



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

Кафедра физической электроники

Образовательная программа  
03.03.02 – Физика

Профили подготовки:  
Фундаментальная физика, Медицинская физика

Уровень высшего образования:  
Бакалавриат

Форма обучения:  
Очная

Статус дисциплины:  
Базовая

Махачкала, 2017год

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02– Физика, профили подготовки: фундаментальная физика, медицинская физика (уровень: бакалавриат) от «7» августа 2014 г. №937

Разработчик: кафедра физической электроники, Джамалова А.С., к.ф.-м.н., профессор А. Джамалова

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «22» марта 2017г., протокол № 8

Зав.кафедрой Омаров Омаров О.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель Мурлиева Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2017 г.

Начальник УМУ Гасангаджиева А.Г.



		ции	орные занятия	ческие занятия		ьтации	е экзамен	
6	144	30		36	36		42	зачет, экзамен

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» являются, формирование у студентов системы знаний по квантовой теории. Будущий физик должен знать проблемные вопросы субатомной физики и представлять себе картину микромира в современном состоянии.

Студент в результате изучения данного курса знакомится с основными положениями физики микромира и механизмами ядерных реакций, законами элементарных частиц и природой космического излучения. Курс вводит студента в мир элементарных частиц, которые достаточно сложно устроен. Для описания элементарных частиц оказалось недостаточно знание таких классических характеристик как заряд, масса, момент количества движения; появились новые понятия - странность, очарование, изоспин, кварки, природа которых достаточно сложна.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» входит в базовый компонент профессионального цикла дисциплин и является обязательной для изучения.

Для изучения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» студент должен знать:

1. Физику атома, механику, электричество, оптику.
2. Основы квантовой механики.
3. Основы высшей математики.

## 4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеку);</li> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;</li> <li>• правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно и применять общие законы физики для решения конкретных задач в области атомной физики и на</li> </ul>

	о земле и человеке)	<p>междисциплинарных границах физики с другими областями знаний;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>• пользоваться в работе справочной и учебной литературой, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать в профессиональной деятельности явления, приведшие к корпускулярно-волновому дуализму, эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц, дискретность атомных и ядерных состояний;</li> <li>• анализировать явления, в которых наиболее просто и очевидно проявляются квантово-механические закономерности, и определяются в первую очередь их очевидной несовместимостью с классическими представлениями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными достижениями в области атомной физики и понимать перспективы их развития;</li> <li>• состоянием существующих квантово-механических моделей атомов и их отличия;</li> <li>• современными методами, концепциями и достижениями в области исследования спектров атома водорода и водородоподобных атомов, щелочных элементов и законы, описывающие их;</li> <li>• общими принципами квантового механического подхода к описанию строения вещества на микроскопическом (атомно-молекулярном) уровне.</li> </ul>
ОПК-2	<p>способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• экспериментальные основы современной атомной физики и квантовой механики;</li> <li>• использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, - основные свойства атома водорода.</li> <li>• соотношение неопределенностей, объективно отражающее свойства микрочастиц, и не обуславливающееся особенностями измерения соответствующих величин в конкретном эксперименте;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</li> <li>• вычислять энергетические уровни и частоты спектральных линий атома водорода;</li> <li>• определять свойства атомов в зависимости от</li> </ul>

		<p>состояний, в которых они находятся.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>• использовать в работе справочную и учебную литературу, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами решения задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>• современной физической аппаратурой и оборудованием;</li> <li>• методами работы с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul> <p>Должен демонстрировать способность и готовность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• к решению задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>• работать с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul>
ОПК-3	Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области атомной физики;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике атома;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями атомной физики.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики</li> <li>• навыками эксплуатации современной физической аппаратуры и оборудования.</li> </ul>

ПК-2	<p>способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики атома;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>• навыки решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое состояние микрочастиц.</li> <li>• навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>
ПК-5	способность	<b>Уметь:</b>



	<p>пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики атома;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>• современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований;</li> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>• навыками решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul>
--	--	---

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

Названия разделов и тем	Всего часов по учебному плану	Виды учебных занятий			
		Аудиторные занятия, в том числе		Самостоятельная работа	Подг.к экз.
		Лек-ции	Практич- занятия, семинары		
<b>Модуль 1. Свойства стабильных ядер</b>					
1. Введение. Масштабы единиц в субатомной физике	4	2		2	
2. Свойства атомных ядер. Энергия связи и условия устойчивости ядер.	9	2	4	3	

Квантовые характеристики ядерных состояний.					
3. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Биологическое действие излучения и защита от него	12	2	6	4	
4. Взаимодействие $\gamma$ - квантов с веществом. Изомерия, конверсия	4	2		2	
5. Модели атомных ядер	7	2	2	3	
<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	
<b>Модуль 2. Ядерные силы. Радиоактивность</b>					
1. Свойства и природа ядерных сил.	6	1	2	3	
2. Элементарная теория дейтрона, связанное состояние в n-p системе.	7	2	3	2	
3. Основа мезонной теории Юкавы	5	1	1	3	
4. Радиоактивность	4	2	2		
5. Физические основы $\alpha$ - и $\beta$ - распадов. Роль нейтрино в $\beta$ - распаде.	7	2	2	3	
6. Природа и состав космических лучей. Эволюция и состав Вселенной.	7	2	2	3	
<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	
<b>Модуль 3. Элементарные частицы</b>					
1. Частицы и типы взаимодействий.	6	2	2	2	
2. Элементарные частицы, классификация, характеристики.	6	1	1	4	
3. Внутренние свойства и взаимодействия, калибровочные бозоны, лептоны, адроны. Квантовые числа и законы сохранения.	6	2	2	2	
5. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странность и другие адронные квантовые числа. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки c, b, t.	6	2	2	2	

6. Основные характеристики слабого взаимодействия. Промежуточные бозоны $W^+$ , $W^-$ , $Z$ . Распады лептонов и кварков. Несохранение четности	7	2	3	2	
7. Типы и механизмы ядерных реакций.	5	1	2	2	
<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	
<b>Модуль 4. Подготовка к экзамену</b>					<b>36</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>36</b>

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### **Модуль 1. Свойства стабильных ядер**

Введение.

Основные этапы развития физики атомного ядра и частиц. Масштабы явлений микромира Свойства атомных ядер.

Опыт Резерфорда. Размеры ядер. Ядро как совокупность протонов и нейтронов. Распределение заряда в ядре. Масса и энергия связи ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Статистические мультипольные моменты ядер. Содержание темы.

#### **Модуль 2. Ядерные силы. Радиоактивность**

Закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность. Виды распада.  $\alpha$  - распад. Туннельный эффект. Зависимость периода  $\alpha$  - распада от энергии  $\alpha$  - частиц.  $\beta$  - распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Разрешенные и запрещенные  $\beta$  - переходы. Несохранение четности в  $\beta$ - распаде.  $\gamma$  - излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

Система двух нуклонов. Дейтрон - связанное состояние в  $n$ - $p$  системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия. Модели атомных ядер.

Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер.

Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра  
Ядерные реакции.

Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта - Вигнера. Прямые ядерные реакции. Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра. Взаимодействие ядерного излучения с веществом

### **Модуль 3. Элементарные частицы**

Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробег заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение  $\gamma$  - излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него. Эксперименты в физике высоких энергий

Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Ускорители. Встречные пучки. Пучки вторичных частиц. Детекторы. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц Электромагнитные взаимодействия

Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов Формула Мотта. Форм-факторы нуклонов и частиц Сильные взаимодействия

Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов. Странность и другие адронные квантовые числа. Адронные свойства фотона. Глубоконеупругие процессы. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки  $s$ ,  $b$ ,  $t$ . Цвет кварков и глюонов. Потенциал сильного взаимодействия. Асимптотическая свобода и невылетание кварков (конфайнмент). Слабые взаимодействия

Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и  $\tau$ - лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Промежуточные бозоны  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z$ . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино Дискретные симметрии

Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ - инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных

типов фундаментальных взаимодействий. CP - преобразование.  $K^0$  - мезоны. Нарушение CP- симметрии в распаде  $K^0$  - мезонов. Объединение взаимодействий

Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий. Великое объединение. Поиск нестабильности протона. Современные астрофизические представления

Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи.

#### Наименование тем и содержание практических занятий

	<b>Модуль 1.</b>	<b>1</b>
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Свойства атомных ядер.	Основные этапы развития физики атомного ядра и частиц. Масштабы явлений микромира Свойства атомных ядер.	4
Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	Опыт Резерфорда. Размеры ядер. Ядро как совокупность протонов и нейтронов. Распределение заряда в ядре. Масса и энергия связи ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Содержание темы.	4
Взаимодействие $\gamma$ - квантов с веществом.	Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Статистические мультипольные моменты ядер.	4
	<b>Модуль 2</b>	
Свойства и природа ядерных сил.	Система двух нуклонов. Дейтрон - связанное состояние в n-p системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия. Модели атомных ядер. Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра Ядерные реакции.	4
Радиоактивность	Закон радиоактивного распада.	4

	Статистический характер распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность.	
Физические основы $\alpha$ - и $\beta$ -распадов.	Виды распада. $\alpha$ - распад. Туннельный эффект. Зависимость периода $\alpha$ - распада от энергии $\alpha$ - частиц. $\beta$ - распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Разрешенные и запрещенные $\beta$ - переходы. Несохранение четности в $\beta$ - распаде. $\gamma$ - излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	4
<b>Модуль 3</b>		
Внутренние свойства и взаимодействия, калибровочные бозоны, лептоны, адроны. Квантовые числа и законы сохранения.	Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробег заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение $\gamma$ - излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него. Эксперименты в физике высоких энергий Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Ускорители. Встречные пучки. Пучки вторичных частиц. Детекторы. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц Электромагнитные взаимодействия	4
Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странность и другие адронные квантовые числа. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки $s, b, t$ .	Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов Формула Мотта. Форм-факторы нуклонов и частиц Сильные взаимодействия Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов. Странность и другие адронные квантовые числа. Адронные свойства фотона. Глубоконеупругие процессы. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки $s, b, t$ . Цвет кварков и глюонов. Потенциал сильного взаимодействия. Асимптотическая свобода и невыедание кварков (конфайнмент).	4
Основные характеристики	Основные характеристики слабого	4

слабого взаимодействия. Промежуточные бозоны $W^+$ , $W^-$ , $Z$ . Распады лептонов и кварков. Несохранение четности	взаимодействия. Распады мюона и $\tau$ -лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Промежуточные бозоны $W^+$ , $W^-$ , $Z$ . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино Дискретные симметрии Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ - инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP - преобразование. $K^0$ - мезоны. Нарушение CP- симметрии в распаде $K^0$ - мезонов. Объединение взаимодействий Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий. Великое объединение. Поиск нестабильности протона. Современные астрофизические представления	
<b>Всего за семестр</b>		<b>36</b>

**5. Образовательные технологии:** активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки по курсу физика атомного ядра и элементарных частиц, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках *лабораторного практикума* используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах), опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

**Итоговый контроль.** Экзамен в конце 5 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);</li> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию;</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос



	<ul style="list-style-type: none"> <li>•пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;</li> <li>•правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно и применять общие законы физики для решения конкретных задач в области атомной физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний;</li> <li>•использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>•пользоваться в работе справочной и учебной литературой, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•использовать в профессиональной деятельности явления, приведшие к корпускулярно-волновому дуализму, эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц, дискретность атомных и ядерных состояний;</li> <li>•анализировать явления, в которых наиболее просто и очевидно проявляются квантово-механические закономерности, и определяются в первую очередь их очевидной несовместимостью с классическими представлениями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•основными достижениями в области атомной физики и понимать перспективы их развития;</li> <li>•состоянием существующих квантово-механических моделей атомов и их отличия;</li> <li>•современными методами, концепциями и достижениями в области исследования спектров атома водорода и водородоподобных атомов, щелочных элементов и законы, описывающие их;</li> <li>•общими принципами квантовомеханического подхода к описанию строения вещества на микроскопическом (атомно-молекулярном) уровне.</li> </ul>	
ОПК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• экспериментальные основы современной атомной физики и квантовой механики;</li> <li>• использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, - основные свойства атома водорода.</li> <li>• соотношение неопределенностей, объективно отражающее свойства микрочастиц, и не обуславливающееся особенностями измерения соответствующих величин в конкретном эксперименте;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</li> <li>• вычислять энергетические уровни и частоты спектральных линий атома водорода;</li> <li>• определять свойства атомов в зависимости от состояний,</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>в которых они находятся.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>• использовать в работе справочную и учебную литературу, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами решения задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>• современной физической аппаратурой и оборудованием;</li> <li>• методами работы с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul> <p><b>Должен демонстрировать</b> способность и готовность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• к решению задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>• работать с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul>	
ОПК-3	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области атомной физики;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике атома;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями атомной физики.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> <li>• методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики</li> <li>• навыками эксплуатации современной физической аппаратуры и оборудования.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую на</li> </ul>	

	<p>семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• решать задачи для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики атома;</li> <li>• анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>• навыки решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое состояние микрочастиц;</li> <li>• навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>	
ПК-5	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики атома;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>• современными методами обработки, анализа и синтеза</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>физической информации в избранной области физических исследований;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>• навыками решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul>	
--	---	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

### ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	Ознакомлен с использованием в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук.	Демонстрирует знания об использовании в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Показывает навыки успешного владения и использования в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук

				наук.
--	--	--	--	-------

**ОПК-2**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	Ознакомлен с использованием в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	Демонстрирует знания об использовании в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математически модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	Показывает навыки успешного использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов математики, создавать математически модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

**ОПК-3**

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление использовать базовые	Ознакомлен с использованием	Демонстрирует знания	Показывает навыки

	теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	использования базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	успешного использования базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.
--	--	--	--	--

## ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	Ознакомлен с проведением научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного	Демонстрирует знания проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного	Показывает навыки успешного проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного

		опыта.	опыта.	и зарубежного опыта.
--	--	--------	--------	----------------------

### ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.	Ознакомлен современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.	Демонстрирует знания применения и использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.	Показывает навыки успешного проведения научных исследований с применением современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### коллоквиумы.

##### 1 коллоквиум.

1. Обладает ядро электрическим моментом.
2. Физические основы метода Рабби.
3. Энергия связи и условие устойчивости ядер.
4. Определение магнитного момента нейтрона.
5. Как оценить ионизационные и радиационные потери энергии.
6. В чем суть эффекта Черенкова.
7. Покажите, что фотоэффект возможен только на связанном электроны.
8. Оцените сечение Томсоновского рассеяния.
9. В чем суть Комптоновского рассеяния  $\gamma$  - квантов в веществе.
10. Покажите, что образование  $e^+ + e^-$  - пары происходит в поле



третьей  
частицы.

## **2 КОЛЛОКВИУМ**

1. Какими свойствами обладают ядерные силы.
2. На чем основана мезонная теория ядерных сил Юкава.
3. Что можно сказать об устойчивости системы – дейтрон.

## **3 КОЛЛОКВИУМ**

1. Какие радиационные ряды и семейства вы знаете.
2. Физические свойства  $\alpha$  – распада.
3. Основные положения теории  $\beta$  – распада.
4. Как вы понимаете явление изомерии и внутренней конверсии.
5. Что называется ядерной реакцией.
6. Какие механизмы ядерных реакций вы знаете.
7. В области, каких энергий работает механизм составного ядра Бора.
8. Что называется критерием деления тяжелых ядер.

## **4 КОЛЛОКВИУМ**

1. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Адроны.
2. Механизмы взаимодействия в мире элементарных частиц.
3. Внутренние свойства элементарных частиц.
4. Законы взаимодействия элементарных частиц.
7. Кварки.
8. Нейтрино. Эксперимент по обнаружению  $\bar{\nu}$ .
10. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.
11. Природа и состав космических лучей.

**Задачи, которые должны быть решены и представлены преподавателю**

**для получения зачета:**

1. Джамалова А.С. Задачи по ядерной физике. Махачкала.1994  
12,11,33,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,39,40,  
41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,  
61,62,63,64,65,66,67,76,77,78,79,80,81,82.

**Тесты по «физике атомного ядра и частиц»**

1. Какие элементарные частицы являются переносчиками обменного взаимодействия между нуклонами в ядре?
  - электроны;
  - мезоны;
  - $\pi$ -мезоны;
2. Укажите второй продукт ядерной реакции  ${}_4\text{Be}^9 + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_6\text{C}^{12} + ?$ 
  - нейтрон;

- протон;
  - фотон;
3. Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате  $\beta^-$ -распада ядра элемента с порядковым номером  $Z$ .
- $Z+1$ ;
  - $Z-1$ ;
  - $Z$ ;
4. Каким образом можно получить радиоактивные изотопы химических элементов из остальных изотопов?
- только бомбардировкой нейтронами;
  - Только бомбардировкой протонами;
  - Только бомбардировкой  $\alpha$ -частицами;
5. Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда:
- $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ;
  - $p + e^- \rightarrow n + \nu$ ;
  - $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$ ;
6. На какие процессы теряется энергия заряженных частиц при прохождении через вещество?
- на фотоэффект;
  - на ионизацию;
  - на комптоновское рассеяние;
7. При объяснении  $\beta^-$ -распада вводится нейтрино для выполнения:
- закона сохранения массового числа;
  - закона сохранения заряда;
  - закона сохранения энергии;
8. За счет каких процессов взаимодействия теряет энергию  $\gamma$ -квант, проходя через вещество:
- фотоэффект;
  - ионизация;
  - эффект Черенкова;
9. Определить удельную энергию связи нуклонов в ядре гелия в МэВ. Масса нейтрона  $m_n = 939.5$  МэВ, масса атома гелия  $m(He) = 3728.0$  МэВ, масса водорода  $m(H) = 938.7$  МэВ:
- 6 МэВ на нуклон;
  - 7,1 МэВ на нуклон;
  - 9,2 МэВ на нуклон;

10. Сколько естественных радиоактивных рядов(семейств) существует в природе:

- три;
- четыре;
- два;

11. Эффект Комптона описывает рассеяние

- Фотонов на свободных электронах
- Электронов на атомах
- Фотонов на ядрах
- Фотонов на электронах внутренних оболочек .

12. Фотоэффект состоит в:

- Упругом рассеянии фотонов свободными электронами
- Поглощении фотона атомом с испусканием электрона
- Поглощении фотона атомным ядром
- Поглощении фотонов свободными электронами.

13. Какие из перечисленных ниже эффектов могут быть объяснены как с волновой, так и с корпускулярной точки зрения:

- Фотоэффект;
- Эффект Комптона;
- Давление света;
- Интерференция и дифракция света.

14. В опыте Штерна-Герлаха можно использовать пучок

- Электронов
- Альфа-частиц
- Нейтронов
- Фотонов

15. Тонкая структура спектральных линий (например, дуплет Na) объясняется:

- Массой ядра
- Спин-орбитальным взаимодействием
- Взаимодействием магнитного момента электрона со слабым полем ядра
- Взаимодействием электрона с флуктуациями электромагнитного поля.

16. На сколько компонент расщепится при проведении опыта Штерна-Герлаха пучок атомов водорода:

- Не расщепится
- На 2 компоненты
- На 3 компоненты
- На 5 компонент

17. "В любом квантовом состоянии может находиться только один электрон" согласно

- Правилу отбора;
- Теореме Ферма;

- Соотношению неопределённостей Гейзенберга;
- Принципу Паули.

18. В каких из приведенных ниже состояний мультиплетность атома равна 3:

- $1^3P_1$
- $3^1S_0$
- $2^1D_3$
- $4^2F_{5/2}$

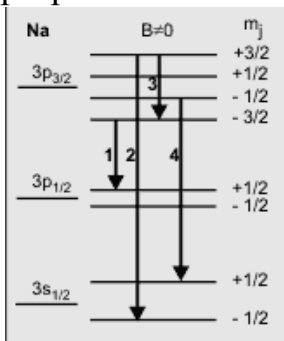
19. На сколько подуровней расщепится  $3P_{3/2}$  - уровень Na в слабом магнитном поле:

- На 2 подуровня;
- На 3 подуровня;
- На 4 подуровня;
- На 5 подуровней.

20. Какой переход запрещён правилами отбора:

- $2p_{3/2} \rightarrow 1s_{1/2}$
- $4d_{5/2} \rightarrow 3p_{3/2}$
- $3d_{3/2} \rightarrow 1p_{1/2}$
- $4d_{5/2} \rightarrow 3p_{1/2}$

21. Какой переход в Зеемановском расщеплении дуплета натрия является разрешённым:



- Переход 1
- Переход 2
- Переход 3
- Переход 4

22. Какая из перечисленных ниже реакций распада невозможна по закону сохранения лептонного заряда

- $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
- $\pi^+ \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
- $\mu^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$
- $\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma$

23. Какая из перечисленных ниже элементарных частиц является бозоном:

- Барион;
- Лептон;

- Кварк;
  - Мезон;
24. Какое квантовое число может НЕ сохраняться при слабых взаимодействиях:
- спин
  - барионный заряд
  - странность
  - лептонный заряд
25. Какая ядерная реакция не идёт под действием нейтронов:
- Радиационный захват ( $n, \gamma$ )
  - $\beta$  - распад ( $n, \beta$ )
  - $\alpha$  - распад ( $n, \alpha$ )
  - Испускание протона ( $n, p$ )
26. Энергетический спектр какого излучения имеет нерезонансный характер при детектировании
- $\alpha$  - излучение
  - $\beta$  - излучение
  - $\gamma$  - излучение
  - Нейтронное ядерное излучение.
27. Какая частица является переносчиком слабого взаимодействия
- фотон
  - глюон
  - $W \pm z_0$  - бозон
  - $\pi$  - мезон
28. Какое утверждение в отношении эффекта Мессбауэра является ложным:
- Импульс отдачи вылетающего  $\gamma$ -кванта передаётся всему кристаллу
  - Ширина спектральной линии определяется эффектом Доплера
  - Вероятность эффекта Мессбауэра увеличивается при понижении температуры кристалла
  - Спектры излучения и поглощения мессбауэровских  $\gamma$  - квантов одним и тем же кристаллом совпадают.
29. Эффективное сечение резонансного поглощения описывается формулой
- Вайцеккера
  - Ферми-Дирака
  - Гелл-Манна-Нишиджимы
  - Брейта-Вигнера
30. Какое из утверждений ниже является ложным:
- Барионы состоят из 3-х кварков
  - Мезоны состоят из 2-х кварков (кварк и антикварк)
  - Свободные адроны, состоящие из кварков одного аромата (например,  $\Delta^{++}$  и  $\Omega^-$ ), отличаются цветом.
  - Кварки в свободном состоянии не обнаружены (конфайнмент).
31. Для того чтобы нейтронный газ можно было хранить в закрытом сосуде:

- Температура нейтронов должна была очень мала
- Температура нейтронов должна быть больше температуры Дебая
- Длина когерентного рассеяния на связанных ядрах материала сосуда должна быть отрицательной

32. Какая из перечисленных ниже частиц обладает массой

- Фотон;
- Глюон;
- Нейтрино;
- Гравитон ;

33. Ядерные силы между протоном и нейтроном осуществляются обменом виртуальными:

- Фотонами;
- Пионами;
- Мюонами;
- Глюонами;

34. Потенциал взаимодействия между кварками (модельный потенциал) описывается формулой:

- $U = \frac{-a}{r^2}$  ;
- $U = \frac{-a}{r}$  ;
- $U = \frac{-a}{r} + br$  ;
- $U = br$  ;

35. Какой модели ядра не существует:

- Капельной
- Оболочечной
- Планетарной
- Сверхтекучей

36. Что не описывает кварковая модель адронов:

- Диаграммы рождения и распада частиц по сильному каналу
- Магнитные моменты ядер
- Сечения ядерных реакций
- $\beta$  – распад;

37. Что можно сказать об устойчивости системы – дейтрон?

- Система устойчивая;
- Система не устойчивая;
- Рыхлая, слабо устойчивая.

38. Уравнение Шредингера для стационарных состояний:

- $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi$  ;

- $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = E_0\Psi$  ;
- $\hat{E}\Psi = \hat{H}\Psi$  ;
- $i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$  ;

39. На чем основана мезонная теория ядерных сил?

- наличии  $\pi$  – мезона- переносчика ядерных взаимодействий;
- наличии  $\mu$  – мезона- переносчика ядерных взаимодействий;
- наличии  $\gamma$  – кванта - переносчика ядерных взаимодействий;

40. Определите число протонов и число нейтронов в ядре изотопа урана?

- $Z = 92, N = 235$  ;
- $Z = 235, N = 92$  ;
- $Z = 143, N = 92$  ;

41. Определите число электронов в электронной оболочке нейтрального атома, в атомном ядре которого содержится 6 протонов и 8 нейтронов?

- 0;
- 2;
- 6;

42. Как изменится энергия системы двух свободных протонов и двух нейтронов при соединении их в атомное ядро гелия?

- уменьшится;
- увеличится;
- не изменится;

43. Какое из трех типов излучения ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) не отклоняется электрическим и магнитным полями?

- $\alpha$  - излучение;
- $\beta$  - излучение;
- $\gamma$  - излучение;

44. Каково соотношение между массой стабильного ядра  $M_{\text{я}}$  и суммой масса свободных протонов  $ZM_{\text{p}}$  и свободных нейтронов  $NM_{\text{n}}$ , из которых составлено ядро?

- $M_{\text{я}} \geq ZM_{\text{p}} + NM_{\text{n}}$  ;
- $M_{\text{я}} \leq ZM_{\text{p}} + NM_{\text{n}}$  ;
- $M_{\text{я}} = ZM_{\text{p}} + NM_{\text{n}}$  .

45. Какое из трех типов излучения ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) обладает наибольшей проникающей способностью?

- $\alpha$  - излучение;
- $\beta$  - излучение;
- $\gamma$  - излучение;

46. Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате излучения  $\gamma$ - кванта ядром элемента с порядковым номером  $Z$ ?
- $Z+2$ ;
  - $Z-2$ ;
  - $Z$ ;
47. Проявлением, какого типа взаимодействий существующих в природе, являются ядерные силы, действующие между нуклонами в ядре?
- электромагнитные;
  - гравитационные;
  - сильные;
  - слабые.
48. Какой заряд  $Z$  и массовое число  $A$  будет иметь атомное ядро изотопа  ${}_{92}^{238}\text{U}$  после  $\alpha$ - распада и двух  $\beta$  - распадов?
- $Z=92, A=234$ ;
  - $Z=92, A=238$ ;
  - $Z=94, A=234$ ;
49. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток. Каков период полураспада?
- 32 суток;
  - 16 суток;
  - 4 суток.
50. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?
- 0,19;
  - 0,29;
  - 0,35.

**7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

**Лекции - Текущий контроль** включает:

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_ 15 \_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_ 60 \_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_ 15 \_\_ бал.

**Практика (р/з) - Текущий контроль** включает:  
(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на практических занятиях \_\_ 15 \_\_ бал.



- выполнение домашних работ \_15\_ бал.
- выполнение самостоятельных работ \_20\_ бал.
- выполнение контрольных работ \_40\_ бал.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т.1,2. М., 1980.;
2. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика М., 1980.;
3. Ракобольская И.В. Ядерная физика М., 1981.;
4. Капитонов Н. М. Введение в физику ядра и частиц. М.: Изд. МГУ, 2000.;
5. Субатомная физика. Вопросы, задачи, факты. (Учебное пособие под ред. Ишханова Б.С.) .: Изд. МГУ, 1994.;

б) дополнительная литература:

1. Фраунфельдер Г. Хенли Э. Субатомная физика М.: Мир, 1979;
2. Джамалова А.С «Основы ядерной физики» (курс лекций для студента физических факультетов) часть 1.
3. Джамалова А.С «Основы ядерной физики» (курс лекций для студента физических факультетов)

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
4. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - 25698-00.
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
7. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
8. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

### §1. Ядро атома.

1. Ядро атома имеет радиус  $\sim 10^{-10} - 10^{-13}$  см.
2. Ядра всех атомов состоят из нуклонов - протонов  $p$  и нейтронов  $n$ .
3. *Протон* - это положительно заряженная частица, заряд которой по величине равен заряду электрона, а масса  $m_p = 1838,6m_e$ , где  $m_e$  - масса электрона (2).
4. *Нейтрон* не имеет заряда, а его масса  $m_n = 1838,6m_e$  (2).
5. Протон и нейтрон имеют спин, по величине равный половине постоянной Планка (3; 4).
6. Зарядовое число ядра, или атомный номер, равен числу протонов, входящих в его состав (3).
7. Массовое число  $A$  равно числу нуклонов в ядре (2).
8. Для обозначения ядра применяется символ  ${}_Z^AX$ , где  $X$  - химический символ данного элемента (6; 7).
9. Ядра с одинаковыми зарядами, но различными массовыми числами называются *изотопами*.
10. Радиус ядра пропорционален кубическому корню из массового числа (1, 7)
11. Масса ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, входящих в его состав (2)
12. *Дефект массы* - это разность между суммой масс нуклонов ядра и его массой (2; 11).
13. Энергия связи ядра равна той работе, которую нужно совершить, чтобы разделить ядро на отдельные нуклоны (2).
14. *Энергия связи ядра* равна произведению дефекта массы на квадрат скорости света (12).
15. Энергия связи, приходящийся на один нуклон, называется *удельной энергией связи*.
16. Силы, удерживающие нуклон в ядре называются *ядерными* (2).
17. Ядерные силы относятся к сильному взаимодействию (16).
18. Ядерные силы проявляются только в пределах размера ядра и являются короткодействующими (1; 16).
19. Ядерные силы не зависят от величины заряда ядра (зарядово-независимы) (6; 16).
20. Ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов взаимодействующих нуклонов (5).
21. Ядерные силы обладают *свойством насыщения* - каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным числом нуклонов (2; 16).
22. Источниками ядерного взаимодействия являются элементарные частицы, называемые  *$\pi$ -мезонами* (17).
23. Наибольшей энергией связи обладают элементы средней части таблицы Менделеева (от 50 до 70) (13).

24. Ядерная энергия выделяется при синтезе легких ядер, который протекает при высокой температуре (*температурный синтез*).
25. Ядерная энергия выделяется при делении тяжелых ядер вследствие бомбардировки их нейтронами (*цепная реакция*) (4).

## § 2. Радиоактивность.

26. *Радиоактивностью* называется самопроизвольное превращение неустойчивых ядер в ядра других элементов, сопровождающиеся испусканием элементарных частиц или других ядер (*распад*).
27. Согласно *закону радиоактивного распада*, уменьшение со временем числа радиоактивных ядер происходит экспоненциально:  $N=N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  - постоянная распада (26).
28. *Постоянная распада* равна отношению числа распавшихся ядер к их общему числу (вероятность распада) (27).
29. Постоянная распада индивидуальна для каждого химического элемента и не зависит от внешних условий (27; 28).
30. Промежуток времени, за который распадается половина пропорционального числа радиоактивных ядер, называется *периодом полураспада* (26).
31. Период полураспада и постоянная распада обратно пропорциональны (27; 29; 30).
32. Радиоактивность встречающихся в природе изотопов называют *естественной*, а радиоактивность искусственно полученных изотопов - *искусственной* (26).
33. Естественная и искусственная радиоактивность подчиняется одним и тем же законам (27; 32).
34. Излучение радиоактивных веществ бывает трех видов:  $\alpha, \beta, \gamma$  - излучение.
35.  $\alpha$  -лучи представляют собой поток ядер гелия, вылетающих из нестабильных ядер, испытывающих  $\alpha$  -распад (23).
36.  $\alpha$  -распад - это процесс самопроизвольного (спонтанного) превращения неустойчивых ядер в ядра других элементов (35).
37.  $\alpha$  -распад - характерен для тяжелых ядер (36).
38.  $\alpha$  -частицы вылетают из ядра с кинетической энергией, составляющей несколько МэВ (35).
39. Кинетическая энергия  $\alpha$  -частицы возникает за счет избытка энергии покоя исходного (материнского) ядра над суммарной энергией покоя полученных дочерних ядер и  $\alpha$  -частицы (35).
40. Если дочернее ядро в возбужденном состоянии, то  $\alpha$  - распад сопровождается  $\gamma$  - излучением (34).
41.  $\alpha$  -частица покидает ядро, просачиваясь через потенциальный барьер (*туннельный эффект*) (35).
42.  $\alpha$  -частицы имеют высокую ионизационную способность, поэтому очень быстро теряют энергию (35).
43. *Проникающая способность* (или *пробег*)  $\alpha$  - частиц в веществе мала (2; 35).

44.  $\beta$ -лучи представляют собой поток электронов и позитронов (34).
45. Позитрон имеет те же свойства, что и электрон, но обладает положительным зарядом.
46. Существует три вида  $\beta$ -распада: электронный, позитронный и К-захват (44).
47. Возникновение электрона при  $\beta$ -распаде связано с превращением одного из нейтронов в протон (33; 4; 44).
48. Если дочернее ядро находится в "возбужденном состоянии, то  $\beta$ -распад сопровождается  $\gamma$ -излучением (34; 46).
49. Электроны, возникающие при  $\beta$ -распаде, имеют непрерывный энергетический спектр (46).
50. При позитронном  $\beta$ -распаде один из протонов превращается в нейтрон (2; 45).
51. К-захват состоит в том, что ядро поглощает один из электронов ближайшей к ядру оболочки (К-оболочка) своего атома (46).
52. В результате К-захвата один из протонов превращается в нейтрон (2; 46; 55).
53. Признаком захвата является испускание характеристического рентгеновского излучения (51).
54.  $\gamma$ -излучение представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны менее 10 м (34).
55. Энергия квантов, образующихся при распаде ядер, составляет обычно 10кэВ и 6МэВ (34; 54).
56.  $\gamma$ -излучение обладает большой проникающей способностью (43; 46).
57. Взаимодействие  $\gamma$ -излучения с веществом сопровождается фотоэффектом, Комптон-эффектом и рождением электрон-позитронных пар (54).
58. Доза излучения - это энергия ионизирующего излучения, поглощенная единицей массы облучаемого вещества (поглощенная доза).
59. Единицей поглощения дозы в СИ является грай (Гр.).
60. 1Гр. равен дозе излучения, при котором облученному веществу массой 1кг передается энергия любого ионизирующего излучения 1Дж (1Гр=1Дж) (58; 59).
61. Внесистемной единицей поглощения дозы излучения является Рад. Рад=0,01.Гр. (59; 60).
62. Экспозиционная доза - это доза рентгеновского и  $\gamma$ -излучений, определяемая по ионизации в воздухе (58).
63. Единицей экспозиционной дозы в СИ является Кл/Кг (62).
64. Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р) 1Р=2,6810Кл/Кг, что соответствует образованию 2,08\*10 пар ионов в 1см воздуха (2).
65. Эквивалентная доза используется для учета возникающих при облучении живых организмов биологических эффектов, величина которого различна (53).

66. Единица эквивалентной дозы в системе Си - *зиверт (ЗВ)*.  $1 \text{ ЗВ} = 1 \text{ Дж/Кл}$  (65).
67. Внесистемная единица эквивалентной дозы - *бэр (биологический эквивалент рентгена)* (68).
68.  $1 \text{ бэр}$  соответствует поглощенной дозе в  $1 \text{ рад}$  в случае рентгеновского и у-излучений.  $1 \text{ бэр} = 0,013 \text{ в}$  (58).
69. Эквивалентная доза в  $400\text{-}500 \text{ бэр}$ , полученная человеком за короткое время при тотальном облучении тела, может привести к смерти, однако такая же доза, полученная в течение всей жизни, не приводит к видимым изменениям (65; 68).
70. Активность радиоактивных веществ в СИ измеряется в *бэкерелях (Бк)* (26).
71.  $1 \text{ Бк}$  равен активности нуклида, при котором за  $1 \text{ с}$  происходит  $1$  акт распада.  $1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад/с}$  (70).
72. Внесистемная единица активности - *Кюри (Ки)* (70).
73.  $1 \text{ Кюри}$  определяется как активность такого предмета, в котором происходит  $3,7 \cdot 10^{10}$  актов распада в секунду.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$  (70).

### §3. Ядерные реакции.

74. *Ядерные реакции* - это взаимодействие ядра с элементарной частицей или с другим ядром, приводящее к преобразованию ядра.
75. Наиболее распространенная ядерная реакция есть реакция взаимодействия легкой частицы с ядром, в результате которого образуется легкая частица и другое ядро (74).
76. Примерами элементарных частиц является нейтрон ( $n$ ), протон ( $p$ ), дейтрон ( $d$ ) - ядро тяжелого водорода  $\text{H}_2$ ,  $\alpha$  - частица,  $\gamma$  - частица (3; 4; 34; 35).
77. Ядерные реакции могут сопровождаться выделением или поглощением энергии (*тепловым эффектом*) (74).
78. Тепловой эффект реакции определяется разностью масс покоя исходных и конечных ядер (77).
79. Если сумма всех образующихся ядер более суммы масс исходных ядер, то реакция будет идти с поглощением энергии (отрицательный тепловой эффект) (74; 77).
80. Тяжелое ядро (например, ядро урана) при поглощении нейтрона делится на две примерно равные части (4; 74).
81. При распаде каждого ядра выделяется 2-3 нейтрона, что приводит к цепной реакции (4; 74; 80).
82. Управляемая цепная реакция используется в ядерных реакторах для получения энергии (81).
83. Первая в мире атомная электростанция была запущена в 1954 г. в СССР (г.Обнинск) (81);

84. *Термоядерная реакция* представляет собой слияние легких ядер с образованием более тяжелых ядер (74);
85. Температура при Термоядерной реакции составляет десятки млн. градусов Кельвина (84);
86. Термоядерные реакции являются источником энергии Солнца и других звезд (83;85);
87. *Ядерной единицей времени жизни* называют время, необходимое нуклону с энергией 1 МэВ, чтобы пройти расстояние, равное диаметру ядра= $10^{-23}$  с. (1;2);
88. *Эффективное сечение ядерных процессов* - это величина, характеризующая вероятность взаимодействия частицы с ядром (74);
89. Единицей эффективного сечения ядерных процессов является *барн*. 1 барн= $10^{-28}$  м<sup>2</sup>;
90. При прохождении частиц через мишень поток их ослабевает по экспоненциальному закону(88);

#### 4.Элементарные частицы.

91. *Элементарными* называются частицы, неделимость которых в настоящее время установлена.
92. Элементарные частицы могут превращаться друг в друга (91);
93. Естественным источником элементарных частиц являются космические лучи (91);
94. Искусственно элементарные частицы получают в ускорителях (91);
95. Все элементарные частицы имеют либо целый, в том числе нулевой, либо полуцелый спин (91);
96. Частицы с целым спином называются *бозонами* (фотоны, протоны, мезоны) (91);
97. Бозонам отвечают симметричные волновые функции (96);
98. Бозоны подчиняются статистике Бозе - Эйнштейна (96,97);
99. Частицы с полуцелым спином называются *фермионами* (электроны, позитроны) (91);
100. Фермионам отвечают антисимметричные волновые функции (98);
101. Фермионы подчиняются статистике Ферми- Дирака (99);
102. Для фермионов в отличие от бозонов, справедлив принцип Паулли (99,100,101);
103. Между нуклонами имеет место сильное взаимодействие (ядерное) (2,16,17);
104. Между фотонами имеет место электромагнитное взаимодействие.
105. Наряду с частицами существуют античастицы, имеющие отрицательную энергию (91);
106. При встрече частицы с античастицей происходит их уничтожение (*аннигиляция*) (105);

107. Сильные взаимодействия обуславливают связь протонов и нейтронов в ядрах;
108. *Переносчиком сильного взаимодействия* является глюон-электрически нейтральная частица с нулевой массой и спином, равным 1 (в единицах  $\hbar$ );
109. *Переносчиком электромагнитного взаимодействия* является фотон-квант электромагнитного поля с нулевой массой и скоростью, равной скорости света.
110. Слабые взаимодействия ответственны за все виды распада, за все процессы взаимодействия нейтрино с веществом, а также за многие распады элементарных частиц.
111. *Переносчиком слабого взаимодействия* являются промежуточные векторные бозоны-сверхмассивные электроразряженные частицы.
112. Спин векторных бозонов равен 1, а масса превышает массу протонов в 100 раз.
113. Реакции, где основную роль играет слабое взаимодействие являются источником энергии Солнца.
114. *Гравитационное взаимодействие* – универсальное, наислабейшее, радиус взаимодействия равен бесконечности.
115. *Гравитационные силы* - это силы притяжения, переносчиком гравитационного взаимодействия считается – гравитон.
116. Гравитон имеет нулевую массу, нулевой электрический заряд спин равный двум.
117. *Лептоны* – класс элементарных частиц, не участвующих в сильном взаимодействии.
118. Класс лептонов содержит 6 частиц -  $e^{-}, \nu_e, \mu^{-}, \nu_{\mu}, \tau^{-}, \mu_{\tau}$ ;
119. Три заряженных лептона  $e^{-}, \mu^{-}, \tau^{-}$ , участвуют в электромагнитном и слабом взаимодействиях.
120. Класс лептонов содержит 6 античастиц-  $e^{+}, \nu_e, \mu^{+}, \nu_{\mu}, \tau^{+}, \mu_{\tau}$ ;
121. Для выделения *лептонов* как группы им приписывают *лептонный заряд*  $\alpha$  ;
122. Для лептонов  $\alpha=+1$  , для антилептонов  $\alpha=-1$ , для всех остальных элементов  $\alpha=0$ ;
123. При всех процессах взаимопревращения сохраняется лептонный заряд, в этом заключается закон сохранения лептонного заряда.
124. Семейство лептонов считается истинно нейтральными фундаментальными частицами. Эксперименты сегодняшнего дня говорят об их неделимости.
125. *Адроны* – класс элементарных частиц, участвующих в наряду с электромагнитным и слабым, также в *сильном взаимодействиях*.
126. *Все лептоны*, кроме мюона и лептона являются стабильными частицами.
127. Адроны делятся на *стабильные частицы и резонансы*.

128. *Стабильные адроны* делятся на 2 подгруппы по типу спина и статистике.
129. Адроны с целым спином называют *мезонами*;
130. Адроны с полуцелым спином называют *барионами*;
131. Резонансы распадаются за счет сильных взаимодействий;
132. «Стабильные частицы» распадаются за счет электромагнитного и слабого взаимодействий.
133. Для выделения *барионов* им приписывают *барионный заряд В*.  $V = +1$ -для барионов,  $V = -1$ -для антибарионов,  $V = 0$ -для не барионов.
134. Изотопические мультиплеты объединяют адроны, имеющие близкие массы, одинаковые барионные заряды, одинаковые спины и отличающиеся электрическим зарядом;
135. Сильные взаимодействия для всех адронов, входящих в один и тот же мультиплет, одинаково. *Изомультиплету* приписывается *изоспин J*, который определяет число частиц (n) в изотопическом мультиплете  $n = 2J + 1$ .

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

- Microsoft Office (Access, Excel, Power Point, Word ит.д.)

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

- автоматизированная система управления - база данных «Университет»
- электронные библиотечные системы: Руконт, издательство «Лань»,

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

- Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями физического практикума – 2 лаб.
- При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.
- При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.