

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Атомная и ядерная физика Б2.Б.5

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Электроника, микро- и наноэлектроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Гайнутдинов Р.Х. , Аринин В.В.

**Рецензент(ы):**

Нефедьев Л.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## 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) ассистент, к.н. Аринин В.В. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , Vitaliy.Arinin@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Гайнутдинов Р.Х. Кафедра оптики и нанофотоники Отделение физики , Renat.Gainutdinov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Изучение основных явлений и методов физики атома и формирование физического мышления, позволяющего понимать закономерности микромира.

Изучение терминологии, законов и экспериментальной техники ядерной физики и 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 " Б2.Б.5 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 5, 6 семестры.

Дисциплина Б2.Б.5 "Атомная и ядерная физика" входит в профессиональный цикл (блок Б2) бакалавров по направлению 011800.62 - "Радиофизика" и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 011800.62 - "Физика"; Б2.Б.2 "Молекулярная физика", Б2.Б.3 "Электричество и магнетизм", Б2.Б.4 "Оптика".

Дисциплина является составной частью курса общей физики и служит основой для последующего изучения дисциплин курса общей физики (Б3.Б.14 "Квантовая радиофизика", Б3.Б.4 "Квантовая механика"), для выполнения лабораторных работ в рамках занятий по дисциплине Б2.В.1 "Общий физический практикум".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью проектировать, организовывать и анализировать педагогическую деятельность, обеспечивая последовательность изложения материала и междисциплинарные связи физики с другими дисциплинами

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- экспериментальные основы современной атомной физики и квантовой механики;

- закономерности атомной физики, определяющие свойства атомов и периодичность их изменения;
- основные свойства атома водорода.
- 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:

- вычислять энергетические уровни и частоты спектральных линий атома водорода;
- определять свойства атомов в зависимости от состояний, в которых они находятся
- 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);
- выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи;
- использовать законы ядерной физики при решении профессиональных задач.

## 3. должен владеть:

- методами решения задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;
- современной физической аппаратурой и оборудованием;
- методами работы с современными образовательными и информационными технологиями
- знаниями о современных мировоззрениях, о строении и свойствах атомных ядер и классификации элементарных частиц

## 4. должен продемонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;
- эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование;
- работать с современными образовательными и информационными технологиями
- 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре; зачет 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. Введение в атомную физику.	5	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитных волн..	5	1	2	0	0	
3.	Тема 3. Волновые свойства микрочастиц.	5	2	2	0	0	
4.	Тема 4. Дискретность атомных состояний.	5	3-5	6	0	0	
5.	Тема 5. Квантовомеханическое описание атомных систем.	5	6-9	8	0	0	коллоквиум
6.	Тема 6. Квантовая механика системы тождественных частиц.	5	9-10	4	0	0	
7.	Тема 7. Атом водорода и водородоподобные атомы.	5	10-14	10	0	0	
8.	Тема 8. Многоэлектронные атомы.	5	15-17	6	0	0	
9.	Тема 9. Строение и свойства молекул.	5	18	1	0	0	
10.	Тема 10. Атом во внешнем поле.	5	18	1	0	0	коллоквиум
11.	Тема 11. Введение.	6	1	2	0	0	
12.	Тема 12. Ядро как система связанных нуклонов.	6	2	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Квантовые характеристики ядерных состояний.	6	3-5	6	0	0	тестирование
14.	Тема 14. Ядерные превращения, распады и ядерные реакции.	6	6-10	10	0	0	
15.	Тема 15. Модели атомных ядер.	6	11-13	6	0	0	тестирование
16.	Тема 16. Синтез легких ядер.	6	14	2	0	0	
17.	Тема 17. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом.	6	15-16	4	0	0	
18.	Тема 18. Элементарные частицы.	6	17-18	4	0	0	тестирование
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	зачет
	Итого			78	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение в атомную физику.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Развитие атомистических представлений. Специфика законов микромира. Круг явлений, описываемых атомной физикой.

##### Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитных волн..

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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

##### Тема 3. Волновые свойства микрочастиц.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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 4. Дискретность атомных состояний.

###### *лекционное занятие (6 часа(ов)):*

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

#### **Тема 5. Квантовомеханическое описание атомных систем.**

##### **лекционное занятие (8 часа(ов)):**

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 6. Квантовая механика системы тождественных частиц.**

##### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Понятие о распределении Бозе-Эйнштейна и о распределении Ферми-Дирака. Принцип Паули.

#### **Тема 7. Атом водорода и водородоподобные атомы.**

##### **лекционное занятие (10 часа(ов)):**

Квантование момента количества движения. Сферические функции. Уровни энергии и квантовые числа электрона в атоме водорода. Орбитальный и полный моменты количества движения. Квантовомеханическое 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 8. Многоэлектронные атомы.**

##### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

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.

#### **Тема 9. Строение и свойства молекул.**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

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

#### **Тема 10. Атом во внешнем поле.**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Связь между механическими и магнитными 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

#### **Тема 11. Введение.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные этапы развития физики ядра и частиц. Масштабы явлений в ядерной физике и физике высоких энергий.

#### **Тема 12. Ядро как система связанных нуклонов.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**



Изотопы, изобары. Статические свойства ядер, временной критерий этого понятия. Заряд ядра. Масса ядра, измерение масс ядер и частиц. Изотопические эффекты. Энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи относительно нуклонов. Энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи относительно нуклонов.

### **Тема 13. Квантовые характеристики ядерных состояний.**

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин и магнитный момент ядра. Методы измерения этих характеристик. Четность, закон сохранения четности. Эксперимент Ву. Четность ядра как системы частиц. Симметрия волновых функций тождественных частиц. Статические электромагнитные мультипольные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент. Квадрупольное сверхтонкое расщепление.

### **Тема 14. Ядерные превращения, распады и ядерные реакции.**

#### **лекционное занятие (10 часа(ов)):**

Общие закономерности: характеристики вероятности превращения, законы сохранения, энергия превращения. Пороговая энергия ядерной реакции и процесса рождения частиц. Радиоактивность естественная и искусственная. Закон радиоактивного распада. Активность. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Элементы теории альфа-распада. Бета-распад. Энергетические спектры продуктов распада. Элементы теории бета-распада. Понятие о слабом взаимодействии. Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия. Правила отбора по моменту и четности и вероятности переходов. Ядерные реакции с образованием составного ядра. Общие закономерности Резонансные и нерезонансные реакции. Прямые ядерные реакции. Использование прямых ядерных реакций для определения квантовых характеристик ядерных состояний. Ядерные реакции под действием гамма-квантов. Гигантский резонанс. Ядерная резонансная флюоресценция, эффект Мессбауэра. Особенности ядерных реакций под действием электронов, нейтронов, многозарядных ионов. Реакции образования трансурановых элементов.

### **Тема 15. Модели атомных ядер.**

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Капельная модель ядра. Колебательные состояния ядра, их квантовые характеристики. Модель несферического ядра. Вращательные уровни ядра. Оболочечная модель, ее физическое обоснование. Квантовые характеристики одночастичных состояний. Спин и четность ядра в оболочечной модели. Деление тяжелых ядер, спонтанное и вынужденное. Энергия превращения. Свойства продуктов превращения. Механизм реакции деления. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.

### **Тема 16. Синтез легких ядер.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Термоядерный синтез. Синтез в звездах. Проблема управляемого термоядерного синтеза.

### **Тема 17. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Потери энергии, кривая Брегга, пробег. Механизмы взаимодействия, влияние на свойства среды. Понятие о дозиметрии. Поглощенная доза. Особенности взаимодействия гамма-квантов и нейтронов с веществом. Механизмы взаимодействия гамма-квантов с веществом. Передача энергии гамма-излучения веществу, керма и поглощенная доза. Экспериментальные методы в физике высоких энергий.

### **Тема 18. Элементарные частицы.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Общие свойства элементарных частиц. Классификация. Частицы и античастицы. Механизмы взаимодействия частиц. Законы сохранения. Сильные взаимодействия и структура адронов. Кварки и глюоны.

## **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
5.	Тема 5. Квантовомеханическое описание атомных систем.	5	6-9	подготовка к коллоквиуму	1	коллоквиум
10.	Тема 10. Атом во внешнем поле.	5	18	подготовка к коллоквиуму	1	коллоквиум
13.	Тема 13. Квантовые характеристики ядерных состояний.	6	3-5	подготовка к тестированию	21	тестирование
15.	Тема 15. Модели атомных ядер.	6	11-13	подготовка к тестированию	21	тестирование
18.	Тема 18. Элементарные частицы.	6	17-18	подготовка к тестированию	22	тестирование
	Итого				66	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции с использованием демонстрации опытов и ярких явлений в физике;  
 проведение физического практикума;  
 самостоятельная работа студентов;  
 консультации.

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

**Тема 1. Введение в атомную физику.**

**Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитных волн..**

**Тема 3. Волновые свойства микрочастиц.**

**Тема 4. Дискретность атомных состояний.**

**Тема 5. Квантовомеханическое описание атомных систем.**

коллоквиум , примерные вопросы:

1. Противоречие законов фотоэффекта классической физики 2. Импульс фотона 3. Опыт Баркла 4. Когерентная и комптоновская линии 5. Классический аналог эффекта Рамзауэра-Таунсенда 6. Уравнение для волн Де-Бройля 7. Почему состояния описываются лучами? 8. Собственные состояния 9. Основные свойства собственных состояний 10. Как определяются операторы? 11. Почему операторы должны быть эрмитовыми? 12. Смысл состояния  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ . 13. Оператор  $p_x$  14. Среднее значение  $p_x$  в состоянии  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ . 15. Неопределенность  $p_x$  в состоянии  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ . 16. Что можно сказать о наблюдаемых, имеющих общие собственные вектора? 17. Обобщенное соотношение неопределенностей 18. Координатное представление 19. Импульсное представление 20. Канонические коммутативные соотношения 21. Доказать исходя из вида оператора  $p_i$  22. Доказать соотношение неопределенности Гейзенберга 23. Оператор орбитального момента  $L$  24. Уравнение Шредингера 25. Оператор эволюции 26. Динамическое уравнение в картине Гейзенберга 27. Динамическое уравнение в картине взаимодействия 28. Как доказывается несовместность  $L_x$ ,  $L_y$  и  $L_z$  29. Вид оператора  $L_z$  30. Собственный вектор и собственные значения  $L^2$  и  $L_z$  31. Моментный базис 32. Уравнение Шредингера в координатном представлении 33. Уравнение Шредингера в импульсном представлении 34. Стационарное уравнение Шредингера 35. Определить среднее значение координаты  $x$  частицы в яме в основном состоянии. 36. Определить неопределенность координаты  $x$  частицы в яме в основном состоянии. 37. Определить среднее значение импульса  $p_x$  частицы в яме в основном состоянии. 38. Определить неопределенность импульса  $p_x$  частицы в яме в основном состоянии.

**Тема 6. Квантовая механика системы тождественных частиц.**

**Тема 7. Атом водорода и водородоподобные атомы.**

**Тема 8. Многоэлектронные атомы.**

**Тема 9. Строение и свойства молекул.**

**Тема 10. Атом во внешнем поле.**

коллоквиум , примерные вопросы:

39. Энергетические уровни атома водорода 40. Тонкая структура атома водорода 41. Лэмбовский сдвиг 42. Квантовые числа 43. Собственные векторы и значения оператора полного момента количества движения  $J$  44. Спин 45. Инвариантность и законы сохранения 46. Тождественные частицы и статистика. Фермионы и бозоны. 47. Связь спина и статистики. 48. Какая константа движения связана с инвариантностью относительно зеркального отражения? 49. Определить четность состояния  $^2D_{3/2}$  50. Матрица Паули 51. Многоэлектронные атомы 52. Как определяется число состояний в электронной оболочке 53. В L-S связи определить термы и состояния в конфигурации  $2p3p$  54. В j-j связи определить термы и состояния в конфигурации  $2p3p$  55. Правила отбора 56. Парагелий и ортогелий 57. Разрешен ли переход:  $^3P_2 \rightarrow ^3S_1$ ,  $^3P_2 \rightarrow ^1P_1$ ,  $^3P_2$ , образованного из  $l_1=1$  и  $l_2=0$  в  $^3D_2$ , образованного из  $l_1=2$  и  $l_2=1$ ? 58. Определить конфигурацию и основное состояние:  $_{5}B$ ;  $_{13}Ar$ ;  $_{20}Ca$

**Тема 11. Введение.**

**Тема 12. Ядро как система связанных нуклонов.**

**Тема 13. Квантовые характеристики ядерных состояний.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Характерные размеры атомного ядра составляют: а) 10-10м; б) 10-15м; в) 10+15м. 2. Характерное ядерное время: а) 10-10с; б) 10-15с; в) 10-22с. 3. Заряд протона составляет: а) -1; б) +1; в) 0. 4. Изотопы это: а) ядра с одинаковым зарядовым числом, отличающиеся числом нейтронов; б) ядра с одинаковым массовым числом, отличающиеся зарядовым числом; в) любые радиоактивные нуклиды. 5. Нуклоны в ядре удерживаются благодаря какому взаимодействию? а) Слабому; б) сильному; в) электрослабому. 6. Энергия связи ядра это: а) энергия, необходимая для разделения ядра на составляющие его нуклоны; б) энергия, необходимая для отделения от ядра одного, самого слабо связанного нуклона; в) энергия, необходимая для отделения одного, самого слабо связанного электрона. 7. Электрический квадрупольный момент: а) взаимодействует с градиентом электрического поля и имеет размерность площади; б) взаимодействует с градиентом магнитного поля и имеет размерность заряда; в) взаимодействует с градиентом электрического поля и имеет размерность заряда. 8. Формула Вайцзеккера: а) полуэмпирическое выражение для энергии связи, основано на оболочечной модели ядра; б) полуэмпирическое выражение для энергии связи, основано на капельной модели ядра; в) полуэмпирическое выражение для полной энергии ядра, основано на капельной модели ядра. 9. По прошествии времени в два раза превышающем период полураспада кол-во радионуклидов: а) уменьшится в два раза; б) уменьшится в 4 раза; в) станет равным нулю (радионуклиды полностью распадутся). 10. Закон сохранения четности является следствием инвариантности системы относительно: а) пространственного отражения; б) трансляции; в) поворота. 11. Ядерный магнетон. а) равен магнетону Бора; б) в 2000 раз больше магнетона Бора; в) в 2000 раз меньше магнетона Бора. 12. Тяжелые ядра нестабильны по отношению к альфа-распаду вследствие: а) кулоновского отталкивания протонов; б) кулоновского отталкивания нейтронов; в) принципа Паули.

#### **Тема 14. Ядерные превращения, распады и ядерные реакции.**

#### **Тема 15. Модели атомных ядер.**

тестирование , примерные вопросы:

1. В чем заключается главная заслуга оболочечной модели ядра: а) в объяснении существования магических чисел; б) в качественном описании теории деления тяжелых ядер; в) в описании закономерностей альфа-распада. 2. Характерное время прямых реакций составляет: а) 10-10с; б) 10-25с; в) 10-22с. 3. Период полураспада это: а) характеристика эффективности ядерной реакции; б) вероятность радиоактивного распада; в) время, за которое распадается половина радиоактивных ядер. 4. Какое излучение имеет максимальную длину пробега: а) альфа; б) бета; в) гамма. 5. Спектр альфа излучения является: а) непрерывным; б) дискретным; в) квазинепрерывным. 6. Спектр бета излучения является: а) непрерывным; б) дискретным; в) квазинепрерывным. 7. Чему равны зарядовое и массовое числа в реакции:  $\gamma + {}^{14}\text{Si}_{28} \rightarrow 2\text{He}_4 + Z\text{X}$   $Z = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $A = \underline{\hspace{2cm}}$ . 8. Почему тяжелые ядра преимущественно испускают альфа-частицы, а не протоны или ядра дейтерия: а) испускание других частиц запрещено законом сохранения четности; б) из-за повышенной удельной энергии связи альфа частицы; в) при испускании других частиц невозможно совместное выполнение законов сохранения энергии и импульса. 9. Вероятность перехода E1 по сравнению с вероятностью перехода E2: а) значительно выше; б) значительно ниже; в) приблизительно равны. 10. Эффект Мессбауэра является следствием: а) совместного выполнения законов сохранения четности и изоспина; б) зарядовой независимости ядерных сил; в) ненулевой вероятности передачи импульса гамма кванта кристаллической решетке в целом. 11. Магические числа соответствуют: а) кол-ву нуклонов, при котором полностью заполнена оболочка ядра; б) кол-ву нуклонов на внешней оболочке ядра; в) кол-ву нуклонов на внутренней оболочке ядра. 12. Ядерный магнетон. а) равен магнетону Бора; б) в 2000 раз больше магнетона Бора; в) в 2000 раз меньше магнетона Бора. 13. Чему равны зарядовое и массовое числа в реакции:  ${}^8\text{O}_{14} \rightarrow Z\text{X} + e^+ + \nu$   $Z = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $A = \underline{\hspace{2cm}}$ .

#### **Тема 16. Синтез легких ядер.**

#### **Тема 17. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом.**

#### **Тема 18. Элементарные частицы.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Чему равны зарядовое и массовое числа в реакции:  $8\text{O}^{14} \rightarrow Z\text{X} + e^+ + \nu$   $Z = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $A = \underline{\hspace{2cm}}$ .
2. К истинно нейтральным частицам относятся: а) фотон; б) нейтрон; в) электронное и мюонное нейтрино.
3. Из чего состоят адроны: а) лептонов; б) кварков; в) фундаментальных бозонов.
4. Радиус слабого взаимодействия составляет: а) 10-10м; б) 10-15м; в) 10-18м.
5. Резонансы это: а) возбужденные состояния кварков; б) возбужденные состояния адронов; в) возбужденные состояния лептонов.
6. Закон сохранения энергии относится к: а) аддитивным законам сохранения; б) мультипликативным законам сохранения; в) к обоим выше перечисленным.
7. Закон сохранения барионного заряда нарушается: а) в сильном взаимодействии; б) в слабом взаимодействии; в) до настоящего момента не наблюдалось его нарушения.
8. Лептонные заряды частицы и античастицы: а) равны по абсолютному значению, противоположны по знаку; б) совпадают; в) могут отличаться на произвольную величину.
9. Найдите соответствие между понятием физической величины дозы и ее определением: 1.1. Экспозиционная а) отношение средней энергии, переданной излучением веществу в элементарном объеме к массе вещества в этом объеме, 1.2. Поглощенная доза б) отношение суммарного электрического заряда всех ионов одного знака, образованных в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме, 1.3. Эквивалентная доза в) мера риска возникновения отрицательных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности, 1.4. Эффективная доза г) произведение поглощенной дозы облучения в органе или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.
10. Реакция деления возможна для: а) тяжелых ядер; б) легких ядер; в) не зависит от массы.
11. При синтезе легких ядер энергия выделяется за счет: а) увеличения удельной энергии связи; б) уменьшения удельной энергии связи; в) увеличения энергии кулоновского отталкивания протонов.

### Тема . Итоговая форма контроля

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вышеприведенные вопросы к коллоквиумам и примерные тесты ведут к развитию следующих компетенций: ОПК-3, ПК-4 и ПК-9

Атомная физика.

Контроль успеваемости в форме коллоквиума и итоговый контроль в форме зачета.

Вопросы к зачету:

1. Противоречие законов фотоэффекта классической физики
2. Импульс фотона
3. Опыт Баркла
4. Когерентная и комптоновская линии
5. Классический аналог эффекта Рамзауэра-Таунсенда
6. Уравнение для волн Де-Бройля
7. Почему состояния описываются лучами?
8. Собственные состояния
9. Основные свойства собственных состояний
10. Как определяются операторы?
11. Почему операторы должны быть эрмитовыми?
12. Смысл состояния  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ .
13. Оператор  $p_x$
14. Среднее значение  $p_x$  в состоянии  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ .
15. Неопределенность  $p_x$  в состоянии  $c_1|f_i_x\rangle + c_2|f_i_y\rangle$ .
16. Что можно сказать о наблюдаемых, имеющих общие собственные вектора?
17. Обобщенное соотношение неопределенностей
18. Координатное представление
19. Импульсное представление

20. Канонические коммутативные соотношения
21. Доказать исходя из вида оператора  $p_i$
22. Доказать соотношение неопределенности Гейзенберга
23. Оператор орбитального момента  $L$
24. Уравнение Шредингера
25. Оператор эволюции
26. Динамическое уравнение в картине Гейзенберга
27. Динамическое уравнение в картине взаимодействия
28. Как доказывается несовместность  $L_x$ ,  $L_y$  и  $L_z$
29. Вид оператора  $L_z$
30. Собственный вектор и собственные значения  $L^2$  и  $L_z$
31. Моментный базис
32. Уравнение Шредингера в координатном представлении
33. Уравнение Шредингера в импульсном представлении
34. Стационарное уравнение Шредингера
35. Определить среднее значение координаты  $x$  частицы в яме в основном состоянии.
36. Определить неопределенность координаты  $x$  частицы в яме в основном состоянии.
37. Определить среднее значение импульса  $p_x$  частицы в яме в основном состоянии.
38. Определить неопределенность импульса  $p_x$  частицы в яме в основном состоянии.
39. Энергетические уровни атома водорода
40. Тонкая структура атома водорода
41. Лэмбовский сдвиг
42. Квантовые числа
43. Собственные векторы и значения оператора полного момента количества движения  $J$
44. Спин
45. Инвариантность и законы сохранения
46. Тожественные частицы и статистика. Фермионы и бозоны.
47. Связь спина и статистики.
48. Какая константа движения связана с инвариантностью относительно зеркального отражения?
49. Определить четность состояния  $^2D_{3/2}$
50. Матрица Паули
51. Многоэлектронные атомы
52. Как определяется число состояний в электронной оболочке
53. В L-S связи определить термы и состояния в конфигурации  $2p3p$
54. В j-j связи определить термы и состояния в конфигурации  $2p3p$
55. Правила отбора
56. Парагелий и ортогелий
57. Разрешен ли переход:  $^3P_2 \rightarrow ^3S_1$ ,  $^3P_2 \rightarrow ^1P_1$ ,  $^3P_2$ , образованного из  $l_1=1$  и  $l_2=0$  в  $^3D_2$ , образованного из  $l_1=2$  и  $l_2=1$ ?
58. Определить конфигурацию и основное состояние:  $_{5}B$ ;  $_{13}Ar$ ;  $_{20}Ca$

Ядерная физика.

Контроль самостоятельной работы студентов в виде контрольных работ (3 контрольные работы за 6 семестр в форме тестов).

Примерные вопросы к зачету:

1. Ядро как система связанных нуклонов. Изотопы, изобары. Заряд ядра. Масса ядра, измерение масс ядер и частиц. Изотопические эффекты.



2. Ядерные реакции под действием гамма-квантов.
3. Энергия связи. Полуэмпирическая формула Вейцзеккера для энергии связи относительно нуклонов.
4. Деление тяжелых ядер. Механизм реакции деления. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.
5. Спин и магнитный момент ядра. Методы измерения этих характеристик. Закономерности формирования спина ядра.
6. Оболочечная модель, ее физическое обоснование. Квантовые характеристики одночастичных состояний.
7. Четность, закон сохранения четности. Эксперимент Ву. Четность, закон сохранения четности. Четность ядра как системы частиц.
8. Реакции образования трансурановых элементов.
9. Статические электромагнитные мультипольные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент. Электрический квадрупольный момент. Квадрупольное сверхтонкое расщепление.
10. Деление тяжелых ядер, спонтанное и вынужденное. Энергия превращения. Свойства продуктов превращения.
11. Ядерные превращения, распады и ядерные реакции. Общие закономерности: характеристики вероятности превращения.
12. Оболочечная модель. Спин и четность ядра в оболочечной модели.
13. Ядерные превращения, распады и ядерные реакции. Законы сохранения, энергия превращения. Пороговая энергия ядерной реакции и процесса рождения частиц.
14. Капельная модель ядра. Колебательные состояния ядра, их квантовые характеристики.
15. Радиоактивность естественная и искусственная. Закон радиоактивного распада. Активность. Единицы активности.
16. Синтез легких ядер. Термоядерный синтез. Синтез в звездах. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
17. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Закон Гейгера-Нэттола. Механизм альфа-распада.
18. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом. Потери энергии, кривая Брегга, пробег.
19. Бета-распад. Энергетические спектры продуктов распада.
20. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с веществом. Механизмы взаимодействия, влияние на свойства среды. Физические основы дозиметрии. Расчеты защиты от ионизирующих излучений.
21. Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.
22. Общие свойства элементарных частиц. Классификация. Частицы и античастицы.
23. Ядерные реакции с образованием составного ядра. Общие закономерности.
24. Общие свойства элементарных частиц. Механизмы взаимодействия частиц. Законы сохранения.
25. Прямые ядерные реакции. Использование прямых ядерных реакций для определения квантовых характеристик ядерных состояний.
26. Сильные взаимодействия и структура адронов. Кварки и глюоны.

### 7.1. Основная литература:

Атомная физика. Основная литература:

1. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-905554-47-6, 700 экз. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-905554-47-6, 700 экз. <http://www.znanium.com/bookread.php?book=443435>  
ЭБС "Знаниум"

2. 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. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=438135>

ЭБС "Знаниум"

3. Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: В 5 томах / Д. В. Сивухин. ?Москва: Физматлит, 2006. ?; 22 см. 113

Ядерная физика. Основная литература:

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц [Электронный ресурс] / И. М. Капитонов. - 4-е изд., - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9221-1250-5. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/2189/page2/>

ЭБС "Лань"

2. 1. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-905554-47-6, 700 экз. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-905554-47-6, 700 экз. <http://www.znanium.com/bookread.php?book=443435>

ЭБС "Знаниум"

3. 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://www.znanium.com/bookread.php?book=438135>

ЭБС "Знаниум"

## 7.2. Дополнительная литература:

Атомная физика. Дополнительная литература:

1. Атомная физика. Теоретические основы и лабораторный практикум: Уч. пос. / В.Е.Граков, С.А.Маскевич и др.; Под общ. ред. А.П.Клищенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 333с.: 60x90 1/16. - (Высшее обр.). (п) ISBN 978-5-16-004688-4, 800 экз. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=218015>

ЭБС "Знаниум"

2. Общая физика: руководство по лабораторному практикуму: Учебное пособие / Под ред. И.Б. Крынецкого, Б.А. Струкова. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 596 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-003288-7, 2000 экз. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=345060>

ЭБС "Знаниум"

Ядерная физика. Дополнительная литература:

1. Физика.: Учеб. / А.А.Пинский, Г.Ю.Граковский; Под общ. ред. проф., д.э.н. Ю.И. Дика, Н.С. Пурышевой - 3-е изд., испр. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 560 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (п) ISBN 978-5-91134-616-4, 1500 экз. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=375867>

ЭБС "Знаниум"

2. Пронкин, Н. С. Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. С. Пронкин. - М.: Логос, 2012. - 420 с. - ISBN 978-5-98704-599-2. <http://www.znanium.com/bookread.php?book=469413>

ЭБС "Знаниум"

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Дополнительные материалы - [http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_atom](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_atom)

Курс лекций по ядерной физике проф. И.Н. Бекмана - <http://profbeckman.narod.ru/YadFiz.htm>



Лекции профессора Б.С. Ишханова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/ishkhanov2014/index.html>  
Лекции профессора И.М. Капитонова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2014/index.html>  
Ядерная физика в Интернете - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

## **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.

Аудитории для проведения потоковых лекций.

Лаборатория общего физического практикума по атомной физике

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Электроника, микро- и наноэлектроника .

Автор(ы):

Гайнутдинов Р.Х. \_\_\_\_\_

Аринин В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нефедьев Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.