

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 3 от «19» января 2021г

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой Балапанов М.Х./



Балапанов М.Х.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Физика атомного ядра и элементарных частиц**

*(наименование дисциплины)*

Б1.О.10.06 базовая

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки


**Цифровая петрофизика** *(наименование направленности)*

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

очная

<p>Разработчик (составитель) доцент, к.ф.-м.н (должность, ученая степень, ученое звание)</p>	 <p>/ Ишембетов Р.Х. (подпись, Фамилия И.О.)</p>
--	--

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021г.

Составитель: Ишембетов Р.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики,  
протокол № 3 от «19» января 2021г

Заведующий кафедрой



/ \_ Балапанов М.Х.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании  
кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
протокол № 6 от «26» июня 2021 г.

Заведующий кафедрой



/ \_ Балапанов М.Х./

## **Список документов и материалов (оглавление)**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций <sup>1</sup> (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<p>ОПК-1:– Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</p>	<p>ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер;</li> <li>- связь законов сохранения со свойствами симметрии;</li> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер;</li> <li>- отличие между собственным и экспериментальным значениями квадрупольного момента ядра;</li> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц;</li> <li>- характеристики переносчиков взаимодействий между фундаментальными частицами;</li> <li>- структуру и систематику частиц (супермультиплеты);</li> <li>- понятия об экранировке и антиэкранировке заряда (конфайнмент);</li> <li>- теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц.</li> <li>- основные механизмы ядерных реакций;</li> <li>- основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;</li> <li>- законы радиоактивного распада, особенности процессов поглощения и излучения <math>\alpha</math> - квантов и правила отбора,</li> <li>- закономерности взаимодействие ядерных частиц с веществом и биологическими системами;</li> <li>- механизмы взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>- единицы доз и активности;</li> </ul>
		ОПК-1.2	Уметь: определять размеры, энергии

<sup>1</sup> Указывается только для УК и ОПК (при наличии).

		<p>Умеет применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций;</li> <li>- использовать диаграммы Фейнмана для расчета вероятностей процессов взаимодействия частиц;</li> <li>- обосновать необходимость введения квантового числа «цвет»;</li> <li>- пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц.</li> <li>- рассчитывать магнитные и квадрупольные моменты ядер;</li> <li>- применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях;</li> <li>- оценивать время жизни переносчиков взаимодействий;</li> <li>- строить диаграммы Фейнмана для распада частиц;</li> <li>- оценивать радиус фундаментальных взаимодействий.</li> </ul>
		<p>ОПК-1.3 Владет навыками применения базовых знаний в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>Владеть: методами расчета процессов рассеяния (формулы Резерфорда);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета энергии связи (формула Вайцзеккера);</li> <li>- методами оценки радиационной обстановки;</li> <li>- методами защиты от излучения;</li> <li>.</li> </ul>

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к базовой части рабочего учебного плана. Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Цели изучения дисциплины: «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Целью курса «Физика атомного ядра и частиц» является освоение студентами основных понятий и методов классического и квантового описания строения и структуры атомного ядра, процессов ядерного распада и взаимодействия частиц

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» заканчивает цикл дисциплин «Общая физика», в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, и начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах микрообъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: как Физика, Теоретическая физика, Компьютерное моделирование, Компьютерные технологии, Решение задач по профилю, математический анализ, дифференциальные уравнения, тензорный анализ и векторная алгебра.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, уметь пользоваться разложением функций в ряд, уметь решать дифференциальные уравнения с применением граничных и начальных условий, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

Освоение данного раздела общей физики является обязательным этапом подготовки к изучению разделов теоретической физики («Квантовая теория», «Физика конденсированного состояния») и специальных дисциплин.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** - Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, а также результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных разработках;

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	Знать: основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер; связь законов сохранения со свойствами симметрии; основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер; отличие между собственным и экспериментальным значениями квадрупольного момента ядра; основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц; характеристики переносчиков взаимодействий между фундаментальными частицами; структуру и систематику частиц (супермультиплеты); понятия об экранировке и антиэкранировке заряда (конфаймент); . теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц. основные механизмы ядерных реакций; основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; законы радиоактивного распада, особенности процессов поглощения и излучения $\square$ - квантов и правила отбора, закономерности взаимодействие ядерных частиц с веществом и биологическими системами; механизмы взаимодействия излучения с веществом; единицы доз и активности;	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
ОПК-1.2 Умеет применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	Уметь: определять размеры, энергии связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций; использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций; использовать диаграммы Фейнмана для расчета вероятностей процессов взаимодействия частиц; обосновать необходимость введения квантового числа «цвет»; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц. рассчитывать магнитные и квадрупольные моменты ядер;	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве

ьной деятельности	применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях; оценивать время жизни переносчиков взаимодействий; строить диаграммы Фейнмана для распада частиц; оценивать радиус фундаментальных взаимодействий.				
ОПК-1.3 Владеет навыками применения базовых знаний в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Владеть : методами расчета процессов рассеяния (формулы Резерфорда); . методами расчета энергии связи (формула Вайцзеккера); методами расчета магнитных моментов ядер; методами оценки радиационной обстановки; методами защиты от излучения; методами расчета порога и энергии реакции;	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Критериями оценивания освоения компетенций являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины.

Шкала перевода баллов рейтинга в пятибалльную шкалу итоговой оценки по дисциплине:

- от 0 до 44 баллов – «неудовлетворительно»
- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 до 110 баллов – «отлично».

#### 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Этапы освоения	Результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	Знать: - основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер; - связь законов сохранения со свойствами симметрии; - основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер; - отличие между собственным и экспериментальным значениями квадрупольного момента ядра; - основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц; - характеристики переносчиков взаимодействий между фундаментальными частицами; - структуру и систематику частиц (супермультиплеты); - понятия об экранировке и антиэкранировке заряда (конфайнмент); - теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц. - основные механизмы ядерных реакций; - основные закономерности взаимодействия магнитных моментов	Тест, решение задач контрольная работа лабораторные работы



	<p>электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- законы радиоактивного распада, особенности процессов поглощения и излучения <math>\square</math> - квантов и правила отбора,</li> <li>- закономерности взаимодействия ядерных частиц с веществом и биологическими системами;</li> <li>- механизмы взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>- единицы доз и активности;</li> </ul>	
<p>ОПК-1.2</p> <p>Умеет применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять размеры, энергии связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций;</li> <li>- использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций;</li> <li>- использовать диаграммы Фейнмана для расчета вероятностей процессов взаимодействия частиц;</li> <li>- обосновать необходимость введения квантового числа «цвет»;</li> <li>- пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц.</li> <li>- рассчитывать магнитные и квадрупольные моменты ядер;</li> <li>- применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях;</li> <li>- оценивать время жизни переносчиков взаимодействий;</li> <li>- строить диаграммы Фейнмана для распада частиц;</li> <li>- оценивать радиус фундаментальных взаимодействий.</li> </ul>	<p>Тест, решение задач контрольная работа лабораторные работы</p>
<p>ОПК-1.3</p> <p>Владеет навыками применения базовых знаний в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>Владеть:</p> <p>методами расчета процессов рассеяния (формулы Резерфорда);</p> <p>методами расчета энергии связи (формула Вайцзеккера);</p> <p>методами расчета магнитных моментов ядер;</p> <p>методами оценки радиационной обстановки;</p> <p>методами защиты от излучения;</p> <p>методами расчета порога и энергии реакции</p> <p>-</p>	<p>Тест, решение задач контрольная работа лабораторные работы</p>

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в Приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов, по одному из каждого модуля.*

Примерные вопросы для рубежного и промежуточного контроля:

#### Модуль 1. Ядерная физика

Введение. Открытие ядра и общие понятия. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Дифракционное рассеяние частиц. Формула Мотта. Форм-фактор. Распределение заряда в нуклоне

Ядерный парк.  $NZ$ -диаграмма ядер. Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона, частицы. Удельная энергия связи. Дефект массы. Модель Ферми-газа для ядра. Модель жидкой капли для ядра. Формула Вайцзеккера.

Основное и возбужденное состояние ядра. Сохраняющиеся величины и квантовые числа. Спин ядра. Четность. Тождественность частиц. Статические электромагнитные моменты.

Модель ядерных оболочек. Спин и четность в модели оболочек ядра. Ограниченность одночастичной модели

оболочек. Вращательные уровни ядер. Колебательные уровни ядер. Реальный ядерный спектр.

Свойства ядерных сил. Характеристики дейтрона. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин частиц и ядер. Спин - орбитальные силы. Обменный характер нуклонных взаимодействий. Радиальная форма ядерных сил. Теория Юкавы.

Общие закономерности распада.  $\alpha$  - радиоактивность.  $\beta$ -распад.  $\gamma$ - распад.

Ядерные реакции. Законы сохранения. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Сечение образования составного ядра. Формула Брейта– Вигнера. Прямые ядерные реакции

Эффект Мессбауэра. Взаимодействие ядерных частиц с веществом. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Прохождение легких заряженных частиц через вещество. Прохождение  $\gamma$  - квантов через вещество. Другие механизмы взаимодействия излучения с веществом:

### **Модуль 2. Элементарные частицы.**

Частицы и взаимодействия. Ускорители частиц. Элементарные частицы.

Экспериментальное исследование структуры частиц. Типы, радиусы и константы взаимодействий частиц. Диаграммы Фейнмана для электромагнитных взаимодействий.

Кванты других полей.

Систематика частиц. Основные узлы диаграмм фундаментальных взаимодействий. Законы сохранения в мире частиц. Правило Накано – Нашиджимы – Гелл- Манна. Кварки.

Кварковая структура легчайших барионов и мезонов. Декуплет барионов

Трудности кварковой модели. Цвет. Адроны – наборы цветных кварков. Глюоны. КХД.

Экранировка и антиэкранировка заряда. Асимптотическая свобода. Структура протона.

Отсутствие кварков в свободном состоянии. Доказательства существования кварков.

Тяжелые кварки

Слабые взаимодействия. Слабые распады. Заряженные и нейтральные слабые Токи.

Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Спиральность.

Зарядовое сопряжение. Обращение времени. СРТ – теорема. Этапы развития теорий объединения взаимодействий. Великое объединение. Суперсимметрия.

Вселенная, свидетельства большого взрыва. Первые мгновения Вселенной. Дозвездный синтез ядер. Барионная асимметрия, отсутствие антивещества. Инфляция. Звездная эра.

Ядерные реакции в звездах. Заключительные стадии жизни звезд. Конечные этапы эволюции Вселенной. Космические лучи.

На основе данных вопросов составлены тестовые задания, позволяющие контролировать качество усвоения студентами теоретического материала курса. Занятия, на которых предлагаются тестовые задания, указаны в рейтинг- плане дисциплины.

### **Пример экзаменационного билета:**

Минобрнауки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

Физико-технический институт

Кафедра общей физики

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине «Физика атомного ядра и частиц»  
Направление 03.03.02 «ФИЗИКА»  
Профиль «Цифровая петрофизика»

1. Ядерный парк. NZ-диаграмма стабильных и долгоживущих ядер.
2. Трудности кварковой модели. Цвет.

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)



Балапанов М.Х.  
(Ф.И.О.)

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### **Критерии оценивания ответа на экзамене:**

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 10 баллов каждый), и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 5 балла максимально).

#### **За ответы на вопросы билета выставляется**

- **15-20 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **10-14 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

**- 5-9** баллов выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

**- 1-4 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

**За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

- 5 баллов, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 3 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;
- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

### Задания для проведения письменных опросов (тестов)

#### Описание теста 1.

Содержит задания для рубежного контроля усвоения материала первых 8 лекций (модуль 1). Тесты размещены в компьютерной базе данных БашГУ  
Тест рассчитан на 45 минут, состоит из 25 заданий.  
Каждое задание теста оценивается в 1 балл.

#### Пример заданий варианта теста 1.

1. Самый характерный размер в ядерной физике ?  
1) 1 см; 2)  $10^{-8}$  см; 3)  $10^{-19}$  см; 4)  $10^{-13}$  см.
2. Необходимое условие применимости законов классической физики ?  
1)  $\Delta x \cdot \Delta p \sim \hbar$  2)  $\Delta x \cdot \Delta p > \hbar$   
3)  $\Delta x \cdot \Delta p \gg \hbar$  4)  $\Delta x \cdot \Delta p < \hbar$
3. Состав атомных ядер ?  
1)  $p + e^-$  2)  $p + n$  3)  $p + \pi^-$  4)  $p + \pi^+$

#### Описание теста 2.

Содержит задания для текущего контроля усвоения материала второй половины лекционного курса (модуль 2). Тесты размещены в компьютерной базе данных БашГУ  
Тест рассчитан на 45 минут, состоит из 25 вопросов.  
Каждое задание теста оценивается в 1 балл.

#### Пример заданий варианта теста 2.

1. Каким законом сохранения запрещена реакция  $p + e^- \rightarrow 2\gamma$  (аннигиляция атома водорода)

- 1) Законом сохранения массы. 2) Законом сохранения спина.
  - 3) Законом сохранения барионного заряда.
  - 4) Законом сохранения четности.
2. Какое свойство элементарных частиц нужно считать самым главным ?
- 1) Отсутствие внутренней структуры
  - 2) Способность проникать в область сверхмалых расстояний.
  - 3) Способность рождаться в столкновениях с другими частицами.
  - 4) Участие в различных типах взаимодействий.
3. Из какого соотношения следует возможность рождения новых частиц в столкновениях ?
- 1)  $E = h\nu$
  - 2)  $E_{\text{рел.}} = mc^2$
  - 3)  $E_0 = m_0c^2$
  - 4)  $E_{\text{кин.}} = E_{\text{рел.}}$

Вопросы для семинаров

**Семинар 1:** Решение задач на тему «Рассеяние элементарных частиц и размеры атомных ядер».

Примеры задач:

1. Альфа-частицы с кинетической энергией  $T = 6.5$  МэВ испытывают резерфордское рассеяние на ядре золота  $^{197}\text{Au}$ . Определить: 1) параметр столкновения  $b$  для альфа-частиц, наблюдаемых под углом  $\theta = 90^\circ$ ; 2) минимальное расстояние  $r_{\text{min}}$  сближения альфа-частиц с ядром; 3) кинетическую ( $T'$ ) и 4) потенциальную ( $E'$ ) энергии альфа-частиц в этой точке.
2. Протон с кинетической энергией  $T = 2$  МэВ налетает на неподвижное ядро  $^{197}\text{Au}$ . Определить дифференциальное сечение рассеяния на угол  $\theta = 60^\circ$ . Как изменится величина дифференциального сечения рассеяния, если в качестве рассеивающего ядра выбрать  $^{27}\text{Al}$ ?
3. Вычислить сечение рассеяния  $\alpha$ -частицы с кинетической энергией  $T = 5$  МэВ кулоновским полем ядра  $^{208}\text{Pb}$  под углами больше  $90^\circ$

**Семинар 2:** Решение задач на тему «Энергия связи ядер. Капельная модель ядра».

Примеры задач:

1. Вычислить удельную энергию связи для ядра  $^{12}\text{C}$ .
2. Найти энергии отделения нейтрона и протона от ядра  $^{12}\text{C}$ .
3. Найти энергию отделения альфа-частицы от  $^{12}\text{C}$ .

**Семинар 3:** Решение задач на тему «Радиоактивность».

Примеры задач:

1. Активность препарата  $^{32}\text{P}$  равна 2 мкКи. Сколько весит такой препарат? период полураспада равен 14.5 суток.
2. В результате  $\alpha$ -распада радий  $^{226}\text{Ra}$  превращается в радон  $^{222}\text{Rn}$ . Какой объем радона при нормальных условиях будет находиться в равновесии с 1 г радия? Период полураспада  $^{226}\text{Ra}$   $T_{1/2}(\text{Ra}) = 1600$  лет,  $^{222}\text{Rn}$  -  $T_{1/2}(\text{Rn}) = 3.82$  дня.
3. Удельное содержание изотопа  $^{14}\text{C}$ , усвоенного деревом при его жизни, затем уменьшается вследствие  $\beta$ -распада с периодом полураспада 5700 лет. Определить возраст деревянного предмета, обнаруженного при раскопках, если удельная активность  $^{14}\text{C}$  этого предмета составляет 0,1 от удельной активности свежесрубленного дерева.
4. Используя формулу Вайцзеккера, оценить, начиная с какого массового

числа становится энергетически возможным  $\square$  -распад. Ответ: 150 А $\square$ .

5. Оценить период полураспада радиоактивного ядра, испускающего  $\square$ -частицы с энергией 1 МэВ, если ядро  ${}_{90}\text{Th}^{232}$  имеет период полураспада 101.4 10 Т  $\square\square$  лет и испускает  $\square$ -частицы с энергией 4 МэВ, а для ядра  ${}_{84}\text{Po}^{212}$  период полураспада 73 10 Т  $\square\square$  с и 8,8 Е $\square$   $\square$  МэВ. Ответ: 843.2 10 Т  $\square\square$  лет.

**Семинар 4.** Решение задач на тему «Элементарные частицы и их взаимодействие».

1. Оценить максимальное расстояние, на котором возможно взаимодействие нуклонов путем обмена виртуальным  $\pi$  - мезоном.

2. Определить квантовые числа частицы  $X$  в реакции  $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + X$ .

3. Рассчитать максимальную энергию и импульс позитрона, образующегося в следующем распаде:  $\tau^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\tau$ .

4. Определить частицу  $X$ , образующуюся в реакции сильного взаимодействия:  $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$

5. Нарисовать диаграммы взаимодействия р-р, п-п, р-п на кварковом уровне.

**Критерии оценки решения задач на семинаре (в баллах):**

-5 баллов выставляется студенту за верное решение задачи у доски.

### Задания для письменной контрольной работы

Письменная контрольная предназначена для рубежного контроля усвоения модуля 2. Контрольная состоит из пяти задач. Время выполнения – 45 минут. Каждая задача оценивается в 1 балл.

### Описание методики оценивания задач контрольной работы 1:

- 1 балл выставляется студенту, если задача решена абсолютно верно или в решении есть небольшие ошибки

- 0.5 балла выставляется студенту, если допущена непринципиальная ошибка в исходных уравнениях; но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа (задача решена наполовину);

0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном решении или когда решение не соответствует условию задачи.

При суммировании оценка округляется до целого значения.

Максимальная оценка за контрольную работу – 5 баллов.

Контрольная работа считается выполненной, если набрано не менее 2.5 баллов из 5.

### Примеры вариантов письменной контрольной работы:

#### Вариант 1

1. Оценить максимальное расстояние, на котором возможно взаимодействие нуклонов путем обмена виртуальным  $\pi$  - мезоном.

2. Определить квантовые числа частицы  $X$  в реакции  $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + X$ .

3. Рассчитать максимальную энергию и импульс позитрона, образующегося в следующем распаде:  $\tau^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\tau$ .

4. Определить частицу  $X$ , образующуюся в реакции сильного взаимодействия:  $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$

5. Нарисовать диаграммы взаимодействия p-p, n-p, p-n на кварковом уровне.

### Вариант 2

1. Определить порог реакции фоторождения  $\pi^-$  - мезона на дейтроне  $\gamma + d \rightarrow p + p\pi^-$ .
2. Показать, что реакция распада  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ ; — реакция слабого взаимодействия.
3. При аннигиляции p и  $\bar{p}$  в состоянии покоя возникают 4 заряженных  $\pi$  - мезона. В каких пределах может меняться кинетическая энергия каждого из них?
4. Определить частицу X, образующуюся в реакции сильного взаимодействия:  
 $K^- + p \rightarrow K^+ + K^0 + \pi^0 + X$
5. Показать, что без введения нового квантового числа "цвет", имеющего три возможных значения, кварковая структура  $\Delta^{++}$ ,  $\Delta^-$ ,  $\Omega$  противоречит принципу Паули.

### **Зачетная контрольная работа.**

Учебным планом для проверки уровня усвоения необходимых компетенций предусмотрена контрольная работа, которая имеет статус итоговой, зачетной контрольной работы по практическим занятиям (решение задач). Выполнение этой контрольной работы является обязательным условием допуска к экзамену. Контрольная работа содержит 5 задач, время выполнения 90 минут. Решение одной задачи оценивается в 20 баллов.

### **Пример варианта зачетной контрольной работы.**

#### Вариант 1

1. Вычислить кинетическую энергию протона с импульсом 5 МэВ/с.
2. Какая энергия выделится при образовании  $\alpha$ -частицы из двух дейтронов. Удельная энергия связи дейтрона 1,1 МэВ, ядра  $^4\text{He}$  — 7,07 МэВ.
3. Оценить угол, при котором в рассеянии электронов с энергией 600 МэВ на ядрах олова должен наблюдаться первый дифракционный минимум.
4. Кинетическая энергия  $\alpha$  - частиц, испускаемых  $^{226}\text{Ra}$  (атомная масса 226,02536 а.е.м.), равна 4,78 МэВ, а энергия отдачи конечного ядра  $^{222}\text{Rn}$  — 0,09 МэВ. Чему равна атомная масса  $^{222}\text{Rn}$ ?
5. Рассчитать доплеровское уширение спектральной линии с энергией 1 МэВ при комнатной температуре ( $T = 300 \text{ K}$ ).

#### Вариант 2

1. Определить импульс  $\pi$ -мезона, если его кинетическая энергия 200 МэВ.
2. Какое ядро может образоваться при слиянии двух ядер  $^6\text{Li}$  и какая энергия выделится при этом?
3. Оценить энергию электронов, если при их рассеянии на ядрах свинца первый дифракционный минимум наблюдается под углом  $7^\circ$ .
4. Рассчитать кинетические энергии  $\alpha$  - частицы и конечного ядра, образующихся при  $\alpha$  - распаде  $^{212}\text{Bi}$ .
5. Определить типы и мультипольности  $\gamma$  - переходов:  
1)  $1^- \rightarrow 0^+$ , 2)  $1^+ \rightarrow 0^+$ , 3)  $2^- \rightarrow 0^+$ , 4)  $2^+ \rightarrow 3^-$ , 5)  $2^+ \rightarrow 3^+$ , 6)  $2^+ \rightarrow 2^+$ .

### **Описание методики оценивания задач зачетной контрольной работы:**

- 16-20 баллов выставляется студенту, если представлено полное решение задачи, которое может содержать мелкие неточности или недостаточную аргументацию шагов решения;
- 11-15 баллов выставляется студенту, если при верном решении в общем виде допущена ошибка в числовых расчетах или при правильном ответе опущены некоторые

промежуточные этапы решения или допущена непринципиальная ошибка в исходных уравнениях;

- 6-10 баллов выставляется студенту, если отсутствует одно из необходимых исходных уравнений или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа

- 1-5 баллов выставляется студенту, если верно записана только часть необходимых исходных уравнений, при этом отсутствуют какие-либо математические преобразования, направленные на получение ответа или они ошибочны.

- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе или когда решение не соответствует условию задачи.

### Критерии оценивания освоения компетенций по зачетной контрольной работе

Этапы освоения	Результаты обучения	Критерии оценивания	
		«не зачтено»	«зачтено»
ОПК-1.1 ,	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер;</li> <li>- связь законов сохранения со свойствами симметрии;</li> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер;</li> <li>- основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц;</li> <li>- характеристики переносчиков взаимодействий между фундаментальными частицами;</li> <li>- структуру и систематику частиц (супермультиплеты);</li> <li>- понятия об экранировки и антиэкранировки заряда (конфаймент);</li> <li>- теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц.</li> <li>- основные механизмы ядерных реакций;</li> <li>- основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;</li> <li>- законы радиоактивного распада, особенности процессов поглощения и излучения <math>\square</math> - квантов и правила отбора,</li> <li>- механизмы взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>- единицы доз и активности;</li> </ul>	Не знает	знает
ОПК-1.2 ,	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять размеры, энергии связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций;</li> <li>- использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций;</li> <li>- использовать диаграммы Фейнмана для расчета вероятностей процессов взаимодействия частиц;</li> <li>- обосновать необходимость введения квантового числа «цвет»;</li> <li>- пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц.</li> <li>- рассчитывать магнитные и квадрупольные моменты ядер;</li> <li>- применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях;</li> <li>- оценивать время жизни переносчиков взаимодействий;</li> <li>- строить диаграммы Фейнмана для распада частиц;</li> <li>- оценивать радиус фундаментальных взаимодействий.</li> </ul>	Не умеет	Умеет
ОПК-1.3 ,	<p>Владеть:</p> <p>методами расчета процессов рассеяния (формулы Резерфорда );</p>	Не владеет	Владеет



	методами расчета энергии связи (формула Вайцзеккера); методами расчета магнитных моментов ядер; методами оценки радиационной обстановки; методами защиты от излучения; методами расчета порога и энергии реакции		
--	--	--	--

Критериями оценивания освоения компетенций служат баллы, полученные за выполнение зачетной контрольной работы. Каждое из пяти заданий оценивается в 20 баллов, максимальная суммарная оценка за контрольную работу -100 баллов.

Шкала перевода суммарного балла в двухуровневую оценку:

- 0-59 баллов – «не зачтено»

- 60-100 баллов – «зачтено».

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

#### **Основная литература:**

1. Капитонов, Игорь Михайлович. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учеб. издание / И. М. Капитонов. - 4-е изд., - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. библи. БашГУ имеется 22 экз.]
2. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : учеб. пособие для вузов. 2-изд., испр. — М. :Физматлит, 2001 .— 215 с. [В библи. БашГУ имеется 50 экз. изд. 2001 г.+ 21 экз. изд. 1991 г. ]
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Изд. 6-е, стер. — СПб. : Лань, 2006 . - Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 320 с. [В библи. БашГУ имеется 30 экз.+6 (2007. АСТРЕЛЬ)+33 (КНОРУС-2009)]
4. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : учеб. пособие для вузов. 2-изд., испр. — М. :Физматлит, 2001 .— 215 с. [В библи. БашГУ имеется 50 экз. изд. 2001 г.+ 21 экз. изд. 1991 г. ]

#### **Дополнительная литература:**

1. Иродов И.Е.. Квантовая физика. Основные законы. 3-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 .— 256 с. 25 экз

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Капитонов, Игорь Михайлович. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учеб. издание / И. М. Капитонов. - 4-е изд., - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online». — ISBN 978-5-9221-1250-5. — <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/75503/>>
2. Частицы и атомные ядра М: Изд-во ЛКИ\_Б.С.Ишханов, И.М.Капитонов, Н.П.Юдин 2007. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=443](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=443)>.
3. Савельев И.В.. Курс общей физики [Электронный ресурс] : в 5-ти тт. / И. В. Савельев. — СПб. : Лань, 2011- .— Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. — 5-е изд. — 2011. — 384 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань". — <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=708](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708)>.
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] :— Изд. 14-е, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 416 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" <URL:[https://e.lanbook.com/book/71750#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/71750#book_name)>.

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
<i>Большая физическая аудитория 02</i>	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 322 или № 324 или № 318 (физмат корпус)</i>	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
<i>Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)</i>	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
<i>Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)</i>	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

Материально-техническая база для проведения лабораторных работ описана в РПД по дисциплине «ФП Физика атомного ядра и элементарных частиц» модуля «Общий физический практикум»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины \_\_\_\_\_ «Физика атомного ядра и элементарных частиц» \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_  
семестр  
(наименование дисциплины)  
\_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_  
форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	65,9
лекций	24
практических/ семинарских	8
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	6,1
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	36

Форма контроля:

Контрольная работа, экзамен \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Взаимодействие нуклонов и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения свеществом	16	5	24	8	Основ. литер. 1	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Компьютерное Тестирование Контрольная работа Лабораторные работы
2.	Частицы и взаимодействия. Эксперименты в физике высоких энергий. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий	8	3	8	4.5	Основ. литер. 1	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Компьютерное Тестирование Контрольная работа Лабораторные работы
	Контрольная работа					4.Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике	Решение задач из заданного списка	зачет
	<b>Всего часов:</b>	24	8	32	12.5			

**Примечание 1.** Часы на самостоятельную работу включают также время на подготовку к экзамену (контроль).

**Примечание 3В** таблицу не включены запланированные часы ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем) .

## Рейтинг – план дисциплины

## «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление 03.03.02 Физикапрофиль Цифровые технологии в физике функциональных материаловкурс 3, семестр 6

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				<b>35</b>
<b>Текущий контроль</b>				<b>25</b>
1. Решение задач на семинаре	1	5		5
2. Лабораторные работы	5	4		20
<b>Рубежный контроль</b>				<b>10</b>
1. Тест 1	1	25	0	10
<b>Модуль 2</b>				<b>35</b>
<b>Текущий контроль</b>				<b>30</b>
1. Тест 2	1	25		15
2. Решение задач на семинаре	0	5		0
3. Лабораторные работы	5	2		10
<b>Рубежный контроль</b>				<b>10</b>
1. Письменная контрольная работа	1	5		10
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада				<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий				<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
2. Экзамен				30