б. Структура атомного ядра. - М.: Мир, 1971.
6. Бете Г. Лекции по теории ядра. - М.: Изд-во Ин. Лит. 1949.
7. Блин-Стоил Р. Фундаментальные взаимодействия и атомное ядро. - М.: Мир, 1976.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Джилкибаев Р.М. слайды к лекциям по структуре ядра: сайт www.inr.ru~/rmd/ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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 «Структура ядра» 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 ядерных реакций. Студент должен уметь исследовать структуру ядра, 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. |
| 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, |
| – подготовку к лекциям и 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 знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.  |
| При подготовке к лекциям 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 лекции. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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:** | Р.М. Джилкибаев, д-р физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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 «Структура ядра» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
 порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
 современные проблемы физики и математики;
 общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики ядра;
 основные положения и методы физики ядра, применяемые при создания установок для изучения структуры вещества. |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
|  абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
 пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
 делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
 производить численные оценки по порядку величины;
 делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
 видеть в технических задачах физическое содержание;
 осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
 получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
 эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
|  навыками освоения большого объема информации;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
 культурой постановки и моделирования физических задач;
 навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
 практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
 навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с изучением свойств ядра и строения вещества.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Структура ядра» осуществляется в форме дифференцированного зачёта. Дифференцированный зачет проводится в устной форме. |
| Перечень контрольных вопросов: |
| 1. Опишите опыт Резерфорда. |
| 2. На какое минимальное расстояние могли приблизится альфа частицы к ядру золота в опыте Резерфорда? |
| 3. Рассеяние в классической механике. Сечение рассеяния. Единица измерения сечений. |
| 4. Кулоновское взаимодействие. Потенциал Юкавы. Формула Резерфорда.  |
| 5. Типы взаимодействий и их константы. Комптоновская длина волны частицы.  |
| 6. Рассеяние электронов атомными ядрами. Опыты Хофштадтера.  |
| 7. Формула Мотта. Понятие форм-фактора ядра. |
| 8. Связь амплитуды рассеяния с сечением рассеяния. |
| 9. Плотность ядерной материи внутри ядра. |
| 10. Зависимость размера ядра от атомного числа. |
| 11. Диаграмма (N-Z) стабильности ядер.  |
| 12. Структура нуклона и форм-факторы протона и нейтрона. |
| 13. Понятие Р-четности. Измерение четности и спина пиона.  |
| 14. Распад заряженного и нейтрального пиона. |
| 15. Опыт Ву по открытию нарушения Р-четности в бета-распаде. |
| 16. Зарядовая симметрия и понятие С-четности. С-четность фотона. |
| 17. Простейший атом – атом позитрония. Состояния и время жизни позитрония. |
| 18. СРТ – теорема. Дипольный момент нейтрона.  |
| 19. Спиральность нейтрино и опыт Гольдхабера.  |
| 20. Зарядовая симметрия ядерных сил. Изоспин нуклона и пиона. |
| 21. Амплитуды пион-нуклонного рассеяние. |
| 22. Изоспин ядер и изобары.  |
| 23. Квадрупольный момент ядра и форма ядер. |
| 24. Основное состояние дейтрона.  |
| 25. Энергия связи нуклона в ядре. Поверхностная энергия связи. Кулоновская энергия. Энергия симметрии. Формула Вайцзеккера. |
| 26. Модель и энергия Ферми ядра.  |
| 27. Одночастичная оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие.  |
| 28. Коллективня модель ядра. Вращательный и колебательные уровни ядра.  |
| 29. Колебательные состояния сферических ядер. Модель Нилссона.  |
| 30. Закон радиоактивного распада ядер. Закон Пуассона.  |
| 31. Альфа-распад ядра. Зависимость вероятности альфа-распада от энергии. |
| 32. Капельная модель ядра и спонтанное деление ядер тепловыми нейтронами.  |
| 33. Бета-распад ядра. Спектр энергии электронов в бета-распаде. График Кюри. |
| 34. Бета-переходы Ферми и Гаммова-Теллера.  |
| 35. Гамма-распад ядра. Поглощение фотона ядром.  |
| 36. Ядерные реакции в звездах. Протозвезды. Углеродный цикл. Эволюция звезды. |
| 37. Космические лучи.  |
| 38. Поиск темной материи во вселенной. Эксперименты по поиску темной материи (WIMP) с измерением энергии ядер отдачи. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **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). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.  |
| Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |