

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 04.05.2026 11:55:35 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	стр. 1
--	--	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Основы атомной и ядерной физики

Направление подготовки (специальность)

30.05.02 Медицинская биофизика

Направленность (профиль)

Медицинская биофизика

Присваиваемая квалификация (степень)

Врач-биофизик

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

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

Челябинск 2026 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 «Основы атомной и ядерной физики» 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 атомной физики; изучение основных методов исследования в физике атома; знакомство с некоторыми приложениями атомной физики; 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:

УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения проблемной ситуации

ОПК-1.1. Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в области медицины, биологии и других естественнонаучных направлений.

ОПК-1.2. Демонстрирует умение применять и использовать фундаментальные и прикладные знания в области медицины, биологии и других естественнонаучных направлений для постановки и решения клинических и научно-исследовательских задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.02.02

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физика

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

Медицина катастроф

Лазерная медицина

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

УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Знать:

Для достижения УК-1.2: знать основы выполнения эффективного поиска информации для формирования естественнонаучного мировоззрения как основного способа познания окружающего мира

Уметь:

Для достижения УК-1.2: критически оценивать новую информацию в естественнонаучной области знаний и давать ей интерпретацию

Владеть:

Для достижения УК-1.2: навыками использования в профессиональной деятельности базовых знаний в области естествознания

ОПК-1: Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности

Знать:

Для достижения ОПК-1.1 знать: основы теории, принципы и методы атомной и ядерной физики; методы теоретических и экспериментальных исследований в атомной и ядерной физике; базовые теоретические знания по атомной и ядерной физике.

Для достижения ОПК-1.2 знать: основные правила оформления материалов и результатов лабораторных исследований; правила оформления таблиц, схем, рисунков и чертежей в научных отчетах; правила и способы вычисления погрешностей полученных данных; о размерностях физических величин.



Уметь:

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

Для достижения ОПК-1.2 уметь: пользоваться теоретическими знаниями и практическими навыками, полученными в рамках изучения атомной и ядерной физики; прогнозировать последствия физических процессов происходящих в профессиональной деятельности; анализировать полученные экспериментальные данные; грамотно, последовательно и логично оформить результаты работы.

Владеть:

Для достижения ОПК-1.1: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; навыком решения конкретных физических задач по атомной и ядерной физике.

Для достижения ОПК-1.2: использования понятийного аппарата физики в профессиональной деятельности; навыком грамотного представления результатов исследований и навыком оформления отчетов по лабораторным работам.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основы теории, принципы и методы атомной физики; методы теоретических и экспериментальных исследований в атомной и ядерной физике; базовые теоретические знания по атомной и ядерной физике.
3.2	Уметь:
3.2.1	понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями атомной и ядерной физики; решать типовые задачи; использовать базовые теоретические знания по атомной и ядерной физике.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; навыком решения конкретных физических задач по атомной и ядерной физике.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 180 в том числе : аудиторные занятия : 118 самостоятельная работа : 49,7 часов на контроль : 9 контактная работа: 121,3 ИКР: 3,3	Виды контроля в семестрах: экзамены 3

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Введение. Атомы и ядра			
1.1	Краткий исторический очерк развития представления об атоме и ядре. Порядки величин расстояний и энергий в атомных и ядерных процессах. Специфика законов микромира. Основные частицы, их характеристика. Ядерная модель атома. Опыт Резерфорда по рассеянию альфа частиц. Эффективное сечение. Энергия связи. Обоснование возможности раздельного рассмотрения физики атома и физики ядра. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.2	Решение задач. Рассеяние частиц. Формула Резерфорда. /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7



	Раздел 2. Экспериментальные основы квантовых представлений			
2.1	Стационарность и дискретность атомных состояний. Опыт Франка и Герца. Пространственное квантование. Опыт Штерна и Герлаха. Корпускулярно-волновой дуализм. Эффект Комптона. Гипотеза де-Бройля. Дифракция электронов нейтронов, атомов. Соотношение неопределенности. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.2	Решение задач. Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоэффект. Эффект Комптона. /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 3. Физические принципы квантовой механики			
3.1	Волновая функция. Уравнение Шредингера. Отличие квантово-механического и классического описания движения. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: свободное движение частицы, частица в потенциальной яме, гармонический осциллятор, прохождение частиц через потенциальный барьер. Излучение и поглощение энергии. Неразличимость одинаковых микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
3.2	Решение задач. Волновая функция. Уравнение Шредингера. /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 4. Строение атома и атомные спектры			
4.1	Квантово-механическое описание водородоподобных систем. Уровни энергии, волновые функции, распределение плотности вероятности. Спектр атома водорода. Объяснение тонкой и сверхтонкой структуры атомных спектров. Электронные оболочки атома и их заполнение, физическое объяснение периодического закона. Рентгеновское излучение, природа, свойства и методы исследования. Действие магнитного поля на атом. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.2	Решение задач. Квантово-механическое описание водородоподобных систем. Электронные оболочки. /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 5. Строение и свойства молекул			
5.1	Типы связей атомов в молекуле. Порядки величин электронной, колебательной и вращательной энергии. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние. Силы Ван дер Ваальса. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
5.2	Решение задач. Механический и магнитный момент атома. Атом в магнитном поле. /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 6. Квантовые свойства твердых тел			
6.1	Типы связей атомов в твердых телах. Энергетические зоны. Проводимость твердых тел. Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа. Теплоемкость. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
6.2	Решение задач. Связь атомов в молекуле. Колебательная и вращательная энергии. Квантовые свойства твердых тел. /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 7. Лабораторный практикум по атомной физике			



7.1	Рассеяние заряженных частиц. Опыт Франка и Герца. Эффект Комптона. Исследование спектра водородоподобных атомов. Электронный парамагнитный резонанс. Опыт Милликена. Исследование работы лазера. Распределение Пуассона. Эффект Зеемана /Лаб/	3	10	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
7.2	Подготовка к лабораторным работам: ознакомление с теоретическими основами, устройством и принципом работы установки, планом экспериментального исследования, подготовка заготовки отчета. Выполнение расчетов по обработке результатов измерений, сравнению с теоретическими моделями, наглядное представление результатов в форме таблиц и графиков, подготовка отчетов по лабораторным работам /Ср/	3	24,7	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 8. Экспериментальная техника исследований по физике ядра			
8.1	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/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
8.2	Решение задач. Взаимодействие излучений с веществом /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 9. Основные свойства ядер и элементарных частиц			
9.1	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/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
9.2	Решение задач. Свойства стабильных ядер /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 10. Радиоактивность			
10.1	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/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
10.2	Решение задач. Радиоактивный распад /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 11. Ядерные реакции			
11.1	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/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
11.2	Решение задач. Ядерные реакции. /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 12. Ядерные силы			



12.1	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/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
12.2	Решение задач. Ядерные силы /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 13. Структура элементарных частиц и фундаментальные взаимодействия			
13.1	Классификация элементарных частиц по типу взаимодействия. Лептоны. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Кварковое строение адронов. Единая теория взаимодействия. /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 14. Лабораторный практикум по физике атомного ядра			
14.1	Взаимодействие излучений с веществом. Измерение индукции магнитного поля методом ЯМР. Измерение периода полураспада долгоживущего изотопа. Измерение энергии альфа-частиц методом поглощения. Определение верхней границы бета-спектра. Измерение энергии гамма-излучения методом поглощения. Атомный реактор. Дозиметрия ионизирующих излучений. Сцинтилляционный гамма – спектрометр. /Лаб/	3	24	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
14.2	Подготовка к лабораторным работам: ознакомление с теоретическими основами, устройством и принципом работы установки, планом экспериментального исследования, подготовка заготовки отчета. Выполнение расчетов по обработке результатов измерений, сравнению с теоретическими моделями, наглядное представление результатов в форме таблиц и графиков, подготовка отчетов по лабораторным работам /Ср/	3	25	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
	Раздел 15. Иная контактная работа			
15.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	3,3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчет по практическим заданиям (решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1- 2 задач из темы).

Отчет по заданиям лабораторной работы (документ, который содержит систематизированные данные о лабораторной работе, описывает цели, задачи, краткую теорию, используемую в лабораторной работе, ход лабораторной работы, расчеты, результаты и выводы, полученные в ходе лабораторной работы).

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

На экзамене студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса и решить две практических задачи. При ответе студент получает оценку:

«отлично» – за развернутый ответ с примерами и пояснениями на все теоретические вопросы и полностью решены и расписаны по действиям все задачи;

«хорошо» – за развернутый ответ с примерами и пояснениями на все теоретические вопросы и полностью решена и расписана по действиям хотя бы одна задача, либо полное решение двух задач и неполный ответ на теоретические



вопросы;

«удовлетворительно» - дан четкий логичный ответ на теоретические вопросы и любые логичные пояснения по задачам, либо полный ответ на один теоретический вопрос и решение одной задачи (частичное (не менее 50% решения задачи) или полное в зависимости от сложности задачи), либо почти полное (не менее 80% решения для каждой задачи) решение обеих задач;

«неудовлетворительно» - за выполнение менее 50% заданий, за исключением случая почти полного (не менее 80% решения для каждой задачи) решения обеих задач.

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	Шпольский Э. В.	Введение в атомную физику (https://e.lanbook.com/book/210398)	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л1.2	Савельев И. В.	Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц (https://e.lanbook.com/book/210611)	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 (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450094)	Москва : Наука, 1980	ЭБС
Л2.2	Григорьев Ю. М., Кычкин И. С.	Физика атома и атомных явлений: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457657)	Москва : Физматлит, 2015	ЭБС
Л2.3	Попов Ю. С., Руссаков Д. М.	Атомная физика: практикум (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232457)	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012	ЭБС

7.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л3.1	Калашников Н. П., Кожевников Н. М., Котырло Т. В., Спирин Г. Г.	Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика (https://e.lanbook.com/book/211592)	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

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

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader
LibreOffice
WinDjView
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).

Лабораторные занятия проводятся в учебной лаборатории общей и прикладной физики, оснащенной необходимым оборудованием, перечень которого приведен в паспорте лаборатории.

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 «Основы атомной и ядерной физики» осуществляется на лекциях, практических и лабораторных 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. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач то теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Подготовка к лабораторным работам осуществляется в рамках самостоятельной работы студента заблаговременно до начала занятия.

В процессе подготовки к лабораторной работе студент делает заготовку отчёта на листах бумаги в клетку или формата А4: описывает цель работы, применяемое оборудование, краткую теорию работы и вычерчивает схему установки. Перед тем как приступить к выполнению лабораторной работы, студент проходит устное собеседование с преподавателем, в ходе которого должен получить допуск к выполнению практической части лабораторной работы. Затем студент приступает к проведению измерений. Проведённые студентом измерения должны быть оформлены в таблицы, а также проверены и подписаны преподавателем до окончания занятия. Затем (если осталось время, на занятии, а так же в рамках самостоятельной работы) студент выполняет необходимые расчёты, строит графики и пишет вывод по лабораторной работе. Завершённый отчет по работе сдается преподавателю на следующем занятии.

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 освоении дисциплины (модуля) инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету является важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

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.

Атомная физика

Примеры вариантов заданий к практическим занятиям

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Атомы и ядра		
1	Эффективное сечение взаимодействия - это	1. площадь сечения атома - центра взаимодействия 2. площадь сечения центра взаимодействия 3. доля частиц, испытавших взаимодействие, отнесенная к числу центров взаимодействия на единице площади мишени 4. доля частиц, прошедших без взаимодействия, отнесенная к числу центров взаимодействия на единице площади мишени 5. площадь сечения ядра - центра взаимодействия
2	Какое взаимодействие является определяющим для понимания строения атома?	1. ядерное (сильное) 2. электромагнитное 3. слабое 4. гравитационное 5. все перечисленные одинаково важны
3	Прицельное расстояние (прицельный параметр) - это	1. расстояние между траекторией движения частицы и рассеивающим центром 2. расстояние между взаимодействующими частицами 3. понятие не имеет строгого определения 4. расстояние между линией первоначального движения частицы и рассеивающим центром
4	Отличительной особенностью упругого рассеяния частицы является	1. сохранение полной энергии при взаимодействии 2. сохранение импульса при взаимодействии 3. неизменность состояний сталкивающихся частиц 4. равенство углов рассеяния налетающей частицы и угла вылета частицы-мишени 5. неизменность направлений движения сталкивающихся частиц
6	Размер электрона следует учитывать при рассмотрении процессов	1. происходящих в атомах 2. происходящих в ядрах атомов 3. никогда не учитывать 4. происходящих в твердом теле 5. всегда учитывать

Экспериментальные основы квантовых представлений		
1	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта представляет собой применение к данному явлению...	1. закона сохранения импульса 2. закона сохранения энергии 3. закона сохранения заряда 4. закона сохранения момента импульса 5. закона отражения и преломления света
2	От чего зависит количество электронов, вырываемых при фотоэффекте?	1. от частоты электромагнитного излучения 2. от интенсивности электромагнитного излучения 3. от величины задерживающей разности потенциалов 4. от энергии падающих квантов 5. от длины волны поглощаемого излучения 6. это величина постоянная, характеризующая данный фотоэлемент 7. правильный ответ не приведен
3	Работа выхода электронов из никеля составляет 4.84 эВ. Можно ли наблюдать одноэлектронный фотоэффект на фотокатоде из никеля, облучая его мощным источником видимого света?	1. да, в любом случае 2. нет, в любом случае 3. да, при достаточной интенсивности светового потока 4. да, но только при химически очень чистом никеле 5. правильный ответ не приведен
4	В каких случаях можно не учитывать волновые свойства электрона?	1. электроны в газоразрядной трубке 2. электрон в атоме водорода 3. электронный ускоритель на 1 ГэВ 4. рассеяние электронов с энергией порядка эВ на атомах газа 5. электрон движется к аноду в радиолампе
5	На пути узкого пучка электронов установлены последовательно диафрагма в виде щели и фотопластинка. После проявления на фотопластинке обнаружится	1. четкое изображение щели 2. никакого изображения, т.к. электроны не действуют на фотослой 3. дифракционная картина в виде полос 4. результат нельзя предсказать, не зная геометрии и энергии электронов 5. дифракционная картина в виде ряда окружностей
Физические принципы квантовой механики		
1	Частица движется в прямоугольной потенциальной яме в основном состоянии. Где вероятность нахождения частицы максимальна?	1. у левого края 2. у правого края 3. по краям 4. в центре 5. одинакова по всей ширине ямы
2	Кинетическая энергия частицы отлична от нуля в основном состоянии - это справедливый результат	1. для всех задач классической механики 2. для всех задач квантовой механики 3. только при движении частицы в потенциальной яме 4. только при движении частицы в потенциале вида $U(x) = (kx^2)/2$

		5. для всех задач классической и квантовой механики
3	Квадрат модуля волновой функции имеет смысл плотности вероятности нахождения частицы в данном месте.	1. да 2. нет 3. не всегда
4	Чем определяется вид волновой функции частицы в стационарном уравнении Шредингера?	1. видом оператора Лапласа 2. кинетической энергией частицы E 3. массой частицы m 4. видом функции потенциальной энергии частицы U
5	Волновая функция, описывающая реальную физическую систему, всегда является	1. конечной 2. однозначной 3. непрерывной 4. нормированной 5. все ответы верны
Строение атома и атомные спектры		
1	Электрон перешел из состояния с малым средним расстоянием от ядра в состояние с большим удалением от ядра. При этом ...	1. энергия атома мало изменится 2. энергия атома увеличится 3. атом превратится в ион 4. энергия атома уменьшится 5. атом испустит квант энергии 6. правильный ответ не приведен
2	Линейчатый спектр дают...	1. высокотемпературная плазма 2. жидкости 3. газы в атомарном состоянии 4. газы в молекулярном состоянии 5. правильный ответ не приведен
3	С какого энергетического уровня на какой переходит электрон в атоме водорода при испускании волны с наименьшей частотой в видимой области спектра?	1. со второго на первый 2. с третьего на первый 3. с третьего на второй 4. с четвертого на первый 5. с четвертого на второй
4	В оптическом диапазоне сплошные непрерывные спектры имеют :	1. пары металлов 2. нагретые жидкости и газы 3. газы 4. пары жидкостей 5. подогретые жидкости 6. правильный ответ не приведен
5	Принадлежность спектральной линии одной из серий атома водорода (Лаймана, Бальмера, Пашена и др.) определяется...	1. скоростью движения электрона вокруг ядра 2. начальным состоянием электрона 3. энергией электрона 4. импульсом электрона 5. квантовым числом конечного состояния 6. правильный ответ не приведен
6	Приведенная масса системы из двух частиц ...	1. больше массы легкой частицы 2. меньше массы легкой частицы 3. больше массы тяжелой частицы 4. равна сумме масс легкой и тяжелой частиц, деленной на два

Строение и свойства молекул		
1	При сближении атомов водорода и образовании молекулы H_2 электронные энергетические уровни ... Вставьте пропущенное слово.	расщепляются
3	Энергия молекулы H_2 ... сумме(ы) энергий двух изолированных атомов водорода. Вставьте пропущенное слово.	меньше
4	Если молекула при диссоциации распадается на атомы, то связь следует считать _____ (ионной или ковалентной).	ковалентной
5	Какие из приведенных ниже молекул имеют ковалентную химическую связь?	1. O_2 2. CO 3. HCl 4. NO_2 5. $NaCl$
6	Одно из перечисленных ниже заключений относительно проявления в молекулах волновых свойств электронов неправильно. Укажите его.	1. движение электронов волнообразное 2. энергетический спектр электронов дискретный 3. имеется отличная от нуля вероятность найти электрон вдали от ядер 4. существует ковалентная химическая связь 5. электроны не падают на ядра, и молекула устойчива в целом
Квантовые свойства твердых тел		
1	В случае термодинамического равновесия в среде при комнатной температуре распределение молекул по колебательным уровням энергии имеет следующие закономерности:	1. большинство молекул характеризуется максимально возможной энергией 2. большинство молекул имеют энергию $(3/2)kT$ 3. молекулы распределены по колебательным уровням энергии в соответствии с формулой Больцмана; 4. количество молекул монотонно убывает по мере возрастания номера колебательного уровня энергии
2	Относительно уровня Ферми можно сказать, что это:	1. энергия взаимодействия электронов с решеткой кристалла 2. суммарная кинетическая энергия свободных электронов кристалла при T больше или равно 0 3. кинетическая энергия наиболее высокоэнергетических свободных электронов кристалла при $T = 0$ 4. энергия электронного уровня кристалла в модели свободных электронов, вероятность заполнения которого 1/2
3	В зонной модели полупроводники от	запрещенной зоны

	диэлектриков отличаются шириной _____.	
4	Энергия кристалла NaCl... сумме(ы) энергий изолированных атомов натрия и хлора, составляющих кристалл. Вставьте пропущенное слово.	меньше

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Атомы и ядра		
1	Равновесное положение электрона в атоме водорода согласно модели Томпсона находится	1. в центре заряженного шара 2. на поверхности заряженного шара 3. в любой точке внутри заряженного шара 4. в атоме Томпсона равновесное положение отсутствует 5. положение электрона зависит от заряда
2	Какой из перечисленных ниже методов позволяет измерить заряд электрона с наибольшей точностью?	1. метод Милликена, основанный на измерении параметров движения заряженных капель в электрическом поле 2. метод магнетрона 3. измерение толщины следа электрона в камере Вильсона 4. измерении параметров движения ускоренного электрона в магнитном поле (масс-спектрометр) 5. ни один из перечисленных
3	Для получения количественного согласия экспериментальных и расчетных данных по рассеянию альфа-частиц в тонких фольгах конечный размер ядра	1. можно не учитывать 2. надо учитывать всегда 3. надо учитывать только для больших углов рассеяния 4. надо учитывать только для малых углов рассеяния
4	Поток альфа-частиц рассеивается тонкой мишенью из свинца. Детектор установлен под углом 30° относительно первоначального направления движения частиц и регистрирует k имп/с. Как изменятся показания детектора, если альфа-частицы заменить на протоны той же скорости?	1. Показания не изменятся 2. Уменьшатся в 2 раза 3. Уменьшатся в 4 раза 4. Уменьшатся в 16 раз 5. Увеличатся в 4 раза 6. Правильный ответ не приведен
5	При какой энергии электрон окажется тяжелее покоящегося протона? Ответ приведите в МэВ.	938
Экспериментальные основы квантовых представлений		
1	Определите энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным волнам видимой части спектра 760 нм. Ответ в эВ дайте с точностью до трех	1.63

	значащих цифр.	
2	Какому углу рассеяния (в градусах) соответствует максимальное комптоновское смещение длины волны?	180
3	Энергия фотона равна кинетической энергии электрона. Сравните их импульсы.	1. импульс электрона больше, т.к. масса покоя электрона не равна нулю 2. импульс фотона больше, т.к. у него больше скорость 3. импульсы частиц равны 4. ответ зависит от величины энергии фотона и кинетической энергии электрона
4	Потенциал, до которого может зарядиться металлическая пластина, работа выхода электронов из которой 1.6 эВ, при длительном освещении потоком фотонов с энергией 4 эВ, равен...	1. 5.6 В 2. 3.6 В 3. 2.8 В 4. 4.8 В 5. 2.4 В
5	На графике представлены зависимости задерживающего напряжения U от частоты падающего света. Чем отличаются условия, при которых получены эти прямые?	работой выхода
6	Энергия света, падающего на катод, уменьшилась, при неизменной длине волны. При этом произошло уменьшение...	1. числа выбитых электронов 2. массы фотоэлектронов 3. скорости фотоэлектронов 4. работы выхода электронов из катода 5. ничего не уменьшится
Физические принципы квантовой механики		
1	Квантовая частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a в состоянии с главным квантовым числом $n = 3$. В каких точках частица находиться не может? Правильный(е) на Ваш взгляд номер(а) ответа(ов) введите через пробел.	1. $x = 0$ 2. $x = a/2$ 3. $x = a$ 4. $x = a/3$ 5. $x = 2a/3$
2	Квантовая частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a . В каких точках интервала $(0, a)$ плотность вероятности нахождения частицы в состояниях с главным квантовым числом $n = 1$ и $n = 2$ одинакова? Правильный(е) на Ваш взгляд номер(а) ответа(ов) введите через пробел.	1. $a/4$ и $3a/4$, соответственно для $n = 1$ и $n = 2$ 2. $a/3$ и $2a/3$, соответственно для $n = 1$ и $n = 2$ 3. $a/2$ 4. $a/5$ и $4a/5$, соответственно для $n = 1$ и $n = 2$
3	Прозрачность прямоугольного потенциального барьера для электронов с энергией 5 эВ равна 0.1. Чему она будет равна при увеличении ширины барьера в 2 раза?	1. увеличится в 2 раза 2. уменьшится в 2 раза 3. 0.01 4. 0.025 5. 0.4

		6. 0.014 7. правильный ответ не приведен
4	В опыте Рамзауэра наблюдались аномалии в зависимости сечения рассеяния электронов на атомах благородных газов. На основании этих измерений он пришел к выводу, что	1. столкновения электронов с атомами упругие 2. атомы можно возбудить, сообщая им только определенные порции энергии 3. столкновения электронов с атомами неупругие 4. атомы имеют не равный нулю магнитный момент 5. атомы можно возбудить, сообщая им любые порции энергии 6. при малых скоростях электронов заметно проявляются их волновые свойства 7. поведение атомов противоречит постулатам Бора
5	Какое из приведенных явлений не требует для объяснения представления о туннельном эффекте?	1. холодная эмиссия электронов из металла 2. эффект Джозефсона 3. аномалии в зависимости сечения рассеяния электронов на атомах благородных газов (опыт Рамзауэра) 4. движение электронов в твердых телах 5. альфа-распад радиоактивных ядер
Строение атома и атомные спектры		
1	Какое из приведенных выражений позволяет рассчитать длину волны второй по счету линии серии линий в ультрафиолетовой части спектра атома водорода (серия Лаймана)	1. c/R 2. $4c/3R$ 3. $9c/8R$ 4. $16c/15R$ 5. правильный ответ не приведен
2	Полная энергия электрона на n - ом уровне определяется соотношением $E_n = -13.6/n^2$ эВ. Какую наименьшую энергию нужно сообщить невозбужденному атому водорода, чтобы спектр излучения газа из таких атомов содержал только одну спектральную линию? Ответ в эВ дайте с точностью до трех значащих цифр.	10.2
3	Атом водорода перешел из основного состояния в состояние с главным квантовым числом n , при этом абсолютная величина потенциальной энергии взаимодействия электрона с ядром уменьшилась в 4 раза. При последующем переходе из состояния с	1. 2 2. 4 3. 8 4. 16

	главным квантовым числом n в состояние с главным квантовым числом m абсолютная величина потенциальной энергии взаимодействия электрона с ядром опять уменьшилась в 4 раза. Определите m .	
4	Неподвижный атом водорода находился в первом возбужденном состоянии с квантовым числом $n = 2$. Поглотив фотон с энергией, равной 0.24 энергии ионизации, атом водорода перешел в состояние с квантовым числом $m = \dots$ Определите квантовое число конечного состояния.	10
5	Через разреженный газ пропускают излучение с непрерывным спектром. Какой вид имеет спектр поглощения разреженного газа?	1. разноцветные линии на темном фоне 2. спектр имеет вид радуги 3. отдельные темные линии на фоне непрерывного спектра 4. цвета линий неразличимо переходят один в другой 5. на фоне непрерывного спектра видно множество темных полос 6. правильный ответ не приведен
6	Атом водорода находится в возбужденном состоянии со значением главного квантового числа $n = 4$. Сколько спектральных линий будет содержать спектр излучения газа из таких атомов?	6
Строение и свойства молекул		
1	Система вращательных уровней энергии молекул имеет следующие характеристические особенности	1. по мере увеличения энергии интервал между соседними уровнями увеличивается 2. энергия уровня основного состояния равна 0 для всех молекул 3. энергии уровней более легких двухатомных молекул меньше, чем более тяжелых 4. по мере увеличения энергии интервал между соседними уровнями уменьшается
2	Для вращательных спектров поглощения двухатомных молекул характерно следующее:	1. интервал частот между соседними линиями спектра примерно одинаков 2. интервал частот между соседними линиями спектра зависит только от момента инерции молекулы 3. интервал длин волн между соседними линиями спектра одинаков 4. интервал частот между соседними линиями спектра зависит от температуры

3	Если сравнить чисто вращательные спектры поглощения молекул HF и HBr, то можно обнаружить, что:	1. они отличаются частотами линий 2. они не отличаются интенсивностями линий 3. в спектре HF интервал частот между соседними линиями больше, чем в спектре HBr 4. в спектре HF интервал частот между соседними линиями меньше, чем в спектре HBr 5. наблюдение спектров поглощения молекул HBr невозможно
4	В общем случае колебания атомов в молекулах не являются_____, однако такое приближение приемлемо при малых амплитудах колебаний. Вставьте пропущенное слово.	гармоническими
5	Вследствие _____ аангармоничности колебаний молекул при увеличении амплитуды колебаний интервал энергий между соседними энергетическими уровнями	1. увеличивается 2. уменьшается 3. не изменяется
6	В случае термодинамического равновесия в среде при комнатной температуре распределение молекул по колебательным уровням энергии имеет следующие закономерности:	1. _____ большинство молекул характеризуется _____ максимальной возможной энергией 2. большинство молекул имеют энергию $(3/2)kT$ 3. молекулы распределены по колебательным уровням энергии в соответствии с формулой Больцмана; 4. количество молекул монотонно убывает по мере возрастания номера колебательного уровня энергии
Квантовые свойства твердых тел		
1	О нулевых колебаниях молекул можно сказать, что:	1. колебательное движение отсутствует 2. амплитуда колебаний равна нулю 3. это колебания при $T = 0$ 4. это колебания с минимально возможной амплитудой 5. это колебания с минимально возможной энергией
2	Относительно уровня Ферми можно сказать, что это:	1. энергия взаимодействия электронов с решеткой кристалла 2. суммарная кинетическая энергия свободных электронов кристалла при T равно или больше 0 3. кинетическая энергия наиболее высокоэнергетических свободных электронов кристалла при $T = 0$ 4. энергия электронного уровня кристалла в модели свободных электронов, вероятность заполнения которого $1/2$

3	При сближении атомов лития и образовании кристалла электронные энергетические уровни образуют Вставьте пропущенное.	разрешенные зоны
4	В хорошо проводящих электрический ток твердых телах (металлах)	1.валентная энергетическая зона заполнена электронами полностью 2.валентная энергетическая зона частично заполнена электронами 3.заполнение валентной зоны не имеет значения 4.валентная зона близка к первой целиком заполненной зоне 5.проводимость обусловлена движением ионов
5	Электроны в зоне проводимости металла	1.равномерно распределяются по всем возможным состояниям 2.заполняют подряд все низколежащие состояния вплоть до энергии Ферми 3.заполняют подряд все высоколежащие состояния с энергиями, превышающими энергию Ферми 4.имеют одну энергию, называемую энергией Ферми 5.располагаются вблизи дна зоны
6	Какого типа связи из перечисленных в кристаллах не существует?	1. ионная 2. ковалентная 3. водородная 4. молекулярная 5. металлическая 6. полимерная

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Атомы и ядра		
1	Вычислите радиус атома водорода согласно модели Томпсона, если известна энергия ионизации атома $E_i = 13,6 \text{ эВ}$. Ответ дайте в нм.	237 нм
2	Вычислите максимальную напряженность электрического поля в водородоподобном ионе согласно модели Томпсона. Порядковый номер Z, радиус атома принять r.	$E = 1/(4\pi\epsilon) \cdot (Z \cdot e/r)$
3	Неподвижный шар радиуса R облучают параллельным потоком частиц, радиус которых r. Считая столкновение частицы с шаром упругим, найти угол θ отклонения частицы в зависимости от ее прицельного параметра b	$\theta = \pi - 2\phi$, $b = (R+r)\sin\phi$

4	Протон с кинетической энергией $T = 10 \text{ МэВ}$ пролетает на расстоянии $b = 10 \text{ пм}$ от свободного покоившегося электрона. Найти энергию, которую получит электрон, считая, что траектория протона прямолинейная и за время пролета электрон остается практически неподвижным.	3,8 эВ
5	Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $1,0 \text{ МэВ}$ падает нормально на платиновую фольгу толщины $1,0 \text{ мкм}$. Наблюдение рассеянных частиц ведется под углом 60° к направлению падающего пучка при помощи счетчика с круглым входным отверстием площади $1,0 \text{ см}^2$, которое расположено на расстоянии 10 см от рассеивающего участка фольги. Какая доля рассеянных α -частиц падает на отверстие счетчика?	$3,35 \cdot 10^{-5}$
Экспериментальные основы квантовых представлений		
1	Предположим, что покоящийся атом поглотил фотон с энергией $1,2 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. Чему равен импульс атома?	$4 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
2	Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $T = 600 \text{ кэВ}$ падает нормально на золотую фольгу, содержащую $n = 1,1 \cdot 10^{19} \text{ ядер/см}^2$. Найти относительное число α -частиц, рассеивающихся под углами $\vartheta < 90 = 20^\circ$.	0,6
3	Фотон с энергией $15,0 \text{ эВ}$ выбивает электрон из покоящегося атома водорода, находящегося в основном состоянии. С какой скоростью v движется электрон вдали от ядра?	$6,93 \cdot 10^5 \text{ м/с}$
4	Нейтрон с кинетической энергией $T = 25 \text{ эВ}$ налетает на покоящийся дейтрон (ядро тяжелого водорода). Найти дебройлевские длины волн обеих частиц в системе их центра инерции.	8,6 пм
5	Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к желтому свету с длиной волны 600 нм составляет $1,7 \cdot 10^{-18} \text{ Вт}$. Сколько фотонов падает ежесекундно на сетчатку?	5
Физические принципы квантовой механики		
1	Прямоугольный потенциальный барьер имеет ширину $0,1 \text{ нм}$. Определите в эВ разность энергий $U-E$, при которой вероятность прохождения электрона сквозь барьер составит $0,5$	0,454 эВ

2	Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $l = 0,20$ нм.	1 эВ
3	Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < a$, $0 < y < b$). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области $0 < x < a/3$.	19,5%
4	Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.	$9,76 \cdot 10^{-5}$
5	Электрон с энергией E движется в положительном направлении оси X . При каком значении $U-E$, выраженном в электрон-вольтах, коэффициент прозрачности $D=10^{-3}$, если ширина d барьера равна $0,1$ нм?	45 эВ
Строение атома и атомные спектры		
1	При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией $2,55$ эВ (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.	486 нм
2	Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях $2S$ и $2P$ равна соответственно $5,39$ и $3,54$ эВ. Вычислить ридберговские поправки для S - и P -термов этого атома.	-0,409 -0,037
3	Атом находится в состоянии, мультиплетность которого равна трем, а полный механический момент — $\hbar \sqrt{20}$. Каким может быть соответствующее квантовое число L ?	3,4,5
4	Найти напряжение на рентгеновской трубке с никелевым антикатодом, если разность длин волн $K\alpha$ -линии и коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна 84 пм.	15 кВ
5	При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от $U_1 = 10$ кВ до $U_2 = 20$ кВ интервал длин волн между $K\alpha$ -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского	29

	спектра увеличился в $n = 3,0$ раза. Определить порядковый номер элемента антикатада этой трубки.	
Строение и свойства молекул		
1	Сколько процентов свободных электронов в металле при $T = 0$ имеет кинетическую энергию, превышающую половину максимальной?	65
2	Найти число свободных электронов, приходящихся на один атом натрия при $T = 0$, если уровень Ферми $E_F = 3,07$ эВ и плотность натрия равна $0,97$ г/см ³ .	0,97
3	Повышение температуры катода в электронной лампе от значения $T = 2000$ К на $\Delta T = 1,0$ К увеличивает ток насыщения на $\eta = 1,4\%$. Найти работу выхода электрона из материала катода.	4,45 эВ
Квантовые свойства твёрдых тел		
1	Приняв для серебра значение температуры Дебая $\theta = 208$ К, определить: максимальное значение энергии ϵ_m фонона	0,018 эВ
2	Приняв для серебра значение температуры Дебая $\theta = 208$ К, определить: среднее число $\langle n_m \rangle$ фононов с энергией ϵ_m при температуре $T = 300$ К.	1
3	Полагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон, определить: среднюю кинетическую энергию $\langle E \rangle$ свободных электронов при абсолютном нуле	4,23 эВ
4	Полагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон, определить: температуру T , при которой средняя кинетическая энергия электронов классического электронного газа равнялась бы средней энергии свободных электронов в меди при $T = 0$.	$32,7 \cdot 10^3$ К

Ядерная физика

Примеры вариантов заданий к практическим занятиям

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Особенности явлений в микромире		
1	Укажите неверное(ые) утверждение(я)	1. в ядре нет электронов 2. ядро содержит протоны и электроны, последние освобождаются при бета-распаде 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)	1. в ядре нет электронов 2. ядро содержит протоны и электроны, последние освобождаются при бета-распаде 3. при бета-распаде электроны образуются непосредственно в процессе распада 4. в ядрах с любым Z заряд недостаточен для удержания электронов внутри ядра 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 3. масса 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?	Ядро урана
5	Что тяжелее, ядро кислорода O или продукты его деления?	Продукты деления
6	Как изменится энергия покоя системы, состоящей из двух ядер дейтерия, в результате их соединения в ядро гелия?	1. увеличится 2. уменьшится 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.	нельзя
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

		4. это утверждение не верно
3	Для работы циклотрона принципиально важно, чтобы оставался(ась) постоянным(ой)	1. частота обращения протонов 2. скорость протонов 3. радиус орбиты протонов 4. напряжение на катушке электромагнита 5. все перечисленные величины
4	Разделение зарядов в ионизационной камере, вызывающее появление тока во внешней цепи, происходит за счет	1. взаимодействия положительных и отрицательных ионов 2. внешнего электрического поля 3. специально подобранной конструкции электродов 4. внутренних электрических полей атомов газа, наполняющих камеру 5. всех перечисленных факторов
5	В сцинтилляционном детекторе регистрируются гамма-кванты от радиоактивного источника. При этом из фотокаода вырываются электроны за счет...	1. фотоэффекта первичных квантов 2. фотонов, испускаемых возбужденными атомами сцинтиллятора 3. вторичной эмиссии, вызванной фотоэлектронами, рожденными первичными квантами 4. вторичной эмиссии, вызванной комптоновскими электронами 5. всех перечисленных факторов
Основные свойства ядер и элементарных частиц		
1	Как называются ядра с одинаковыми Z , но различными A ? Здесь Z - зарядовое число ядра, а A - массовое число.	ИЗОТОПЫ
3	Объем ядра пропорционален числу нуклонов, входящих в него. Это значит что...?	1. нуклоны в ядрах упакованы с одинаковой плотностью 2. ядро устойчиво 3. ядро не устойчиво 4. рассматривается ядро атома гелия 5. правильный ответ не приведен
4	Какой из приведенных методов не использовался для изучения размеров ядер?	1. рассеяние быстрых электронов на ядрах 2. измерение спектров излучения мезоатомов 3. поглощение быстрых нейтронов ядрами 4. ни один из перечисленных методов 5. все перечисленные методы использовались 6. рассеяние рентгеновского излучения на ядрах
5	Стабильные ядра - это ядра устойчивые к испусканию....	1. протонов или нейтронов 2. альфа-частиц 3. бета-частиц 4. любых из перечисленных 5. гамма-излучения
Радиоактивный распад		
1	Как меняется заряд ядра радиоактивного изотопа при бета -	увеличивается

	распаде с испусканием электрона?	
2	Как меняется заряд ядра радиоактивного изотопа при бета - распаде с испусканием позитрона?	уменьшается
3	Непрерывный характер спектра электронов при бета- распаде может быть объяснен:	1. образованием ядра в возбужденном состоянии с последующим испусканием гамма - излучения 2. поглощением энергии электронов в результате взаимодействия с атомами радиоактивного вещества 3. торможением электронов в поле покидаемого ядра 4. энергия бета-распада делится случайным образом между тремя частицами - продуктами распада 5. несохранением энергии в ядерных реакциях 6. правильный ответ не приведен
4	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 3. масса 4. лептонный заряд 5. момент количества движения 6. все сохраняются 7. ни одна не сохраняется
Ядерные реакции		
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?	не справедлив
2	Эффективное сечение взаимодействия - это	1. доля испытавших взаимодействие частиц, отнесенная к числу центров взаимодействия на единице площади мишени 2. площадь поверхности ядра 3. площадь сечения ядра 4. суммарная площадь ядер на единице площади мишени 5. величина, вычисляемая по формуле Резерфорда 6. правильный ответ не приведен
3	Эффективное сечение ядерной реакции имеет размерность	1. м² 2. частица/м ² 3. Кюри 4. частица*м ² 5. стерадиан*м ² 6. правильный ответ не приведен
4	Составным ядром называют...	1. промежуточное ядро, образующееся при захвате частицы, время жизни которого много больше характерного

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

№ 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	3

	числе?	
2	Выяснить, устойчиво ли ядро с порядковым числом $Z=1$ относительно испускания альфа-частицы?	да
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. результат зависит от величины этой энергии
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. Ze 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. правильный ответ не приведен
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?	протоны позитроны
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. не зависит от энергии частицы 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 4. увеличить возможную массу рождающихся частиц
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

		5. все перечисленные детекторы, кроме камеры Вильсона. 6. полупроводниковый детектор.
4	Какой из приведенных детекторов можно использовать для регистрации альфа-частиц?	1. сцинтилляционный детектор 2. газоразрядный счетчик Гейгера 3. камера Вильсона 4. все перечисленные детекторы 5. полупроводниковый детектор
5	Какой из перечисленных детекторов обладает наихудшим энергетическим разрешением?	1. ионизационная камера 2. сцинтилляционный детектор 3. пропорциональный счетчик 4. счетчик Гейгера 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 5. полупроводниковый детектор 6. у всех перечисленных разрешение одинаково нуклонов
Радиоактивный распад		
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?	первый
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 4. от 0 до 10 ядер 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.	гелий
4	N - число радиоактивных ядер, t - время. Что отличает одну кривую от другой?	активность
Основные свойства ядер и элементарных частиц		
1	Укажите распределение плотности ядерной материи и электрического заряда для сферического ядра. А - распределение Ферми, Б - экспоненциальная зависимость, В - линейная зависимость, Г - часть ветви гиперболы. Ответ в форме числа, соответствующего варианту	1 А-А 2 Б-В 3 Г-А 4 Б-Г

	составленному из пар.	
2	Какая из приведенных величин непосредственно связана с формой ядра	1. масса 2. магнитный момент 3. квадрупольный электрический момент 4. четность 5. правильный ответ не приведен
3	Если числа протонов и нейтронов в ядре четные, то спин ядра в основном состоянии ...	равен нулю
4	Какой порядок имеют размеры средних и тяжелых ядер? Ответ привести в СИ.	1E-14
5	Сечение какого из приведенных процессов можно описать формулой $\sigma = 3,14R_{\text{я}}^2$?	1. Упругое рассеяние протонов на ядрах 2. Упругое рассеяние медленных нейтронов на ядрах 3. Неупругое рассеяние быстрых нейтронов на ядрах 4. Упругое рассеяние электронов на ядрах 5. Упругое рассеяние электронов на ядрах 6. Во всех указанных случаях 7. Ни в одном из указанных случаев
Ядерные реакции		
1	Сечение образования составного ядра при захвате нейтрона носит резонансный характер. Максимум сечения приходится на энергию E_0 , при которой (которая)	1. энергия возбуждения ядра совпадает с одним из уровней ядра 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. разность между полученной в реакции энергией и затраченной энергией 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
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.	не возможно

Ядерные силы		
1	Какие из перечисленных частиц не относятся к истинно элементарным в настоящее время (в том смысле, что они состоят из других известных частиц)?	1. протон 2. нейтрон 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. не возможна ни при каких условиях 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. магнитные моменты (например у дейтона) не аддитивны
4	В природе существуют четыре вида взаимодействий а) сильные ядерные взаимодействия F_y б) слабые F_{sl} 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. $F_{гр} < F_{sl} < F_{эм} < F_y$ 2. $F_y < F_{эм} < F_{sl} < F_{гр}$ 3. $F_{гр} < F_{эм} < F_{sl} < F_y$ 4. $F_{sl} < F_{эм} < F_{гр} < F_y$ 5. $F_y < F_{эм} < F_{sl} < F_{гр}$ 6. $F_{sl} < F_{эм} < F_{гр} < F_y$
5	Ядерные взаимодействия можно объяснить:	1. обменом между нуклонами пи - мезонами. 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. обладают свойством насыщения 3. зависят от спина 4. не зависят от электрического заряда взаимодействующих частиц

		5. имеют объемный характер 6. среди приведенных такого нет
--	--	---

№ п/ п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Введение. Особенности явлений в микромире		
1	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию связи нейтрона в ядре $^{21}\text{Ne}_{10}$	6.759 МэВ
2	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию связи α -частицы в ядре $^{21}\text{Ne}_{10}$	7,348 МэВ
3	При радиоактивном распаде ядра $^{226}\text{Ra}_{88}$ вылетает α -частица. Известно, что в образце радия массой 1 мг каждую секунду распадаются $3,7 \cdot 10^7$ ядер. α -частицы вылетающие из этого образца за 2 часа, имеют суммарную энергию 205 мДж. Какую энергию имеет каждая α -частица? Ответ приведите в кэВ с точностью ± 100 кэВ.	4800 кэВ.
4	При радиоактивном распаде ядра $^{226}\text{Ra}_{88}$ вылетает α -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 α -частицы, образующиеся в этом образце за 1 час? Ответ приведите в мДж, округлите до 1 знака после запятой.	0,1 мДж
5	Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию, необходимую для разделения ядра $^{16}\text{O}_8$ на четыре одинаковые частицы.	14.439 МэВ
Экспериментальная техника исследований по физике ядра		
1	С какой относительной надо сближать 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?	10 см/с
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, разносить потенциалов между анодом и катодом 2500 В, подвижность положительных ионов аргона $1,4 \text{ см}^2/(\text{В с})$	0,7 мс

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 фокусирующий 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%.	$1,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
Основные свойства ядер и элементарных частиц		
1	Определить массу ядра лития, если масса нейтрального атома лития равна 7,01601 а. е. м.	7,01436 а.е.м
2	Покоившееся ядро радона $^{220}_{86}\text{Rn}$ выбросило α -частицу со скоростью $v=16$ Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость v_1 получило оно в результате отдачи?	291 км/с
3	Какую скорость v приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Лаймана?	3,25 м/с
4	Какую скорость v приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера?	0,6 м/с
Радиоактивный распад		
1	Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадется за месяц?	0,25
2	Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа Na^{24} , период полураспада которого равен 15 ч?	$1,13 \cdot 10^{15}$ лет
3	Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа Co^{55} , если известно, что его активность уменьшается на 4,0% за час? Продукт распада нерадиоактивен.	$0,9 \cdot 10^5 \text{ с}$
4	Препарат U^{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.	$4,48 \cdot 10^9$ лет
5	Определить с помощью табличных значений масс атомов скорость ядра, возникающего в результате К-захвата в атоме Be^7 , если дочернее ядро оказывается	40 км/с

	непосредственно в основном состоянии.	
Ядерные реакции		
1	Нейтрон испытал упругое соударение с первоначально покоившимся дейтоном. Определить долю кинетической энергии, теряемую нейтроном при лобовом соударении	0,89
2	Определить значение максимально возможного угла, на который рассеивается дейтон при упругом соударении с первоначально покоившимся протоном.	30°
3	Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра Al^{27} .	56 МэВ
4	Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne^{20} на две α -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.	11,88 а.е.м.
Ядерные силы		
1	Определить кинетическую энергию дочернего ядра, образующегося при альфа-распаде ядра с массовым числом A. Энергия альфа-распада Q.	4Q/A
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) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$?	1, 2, 3

Атомная физика

Типовые контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Порядки величин расстояний и энергий в атомных и ядерных процессах.
2. Специфика законов микромира.
3. Основные частицы, их характеристика.
4. Ядерная модель атома.
5. Опыт Резерфорда по рассеянию альфа частиц.
6. Эффективное сечение.
7. Энергия связи.
8. Обоснование возможности отдельного рассмотрения физики атома и физики ядра.
9. Стационарность и дискретность атомных состояний.
10. Опыт Франка и Герца.
11. Пространственное квантование.
12. Опыт Штерна и Герлаха.
13. Корпускулярно-волновой дуализм.
14. Эффект Комптона.
15. Гипотеза де-Бройля.
16. Дифракция электронов нейтронов, атомов.
17. Соотношение неопределенности.
18. Волновая функция.
19. Уравнение Шредингера.
20. Отличие квантово-механического и классического описания движения.
21. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: свободное движение частицы, частица в потенциальной яме, гармонический осциллятор, прохождение частиц через потенциальный барьер.
22. Излучение и поглощение энергии.
23. Неразличимость одинаковых микрочастиц.
24. Бозоны и фермионы.
25. Принцип Паули.
26. Квантово-механическое описание водородоподобных систем.
27. Уровни энергии, волновые функции, распределение плотности вероятности.
28. Спектр атома водорода.
29. Объяснение тонкой и сверхтонкой структуры атомных спектров.
30. Электронные оболочки атома и их заполнение, физическое объяснение периодического закона.
31. Рентгеновское излучение, природа, свойства и методы исследования.
32. Действие магнитного поля на атом.
33. Эффект Зеемана.
34. Электронный парамагнитный резонанс.
35. Типы связей атомов в молекуле.
36. Порядки величин электронной, колебательной и вращательной энергии.
37. Молекулярные спектры.
38. Комбинационное рассеяние.
39. Силы Ван дер Ваальса.
40. Типы связей атомов в твердых телах.
41. Энергетические зоны.
42. Проводимость твердых тел.
43. Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа.

Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Равновесное положение электрона в атоме водорода согласно модели Томпсона находится	1. в центре заряженного шара 2. на поверхности заряженного шара 3. в любой точке внутри заряженного шара 4. в атоме Томпсона равновесное положение отсутствует 5. положение электрона зависит от заряда
2	Какой из перечисленных ниже методов позволяет измерить заряд электрона с наибольшей точностью?	1. метод Милликена, основанный на измерении параметров движения заряженных капель в электрическом поле 2. метод магнетрона 3. измерение толщины следа электрона в камере Вильсона 4. измерении параметров движения ускоренного электрона в магнитном поле (масс-спектрометр) 5. ни один из перечисленных
3	При какой энергии электрон окажется тяжелее покоящегося протона? Ответ приведите в МэВ.	938
4	Определите энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным волнам видимой части спектра 760 нм. Ответ в эВ дайте с точностью до трех значащих цифр.	1.63
5	Какому углу рассеяния (в градусах) соответствует максимальное комптоновское смещение длины волны?	180
6	Энергия фотона равна кинетической энергии электрона. Сравните их импульсы.	1. импульс электрона больше, т.к. масса покоя электрона не равна нулю 2. импульс фотона больше, т.к. у него больше скорость 3. импульсы частиц равны 4. ответ зависит от величины энергии фотона и кинетической энергии электрона
7	Квантовая частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a в состоянии с главным квантовым числом $n = 3$. В каких точках частица находиться не может? Правильный(е) на Ваш взгляд номер(а) ответа(ов) введите через пробел.	1. $x = 0$ 2. $x = a/2$ 3. $x = a$ 4. $x = a/3$ 5. $x = 2a/3$
8	В опыте Рамзауэра наблюдались аномалии в зависимости сечения	1. столкновения электронов с атомами упругие

	рассеяния электронов на атомах благородных газов. На основании этих измерений он пришел к выводу, что	2. атомы можно возбудить, сообщая им только определенные порции энергии 3. столкновения электронов с атомами неупругие 4. атомы имеют не равный нулю магнитный момент 5. атомы можно возбудить, сообщая им любые порции энергии 6. при малых скоростях электронов заметно проявляются их волновые свойства 7. поведение атомов противоречит постулатам Бора
9	Какое из приведенных явлений не требует для объяснения представления о туннельном эффекте?	1. холодная эмиссия электронов из металла 2. эффект Джозефсона 3. аномалии в зависимости сечения рассеяния электронов на атомах благородных газов (опыт Рамзауэра) 4. движение электронов в твердых телах 5. альфа-распад радиоактивных ядер
10	Полная энергия электрона на n-ом уровне определяется соотношением $E_n = -13.6/n^2$ эВ. Какую наименьшую энергию нужно сообщить невозбужденному атому водорода, чтобы спектр излучения газа из таких атомов содержал только одну спектральную линию? Ответ в эВ дайте с точностью до трех значащих цифр.	10.2
11	Атом водорода перешел из основного состояния в состояние с главным квантовым числом n, при этом абсолютная величина потенциальной энергии взаимодействия электрона с ядром уменьшилась в 4 раза. При последующем переходе из состояния с главным квантовым числом n в состояние с главным квантовым числом m абсолютная величина потенциальной энергии взаимодействия электрона с ядром опять уменьшилась в 4 раза. Определите m.	1. 2 2. 4 3. 8 4. 16
12	Неподвижный атом водорода находился в первом возбужденном состоянии с квантовым числом $n = 2$. Поглотив фотон с энергией, равной	10

	0.24 энергии ионизации, атом водорода перешел в состояние с квантовым числом $m = \dots$. Определите квантовое число конечного состояния.	
13	Система вращательных уровней энергии молекул имеет следующие характеристические особенности	1. по мере увеличения энергии интервал между соседними уровнями увеличивается 2. энергия уровня основного состояния равна 0 для всех молекул 3. энергии уровней более легких двухатомных молекул меньше, чем более тяжелых 4. по мере увеличения энергии интервал между соседними уровнями уменьшается
14	Вследствие аангармоничности колебаний молекул при увеличении амплитуды колебаний интервал энергий между соседними энергетическими уровнями	1. увеличивается 2. уменьшается 3. не изменяется
15	В случае термодинамического равновесия в среде при комнатной температуре распределение молекул по колебательным уровням энергии имеет следующие закономерности:	1. большинство молекул характеризуется максимально возможной энергией 2. большинство молекул имеют энергию $(3/2)kT$ 3. молекулы распределены по колебательным уровням энергии в соответствии с формулой Больцмана; 4. количество молекул монотонно убывает по мере возрастания номера колебательного уровня энергии
16	О нулевых колебаниях молекул можно сказать, что:	1. колебательное движение отсутствует 2. амплитуда колебаний равна нулю 3. это колебания при $T = 0$ 4. это колебания с минимально возможной амплитудой 5. это колебания с минимально возможной энергией
17	Относительно уровня Ферми можно сказать, что это:	1. энергия взаимодействия электронов с решеткой кристалла 2. суммарная кинетическая энергия свободных электронов кристалла при T равно или больше 0 3. кинетическая энергия наиболее высокоэнергетических свободных электронов кристалла при $T = 0$ 4. энергия электронного уровня кристалла в модели свободных электронов, вероятность заполнения которого $1/2$
18	Электроны в зоне проводимости металла	1.равномерно распределяются по всем возможным состояниям

		2.заполняют подряд все низколежащие состояния вплоть до энергии Ферми 3.заполняют подряд все высоколежащие состояния с энергиями, превышающими энергию Ферми 4.имеют одну энергию, называемую энергией Ферми 5.располагаются вблизи дна зоны
--	--	--

Ядерная физика

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 Вейцзеккера 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. все перечисленные детекторы 5. полупроводниковый детектор
3	Если числа протонов и нейтронов в ядре четные, то спин ядра в основном состоянии ...	равен нулю
4	Энергия реакции - это	1. разность между полученной в реакции энергией и затраченной энергией 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. обменом между нуклонами пи - мезонами. 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 $1,4 \text{ см}^2/(\text{В с})$	0,7 мс
7	Какую скорость v приобретает первоначально покоившийся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера?	0,6 м/с

8	Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа Na^{24} , период полураспада которого равен 15 ч?	1,13 10^{15} лет
9	Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра Al^{27} .	56 МэВ
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) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$?	1, 2, 3

30.05.02 Медицинская биофизика, профиль Медицинская биофизика, Основы атомной и ядерной физики, 2026 год набора, очная форма обучения

Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:

Проректор по учебной работе

утверждено 27.02.26

А.А. Саламатов

Ученым советом факультета фундаментальной медицины

Протокол заседания № 2 от 02.02.2026

Председатель Ученого совета

факультета фундаментальной

медицины

СОГЛАСОВАНО

О.Б. Цейликман

Заседанием кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания № 06 от 05.02.2026

Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО

А. Е. Майер

Автор (составитель)

А. С. Зарезина

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 274-1