

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 17.06.2025 12:17:12 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8722737	МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Физика атомного ядра и элементарных частиц" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)\***

**Физика атомного ядра и элементарных частиц**

Направление подготовки (специальность)

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)

Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2025

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2025 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» состоит в формировании у студентов единой, стройной, логически непротиворечивой физической картины окружающего нас мира природы, приобретение навыков решения и исследования конкретных физических задач.

Основные задачи дисциплины: изучение основных понятий физики атомного ядра и элементарных частиц; изучение основных методов исследования в физике атомного ядра; знакомство с некоторыми приложениями физики атомного ядра.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физики и радиофизики.

ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики.

ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.06

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Атомная физика

Оптика

Электричество и магнетизм

Молекулярная физика

Механика

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Квантовая радиофизика

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;**

#### **Знать:**

Для достижения ОПК-1.1: базовые теоретические знания по физике атомного ядра и элементарных частиц; основы теории, принципы и методы физики атомного ядра и элементарных частиц; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике

#### **Уметь:**

Для достижения ОПК-1.2: использовать базовые теоретические знания по физике атомного ядра и элементарных частиц; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями ядерной физики; решать типовые задачи физики атомного ядра и элементарных частиц

#### **Владеть:**

Для достижения ОПК-1.3: навыком решения конкретных задач физики атомного ядра и элементарных частиц; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

#### **3.1 Знать:**

3.1.1 базовые теоретические знания по физике атомного ядра и элементарных частиц; основы теории, принципы и методы физики атомного ядра и элементарных частиц; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике

#### **3.2 Уметь:**



Рабочая программа дисциплины "Физика атомного ядра и элементарных частиц" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 4

3.2.1 использовать базовые теоретические знания по физике атомного ядра и элементарных частиц; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями ядерной физики; решать типовые задачи физики атомного ядра и элементарных частиц

### 3.3 Владеть:

3.3.1 навыком решения конкретных задач физики атомного ядра и элементарных частиц; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	З ЗЕТ
Часов по учебному плану : 108 в том числе : аудиторные занятия : 52 самостоятельная работа : 28,6 часов на контроль : 18 контактная работа: 61,4 ИКР: 9,4	Виды контроля в семестрах:  экзамены 6

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Введение. Особенности явлений в микромире</b>			
1.1	Краткий исторический очерк развития представления о ядре. Порядки величин расстояний и энергий в ядерных процессах. Специфика законов микромира. /Лек/	6	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.2	Решение задач. Закон сохранения энергии. /Пр/	6	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.3	Закон сохранения энергии /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	<b>Раздел 2. Экспериментальная техника исследований по физике ядра</b>			
2.1	Энергия столкновения частиц, необходимая для рождения новой частицы с заданной массой. Принципы действия и основные параметры современных ускорителей. Взаимодействие излучений с веществом (заряженные частицы, гамма-излучение). Методы регистрации излучений. Счетчики элементарных частиц, следовые детекторы. /Лек/	6	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.2	Решение задач. Взаимодействие излучений с веществом /Пр/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.3	Взаимодействие излучений с веществом /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	<b>Раздел 3. Основные свойства ядер и элементарных частиц</b>			
3.1	Массы, заряды, размеры ядер, методы их измерения. Спин и магнитный момент. Форма ядра. Четность. Модели атомных ядер. Капельная модель. Формула Вейцзеккера для масс ядер. Оболочечная модель. /Лек/	6	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
3.2	Решение задач. Свойства стабильных ядер /Пр/	6	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7



3.3	Свойства стабильных ядер /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 4. Радиоактивность</b>				
4.1	Типы распада. Основной закон радиоактивного распада. Закономерности альфа-распада и их квантово-механическое объяснение. Бета-распад. Спектр бета-частиц. Масса нейтрино. Гамма-излучение ядер. Ядерная изомерия. Эффект Мессбауэра и его применение в физике и технике. /Лек/	6	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.2	Решение задач. Радиоактивный распад /Пр/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.3	Радиоактивный распад /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 5. Ядерные реакции</b>				
5.1	Общие закономерности ядерных реакций. Энергия возбуждения составного ядра. Энергетическая зависимость сечения. Основные процессы взаимодействия нейтронов с ядрами. Особенности реакции под действием заряженных частиц. Деление тяжелых ядер. Баланс энергии и механизм деления. Критический размер активной зоны реактора. /Лек/	6	8	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
5.2	Решение задач. Ядерные реакции. /Пр/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
5.3	Ядерные реакции /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 6. Ядерные силы</b>				
6.1	Свойства ядерных сил как результат изучения связанного состояния, нуклон-нуклонного рассеяния. Радиус действия ядерных сил, зарядовая независимость, зависимость от спина, обменный характер ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил. /Лек/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
6.2	Решение задач. Ядерные силы /Пр/	6	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
6.3	Ядерные силы /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 7. Структура элементарных частиц и фундаментальные взаимодействия</b>				
7.1	Классификация элементарных частиц по типу взаимодействия. Лептоны. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Кварковое строение адронов. Единая теория взаимодействия. /Лек/	6	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
7.2	Структура элементарных частиц и фундаментальные взаимодействия /Ср/	6	4,6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7



	<b>Раздел 8. Иная контактная работа</b>			
8.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	9,4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчет по практическим заданиям.  
Контрольные вопросы.

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации представлены в Приложении 1.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации представлены в Приложении 2.

### 6.4. Критерии оценивания

Экзамен по дисциплине проводится в электронном виде. Вопросы подбираются из базы данных вопросов и задач. На экзамене студенту предлагается 20 вопросов, из них 6 задач. Если студент правильно отвечает на 11-12 вопросов, он может получить оценку «удовлетворительно», на 13-15 – «хорошо», 16 и более – «отлично». Если студент правильно отвечает лишь на 10 вопросов и менее, то он может получить оценку «неудовлетворительно». После введения ответа на последний вопрос теста и формального подведения компьютерной программой результатов тестирования, преподаватель обсуждает и задает дополнительные вопросы студенту по поводу того или иного ответа. По итогам такого собеседования преподаватель определяет уровень освоения проверяемых компетенций и выставляет соответствующую оценку: «отлично» – студент должен продемонстрировать отличное знание материала, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения; «хорошо» – студент твердо знает учебный материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода; «удовлетворительно» в случае успешной сдачи базовых знаний основных понятий, названий и физического смысл величин, вида основных распределений и соотношений (без вывода); «неудовлетворительно» в случае отсутствия базовых знаний основных понятий, названий и физического смысл величин, вида основных распределений и соотношений (без вывода).

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Сивухин Д. В.	Общий курс физики. Т. 5, ч. 2 : Атомная и ядерная физика. Ядерная физика: учебное пособие для вузов : в 5 томах	Москва : Наука, 1989	
Л1.2	Савельев И. В.	Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210611">https://e.lanbook.com/book/210611</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Широков Ю. М., Юдин Н. П., Мамонтова Н. А.	Ядерная физика: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450094">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=450094</a> )	Москва : Наука, 1980	ЭБС
Л2.2	Шпольский Э. В.	Введение в атомную физику ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210398">https://e.lanbook.com/book/210398</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.3	Калашников Н. П., Кожевников Н. М., Котырло Т. В., Спиригин Г. Г.	Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика ( <a href="https://e.lanbook.com/book/211592">https://e.lanbook.com/book/211592</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС



## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э2	ЭБС издательства «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Э3	ЭБС издательства «Инфра-М» <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э4	ЭБС «Юрайт» <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
Э5	Научная электронная библиотека Российской Академии Наук <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>
Э6	Научные и научно-популярные лекции <a href="http://elementy.ru">http://elementy.ru</a>
Э7	Учебно-методический сайт «Преподавателям и студентам» <a href="http://teachmen.csu.ru">http://teachmen.csu.ru</a>

## 7.3 Перечень информационных технологий

### 7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader  
WinDjView  
LibreOffice  
Adobe Connect Acrobat  
LMS Moodle

### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
6. Конспекты лекций с демонстрациями и виртуальными лабораторными экспериментами на сайте <http://teachmen.csu.ru>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используется электронный читальный зал научной библиотеки ЧелГУ (аудитория 206) для самостоятельной работы студента, оснащенный персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудитории обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Физика ядра и элементарных частиц» осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.



Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

## 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

## Приложение 1

### Примеры вариантов заданий к практическим занятиям

#### База вопросов для оценки базового уровня

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Особенности явлений в микромире		
1	Укажите неверное(ые) утверждение(я)	1. в ядре нет электронов <b>2. ядро содержит протоны и электроны, последние освобождаются при бета-распаде</b> 3. при бета-распаде электроны образуются непосредственно в процессе распада 4. в ядрах с малым $Z$ заряд недостаточен для удержания электронов внутри ядра 5. неверных ответов нет
2	Укажите верное(ые) утверждение(я)	<b>1. в ядре нет электронов</b> 2. ядро содержит протоны и электроны, последние освобождаются при бета-распаде <b>3. при бета-распаде электроны образуются непосредственно в процессе распада</b> <b>4. в ядрах с любым <math>Z</math> заряд недостаточен для удержания электронов внутри ядра</b> 5. правильных ответов нет
3	Ниже приведены различные физические величины. Есть ли среди них такие, которые не сохраняются при распаде радиоактивных ядер?	1. электрический заряд 2. суммарное число протонов и нейтронов <b>3. масса</b> 4. лептонный заряд 5. момент количества движения 6. все сохраняются 7. ни одна не сохраняется
4	Что тяжелее, ядро урана U-235 или продукты деления U-235?	<b>Ядро урана</b>
5	Что тяжелее, ядро кислорода O или продукты его деления?	<b>Продукты деления</b>
6	Как изменится энергия покоя системы, состоящей из двух ядер дейтерия, в результате их соединения в ядро гелия?	1. увеличится <b>2. уменьшится</b> 3. увеличится или уменьшится в зависимости от начального расстояния между ядрами дейтерия 4. не изменится
Экспериментальная техника исследований по физике ядра		
1	Можно ли использовать циклотрон для ускорения электронов.	<b>нельзя</b>
2	Сколько электроны не ускорять, они никогда не будут тяжелее протона	1. это справедливо всегда 2. это справедливо для циклических ускорителей 3. это справедливо для линейных ускорителей

		<b>4. это утверждение не верно</b>
3	Для работы циклотрона принципиально важно, чтобы оставался(ась) постоянным(ой)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. частота обращения протонов</li> <li>2. скорость протонов</li> <li>3. радиус орбиты протонов</li> <li>4. напряжение на катушке электромагнита</li> <li>5. все перечисленные величины</li> </ol>
4	Разделение зарядов в ионизационной камере, вызывающее появление тока во внешней цепи, происходит за счет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. взаимодействия положительных и отрицательных ионов</li> <li>2. внешнего электрического поля</li> <li>3. специально подобранной конструкции электродов</li> <li>4. внутренних электрических полей атомов газа, наполняющих камеру</li> <li>5. всех перечисленных факторов</li> </ol>
5	В сцинтилляционном детекторе регистрируются гамма-кванты от радиоактивного источника. При этом из фотокатода вырываются электроны за счет...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. фотоэффекта первичных квантов</li> <li>2. фотонов, испускаемых возбужденными атомами сцинтиллятора</li> <li>3. вторичной эмиссии, вызванной фотоэлектронами, рожденными первичными квантами</li> <li>4. вторичной эмиссии, вызванной комптоновскими электронами</li> <li>5. всех перечисленных факторов</li> </ol>
<b>Основные свойства ядер и элементарных частиц</b>		
1	Как называются ядра с одинаковыми $Z$ , но различными $A$ ? Здесь $Z$ - зарядовое число ядра, а $A$ - массовое число.	<b>изотопы</b>
3	Объем ядра пропорционален числу нуклонов, входящих в него. Это значит что...?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нуклоны в ядрах упакованы с одинаковой плотностью</li> <li>2. ядро устойчиво</li> <li>3. ядро не устойчиво</li> <li>4. рассматривается ядро атома гелия</li> <li>5. правильный ответ не приведен</li> </ol>
4	Какой из приведенных методов не использовался для изучения размеров ядер?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. рассеяние быстрых электронов на ядрах</li> <li>2. измерение спектров излучения мезоатомов</li> <li>3. поглощение быстрых нейтронов ядрами</li> <li>4. ни один из перечисленных методов</li> <li>5. все перечисленные методы использовались</li> <li>6. рассеяние рентгеновского излучения на ядрах</li> </ol>
5	Стабильные ядра - это ядра устойчивые к испусканию....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. протонов или нейтронов</li> <li>2. альфа-частиц</li> <li>3. бета-частиц</li> <li>4. любых из перечисленных</li> <li>5. гамма-излучения</li> </ol>
<b>Радиоактивный распад</b>		
1	Как меняется заряд ядра радиоактивного изотопа при бета -	<b>увеличивается</b>

	распаде с испусканием электрона?	
2	Как меняется заряд ядра радиоактивного изотопа при бета - распаде с испусканием позитрона?	<b>уменьшается</b>
3	Непрерывный характер спектра электронов при бета- распаде может быть объяснен:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. образованием ядра в возбужденном состоянии с последующим испусканием гамма - излучения</li> <li>2. поглощением энергии электронов в результате взаимодействия с атомами радиоактивного вещества</li> <li>3. торможением электронов в поле покидаемого ядра</li> <li>4. <b>энергия бета-распада делится случайным образом между тремя частицами - продуктами распада</b></li> <li>5. несохранением энергии в ядерных реакциях</li> <li>6. <b>правильный ответ не приведен</b></li> </ol>
4	Приведены различные физические величины. Есть ли среди них такие, которые не сохраняются при распаде радиоактивных ядер?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электрический заряд</li> <li>2. суммарное число протонов и нейтронов</li> <li>3. <b>масса</b></li> <li>4. лептонный заряд</li> <li>5. момент количества движения</li> <li>6. все сохраняются</li> <li>7. ни одна не сохраняется</li> </ol>
<b>Ядерные реакции</b>		
1	В XVIII веке А.Лавуазье, применяя закон сохранения массы вещества, правильно объяснил обжигание и горение как реакцию соединения веществ с кислородом. Справедлив ли этот закон в ядерных реакциях?	<b>не справедлив</b>
2	Эффективное сечение взаимодействия - это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>доля испытавших взаимодействие частиц, отнесенная к числу центров взаимодействия на единице площади мишени</b></li> <li>2. площадь поверхности ядра</li> <li>3. площадь сечения ядра</li> <li>4. суммарная площадь ядер на единице площади мишени</li> <li>5. величина, вычисляемая по формуле Резерфорда</li> <li>6. <b>правильный ответ не приведен</b></li> </ol>
3	Эффективное сечение ядерной реакции имеет размерность	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>м<sup>2</sup></b></li> <li>2. частица/м<sup>2</sup></li> <li>3. Кюри</li> <li>4. частица*м<sup>2</sup></li> <li>5. стерадиан*м<sup>2</sup></li> <li>6. <b>правильный ответ не приведен</b></li> </ol>
4	Составным ядром называют...	<b>1. промежуточное ядро, образующееся при захвате частицы, время жизни которого много больше характерного</b>

		<p><b>ядерного времени</b></p> <p>2. ядро, состоящее из протонов и нейтронов</p> <p>3. любое радиоактивное ядро</p> <p>4. ядро, например, урана - 238, которое может спонтанно разделиться</p> <p>5. правильный ответ не приведен</p>
<b>Ядерные силы</b>		
1	Какое из приведенных ниже утверждений не является отличительной особенностью ядерных сил? Ядерные силы ...	<p>1. являются короткодействующими</p> <p>2. не зависят от заряда нуклонов</p> <p>3. обладают свойствами насыщения</p> <p>4. зависят от взаимной ориентации спинов частиц</p> <p>5. <b>являются центральными</b></p> <p>6. все приведенные утверждения верны</p>
2	К нуклонам относятся (правильные номера введите через пробел)	<p>1. электроны</p> <p>2. <b>протоны</b></p> <p>3. альфа - частицы</p> <p>4. <b>нейтроны</b></p> <p>5. позитроны</p> <p>6. тау - гипероны</p>
3	К фермионам относятся ... (укажите номера через пробел)	<p>1. <b>электроны</b></p> <p>2. <b>протоны</b></p> <p>3. альфа - частицы</p> <p>4. <b>нейтроны</b></p> <p>5. фотоны</p> <p>6. <b>нейтрино</b></p> <p>7. пи - мезоны</p>
4	Укажите, какие из перечисленных частиц относятся к стабильным?	<p>1. фотон</p> <p>2. электрон</p> <p>3. протон</p> <p>4. нейтрино</p> <p>5. <b>все перечисленные</b></p>
5	Какова природа сил, отклоняющих альфа - частицы от прямолинейной траектории в опыте Резерфорда?	<p>1. гравитационная</p> <p>2. все в равной степени</p> <p>3. <b>электромагнитная</b></p> <p>4. ядерная</p> <p>5. гравитационная и ядерная</p> <p>6. электромагнитная и ядерная</p>
6	Какие характеристики частиц и античастиц одинаковы? Номера правильных ответов введите через пробел.	<p>1. <b>масса</b></p> <p>2. электрический заряд</p> <p>3. <b>время жизни</b></p> <p>4. <b>спин</b></p> <p>5. магнитный момент</p> <p>6. барионный заряд</p>

База вопросов для оценки среднего уровня

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Особенности явлений в микромире		
1	Какая из кривых может представлять зависимость массы ядра от атомного номера при постоянном массовом числе?	<b>3</b>
2	Выяснить, устойчиво ли ядро с порядковым числом $Z = 1$ относительно испускания альфа-частицы?	<b>да</b>
3	Если ядру сообщить энергию, равную энергии связи, то оно	1. разделится на составляющие протоны и нейтроны 2. испытает сильное возбуждение 3. разделится на два неравных осколка 4. примет эллипсоидальную форму 5. испустит несколько альфа-частиц 6. правильный ответ не приведен 7. <b>результат зависит от величины этой энергии</b>
4	Есть ядро X (X - символ элемента, Z - зарядовое число ядра, а A-массовое число). q - единичный заряд, e - заряд позитрона. Чему равен заряд ядра?	1. <b>Ze</b> 2. Zq 3. Ae 4. Aq 5. (A-Z)e 6. (A-Z)q
5	Есть ядро X (X - символ элемента, Z - зарядовое число ядра, а A-массовое число). Чему равна масса ядра?	1. Z кг 2. Z а.е.м. 3. A кг 4. A а.е.м. 5. (A-Z) а.е.м. 6. <b>правильный ответ не приведен</b>
6	На графике отмечены все существующие стабильные ядра. Z - порядковый номер, N - число нейтронов в ядре. Ядро с $Z = 50$ $N = 51$ не стабильно. Какие частицы оно может испускать?	<b>протоны позитроны</b>
Экспериментальная техника исследований по физике ядра		
1	Работа циклотрона основана на соотношении $m v^2 / R = qvB$ Какое заключение можно сделать о частоте вращения частицы?	1. <b>не зависит от энергии частицы</b> 2. увеличивается с ростом энергии частицы 3. уменьшается с ростом энергии частицы 4. обратно пропорциональна величине индукции 5. не зависит от массы частицы
2	Использование встречных пучков позволяет	1. сделать ускоритель компактнее 2. повысить энергию сталкивающихся частиц 3. увеличить число наблюдаемых

		ядерных реакций <b>4.увеличить возможную массу рождающихся частиц</b>
3	Какой из приведенных детекторов можно использовать для регистрации быстрых электронов?	1. сцинтилляционный детектор. 2. газоразрядный счетчик Гейгера. 3. камера Вильсона. 4. все перечисленные детекторы <b>5. все перечисленные детекторы, кроме камеры Вильсона.</b> 6. полупроводниковый детектор.
4	Какой из приведенных детекторов можно использовать для регистрации альфа-частиц?	1. сцинтилляционный детектор 2. газоразрядный счетчик Гейгера 3. камера Вильсона <b>4. все перечисленные детекторы</b> 5. полупроводниковый детектор
5	Какой из перечисленных детекторов обладает наихудшим энергетическим разрешением?	1. ионизационная камера 2. сцинтилляционный детектор 3. пропорциональный счетчик <b>4. счетчик Гейгера</b> 5. полупроводниковый детектор 6. у всех перечисленных разрешение одинаково
6	Какой из перечисленных детекторов обладает наилучшим энергетическим разрешением?	1. ионизационная камера 2. сцинтилляционный детектор 3. пропорциональный счетчик 4. счетчик Гейгера <b>5. полупроводниковый детектор</b> 6. у всех перечисленных разрешение одинаково нуклонов
<b>Радиоактивный распад</b>		
1	Около вас могут пронести 1 г радиоактивного элемента с коротким периодом полураспада или 1 г радиоактивного элемента с большим периодом полураспада. Какой из них для вас более опасен?	<b>первый</b>
2	Из 20 одинаковых радиоактивных ядер за 1 мин испытало радиоактивный распад 10 ядер. За следующую минуту испытают распад	1. 10 ядер 2. 5 ядер 3. от 0 до 5 ядер <b>4. от 0 до 10 ядер</b> 5. правильный ответ не приведен
3	Какой изотоп образуется из Li после одного бета-распада и одного альфа-распада? В качестве ответа введите название или знак химического элемента.	<b>гелий</b>
4	N - число радиоактивных ядер, t - время. Что отличает одну кривую от другой?	<b>активность</b>
<b>Основные свойства ядер и элементарных частиц</b>		
1	Укажите распределение плотности ядерной материи и электрического	1 А-А 2 Б-В

	заряда для сферического ядра. А - распределение Ферми, Б - экспоненциальная зависимость, В - линейная зависимость, Г - часть ветви гиперболы. Ответ в форме числа, соответствующего варианту составленному из пар.	3 Г-А 4 Б-Г
2	Какая из приведенных величин непосредственно связана с формой ядра	1. масса 2. магнитный момент 3. <b>квадрупольный электрический момент</b> 4. четность 5. правильный ответ не приведен
3	Если числа протонов и нейтронов в ядре четные, то спин ядра в основном состоянии ...	<b>равен нулю</b>
4	Какой порядок имеют размеры средних и тяжелых ядер? Ответ привести в СИ.	<b>1Е-14</b>
5	Сечение какого из приведенных процессов можно описать формулой $\sigma = 3,14R_n^2$ ?	1. Упругое рассеяние протонов на ядрах 2. Упругое рассеяние медленных нейтронов на ядрах 3. <b>Неупругое рассеяние быстрых нейтронов на ядрах</b> 4. Упругое рассеяние электронов на ядрах 5. Упругое рассеяние электронов на ядрах 6. Во всех указанных случаях 7. Ни в одном из указанных случаев
<b>Ядерные реакции</b>		
1	Сечение образования составного ядра при захвате нейтрона носит резонансный характер. Максимум сечения приходится на энергию $E_0$ , при которой (которая)	1. <b>энергия возбуждения ядра совпадает с одним из уровней ядра</b> 2. энергия возбуждения ядра совпадает с энергией связи нейтрона 3. равна энергии связи нейтрона в ядре 4. равна средней энергии связи, приходящейся на нуклон 5. правильный ответ не приведен
2	Энергия реакции - это	1. <b>разность между полученной в реакции энергией и затраченной энергией</b> 2. энергия, выделяющаяся в реакции в виде кинетической энергии разлетающихся частиц 3. полная энергия продуктов реакции 4. затраты энергии на осуществление реакции 5. энергия взаимодействия частиц, участвующих в реакции

		б. правильный ответ не приведен
3	Возможно ли резонансное возбуждение ядра $Co-57$ гамма- лучами этого же радиоактивного изотопа? Энергия испускаемых квантов 14.4 кэВ, среднее время жизни возбужденного уровня $10^{-7}$ с.	<b>не возможно</b>
<b>Ядерные силы</b>		
1	Какие из перечисленных частиц не относятся к истинно элементарным в настоящее время (в том смысле, что они состоят из других известных частиц)?	1. <b>протон</b> 2. <b>нейтрон</b> 3. мюон 4. пи-мезон 5. электрон 6. фотон
2	Реакция $p + e^- \rightarrow n$ возможна? Выберите правильные заключения относительно возможности реакции.	1. возможна, т.к. закон сохранения электрического заряда выполнен 2. возможна, если энергия электрона достаточна велика 3. <b>не возможна ни при каких условиях</b> 4. возможна всегда
3	Ядерные силы зависят от спина. Это вытекает из факторов, приведенных ниже. Какой из факторов к ним не относится?	1. одно и тоже ядро с различным спинами обладает различными энергиями связи. 2. рассеяние нейтронов на протонах чувствительно к ориентациям спина 3. особенности рассеяния нейтронов на молекулах водорода 4. <b>магнитные моменты (например у дейтона) не аддитивны</b>
4	В природе существуют четыре вида взаимодействий а) сильные ядерные взаимодействия $F_{я}$ б) слабые $F_{сл}$ в) электромагнитные $F_{эм}$ г) гравитационные $F_{гр}$ Если использовать системы единиц, в которых характеристики констант взаимодействия, соответствующие этим силам, безразмерны, то мы получим следующие соотношения (для взаимодействия внутри ядра двух нуклонов).	1. $F_{гр} < F_{сл} < F_{эм} < F_{я}$ 2. $F_{я} < F_{эм} < F_{сл} < F_{гр}$ 3. $F_{гр} < F_{эм} < F_{сл} < F_{я}$ 4. $F_{сл} < F_{эм} < F_{гр} < F_{я}$ 5. $F_{я} < F_{эм} < F_{сл} < F_{гр}$ 6. $F_{сл} < F_{эм} < F_{гр} < F_{я}$
5	Ядерные взаимодействия можно объяснить:	1. <b>обменом между нуклонами пи - мезонами.</b> 2. испусканием и поглощением фотона нуклонами 3. обменом между нуклонами мю - мезонами 4. в настоящий момент нет достоверной теории, объясняющей ядерные взаимодействия.

		5. правильный ответ не приведен. 6. нуклоны обмениваются фононами
6	Какое свойство ядерных сил позволило рассматривать протон и нейтрон как два состояния одной и той же частицы? Ядерные силы:	1. не центральны 2. облают свойством насыщения 3. зависят от спина 4. <b>не зависят от электрического заряда взаимодействующих частиц</b> 5. имеют объемный характер 6. среди приведенных такого нет

#### База контрольных заданий для оценки высокого уровня

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Особенности явлений в микромире		
1	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию связи нейтрона в ядре $^{21}\text{Ne}_{10}$	<b>6.759 МэВ</b>
2	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию связи $\alpha$ -частицы в ядре $^{21}\text{Ne}_{10}$	<b>7,348 МэВ</b>
3	При радиоактивном распаде ядра $^{226}\text{Ra}_{88}$ вылетает $\alpha$ -частица. Известно, что в образце радия массой 1 мг каждую секунду распадаются $3,7 \cdot 10^7$ ядер. $\alpha$ -частицы вылетающие из этого образца за 2 часа, имеют суммарную энергию 205 мДж. Какую энергию имеет каждая $\alpha$ -частица? Ответ приведите в кэВ с точностью $\pm 100$ кэВ.	<b>4800 кэВ.</b>
4	При радиоактивном распаде ядра $^{226}\text{Ra}_{88}$ вылетает $\alpha$ -частица с энергией 4800 кэВ. Известно, что в образце радия, массой 1 мкг, каждую секунду распадаются $3,7 \cdot 10^4$ ядер. Какую суммарную энергию имеют $\alpha$ -частицы, образующиеся в этом образце за 1 час? Ответ приведите в мДж, округлите до 1 знака после запятой.	<b>0,1 мДж</b>
5	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию, необходимую для разделения ядра $^{16}\text{O}_8$ на четыре одинаковые частицы.	<b>14.439 МэВ</b>
Экспериментальная техника исследований по физике ядра		
1	С какой относительной надо сблизать кристаллический источник, содержащий возбужденные ядра Ir-191 (энергия возбуждения 129 кэВ), с мишенью, содержащей свободные ядра Ir-191, чтобы наблюдать максимальное поглощение гамма-квантов в мишени?	<b>10 см/с</b>

2	В цилиндрическом пропорциональном счетчике пучок частиц образует объемную ионизацию. Оценить время собирания ионов в таком счетчике, наполненном при нормальном давлении. Радиус катода 1 см, радиус анода 0,02 см, разность потенциалов между анодом и катодом 2500 В, подвижность положительных ионов аргона $1,4 \text{ см}^2/(\text{В с})$	<b>0,7 мс</b>
3	Один из самых современных методов определения времени жизни нейтронов по отношению к бета-распаду состоит в измерении числа протонов, образующих при пролете медленных нейтронов через промежуток фокусирующей системы детектора протонов. Найти число протонов, поступающих на детектор, если длина промежутка, в котором протоны распадаются, равна 20 см, поток медленных нейтронов $10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , скорость нейтронов 2 км/с, эффективность сбора протонов 100%.	<b><math>1,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}</math></b>
<b>Основные свойства ядер и элементарных частиц</b>		
1	Определить массу ядра лития, если масса нейтрального атома лития равна 7,01601 а. е. м.	<b>7,01436 а.е.м</b>
2	Покоившееся ядро радона $^{220}_{86}\text{Rn}$ выбросило $\alpha$ -частицу со скоростью $v=16 \text{ Мм/с}$ . В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость $v_1$ получило оно в результате отдачи?	<b>291 км/с</b>
3	Какую скорость $v$ приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Лаймана?	<b>3,25 м/с</b>
4	Какую скорость $v$ приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера?	<b>0,6 м/с</b>
<b>Радиоактивный распад</b>		
1	Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадется за месяц?	<b>0,25</b>
2	Сколько $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа $\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого равен 15 ч?	<b><math>1,13 \cdot 10^{15}</math> лет</b>
3	Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа $\text{Co}^{55}$ , если известно, что его активность уменьшается на 4,0% за час? Продукт	<b><math>0,9 \cdot 10^5 \text{ с}</math></b>

	распада нерадиоактивен.	
4	Препарат $U^{238}$ массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.	<b><math>4,48 \cdot 10^9</math> лет</b>
5	Определить с помощью табличных значений масс атомов скорость ядра, возникающего в результате К-захвата в атоме $Be^7$ , если дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии.	<b>40 км/с</b>
<b>Ядерные реакции</b>		
1	Нейтрон испытал упругое соударение с первоначально покоившимся дейтоном. Определить долю кинетической энергии, теряемую нейтроном при лобовом соударении	<b>0,89</b>
2	Определить значение максимально возможного угла, на который рассеивается дейтон при упругом соударении с первоначально покоившимся протоном.	<b><math>30^\circ</math></b>
3	Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра $Al^{27}$ .	<b>56 МэВ</b>
4	Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра $Ne^{20}$ на две $\alpha$ -частицы и ядро $C^{12}$ , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах $Ne^{20}$ , $He^4$ и $C^{12}$ равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.	<b>11,88 а.е.м.</b>
<b>Ядерные силы</b>		
1	Определить кинетическую энергию дочернего ядра, образующегося при альфа-распаде ядра с массовым числом $A$ . Энергия альфа-распада $Q$ .	<b><math>4Q/A</math></b>
2	Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда: 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ; 2) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ; 3) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ; 4) $p + e^- \rightarrow n + \nu$ ; 5) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$ ; 6) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ?	<b>1, 2, 3</b>

### Вопросы к экзамену

1. Энергия столкновения частиц, необходимая для рождения новой частицы с заданной массой.
2. Принципы действия и основные параметры современных ускорителей.
3. Взаимодействие излучений с веществом (заряженные частицы, гамма-излучение).
4. Методы регистрации излучений. Счетчики элементарных частиц, следовые детекторы.
5. Массы, заряды, размеры ядер, методы их измерения.
6. Спин и магнитный момент.
7. Форма ядра. Четность. Модели атомных ядер.
8. Модели атомных ядер. Капельная модель.
9. Модели атомных ядер. Формула Вейцеккера для масс ядер.
10. Модели атомных ядер. Оболочечная модель.
11. Типы распада. Основной закон радиоактивного распада.
12. Закономерности альфа-распада и их квантово-механическое объяснение.
13. Бета-распад. Спектр бета-частиц. Масса нейтрино.
14. Гамма-излучение ядер.
15. Ядерная изомерия.
16. Эффект Мессбауэра и его применение в физике и технике.
17. Общие закономерности ядерных реакций.
18. Энергия возбуждения составного ядра. Энергетическая зависимость сечения.
19. Основные процессы взаимодействия нейтронов с ядрами.
20. Особенности реакции под действием заряженных частиц.
21. Деление тяжелых ядер. Баланс энергии и механизм деления.
22. Критический размер активной зоны реактора.
23. Свойства ядерных сил как результат изучения связанного состояния, нуклон-нуклонного рассеяния.
24. Радиус действия ядерных сил, зарядовая независимость, зависимость от спина, обменный характер ядерных сил.
25. Мезонная теория ядерных сил.
26. Классификация элементарных частиц по типу взаимодействия.
27. Лептоны.
28. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
29. Кварковое строение адронов.
30. Единая теория взаимодействия.

## Примеры экзаменационных заданий

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Есть ядро X (X - символ элемента, Z - зарядовое число ядра, а A-массовое число). q - единичный заряд, e - заряд позитрона. Чему равен заряд ядра?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ze</li> <li>2. Zq</li> <li>3. Ae</li> <li>4. Aq</li> <li>5. (A-Z)e</li> <li>6. (A-Z)q</li> </ol>
2	Какой из приведенных детекторов можно использовать для регистрации альфа-частиц?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сцинтилляционный детектор</li> <li>2. газоразрядный счетчик Гейгера</li> <li>3. камера Вильсона</li> <li>4. <b>все перечисленные детекторы</b></li> <li>5. полупроводниковый детектор</li> </ol>
3	Если числа протонов и нейтронов в ядре четные, то спин ядра в основном состоянии ...	<b>равен нулю</b>
4	Энергия реакции - это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>разность между полученной в реакции энергией и затраченной энергией</b></li> <li>2. энергия, выделяющаяся в реакции в виде кинетической энергии разлетающихся частиц</li> <li>3. полная энергия продуктов реакции</li> <li>4. затраты энергии на осуществление реакции</li> <li>5. энергия взаимодействия частиц, участвующих в реакции</li> <li>6. правильный ответ не приведен</li> </ol>
5	Ядерные взаимодействия можно объяснить:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>обменом между нуклонами пи - мезонами.</b></li> <li>2. испусканием и поглощением фотона нуклонами</li> <li>3. обменом между нуклонами мю - мезонами</li> <li>4. в настоящий момент нет достоверной теории, объясняющей ядерные взаимодействия.</li> <li>5. правильный ответ не приведен.</li> <li>6. нуклоны обмениваются фононами</li> </ol>
6	В цилиндрическом пропорциональном счетчике пучок частиц образует объемную ионизацию. Оценить время собирания ионов в таком счетчике, наполненном при нормальном давлении. Радиус катода 1 см, радиус анода 0,02 см, разность потенциалов между анодом и катодом 2500 В, подвижность положительных ионов аргона $1,4 \text{ см}^2/(\text{В с})$	<b>0,7 мс</b>

7	Какую скорость $v$ приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера?	<b>0,6 м/с</b>
8	Сколько $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа $\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого равен 15 ч?	<b><math>1,13 \cdot 10^{15}</math> лет</b>
9	Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра $\text{Al}^{27}$ .	<b>56 МэВ</b>
10	Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда: 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ; 2) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ; 3) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ; 4) $p + e^- \rightarrow n + \nu$ ; 5) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$ ; 6) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ?	<b>1, 2, 3</b>

**Типовые контрольные вопросы для промежуточной аттестации**

1. Энергия столкновения частиц, необходимая для рождения новой частицы с заданной массой.
2. Принципы действия и основные параметры современных ускорителей.
3. Взаимодействие излучений с веществом (заряженные частицы, гамма-излучение).
4. Методы регистрации излучений. Счетчики элементарных частиц, следовые детекторы.
5. Массы, заряды, размеры ядер, методы их измерения.
6. Спин и магнитный момент.
7. Форма ядра. Четность. Модели атомных ядер.
8. Модели атомных ядер. Капельная модель.
9. Модели атомных ядер. Формула Вейцеккера для масс ядер.
10. Модели атомных ядер. Оболочечная модель.
11. Типы распада. Основной закон радиоактивного распада.
12. Закономерности альфа-распада и их квантово-механическое объяснение.
13. Бета-распад. Спектр бета-частиц. Масса нейтрино.
14. Гамма-излучение ядер.
15. Ядерная изомерия.
16. Эффект Мессбауэра и его применение в физике и технике.
17. Общие закономерности ядерных реакций.
18. Энергия возбуждения составного ядра. Энергетическая зависимость сечения.
19. Основные процессы взаимодействия нейтронов с ядрами.
20. Особенности реакции под действием заряженных частиц.
21. Деление тяжелых ядер. Баланс энергии и механизм деления.
22. Критический размер активной зоны реактора.
23. Свойства ядерных сил как результат изучения связанного состояния, нуклон-нуклонного рассеяния.
24. Радиус действия ядерных сил, зарядовая независимость, зависимость от спина, обменный характер ядерных сил.
25. Мезонная теория ядерных сил.
26. Классификация элементарных частиц по типу взаимодействия.
27. Лептоны.
28. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
29. Кварковое строение адронов.
30. Единая теория взаимодействия.

**Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Есть ядро X (X - символ элемента, Z - зарядовое число ядра, A-массовое число). q - единичный заряд, e - заряд позитрона. Чему равен заряд ядра?	1. Ze 2. Zq 3. Ae 4. Aq 5. (A-Z)e 6. (A-Z)q
2	Какой из приведенных детекторов можно использовать для регистрации альфа-частиц?	1. сцинтилляционный детектор 2. газоразрядный счетчик Гейгера 3. камера Вильсона 4. <b>все перечисленные детекторы</b> 5. полупроводниковый детектор
3	Если числа протонов и нейтронов в ядре четные, то спин ядра в основном состоянии ...	<b>равен нулю</b>
4	Энергия реакции - это	1. <b>разность между полученной в реакции энергией и затраченной энергией</b> 2. энергия, выделяющаяся в реакции в виде кинетической энергии разлетающихся частиц 3. полная энергия продуктов реакции 4. затраты энергии на осуществление реакции 5. энергия взаимодействия частиц, участвующих в реакции 6. правильный ответ не приведен
5	Ядерные взаимодействия можно объяснить:	1. <b>обменом между нуклонами пи - мезонами.</b> 2. испусканием и поглощением фотона нуклонами 3. обменом между нуклонами мю - мезонами 4. в настоящий момент нет достоверной теории, объясняющей ядерные взаимодействия. 5. правильный ответ не приведен. 6. нуклоны обмениваются фононами
6	В цилиндрическом пропорциональном счетчике пучок частиц образует объемную ионизацию. Оценить время собирания ионов в таком счетчике, наполненном при нормальном давлении. Радиус катода 1 см, радиус анода 0,02 см, разность потенциалов между анодом и катодом 2500 В, подвижность положительных ионов аргона $1,4 \text{ см}^2/(\text{В с})$	<b>0,7 мс</b>
7	Какую скорость v приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера?	<b>0,6 м/с</b>

8	Сколько $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа $\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого равен 15 ч?	<b>1,13 <math>10^{15}</math> лет</b>
9	Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра $\text{Al}^{27}$ .	<b>56 МэВ</b>
10	Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда: 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ; 2) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ; 3) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ; 4) $p + e^- \rightarrow n + \nu$ ; 5) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$ ; 6) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ?	<b>1, 2, 3</b>



**Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:**

Проректор по учебной работе утверждено 24.02.25 А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 05 от 06.02.2025

Председатель Ученого совета  
физического факультета

согласовано

М.А. Загребин

**Заседанием кафедры общей и теоретической физики**

Протокол заседания № 04 от 30.01.2025

Заведующий кафедрой

согласовано

А.Е. Майер

Авторы (составители)

В.С. Красников

А.Е. Майер

А.А. Эбель

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**