

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Атомная и ядерная физика Б1.В.ОД.10

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Гайнутдинов Р.Х., Дулов Е.Н.

Рецензент(ы):

Недопекин О.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 684818

Казань
2018

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Гайнутдинов Р.Х. Кафедра оптики и нанофотоники Отделение физики , Renat.Gainutdinov@kpfu.ru ; доцент, к.н. Дулов Е.Н. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , Evgeny.Dulov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Изучение терминологии, законов и экспериментальной техники атомной и ядерной физики, а также основ физики элементарных частиц совместно с другими дисциплинами цикла, формирование у студентов современного естественнонаучного мировоззрения на строение и свойства ядра и элементарных частиц.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 5, 6 семестры.

Является частью профессионального цикла дисциплин (блок Б3.В) подготовки студентов по направлению подготовки "Нанотехнологии и микросистемная техника".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- терминологию ядерной физики и физики элементарных частиц;
- порядки физических величин, используемых в ядерной физике;
- экспериментальные методы ядерной физики и физики элементарных частиц;
- энергетическую шкалу масс, энергию связи и дефект массы ядра;
- природу ядерных сил и современные модели ядра;
- слабые взаимодействия;
- ядерные реакции;
- законы сохранения;
- методы и приемы решения конкретных задач из области ядерной физики и физики элементарных частиц

2. должен уметь:

- выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи;
- использовать законы атомной и ядерной физики при решении профессиональных задач

- использовать основные соотношения ядерной физики (расчет энергетического выхода реакций, закономерности радиоактивного распада);
- использовать модели ядер (определение масс, дефекта масс, объяснение закономерностей различных видов радиоактивного распада, определение спина и четности ядра);

3. должен владеть:

Современными знаниями о строении и свойствах атомов, атомных ядер и классификации элементарных частиц.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 5 семестре; экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Атомная физика	5	1	1	0	0	
2.	Тема 2. Свойства атомных ядер.	6	1	1	0	0	
3.	Тема 3. Радиоактивность.	6	2	1	4	8	Устный опрос
4.	Тема 4. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	6	3	2	0	0	
5.	Тема 5. Модели атомных ядер.	6	4	2	0	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Ядерные реакции.	6	5	2	4	8	
7.	Тема 7. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	6-7	2	6	12	Тестирование
8.	Тема 8. Частицы и взаимодействия.	6	8	1	0	0	
9.	Тема 9. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	9	1	0	0	Устный опрос
10.	Тема 10. Техника ускорителей.	6	10	1	0	0	
11.	Тема 11. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	11	2	4	8	Устный опрос
12.	Тема 12. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.	6	12	2	0	0	
13.	Тема 13. Современные астрофизические представления.	6	13	1	0	0	Тестирование
14.	Тема 14. Корпускулярные свойства электромагнитных волн.	5	1	0	2	2	
15.	Тема 15. Волновые свойства микрочастиц	5	2	4	0	0	
16.	Тема 16. Дискретность атомных состояний	5	3-5	0	6	6	
17.	Тема 17. Квантовомеханическое описание атомных систем	5	6-8	5	0	0	
18.	Тема 18. Квантовая механика системы тождественных частиц.	5	9-10	0	4	4	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
19.	Тема 19. Атом водорода и водородоподобные атомы	5	11-14	6	0	0	
20.	Тема 20. Многоэлектронные атомы	5	15-17	0	6	6	
21.	Тема 21. Строение и свойства молекул	5	18	1	0	0	
22.	Тема 22. Атом во внешнем поле	5	18	1	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	36	54	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Атомная физика

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Введение в атомную физику. Развитие атомистических представлений. Специфика законов микромира. Круг явлений, описываемых атомной физикой.

Тема 2. Свойства атомных ядер.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Ядерный парк. Изотопы. Размеры и массы ядер. Дефект масс, энергетическая шкала масс. Масштабы величин в ядерной физике.

Тема 3. Радиоактивность.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Радиоактивные ряды. Виды радиоактивности. Закономерности альфа-распада, закон Гейгера-Нетолла. Закономерности бета-распада, правило Сарджента. Гипотеза нейтрино.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Устройство и принцип работы счётчика Гейгера-Мюллера. Ударная ионизация, условие лавинообразования, условие затухания вторичных лавин.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Регистрация радиоактивности. Счётная характеристика счётчика Гейгера-Мюллера.

Тема 4. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Ядерные силы, меэнуклонное взаимодействие, свойства. Мезонная модель Юкавы для ядерных сил. Пи-мезоны. Сильное взаимодействие. Ядерные силы как проявление фундаментального сильного взаимодействия.

Тема 5. Модели атомных ядер.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра в капельной модели. Простейшие применения капельной модели. Модель Ферми-газа. Глубина ядерного потенциального ящика в модели Ферми-газа, экспериментальные подтверждения. Оболочечная модель. Объяснение некоторых свойств ядер в рамках оболочечной модели. Обобщенная и оптическая модели ядер.

Тема 6. Ядерные реакции.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Закономерности ядерных реакций. Сечение реакции, зависимость от энергии. Реакции с образованием составного ядра. Модель Бора. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции. Применение прямых ядерных реакций к определению свойств ядер.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Форбула Брейта-Вигнера, оценка сечений взаимодействия нейтронов с веществом.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Нейтронный активационный анализ.

Тема 7. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Прохождение заряженных частиц через вещество. Формула Бора. Формула Бете. Прохождение гамма-излучения через вещество, закон Ламберта-Буггера, сечение взаимодействия, типы взаимодействий. Взаимодействие нейтронов с веществом.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Формула Бора, оценка удельных потерь энергии альфа-частиц при их торможении. Закон Ламберта-Буггера, связь сечения взаимодействия с линейным коэффициентом ослабления. Массовый коэффициент ослабления.

лабораторная работа (12 часа(ов)):

Ослабление гамма-излучения веществом. Прохождение альфа-излучения через вещество. Прохождение бета-излучения через вещество.

Тема 8. Частицы и взаимодействия.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Элементарные частицы, определение и классификация. Гипотеза кварков. Правило Накано-Нишиджимы-Геллмана. Фундаментальные бозоны и фермионы, Стандартная Модель в физике частиц. Кванты полей взаимодействий.

Тема 9. Эксперименты в физике высоких энергий.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Эксперименты по рассеянию частиц, от опытов Резерфорда до современных экспериментов. Использование волновых свойств частиц в экспериментах по рассеянию. Определение внутренней структуры ядер и частиц. Опыты Хофштадтера. Характер получаемой информации и ограничения.

Тема 10. Техника ускорителей.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Линейные ускорители. Циклотроны. Синхротроны. Кинематика ядерных реакций.

Тема 11. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Рассеяние, спектроскопия и детекторы как основа экспериментальной ядерной физики. Типы детекторов, получаемая информация. Характеристики детекторов. Спектр, виды спектров. Опыт Ферми по наблюдению частиц-резонансов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Регистрация спектров частиц. Дискриминация амплитуд импульсов. Многоканальные анализаторы. Устройство и принцип работы детекторов частиц. Погрешности определения параметров спектров.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Гамма спектроскопия: сцинтилляционные детекторы. Гамма спектроскопия: регистрация естественной радиоактивности на примере калия-40. Бета-спектроскопия.

Альфа-спектроскопия.

Тема 12. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Развитие представлений о взаимодействиях в 19-20 веках. Константы взаимодействий. Заряды. Законы сохранения как проявление симметрий, теорема Нетер. Электрослабое объединение. Квантовая хромодинамика.

Тема 13. Современные астрофизические представления.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Термоядерные реакции как источник энергии звёзд. Протонный цикл. Осцилляции солнечных нейтрино. Углеродный цикл. Гипотеза Большого Взрыва.

Тема 14. Корпускулярные свойства электромагнитных волн.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Корпускулярные свойства электромагнитных волн. Открытие фотоэффекта. Противоречие законов фотоэффекта законам классической физики. Импульс фотона. Томсоновское рассеяние. Опыты Баркла. Опыты Комптона. Рассеяние света с корпускулярной точки зрения. Эффект Комптона.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Лабораторная работа "Опыт Франка-Герца"

Тема 15. Волновые свойства микрочастиц

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Волновые свойства микрочастиц. Дифракционный опыт и квантовое поведение электронов. Явление квантовой интерференции. Опыты Дэвсона и Джермера. Эффект Рамзауэра-Таунсенда. Гипотеза Луи де Бройля. Уравнения де Бройля. Уравнения Гельмгольца и Шредингера для волн де Бройля. Необходимость вероятностной интерпретации квантовых явлений.

Тема 16. Дискретность атомных состояний

практическое занятие (6 часа(ов)):

Дискретность атомных состояний. Классическая теория излучения черного тела. Дискретность атомных состояний. Атомные спектры. Экспериментальные закономерности в линейчатых спектрах. Несовместимость закономерностей излучения с классическими представлениями. Магнитные свойства атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Открытие спина электрона. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Объяснение комбинационного принципа. Модель атома Бора

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Лабораторная работа "Гелий-неоновый лазер" Лабораторная работа "Определение температуры плазмы" Лабораторная работа "Люминесцентный анализ"

Тема 17. Квантовомеханическое описание атомных систем

лекционное занятие (5 часа(ов)):

Квантовомеханическое описание атомных систем. Понятие квантового состояния. Принцип суперпозиции. Понятие об операторах физических величин. Статистические свойства наблюдаемых. Среднее значение физических величин. Уравнение Шредингера. Представления Шредингера и Гейзенберга. Стационарные состояния. Стационарное уравнение Шредингера. Прямоугольная потенциальная яма

Тема 18. Квантовая механика системы тождественных частиц.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Квантовая механика системы тождественных частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Понятие о распределении Бозе-Эйнштейна и о распределении Ферми-Дирака. Принцип Паули.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа "Спектр щелочного атома" Лабораторная работа "Комбинационное рассеяние"

Тема 19. Атом водорода и водородоподобные атомы

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Атом водорода и водородоподобные атомы. Квантование момента количества движения. Сферические функции. Уровни энергии и квантовые числа электрона в атоме водорода. Орбитальный и полный моменты количества движения. Квантово механическое правило сложения угловых моментов. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура. Лэмбовский сдвиг. Схема уровней энергии водородоподобного атома. Четность. Взаимодействие атомов с полем излучения. Спектры атомов. Правила отбора.

Тема 20. Многоэлектронные атомы

практическое занятие (6 часа(ов)):

Многоэлектронные атомы. Приближенная характеристика отдельных электронов квантовыми числами n и l . Понятие о электронной конфигурации. Применение принципа Паули. Электронные оболочки атома и их заполнение. Векторное сложение угловых моментов и типы связи. Нормальная и jj связи. Распределение термов при нормальной связи. Правило Хунда. Физическое объяснение периодического закона. Взаимодействие электронов в многоэлектронном атоме. Уровни энергии атома гелия. Уширение спектральных линий. Рентгеновские спектры. Закон Мозели. Явление Оже. Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Лабораторная работа "Эффект Зеемана" Лабораторная работа "Электронный парамагнитный резонанс" Лабораторная работа "Люминесценция рубина"

Тема 21. Строение и свойства молекул

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Строение и свойства молекул. Виды движения в молекуле. Форма и размер молекул. Электронные оболочки и химическая связь. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул.

Тема 22. Атом во внешнем поле

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Атом во внешнем поле. Связь между механическим и магнитным моментами атомов. Опыт Эйнштейна-де Газа. Расщепление энергетических уровней при помещении атома в магнитное поле. Расщепление линий излучения. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Радиоактивность.	6	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Модели атомных ядер.	6	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	6-7	подготовка к тестированию	5	тестирование
9.	Тема 9. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Современные астрофизические представления.	6	13	подготовка к тестированию	5	тестирование
	Итого				18	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции (использование проблемных ситуаций, демонстрационного эксперимента), лабораторный практикум (отдельный курс, входящий в Общий Физический Практикум), самостоятельная работа студента, консультации

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Атомная физика

Тема 2. Свойства атомных ядер.

Тема 3. Радиоактивность.

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Какое число радиоактивных цепочек (семейств, рядов) Вы знаете? 2. В тяжёлых ядрах преобладают нейтроны или протоны? 3. В каком диапазоне заключены размеры ядер? (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 4. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

Тема 5. Модели атомных ядер.

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Какие модели атомных ядер Вы знаете? 2. Какой эффект лежит в основе оболочечной модели ядра 3. Какова область применимости коллективных моделей ядер? (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 6. Ядерные реакции.

Тема 7. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

тестирование , примерные вопросы:

Примеры вопросов к тестированию (необходимо выбрать правильный ответ из трёх предложенных вариантов): Размеры ядер заключены в диапазоне: 1. от 10-13 до 10-12м 2. от 10-14 до 10-12м 3. от 10-15 до 10-14м Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Ядро меньше атома: 1. примерно в 10 раз 2. примерно в 10000 раз 3. примерно в 1000000 раз Доля нейтронов в ядре: 1. возрастает с ростом заряда ядра 2. убывает с ростом заряда ядра 3. остается неизменной при изменении заряда ядра Спектр бета частиц, испускаемых бета-радиоактивными ядрами: 1. Непрерывный 2. Дискретный 3. В некоторых случаях непрерывный, в некоторых дискретный В основе теории альфа-распада лежит рассмотрение: 1. туннельного эффекта 2. квантовой статистики нуклонов 3. спин-орбитального взаимодействия Бета частица: 1. Существует внутри ядра до момента его распада, подобно альфа-частице 2. Рождалась в процессе бета-распада ядра 3. Рождалась в процессе альфа-распада ядра Число известных радиоактивных цепочек (семейств, рядов) составляет: 1. один 2. четыре 3. шестнадцать В альфа-распаде испускается именно альфа-частица, потому что: 1. другая частица не может быть испущена по закону сохранения четности 2. альфа частица имеет повышенную энергию связи среди легких ядер 3. альфа частица имеет пониженную энергию связи среди легких ядер Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Удельная энергия связи нуклонов в ядре для большинства ядер это: 1. примерно 1 кэВ 2. примерно 5 ГэВ 3. примерно 8 МэВ Наиболее стабильные ядра это: 1. четно-четные ядра 2. нечетно-четные ядра 3. нечетно-нечетные ядра Укажите частицу с наибольшей проникающей способностью: 1. Нейтрон 2. Гамма-квант 3. Нейтрино Барн в ядерной физике это: 1. внесистемная единица длины 2. внесистемная единица площади 3. внесистемная единица энергии Увеличение энергии альфа-частицы в два раза приведет к увеличению её пробега в веществе: 1. В два раза 2. Более, чем в два раза 3. Меньше, чем в два раза Формула Бора описывает торможение в веществе: 1. Нерелятивистских заряженных частиц 2. Релятивистских заряженных частиц 3. Гамма-квантов Размеры ядер заключены в диапазоне: 1. от 10-13 до 10-12м 2. от 10-14 до 10-12м 3. от 10-15 до 10-14м Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Ядро меньше атома: 1. примерно в 10 раз 2. примерно в 10000 раз 3. примерно в 1000000 раз Доля нейтронов в ядре: 1. возрастает с ростом заряда ядра 2. убывает с ростом заряда ядра 3. остается неизменной при изменении заряда ядра (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 8. Частицы и взаимодействия.

Тема 9. Эксперименты в физике высоких энергий.

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Почему современные ускорители высоких энергий это ускорители на встречных пучках? 2. Что такое порог реакции? 3. Каков предел разрешения методов исследования внутренней структуры частиц? (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 10. Техника ускорителей.

Тема 11. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Какая частица имеет наибольшую проникающую способность? 2. Как выглядят спектры альфа- и бета-частиц? 3. Каким образом детектируются частицы? (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 12. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.

Тема 13. Современные астрофизические представления.

тестирование , примерные вопросы:

Примеры вопросов к тестированию (необходимо выбрать правильный ответ из трёх предложенных вариантов): Согласно оболочечной модели ядра, четность ядра $1H1$ равна: 1. -1 2. 0 3. +1 Выражение для энергии симметрии формулы Вайцзеккера получается в: 1. капельной модели ядра 2. модели ферми газа 3. оболочечной модели ядра Нуклонные состояния в ядре вырождены по: 1. Орбитальному квантовому числу 2. Главному квантовому числу 3. Магнитному квантовому числу полного момента Угловое распределение продуктов прямых ядерных реакций: 1. Изотропно 2. Неизотропно 3. Описывается формулой Брейта-Вигнера Реакции ядер с медленными нейтронами преимущественно происходят: 1. Через образование составного ядра 2. По механизму прямых ядерных реакций 3. С выбиванием протона Реакции ядер с дейтонами преимущественно происходят: 1. Через образование составного ядра 2. По механизму прямых ядерных реакций 3. При делении ядер Характерное ядерное время это: 1. Время жизни составного ядра 2. Период полураспада радиоактивного ядра 3. Время пролёта нуклона через ядро Укажите частицу с наибольшей проникающей способностью: 1. Нейтрон 2. Гамма-квант 3. Нейтрино Барн в ядерной физике это: 1. внесистемная единица длины 2. внесистемная единица площади 3. внесистемная единица энергии Увеличение энергии альфа-частицы в два раза приведет к увеличению её пробега в веществе: 1. В два раза 2. Более, чем в два раза 3. Менее, чем в два раза Формула Бора описывает торможение в веществе: 1. Нерелятивистских заряженных частиц 2. Релятивистских заряженных частиц 3. Гамма-квантов (Направлено на развитие компетенции ОПК-2)

Тема 14. Корпускулярные свойства электромагнитных волн.

Тема 15. Волновые свойства микрочастиц

Тема 16. Дискретность атомных состояний

Тема 17. Квантовомеханическое описание атомных систем

Тема 18. Квантовая механика системы тождественных частиц.

Тема 19. Атом водорода и водородоподобные атомы

Тема 20. Многоэлектронные атомы

Тема 21. Строение и свойства молекул

Тема 22. Атом во внешнем поле

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Билеты к зачету:

Билет 1

1. Альфа-распад. Вывод закона Гейгера-Неттола.
2. Каковы спин и четность ядра $2He3$?

Билет 2

1. Бета-распад. Гипотеза нейтрино. Теория бета-распада Ферми. Вывод аналитического выражения для бета-спектра и правила Сарджента по теории Ферми.
2. Чем объясняется то, что $Z < A/2$ для тяжелых ядер.

Билет 3

1. Капельная модель ядра. Несжимаемость ядерного вещества. Формула Вацзейкера. Физический смысл слагаемых в этой формуле. Дорожка стабильности по капельной модели.
2. Каков может быть спин ядра $81Tl206$?

Билет 4

1. Недостатки капельной модели ядра. Оболочечная модель. Количественная оценка вклада спин-орбитального взаимодействия. Схема уровней энергии ядра.
2. Вычислите энергию возбуждения ядра $90Th233$ в результате захвата нейтрона ядром $90Th232$. Массы ядер $90Th233$ и $90Th232$ равны 233.042 а.е.м. и 232.038 а.е.м. соответственно, масса нейтрона - 1.0087 а.е.м.

Билет 5

1. Электромагнитные моменты ядер. Разложение потенциала ядра в ряд по мультиполям. Ядерный магнетон. Эффект Зеемана и квадрупольное взаимодействие.
2. Оцените разность энергий связи ядер ${}^4\text{Be}_9$ и ${}^5\text{B}_9$. $m_n - m_p = 1.3 \text{ МэВ}$.
 $E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + da_5 A^{-3/4}$
 $a_1 = 15.75 \text{ МэВ}$, $a_2 = 17.8 \text{ МэВ}$, $a_3 = 0.71 \text{ МэВ}$, $a_4 = 94.8 \text{ МэВ}$, $a_5 = 34 \text{ МэВ}$

Билет 6

1. Законы сохранения в ядерных реакциях.
2. Оцените разность энергий связи ядер ${}^{20}\text{Ca}_{40}$ и ${}^{21}\text{Sc}_{41}$. $m_n - m_p = 1.3 \text{ МэВ}$.
 $E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + da_5 A^{-3/4}$
 $a_1 = 15.75 \text{ МэВ}$, $a_2 = 17.8 \text{ МэВ}$, $a_3 = 0.71 \text{ МэВ}$, $a_4 = 94.8 \text{ МэВ}$, $a_5 = 34 \text{ МэВ}$

Билет 7

1. Четность, пространственная и внутренняя. Четность системы частиц. Закон сохранения четности.
2. Энергия связи ядра. Зависимость удельной энергии связи от массового числа, график.

Билет 8

1. Прямые ядерные реакции. Определение характеристик ядерных уровней в реакциях с участием дейтона.
2. Устройство и принцип работы счетчика Гейгера.

Билет 9

1. Ядерные реакции с образованием составного ядра. Модель Бора, вывод формулы Брейта-Вигнера.
2. Найти энергетический выход реакции альфа-распада ядра ${}^{83}\text{Bi}_{210}$.
 $E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + da_5 A^{-3/4}$
 $a_1 = 15.75 \text{ МэВ}$, $a_2 = 17.8 \text{ МэВ}$, $a_3 = 0.71 \text{ МэВ}$, $a_4 = 94.8 \text{ МэВ}$, $a_5 = 34 \text{ МэВ}$

Билет 10

1. Формула Бора для энергетических потерь при прохождении заряженной частицы через вещество.
2. Реакции деления тяжелых ядер и реакции слияния легких ядер. Оценка энерговыделения из зависимости удельной энергии связи от A и по формуле Вацзейкера (качественно).

Билет 11

1. Изоспин, закон сохранения изоспина. Зеркальные ядра и ядерные изоспиновые мультиплеты.
2. Запишите выражение для закона сохранения момента импульса в ядерной реакции $p + ZXA \rightarrow Z+1YA + n$
если $I(A, Z) = 5/2$ и $I(A+1, Z) = 9/2$

Билет 12

1. Свойства ядерных (межнуклонных) сил. Мезонная теория Юкавы. Межнуклонные силы как проявление фундаментального сильного взаимодействия. Глюоны.
2. Каков спин и четность ядра ${}^3\text{Li}_7$?

Билет 13

1. Деление ядер. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.
2. Вычислите энергию присоединения нейтрона и энергию отрыва нейтрона для ядра ${}^{40}\text{Zr}_{90}$. Энергия связи ядер ${}^{40}\text{Zr}_{89}$, ${}^{40}\text{Zr}_{90}$ и ${}^{40}\text{Zr}_{91}$ равны соответственно 771.9 МэВ, 783.8 МэВ, 791.1 МэВ, масса нейтрона 939.6 МэВ.

Билет 14

1. Кинематика ядерных реакций. Порог реакции.

2. Каков спин и четность ядра ${}^4\text{Be}_9$?

Билет 15

1. Определение размеров ядер в опытах по рассеянию частиц. Формула Резерфорда. Сечение рассеяния. Формула Мотта. Зависимость радиуса ядра от массового числа.
2. Общие сведения о кварковой гипотезе и кварках.

Билет 16

1. Магнитный момент ядра в одночастичной модели оболочек. Модель Шмидта.
2. Уровни энергии ядра в обобщенной (коллективной) модели ядра.

Билет 17

1. Модель Ферми-газа для ядра. Энергия симметрии и плотность ядерных уровней в этой модели.
2. Запаздывающие нейтроны и их роль в управляемой цепной ядерной реакции.

Билет 18

1. Спин и четность ядра согласно оболочечной модели.
2. Термоядерные реакции как источник энергии звезд.

Билет 19

1. Элементарные частицы. Законы сохранения в физике частиц.
2. Может ли среди ядер изобар быть больше одного стабильного ядра? Почему?

Билет 20

1. Наблюдаемый и собственный квадрупольный момент ядра. Предсказания одночастичной модели оболочек и причина их расхождения с экспериментом. Отсутствие у ядер дипольных моментов: связь с законом сохранения четности.
2. Нарушение закона сохранения четности в слабых взаимодействиях. Опыт Ву.

7.1. Основная литература:

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, т.1. Введение в атомную физику. Лань, 2010 // http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=442
2. Шпольский Э.В. Атомная физика, т.2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Лань, 2010 // http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=443
3. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И.В., Лань, 2011, 384 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708
4. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / С.И.Кузнецов, А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=438135>
5. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И.В., Лань, 2011, 384 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708
6. Общий курс физики Том 5 Атомная и ядерная физика. / Сивухин Д.В., ФИЗМАТЛИТ, 2002, 784 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2315

7.2. Дополнительная литература:

1. Общий курс физики Том 5 Атомная и ядерная физика. / Сивухин Д.В., ФИЗМАТЛИТ, 2002, 784 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2315
2. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. - СПб.: Лань, 2010. - 560 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=442
3. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра / Мухин К.Н., Лань, 2009, 384 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=277
4. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=443435>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Каф. атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ -
<http://www.affp.mics.msu.su/demo/>
- НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm>
- НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/>
- НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова -
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html>
- НИИЯФ МГУ: Физика высоких энергий и элементарные частицы -
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html>
- НИИЯФ МГУ: физика ядра и частиц, XX век - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Атомная и ядерная физика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Ядерный физический практикум на материально-технической базе УНЛ Ядерной Физики каф. ФТТ, Институт физики КФУ.

Лабораторные работы с методическим обеспечением:

Гамма-спектроскопия:калибровка гамма-спектрометра, сцинтилляционные детекторы: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F928901132/Gamma_spektrskpiya_kalibrvka_LAST.pdf

Гамма-спектроскопия:регистрация естественной радиоактивности (на примере К-40): учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F2098197220/Registr_gamma_spektrv_40_K_LAST.pdf

Защита от ионизирующего излучения: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F210882866/phys.base.pdf>

Искусственная радиоактивность и определение периода полураспада нуклидов: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F1050080452/nejtrnnaya.aktivaciya.pdf>

Исследование статистического характера распада радиоактивных ядер. Распределение Пуассона: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F1160067234/raspredelenie_puassna.pdf

Мёссбауэровская спектроскопия: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F1102497079/mssbauer_FINAL.pdf

Ослабление гамма-излучения веществом. Проверка закона обратных квадратов расстояний: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F1164213458/slablenie.gamma.Arinin_LAST.pdf

Практикум по ядерной физике: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета

<http://kpfu.ru/dcs/F360793019/Nuclear.lab.2004.pdf>

Прохождение альфа-излучения через вещество: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F1799252583/PrhzhdenieAlfa01.pdf>

Рассеяние Резерфорда: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F665509394/Rasseyanie_Rezerfrda_GRR_4.pdf

Регистрация радиоактивности. Счётчик Гейгера-Мюллера: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F1539437098/Gainv_Geiger_v7.pdf

Регистрация спектров альфа-частиц. Полупроводниковые детекторы: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

http://kpfu.ru/dcs/F136070921/alfa_spektrskpiya.pdf

Физические основы дозиметрии. Радиационная безопасность: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F210882866/phys.base.pdf>

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Гайнутдинов Р.Х. _____

Дулов Е.Н. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Недопекин О.В. _____

"__" _____ 201__ г.