МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕН:
Педагогическим советом
«17» марта 2023г., протокол № 550

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

«Общая физика (Элементы квантовой физики атома и физики атомного ядра)»

Направление подготовки: 14.03.01. Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 3
1.1. Модели контролируемых компетенций 3
1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования 4
1.3. Основные показатели оценивания компетенций 4
1.4. Перечень оценочных средств 6
2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 7
2.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ 7
2.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 11
2.2.1. Контрольные работы на практическом занятии 11
- Контрольная работа №1 11
- Контрольная работа №2 17
2.2.2. Опросы 22
- Опрос №1 22
- Опрос №2 28
2.2.3. Лабораторные работы 34
- Лабораторные работы по разделу «Элементы физики атома» 34
- Лабораторные работы по разделу «Элементы физики атомного ядра» 38
2.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 42
2.3.1. Оценочные средства для проведения экзамена 42
3. СВЕДЕНИЯ О СОСТАВИТЕЛЯХ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 47

1. Паспорт
фонда оценочных средств

1.1 Модели контролируемых компетенций

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

ПК-1 Способен к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих

в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Уметь разрабатывать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Владеть методами прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик. Взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа имоделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физикоматематический аппарат

ОПК-1 Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи

УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программнымипродуктами

1.2 Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Элементы квантовой физики атома	УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1	ПР №1 ЛР №1,2,3,4 Опрос №1	КИ
2	Элементы физики атомного ядра	УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1	ПР №2 ЛР №5,6,7,8 Опрос №2	КИ

ПР – контрольная работа на практическом занятии; ЛР – лабораторная работа; КИ – контроль по итогам.

1.3 Основные показатели оценивания компетенций

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Общая физика (Элементы физики атома и атомного ядра)» и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
УКЕ-1 ОПК-1ПК-1	З1, З2	У1	В1, В2	ПР, ЛР, опрос,

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенции, представлены в таблице:

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции

З1 – основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; З2 – основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения.	Формулировка, запись и пояснение следующих понятий и формул: - корпускулярно-волновой дуализм, уравнение Шредингера, квантовый гармонический осциллятор, спектр атома водорода, спектры молекул, фазовое пространство, распределение Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака, понятие о квантовой теории теплоемкости, сверхпроводимость; - радиоактивность, основной закон радиоактивного распада, постоянная распада, период полураспада, изотопы, альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение, экспозиционная доза, поглощенная доза, эквивалентная доза, законы сохранения в ядерных реакциях, энергетический выход ядерной реакции.	УКЕ-1 ОПК-1ПК-1
У1 – указать, какие законы описывают данное явление или эффект, и записывать уравнения для физических величин; В1 – навыками использования основных общефизических законов и принципов в важнейших практических приложениях.	Применение знаний для решения задач по темам: волновые свойства частиц, уравнение Шредингера, простейшие случаи движения микрочастиц, атом водорода в квантовой механике, спектры молекул; радиоактивность, основной закон радиоактивного распада, законы сохранения в ядерных реакциях, элементы дозиметрии ионизирующих излучений.	УКЕ-1 ОПК-1ПК-1
В2 – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента и работы с учебно-методической литературой.	Выполнение измерений с применением приборов и оборудования в рамках лабораторных работ. Обработка результатов измерений, выполненных в рамках лабораторных работ, вручную и с применением ПК. Построение графиков, характеристик вручную и с применением ПК (программы MS Excel и др.). Описание и объяснение физических явлений и свойств объектов, результатов экспериментов. Обладание умением работать с информацией, умением принять правильное решение на основе анализа исходных данных.	УКЕ-1 ОПК-1ПК-1

1.4 Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Контрольная работа на практическом занятии	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по разделу	Комплект контрольных заданий
2	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы и/или тестирование.	Вопросы по разделам дисциплины, фонд тестовых заданий
3	Лабораторная работа	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных заданий в соответствии с заданным алгоритмом проведения работ. Позволяет оценить: 1) умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач; 2) владения навыками проведения эксперимента. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Комплект лабораторных работ по разделам

Распределение баллов представлено в таблице:

Семестр	Контролируемый раздел дисциплины	Оценочные средства	Балл	
			max	min
4	Элементы физики атома	Контрольная работа №1	5	3
		Лабораторные работы №1, 2, 3, 4	10	6
		Опрос №1	10	6
	Элементы физики атомного ядра	Контрольная работа №2	5	3
		Лабораторные работы №5, 6, 7, 8	10	6
		Опрос №2	10	6

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);

критерии и шкалы оценивания.

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль знаний по дисциплине «Общая физика» осуществляется в виде диагностического интернет- тестирования уровня знаний и умений студентов-первокурсников с использованием ресурсов Федерального портала интернет-экзамена «ФЭПО» в период с 01 сентября по 31 декабря текущего учебного года.

В таблице 2.1 представлена обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине.

В таблице 2.2 приведены результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Таблица 2.1 Обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине «Общая физика».

№ п/п	Наименование темы	Перечень учебных элементов
1	Прямолинейное равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение	***знать:*** скорость, путь и перемещение при равномерном движении; ускорение, скорость и перемещение при равнопеременном движении ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
2	Движение точки по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение	***знать:*** центростремительное ускорение, скорость и угловое смещение при равномерном движении по окружности ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
3	Сила. Суперпозиция сил. Законы Ньютона	***знать:*** законы Ньютона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
4	Силы в механике. Гравитационная сила (закон всемирного тяготения)	***знать:*** силу тяжести, вес тела, силу упругости, силу трения ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
5	Момент силы. Условия равновесия твердого тела	***знать:*** условия равновесия твердого тела ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
6	Давление жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условия плавания тел	***знать:*** закон Паскаля ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
7	Импульс тела. Закон сохранения импульса	***знать:*** закон сохранения импульса ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
8	Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии	***знать:*** понятия «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», «мощность», закон сохранения энергии ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
9	Гармонические колебания (амплитуда, фаза, период, частота). Маятники (математический и пружинный). Энергия	***знать:*** понятия «амплитуда», «фаза», «период», «частота», «энергия» колебаний ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

	колебаний	
10	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного движения молекул идеального газа. Связь температуры со средней кинетической энергией атомов вещества	***знать:*** основное уравнение молекулярно-кинетической теории ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
11	Уравнение Клапейрона - Менделеева. Изопроцессы	***знать:*** уравнение Менделеева – Клапейрона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
12	Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. КПД тепловой машины	***знать:*** понятие «работа» в термодинамике; формулу для КПД тепловой машины ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
13	Закон сохранения заряда. Закон Кулона	***знать:*** закон Кулона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
14	Действие электрического поля на электрические заряды. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей	***знать:*** принцип суперпозиции электростатических полей ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
15	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов	***знать:*** свойства электростатического поля ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
16	Электрическая емкость. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора	***знать:*** последовательное и параллельное соединение конденсаторов ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
17	Постоянный электрический ток. Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников	***знать:*** закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
18	Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной электрической цепи	***знать:*** закон Ома для полной электрической цепи ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
19	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля - Ленца	***знать:*** закон Джоуля–Ленца ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
20	Магнитное поле проводника с током. Сила Ампера. Сила Лоренца	***знать:*** закон Ампера; влияние магнитного поля на движение заряженной частицы ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления

		и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
21	Явление электромагнитной индукции. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность	*уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
22	Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	*знать:* уравнение гармонических колебаний *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
23	Прямолинейное распространение света. Закон отражения света. Построение изображений в плоском зеркале. Закон преломления света. Полное внутреннее отражение. Линзы. Оптическая сила линзы. Формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах	*знать:* законы отражения и преломления света; формулу тонкой линзы *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
24	Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решетка	*знать:* понятие разности фаз, условия дифракционных минимумов и максимумов *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
25	Гипотеза М. Планка о квантах. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	*знать:* гипотезу Планка о квантах *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
26	Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-распад. Закон радиоактивного распада. Нуклонная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра. Ядерные реакции	*знать:* закон смещения при альфа-, бета- и гамма-распадах; закон смещения в ядерных реакциях *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

Таблица 2.2 Результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Процент правильно выполненных заданий	Доля студентов
80% - 100%	
60% - 80%	
40% - 60%	
0% - 40%	
Всего	

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.2.1 Контрольные работы на практическом занятии.

Контрольная работа № 1

Контрольная работа по разделу «Элементы квантовой физики атома».

Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за практическую работу – 5 баллов, минимальное – 3 балла.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в трех случаях: 1) n = 3; 2) n = 10; 3) n→∞.

Решение.

Собственные значения энергии E_n частицы в бесконечно глубоком одномерном потенциальном ящике на уровне n определяются по формуле:

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2 = An^2 .$$

Тогда разность энергий частицы на соседних уровнях составляет:

$$\Delta E_{n+1,n} = A(n+1)^2 - An^2 = A(n^2 + 2n + 1 - n^2) = A(2n+1) .$$

Отношение этой разности к энергии на n-ом уровне составляет:

$$\frac{\Delta E_{n+1,n}}{E_n} = \frac{A(2n+1)}{An^2} = \frac{2n+1}{n^2} .$$

1) Для n = 3 имеем:

$$\frac{\Delta E_{n+1,n}}{E_n} = \frac{2 \cdot 3 + 1}{3^2} = \frac{7}{9} ;$$

2) для n = 10 имеем:

$$\frac{\Delta E_{n+1,n}}{E_n} = \frac{2 \cdot 10 + 1}{10^2} = 0.21 ;$$

3) для n→∞ имеем:

$$\frac{\Delta E_{n+1,n}}{E_n} = \lim_{n \to \infty} \frac{2n+1}{n^2} = 0 .$$

Ответ: 1) 0,78; 2) 0.21; 3) 0.

2. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность W нахождения частицы: 1) в средней трети ящика; 2) в крайней трети ящика?

Решение.

Вероятность обнаружения частицы в области пространства объемом V связана с волновой функцией частицы соотношением:

$$W = \int_V |\psi|^2 dV .$$

Волновая функция частицы в одномерном прямоугольном бесконечно глубоком потенциальном ящике имеет вид:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{\pi n}{l} x .$$

Тогда искомая вероятность:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\psi|^2 dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{2}{l} \sin^2\left(\frac{\pi n}{l} x\right) dx = \frac{2}{\pi n}\left(\frac{x}{2} - \frac{1}{4}\sin \frac{\pi n}{l} x\right)\Bigg|_{x_1}^{x_2} .$$

1) Для средней трети ящика $x_1 = l/3$, $x_2 = 2l/3$, тогда:

$$W = \frac{2}{\pi n}\left(\frac{x}{2} - \frac{1}{4}\sin \frac{\pi n}{l} x\right)\Bigg|_{l/3}^{2l/3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2\pi}\sqrt{3} = 0.609 .$$

2) Для крайней трети ящика $x_1 = 0$, $x_2 = l/3$ или $x_1 = 2l/3$, $x_2 = l$; в любом случае имеем:

$$W = \frac{1}{3} - \frac{1}{2\pi}\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.195 .$$

Ответ: 1) 0.609, 2) 0.195.

3. Протон с энергией E = 1 МэВ изменил при прохождении потенциального барьера дебройлевскую длину волны на 1%. Определить высоту U потенциального барьера.

Решение.

1) Энергия свободной частицы:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} .$$

По теории де Бройля, импульс частицы:

$$p = \hbar k = \hbar \cdot 2\pi / \lambda .$$

Подставляем выражение для импульса в формулу энергии и выражаем волновое число:

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}, \; k = \sqrt{2mE/\hbar^2} = (1/\hbar)\sqrt{2mE} = 2\pi/\lambda_1 .$$

Отсюда:

$$\frac{2\pi\hbar}{\lambda_1} = \sqrt{2mE} . \quad (1)$$

2) После прохождения барьера кинетическая энергия частицы составляет:

$$E - U = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{p_1^2}{2m} .$$

Аналогично п.1 можно показать:

$$\frac{2\pi\hbar}{\lambda_2} = \sqrt{2m(E-U)} . \quad (2)$$

Относительное изменение дебройлевской длины волны:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1} = 1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \text{ или } \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1}$$

Отношение длин волн найдем путем деления (2) на (1):

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} = \frac{[2m(E-U)]^{1/2}}{(2mE)^{1/2}} = \left(1 - \frac{U}{E}\right)^{1/2}.$$

Отсюда:

$$1 - \frac{U}{E} = 1 - 2\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1}\right)^2.$$

Из последнего выражения получим высоту барьера:

$$U = E \cdot \left[2\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1}\right)^2\right].$$

Подставляем значения:

$$U = 1\,МэВ \cdot (2 \cdot 10^{-2} + 10^{-4}) = 20\,кэВ.$$

Ответ: 20 кэВ.

4. Электрон с энергией E = 100 эВ падает на потенциальный барьер высотой U = 64 эВ. Определить вероятность того, что электрон отразится от барьера.

Решение.

Вероятность отражения электрона от барьера по физическому смыслу совпадает с коэффициентом отражения дебройлевских волн от барьера:

$$\rho = \left|\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}\right|^2. \quad (1)$$

Волновое число k_1 связано с импульсом и энергией свободной частицы соотношением:

$$k_1 = p_1/\hbar = \sqrt{2mE/\hbar^2}. \quad (2)$$

Волновое число k_2 соответствует частице, прошедшей барьер:

$$k_2 = p_2/\hbar = \sqrt{2m(E-U)/\hbar^2}. \quad (3)$$

Подставим (2) и (3) в (1):

$$\rho = \left|\frac{\sqrt{2mE/\hbar^2} - \sqrt{2m(E-U)/\hbar^2}}{\sqrt{2mE/\hbar^2} + \sqrt{2m(E-U)/\hbar^2}}\right|^2 = \left|\frac{\sqrt{E} - \sqrt{E-U}}{\sqrt{E} + \sqrt{E-U}}\right|^2.$$

Подставляем значения энергий в эВ:

$$\rho = \left|\frac{10-6}{10+6}\right|^2 = 0{,}0625 = 6{,}25\%.$$

Ответ: 6,25%.

5. Рассматривая молекулу как квантовый гармонический осциллятор, находящийся в основной состоянии (n = 0), найти амплитуду A классических колебаний, выразив ее через параметр α.

$\alpha = \sqrt{\mu\omega / \hbar}$.

Решение.

Рассмотрим классический гармонический осциллятор массой μ; его кинематическое уравнение имеет вид:

$x = A\cos(\omega t)$ (для упрощения приняли начальную фазу равной нулю).

Линейная скорость:

$v = dx / dt = -A\omega\sin(\omega t)$.

Ускорение:

$a = dv / dt = d^2x / dt^2 - A\omega^2\cos(\omega t) = -\omega^2 x$.

В общем случае, ускорение осциллятора пропорционально отклонению от равновесия:

$d^2x / dt^2 = -\omega^2 x$.

Это эквивалентно действию на осциллятор квазиупругой силы. Запишем второй закон Ньютона:

$\mu d^2x / dt^2 = -\mu\omega^2 x$, где величина $\mu\omega^2 = \beta$ называется коэффициентом квазиупругости.

При максимальном отклонении ($x = A$) полная энергия осциллятора равна потенциальной и определяется по аналогии с упругой деформацией:

$E = \beta x^2 / 2 = \mu\omega^2 A^2 / 2$. (1)

Квантовый осциллятор, в отличие от классического имеет дискретные значения энергии. В основном состоянии энергия квантового осциллятора равна ħω/2. С учетом (1) имеем:

$\mu\omega^2 A^2 / 2 = \hbar\omega / 2$, или $\mu\omega A^2 = \hbar$. (2)

Выразим из (2) амплитуду:

$A = \sqrt{\hbar / (\mu\omega)}$, или с учетом $\alpha = \sqrt{\mu\omega / \hbar}$:

$A = \sqrt{1 / \alpha^2} = 1 / \alpha$.

Ответ: A = 1/α.

6. Зная собственную круговую частоту ω колебаний молекулы CO ($\omega = 4{,}08 \cdot 10^{14}$ с$^{-1}$), найти коэффициент β квазиупругой силы. Атомная масса углерода 12 а.е.м., кислорода 16 а.е.м.; масса нуклона $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

Решение.

Представим молекулу как гармонический осциллятор. Его приведенная масса составляет:

$\mu = (m_1 m_2)/(m_1 + m_2) = (12\text{а2а.е.} \cdot 16\text{а6а.е.})/(12\text{а2а.е.} + 16\text{а6а.е.}) = 7\text{аа.е.м}$.

Связь ускорения и смещения от равновесия для гармонического осциллятора выражается формулой:

$d^2x / dt^2 = -\omega^2 x$. (1)

Домножив левую и правую части (1) на μ, получим выражение второго закона Ньютона:

$F = \mu d^2 x / dt^2 = -\mu\omega^2 x = -\beta x$. (2)

Отсюда коэффициент квазиупругости:

$\beta = \mu\omega^2$.

Подставив числовые значения в СИ и произведя вычисления, получаем:

$\beta = 7\text{аа.е.м} \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \text{кг/а.е.м.} \cdot 4{,}08 \cdot 10^{14}\ \text{с}^{-1} = 1930\ \text{к9} / \text{с}^2 = 1{,}93\ \text{к,93}$.

Ответ: 1,93 кН/м.

7. Вычислить вращательную постоянную B для молекулы CO, если межъядерное расстояние d = 113 пм. Ответ выразить в миллиэлектрон-вольтах. Атомная масса углерода 12 а.е.м., кислорода 16 а.е.м.; масса нуклона $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

Решение.

Вращательная постоянная:

$B = \hbar^2 / 2J$. (1)

Момент инерции:

$J = \mu d^2$. (2)

Подставляем (2) в (1):

$B = \hbar^2 / (2\mu d^2)$

Приведенная масса:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{12\text{а2а.е.} \cdot 16\text{а6а.е.}}{12\text{а2а.е.} + 16\text{а6а.е.}} = 7\text{аа.е.м} = 1{,}162 \cdot 10^{-26}\ \text{кг}$$.

Вычислим B (1 мэВ = $1{,}6 \cdot 10^{-22}$ Дж):

$$B = \frac{(1{,}05 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 1{,}162 \cdot 10^{-26} \cdot (113 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-22}} = 0{,}23$$.

Проверим размерность:

$$[B] = \frac{\text{Дж}^2 c^2}{\text{кг} \cdot м^2 \cdot \text{Дж/мэВ}} = \frac{\text{Джс}^2\ \text{мэВ}}{\text{кгм}^2} = \text{мэВ}$$.

Ответ: B = 0,23 мэВ.

8. Для молекулы N_2 найти: 1) момент инерции J, если межъядерное расстояние d = 110 пм; 2) вращательную постоянную B; 3) изменение |ΔE| энергии при переходе молекулы с третьего вращательного энергетического уровня на второй. Относительная атомная масса A_N = 14, масса нуклона $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

Решение.

1) Определим приведенную массу молекулы:

$$\mu = \frac{m^2}{2m} = \frac{m}{2} = 7\text{а.е.м.} = 1{,}162 \cdot 10^{-26}\ \text{кг}$$.

2) Момент инерции молекулы:

$J = \mu d^2 = 1{,}162 \cdot 10^{-26}\ \text{кг} \cdot (110 \cdot 10^{-12}\ \text{м})^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-46}\ \text{кг} \cdot \text{м}^2$.

3) Вращательная постоянная:

$$B = \frac{\hbar^2}{2J} = \frac{\left(1{,}05 \cdot 10^{-34}\,\text{Дж} \cdot \text{с}\right)^2}{2 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-26}\,\text{кг} \cdot \text{м}^2} = 3{,}9 \cdot 10^{-23}\,\text{Дж} = 0{,}25\,\text{м,}2 \quad .$$

4) Энергия j-того вращательного уровня определяется по формуле:

$$E = Bj\left(j+1\right).$$

Тогда искомая разность:

$$\left|\Delta E\right| = E_3 - E_2 = B \cdot 3 \cdot \left(3+1\right) - B \cdot 2 \cdot \left(2+1\right) = 6B = 1{,}5\,\text{м,}5 \quad .$$

Ответ: $1{,}4 \cdot 10^{-46}$ кг·м^2; 0,25 мэВ; 1,5 мэВ.

Критерии и шкалы оценивания.

4,5-5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

3,5-4,5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

3-3,5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 3 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа по разделу «Элементы физики атомного ядра».

Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за практическую работу – 5 баллов, минимальное – 3 балла.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Полагая, что атомные ядра имеют форму сферы, радиус которой определяется формулой $r = r_0\sqrt[3]{A}$, где $r_0 = 1{,}4\cdot10^{-13}$ см и A – массовое число, показать, что средняя плотность <ρ> ядерного вещества одинакова для всех ядер. Определить (по порядку величины) ее значение. Масса нуклона $1{,}67\cdot10^{-27}$ кг.

Решение.

По определению, плотность – это отношение массы вещества к занимаемому им объему:

$$\rho = m/V.$$

Масса атомного ядра:

$$m = A\cdot1{,}67\cdot10^{-27}\text{ кг}.$$

Объем ядра:

$$V = (4/3)\pi r^3 = (4/3)\pi r_0^3 A.$$

Тогда плотность ядерного вещества:

$$\rho = \frac{3\cdot A\cdot1{,}67\cdot10^{-27}\text{ кг}}{4\cdot\pi\cdot r_0^3\cdot A} = \frac{3}{4}\frac{1{,}67\cdot10^{-27}\text{ кг}}{3{,}14\cdot(1{,}4\cdot10^{-13}\text{ см})^3} \sim 10^{11}\text{ кг/см}^3 = 10^{17}\text{ кг/м}^3.$$

Из полученной формулы видно, что плотность ядерного вещества не зависит от массового числа, т. е. одинакова для всех ядер.

Ответ: 10^{17} кг/м^3.

2. Покоившееся ядро радона $^{220}_{86}Rn$ выбросило α-частицу со скоростью υ = 16 Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона (указать зарядовое и массовое числа образовавшегося ядра) ?. Какую скорость υ_1 получило оно вследствие отдачи?

Решение.

Отметим, что α-частица – это ядро $^4_2$He, т. е. при распаде радона зарядовое число уменьшилось на 2, а массовое – на 4, и образовался изотоп полония $^{216}_{84}$Po.

Скорость ядра отдачи найдем из закона сохранения импульса:

$$m_\alpha \upsilon = m_{Po}\upsilon_1, \quad \upsilon_1 = (m_\alpha/m_{Po})\upsilon.$$

Подставим значения:

$$\upsilon_1 = (4/216)\cdot16\text{ Мм/с} = (8/27)\text{ Мм/с} = 296\text{ км/с}.$$

Ответ: $^{216}_{84}Po$, 296 км/с.

3. Сколько α- и β-частиц выбрасывается при превращении ядра урана $^{233}_{92}U$ в ядро висмута $^{209}_{83}Bi$?

Решение.

Отметим, что α-частица – это ядро гелия $^{4}_{2}He$ с зарядовым числом $Z_\alpha = 2$ и массовым числом $A_\alpha = 4$, а β-частица – это электрон с $Z_\beta = -1$ и $A_\beta = 0$. Из законов сохранения массового и зарядового чисел при ядерных реакциях следует, что при выбросе α-частицы массовое число исходного ядра уменьшается на 4, а зарядовое на 2. При выбросе β-частицы массовое число не изменяется, а зарядовое увеличивается на 1. Поэтому количество α-распадов можно определить по изменению массового числа:

$$n_\alpha = \frac{A_{Pb} - A_{Bi}}{A_\alpha}.$$

После такой серии α-распадов зарядовое число уменьшается на $2n_\alpha$. При каждом β-распаде зарядовое число увеличивается на 1. Тогда количество β-распадов можно определить как:

$$n_\beta = 2n_\alpha - (Z_{Pb} - Z_{Bi}).$$

Подставляем числовые значения:

$$n_\alpha = \frac{233 - 209}{4} = 6\,; \quad n_\beta = 2 \cdot 6 - (92 - 83) = 3.$$

Ответ: 6 α-частиц и 3 β-частицы.

4. Какая часть начального количества атомов распадется за один год в радиоактивном изотопе тория ^{229}Th ?

(Период полураспада ^{229}Th равен 7000 лет).

Решение.

Основной закон радиоактивного распада:

$$N = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_0 – начальное число атомов, N – число нераспавшихся атомов по прошествии времени t.

Постоянная распада λ связана с периодом полураспада $T_{1/2}$ соотношением:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}.$$

Тогда распавшаяся часть атомов:

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - \exp(-\lambda t) = 1 - [\exp(\ln 2)]^{-t/T_{1/2}} = 1 - 2^{-t/T_{1/2}}.$$

Подставляем числовые значения:

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - 2^{-1/7000} = 10^{-4} = 0{,}01\%.$$

Ответ: 0,01 %.

5. Вычислить удельную активность *a* кобальта ^{60}Co.

(Период полураспада ^{60}Co равен 5,3 года).

Решение.

Удельная активность – это активность единицы массы:

$a = A/m$. (1)

Активность нуклида определяется по формуле:

$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N$, (2)

где λ – постоянная распада, $T_{1/2}$ – период полураспада, N – число радиоактивных атомов.

Величину N найдем из соотношения:

$N = \frac{m}{M} N_A$, (3)

где m – масса, M – молярная масса, N_A – число Авогадро.

Подставляя (3) и (2) в (1), получим:

$$a = \frac{1}{m} \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \frac{m}{M} N_A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \frac{N_A}{M}.$$

Подставляем числовые значения с учетом того, что 1 год = 3,156 10^7 с:

$$a = \frac{0{,}693}{5{,}3 \cdot 3{,}156 \cdot 10^7\,c} \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\,\text{моль}^{-1}}{0{,}06\,\text{кг/моль}} = 4{,}1 \cdot 10^{16}\,\text{Бк/кг}.$$

Ответ: $4{,}1 \cdot 10^{16}$ Бк/кг.

6. Сколько ядер урана-235 должно делиться за время t = 1 с, чтобы тепловая мощность P ядерного реактора была равной 1 Вт? Принять, что при распаде одного ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

Решение.

При P = 1 Вт за t = 1 с выделяется теплота Q = 1 Дж.

При распаде одного ядра урана-235 выделяется энергия Q_1 = 200 МэВ.

Поэтому для получения мощности 1 Вт за секунду должно распадаться число ядер, равное:

$$N = \frac{Q}{Q_1} = \frac{1\,\text{Дж}}{200\,\text{МэВ} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-13}\,\text{Дж/МэВ}} = 3{,}125 \cdot 10^{10}.$$

Ответ: $3{,}125 \cdot 10^{10}$ ядер.

7. Под действием космических лучей в воздухе объемом V = 1 см^3 на уровне моря образуется в среднем N = 120 пар ионов за промежуток времени Δt = 1 мин. Определить экспозиционную дозу X излучения, действию которого подвергается человек за время τ = 1 сут. (Принять давление и температуру соответствующими нормальным условиям).

Решение.

Экспозиционная доза за время τ:

$X = \dot{X} \tau$.

Мощность экспозиционной дозы:

$\dot{X} = \frac{Ne}{m \Delta t}$,

где e – элементарный заряд, m – масса воздуха.

N пар ионов были сгенерированы в объеме воздуха V, массу которого можно определить из уравнения Клапейрона – Менделеева:

$$PV=\frac{m}{M}RT$$, откуда $$m=\frac{MPV}{RT}$$.

Тогда для экспозиционной дозы за время τ имеем:

$$X=\frac{Ne\tau}{m\Delta t}=\frac{RTNe\tau}{MPV\Delta t}$$.

Проверим размерность:

$$[X]=\frac{\text{Дж}\cdot K\cdot\text{Кл}\cdot\text{моль}\cdot\text{мин}}{\text{моль}\cdot K\cdot\text{кг}\cdot\text{Па}\cdot м^3\cdot\text{мин}}=\frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$.

Подставим значения:

$$X=\frac{8{,}314\cdot 273\cdot 120\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 24\cdot 60}{0{,}029\cdot 1{,}01\cdot 10^5\cdot 10^{-6}\cdot 1}=2{,}14\cdot 10^{-8}$$.

Ответ: $2{,}14\cdot 10^{-8}$ Кл/кг.

8. На расстоянии ℓ = 10 см от точечного источника гамма-излучения мощность экспозиционной дозы 0,86 мкА/кг. На каком наименьшем расстоянии $\ell_{\min}$ от источника экспозиционная доза излучения за рабочий день продолжительностью 6 ч не превысит предельно допустимую 5,16 мкКл/кг? Поглощением гамма-излучения в воздухе пренебречь.

Решение.

Можно считать, что мощность экспозиционной дозы пропорциональна интенсивности излучения. Тогда зависимость мощности дозы от расстояния имеет вид:

$$\dot{X}=\frac{A}{4\pi\ell^2}$$, (1)

где A – коэффициент, выражающий мощность излучения источника.

Предельно допустимая мощность дозы:

$$\dot{X}_{max}=\frac{X_{max}}{\tau}$$, (2)

где $X_{\max}$ – предельно допустимая доза за рабочий день длительностью τ.

С учетом (1) предельную мощность дозы можно связать с минимальным расстоянием до источника:

$$\dot{X}_{max}=\frac{A}{4\pi\ell_{min}^2}$$. (3)

Разделив (1) на (3), с учетом (2) получим:

$$\frac{\dot{X}}{\dot{X}_{max}}=\frac{\dot{X}\tau}{X_{max}}=\frac{4\pi\ell_{min}^2}{4\pi\ell^2}=\frac{\ell_{min}^2}{\ell^2}$$.

Отсюда искомое расстояние:

$$\ell_{min}=\ell\sqrt{\frac{\dot{X}\tau}{X_{max}}}$$.

Размерность:

$$[\ell] = м\sqrt{\frac{А \cdot с \cdot кг}{кг \cdot Кл}} = м.$$

Значение:

$$\ell = 0{,}1\sqrt{\frac{0{,}86 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 3{,}6 \cdot 10^{3}}{5{,}16 \cdot 10^{-6}}} = 6.$$

Ответ: 6 м.

Критерии и шкалы оценивания.

4,5-5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

3,5-4,5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

3-3,5 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 3 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

2.2.2 Опросы.

Опрос №1.

Опрос по разделу «Элементы физики атома»

- включает в себя:
  - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 мин.,
  - тестирование, выполняется 30 мин.,
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- из приведенных тестовых заданий формируются варианты по 8 заданий,
- оценивается ответ на каждый вопрос и тестовое задание, максимальный балл за ответы на вопросы – 7 баллов, за тест – 3 балла.

Вопросы.

1. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Дифракция микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга.
2. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять.
3. Уравнение Шредингера. Движение свободной частицы.
4. Частица в одномерной потенциальной яме. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер.
5. Состояние частицы в квантовой механике. Понятие о вырождении энергетических уровней. Фононы.
6. Стационарное уравнение Шредингера для атома водорода. Волновые функции и квантовые числа. Правила отбора для квантовых переходов.
7. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана. Собственный механический и магнитный моменты электрона в атоме.
8. Строение атомов и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Порядок заполнения электронных оболочек.
9. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсное заселение уровней активной среды. Основные компоненты лазера.
10. Условие усиления и генерации света. Особенности лазерного излучения. Основные типы лазеров и их применение.
11. Квантовые системы из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния (волновые функции) тождественных микрочастиц.
12. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Плотность числа квантовых состояний. Энергия Ферми.
13. Движение электронов в периодическом поле кристалла. Исходные представления зонной теории твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.

14. Проводимость металлов. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
15. Уровень Ферми в чистых и примесных полупроводниках. Температурная зависимость проводимости полупроводников.
16. Фотопроводимость полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Эффект Холла в металлах и полупроводниках.

Типовые тесты по разделу «Элементы физики атома»

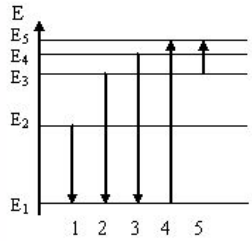
Вариант теста 1.

Задание 1.

В атоме водорода уровню энергии с номером *n* отвечает (без учета спина) количество квантовых состояний, равное:

1) $n^2 - 1$; 2) $(n-1)^2$; 3) $(n-1)$; 4) $(n+1)$; **5) n^2;** 6) $(n+1)^2$.

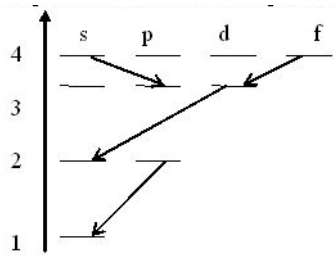
Задание 2.



На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Переход с испусканием фотона наибольшей частоты обозначен цифрой

1) 1 2) 2; **3) 3**; 4) 4; 5) 5.

Задание 3.



В атоме водорода электрон переходит с одного энергетического уровня на другой, как показано на рисунке. В соответствии с правилом отбора запрещенным является переход:1) 4f-3d; 2) 2p-1s; 3) 4s-3p; **4) 3d-2s.**

Задание 4.

Два источника излучают свет с длинами волн λ_1 = 375 нм и λ_2 = 750 нм. Отношение импульсов фотонов, излучаемых первым и вторым источником, составляет:

1) 0,5; **2) 2**; 3) 4; 4) 0,25.

Задание 5.

Если протон и нейтрон двигаются с одинаковыми импульсами, то отношение их длин волн де Бройля λ_p/λ_n составляет:

1) 1/4; 2) 1/2; **3) 1**; 4) 2; 5) 4.

Задание 6.

Протон локализован в пространстве в пределах x = 10 мкм. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1{,}05\cdot10^{-34}$ Дж·с, а масса протона $m = 1{,}67\cdot10^{-27}$ кг, неопределенность скорости движения (в *м/с*) составляет не менее:

1) $1{,}26\cdot10^{-2}$; 2) $6{,}29\cdot10^{-2}$; 3) $6{,}29\cdot10^{-3}$; 4) $1{,}26\cdot10^{-5}$.

Задание 7.

Стационарным уравнением Шредингера для частицы в одномерном ящике с бесконечно высокими стенками является уравнение:

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

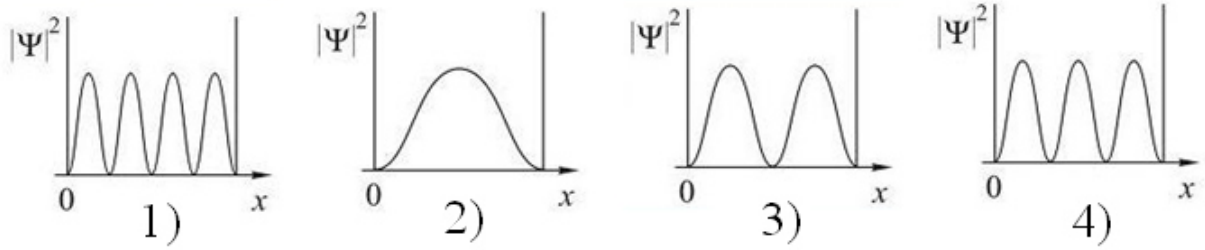
2) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E+\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}\right)\psi=0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega_0^2x^2}{2}\right)\psi=0$

4) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

Задание 8.

На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Состоянию с квантовым числом n = 2 соответствует распределение:



(правильный ответ 3)

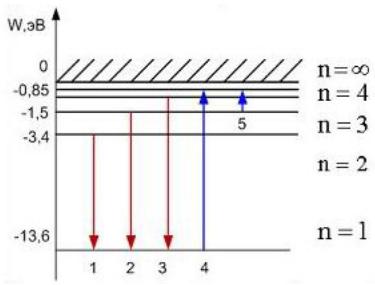
Вариант теста 2.

Задание 1.

В атоме водорода уровню энергии с номером n отвечает (**с учетом спина**) количество квантовых состояний, равное:

1) $2n^2 - 1$; 2) $(2n - 1)^2$; **3) $2n^2$**; 4) $(2n + 1)^2$; 5) $2n^2 + 1$.

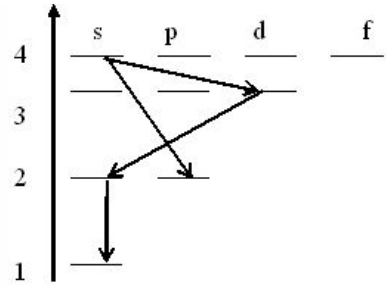
Задание 2.



На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома водорода.

Поглощение фотона с наименьшей частотой происходит при переходе, обозначенном цифрой:

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; **5) 5.**



Задание 3.В атоме водорода электрон переходит с одного энергетического уровня на другой, как показано на рисунке. В соответствии с правилом отбора разрешенным является переход:

1) 2s-1s; 2) 3d-2s; **3) 4s-2p**; 4) 4s-3d.

Задание 4.

Если частицы имеют одинаковую скорость, то наибольшей длиной волны де Бройля обладает:

1) электрон; 2) протон; 3) нейтрон; 4) α-частица.

Задание 5.

Если протон и α-частица движутся с одинаковыми скоростями, то отношение их длин волн де Бройля λ_p/λ_α составляет:

1) 4; 2) 2; 3) 1/2; 4) 1/4.

Задание 6.

Положение атома углерода в кристаллической решетке алмаза определено с погрешностью $\Delta x = 5\cdot10^{-11}$ м. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1{,}05\cdot10^{-34}$ Дж·с, а масса атома углерода $m = 1{,}99\cdot10^{-26}$ кг, неопределенность скорости Δv его теплового движения (в *м/с*) составляет не менее:

1) 106; 2) $9{,}43\cdot10^{-3}$; 3) 1,06; 4) 0,943.

Задание 7.

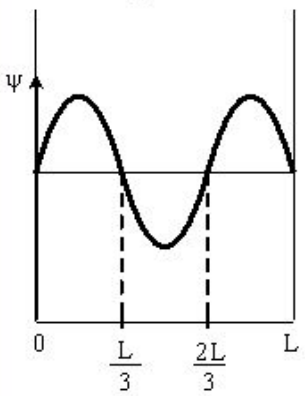
Нестационарным уравнением Шредингера является уравнение:

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

2) $\frac{-\hbar^2}{2m}\Delta\psi+U(x,y,z,t)\psi=i\hbar\frac{d\psi}{dt}$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-\frac{m\omega_0^2x^2}{2})\psi=0$

4) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E+\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi=0$



Задание 8.

Вероятность обнаружить электрон на участке (a,b) одномерного потенциального ящика с бесконечно высокими стенками вычисляется по формуле:

$$W=\int_a^b \omega\, dx ,$$

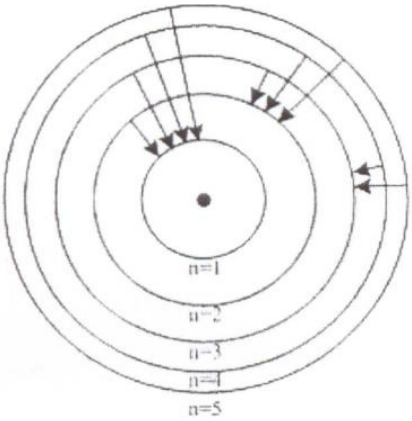
где ω – плотность вероятности, определяемая Ψ-функцией. Если Ψ-функция имеет вид, указанный на рисунке, то вероятность обнаружить электрон на участке $0 < x < 2L/3$ составляет:

1) 0; 2) 1/3; **3) 2/3**; 4) 5/6.

Вариант теста 3

Задание 1.
В атоме K и L оболочки заполнены полностью. Общее число электронов в атоме составляет:
1) 8; 2) 2; 3) 6; **4) 10**; 5) 4.

Задание 2.
На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Наибольшей длине волны в серии Бальмера соответствует переход:



1) n = 5 → n = 3; 2) n = 4 → n = 3;
3) n = 4 → n = 2; **4) n = 3 → n = 2**;
5) n = 4 → n = 1; 6) n = 3 → n = 1.

Задание 3.
Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное с $n = 3$. Радиус его боровской орбиты:
1) не изменился; 2) увеличился в 3 раза;
3) увеличился в 6 раз; **4) увеличился в 9 раз;**
5) увеличился в 1,5 раза.

Задание 4.
Если частицы имеют одинаковую длину волны де Бройля, то наименьшей скоростью обладает:
1) α-частица; 2) протон; 3) позитрон; 4) нейтрон.

Задание 5.
Групповая скорость волны де Бройля:
1) равна скорости света в вакууме;
2) может быть больше скорости света в вакууме;
3) равна скорости частицы;
4) не имеет смысла как физическая величина.

Задание 6.
Высокая монохроматичность лазерного излучения обусловлена относительно большим временем жизни электронов в метастабильном состоянии порядка 10^{-3} с. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 6{,}6\cdot10^{-16}$ эВ·с, ширина метастабильного уровня (в *эВ*) будет не менее:
1) $1{,}5\cdot10^{-13}$; **2) $6{,}6\cdot10^{-13}$**; 3) $1{,}5\cdot10^{-19}$; 4) $6{,}6\cdot10^{-19}$.

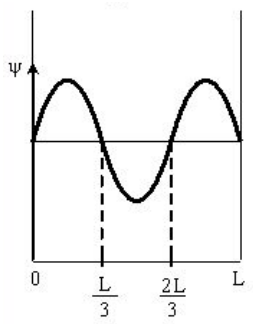
Задание 7.

Задана волновая функция частицы Ψ(x,y,z). Вероятность обнаружения частицы в объеме V определяется выражением:

1) $\frac{\Psi(x,y,z)}{V}$; 2) $\frac{\Psi^2(x,y,z)}{V}$; **3)** $\int_V |\Psi(x,y,z)|^2 dV$;

4) $|\Psi(x,y,z)|^2 V$; 5) $\frac{\int_V |\Psi(x,y,z)|^2 dV}{V}$.

Задание 8.



Электрон находится в возбужденном состоянии (n = 3) в одномерном потенциальном ящике шириной L с бесконечно высокими стенками, вид его волновой функции приведен на рисунке. Плотность вероятности нахождения электрона равна нулю в точках с координатами:

1) 0, L/3, 2L/3, L; 2) L/3, 2L/3;

3) 0, L/6, 5L/6, L; 4) L/6, L/2, 5L/6.

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за ответы на вопросы – 7 баллов, минимальный – 4 балла.

6,3-7,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

4,9-6,3 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

4,0-4,9 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 4 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 3 балла, минимальный – 2 балла.

3 балла выставляется, если студент правильно решил 8 тестовых заданий.

2,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 тестовых задания.

2 балла выставляется, если студент правильно решил 5 тестовых задания.

Менее 2 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 тестовых заданий.

Опрос №2.

Опрос по разделу «Элементы физики атомного ядра»

- включает в себя:
  - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 мин.,
  - тестирование, выполняется 30 мин.,
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- из приведенных тестовых заданий формируются варианты по 8 заданий,
- оценивается ответ на каждый вопрос и тестовое задание, максимальный балл за ответы на вопросы – 7 баллов, за тест – 3 балла.

Вопросы.

1. Основные свойства и строение ядра. Характеристики ядра: масса, заряд, энергия связи нуклонов. Ядерные силы.
2. Радиоактивность, закон радиоактивного распада. Ядерные реакции и их основные типы.
3. Правила смещения. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Позитрон. Электронный захват.
4. Детектирование ядерных излучений.
5. Понятие о дозиметрии и защите.
6. Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоизотопный анализ. Законы сохранения в ядерных реакциях.
7. Мюоны, мезоны и их свойства.
8. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц.
9. Частицы и античастицы. Лептоны и адроны. Кварки.
10. Электрослабое взаимодействие. Стандартная модель элементарных частиц. Проблемы объединения фундаментальных взаимодействий.

Типовые тесты по разделу «Элементы физики атомного ядра»

Вариант теста 1.

Задание 1.
Позитрон является античастицей по отношению к
1) фотону; 2) нейтрону; **3) электрону**; 4) протону; 5) нейтрино.

Задание 2.
Установить соответствие процессов взаимопревращения частиц:

1) β^- -распад	А) ${}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{+1}e \rightarrow 2\gamma$
2) β^+-распад	Б) ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \nu_e$
3) аннигиляция	В) ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \nu_e$

Варианты ответов:

1) 1-А, 2-Б, 3-В; **2) 1-В, 2-Б, 3-А;** 3) 1-В, 2-А, 3-Б;
4) 1-А, 2-В, 3-Б.

Задание 3.
Какая доля исходного количества радиоактивных атомов распадается за три периода полураспада?
1) 50%; 2) 75%; **3) 87,5%**; 4) 95%.

Задание 4.
Сколько α- и β^-- распадов должно произойти, чтобы актиний $^{227}_{89}Ac$ превратился в стабильный изотоп свинца $^{207}_{82}Pb$?
1) 5 α-распадов и 5 β^--распадов; **2) 5 α-распадов и 3 β^--распада**;
3) 4 α-распада и 4 β^--распада; 4) 6 α-распадов и 3 β^--распада.

Задание 5.
При α-распаде:
1) заряд ядра уменьшается на 2*e*, масса ядра не изменяется;
2) заряд ядра не изменяется, масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.;
3) заряд ядра уменьшается на 2*e*, масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.;
4) заряд ядра увеличивается на 1*e*, масса ядра не изменяется.

Задание 6.
Законом сохранения электрического заряда запрещена реакция:
1) $\nu_\mu + n \to p + \mu^-$ 2) $n + \tilde{p} \to e^- + \tilde{\nu}_e$
3) $n + \nu_e \to p + e^+$ 4) $\mu^- \to e^- + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu$

Задание 7.
Взаимодействие, в котором принимают участие все элементарные частицы, называется:
1) сильным; 2) электромагнитным;
3) гравитационным; 4) слабым.

Задание 8.
В сильном взаимодействии не принимают участие:
1) нейтроны; **2) электроны;**
3) протоны; 4) π-мезоны.

Вариант теста 2.

Задание 1.
Взаимодействие между нуклонами в ядре осуществляется:
1) путем обмена электронами;
2) за счет кулоновских сил;
3) за счет обмена γ-квантами;

4) за счет обмена виртуальными частицами – пионами (π-мезонами).

Задание 2.
Для нуклонов **неверными** являются утверждения (выбрать **два** варианта):
1) нейтрон обладает нулевым зарядом;
2) оба нуклона обладают одинаковыми зарядами, равными +*e*;
3) протон обладает зарядом +*e*;
4) массы нуклонов практически одинаковы;
5) спин нейтрона меньше спина протона.

Задание 3.
Из 10^{10} атомов радиоактивного изотопа с периодом полураспада 20 мин через 40 мин не испытают превращение примерно:
1) $2{,}5\cdot10^5$ атомов; 2) $5\cdot10^5$ атомов; 3) $5\cdot10^9$ атомов; **4) $2{,}5\cdot10^9$ атомов**.

Задание 4.
Сколько α- и β^-- распадов должно произойти, чтобы америций $^{241}_{95}\mathrm{Am}$ превратился в стабильный изотоп висмута $^{209}_{83}\mathrm{Bi}$?
1) 8 α-распадов и 4 β^--распада; 2) 8 α-распадов и 6 β^--распадов;
3) 7 α-распадов и 3 β^--распада; 4) 6 α-распадов и 3 β^--распада.

Задание 5.
При β^--распаде:
1) заряд ядра увеличивается на 1*e*, масса ядра уменьшается на 1 а.е.м.;
2) заряд ядра уменьшается на 1*e*, масса ядра не изменяется;
3) заряд ядра увеличивается на 1*e*, масса ядра не изменяется;
4) заряд ядра уменьшается на 1*e*, масса ядра уменьшается на 1 а.е.м.

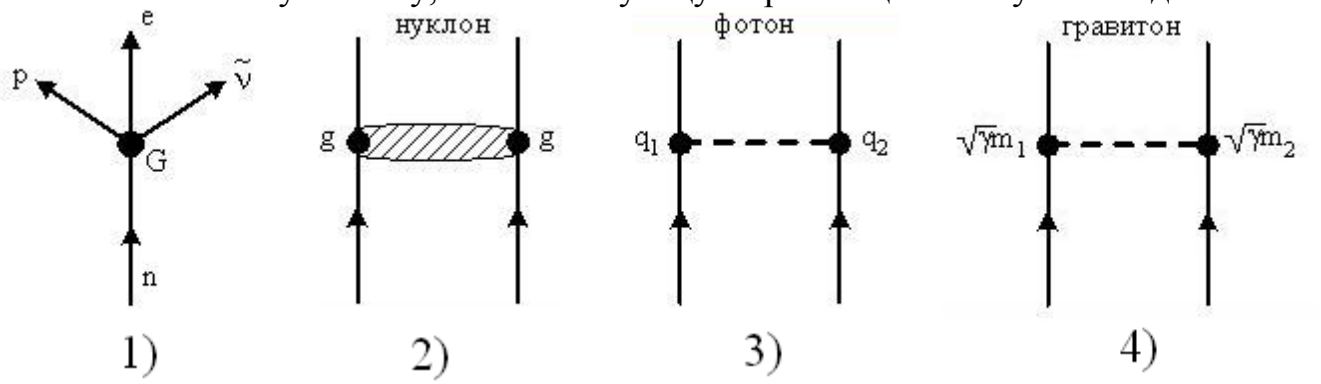
Задание 6.
Реакция $n \to p + e^+ + \nu_e$ не может идти из-за нарушения закона сохранения
1) электрического заряда; 2) барионного заряда;
3) лептонного заряда; 4) спинового момента импульса.

Задание 7.
Установить соответствие групп элементарных частиц характерным типам фундаментальных взаимодействий:

1) адроны	А) электромагнитное
2) лептоны	Б) сильное
3) фотоны	В) слабое

Варианты ответа:
1) 1-А, 2-Б, 3-В; **2) 1-Б, 2-В, 3-А;**
3) 1-В, 2-А, 3-Б; 4) 1-Б, 2-А, 3-В.

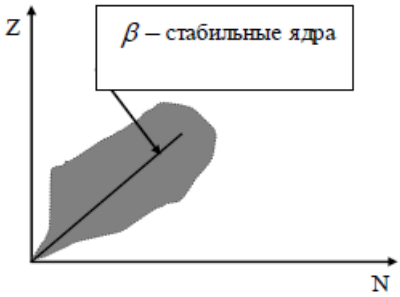
Задание 8.
Укажите квантовую схему, соответствующую гравитационному взаимодействию.



(правильный ответ 4)
Вариант теста 3.

Задание 1.
Для нуклонов верными являются утверждения (выбрать **два** варианта):
1) массы нуклонов практически одинаковы;
2) нейтрон обладает зарядом $-e$;
3) спин нейтрона меньше спина протона;
4) протон обладает зарядом, равным $+e$;
5) магнитные моменты нуклонов одинаковы.

Задание 2.
На рисунке показана область существования активных ядер. Прямой линией показаны равновесные значения Z_β, соответствующие β-стабильным ядрам. Здесь Z – порядковый номер элемента, а N – число нейтронов в ядре. В области $Z < Z_\beta$:



1) ядра обладают избытком нейтронов и β^--активны;
2) ядра обладают избытком протонов и β^--активны;
3) ядра обладают избытком нейтронов и β^+-активны;
4) ядра обладают избытком протонов и β^+-активны.

Задание 3.
Какая доля исходного количества радиоактивных атомов распадается за три периода полураспада?
1) 95%; **2) 87,5%**; 3) 75%; 4) 50%.

Задание 4.
Сколько α- и β^-- распадов должно произойти, чтобы уран $^{235}_{92}U$ превратился в стабильный изотоп свинца $^{207}_{82}Pb$?
1) 6 α-распадов и 5 β^--распадов; 2) 7 α-распадов и 6 β^--распадов;
3) 7 α-распадов и 4 β^--распада; 4) 8 α-распадов и 4 β^--распада.

Задание 5.

В осуществлении ядерной реакции $^{14}_{7}N + X \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$ участвует:

1) нейтрон; **2) α-частица**; 3) электрон;
4) γ-квант; 5) протон; 6) позитрон.

Задание 6.

При α-распаде значение зарядового числа Z:

1) увеличивается на 2; 2) не изменяется;
3) уменьшается на 4; **4) уменьшается на 2.**

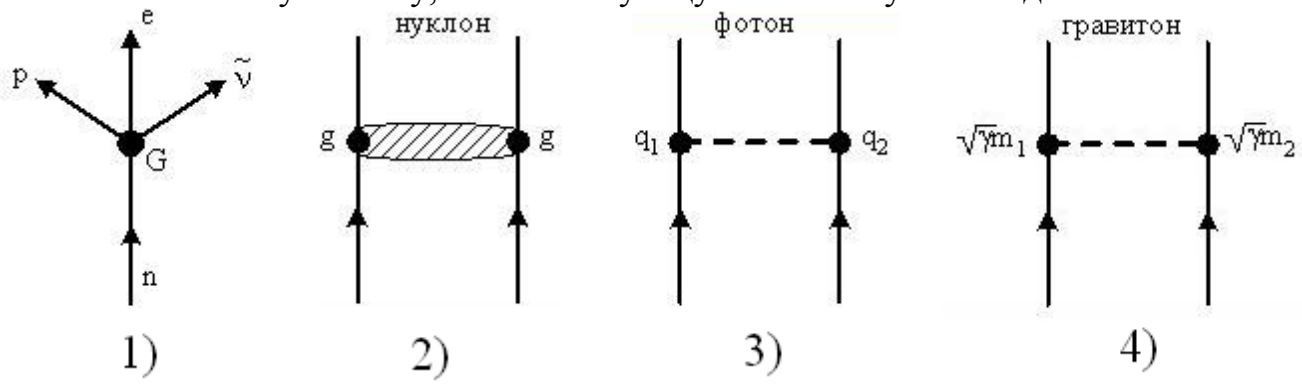
Задание 7.

В природе осуществляются четыре типа фундаментальных взаимодействий. Фотоны участвуют в:

1) электромагнитном и гравитационном;
2) слабом, электромагнитном и гравитационном;
3) сильном, слабом и гравитационном;
4) сильном и гравитационном.

Задание 8.

Укажите квантовую схему, соответствующую сильному взаимодействию.



(правильный ответ 2)

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за ответы на вопросы – 7 баллов, минимальный – 4 балла.

6,3-7,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

4,9-6,3 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

4,0-4,9 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 4,0 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 3 балла, минимальный – 2 балла.
3 балла выставляется, если студент правильно решил 8 тестовых заданий.
2,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 тестовых задания.
2 балла выставляется, если студент правильно решил 5 тестовых задания.
Менее 2 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 тестовых заданий.

2.2.3 Лабораторные работы.

Лабораторные работы по разделу «Элементы физики атома».

Лабораторная работа № 4.1.
Изучение спектра атома водорода

Цель работы: Исследовать спектр атомарного водорода, вычислить постоянную Ридберга.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о модели строения атома Дж.Томсона. В чем проявилась ее несостоятельность? Расскажите о модели строения атома Резерфорда-Бора. Какие эксперименты Э.Резерфорда привели к созданию Н.Бором его теории?
2. Какого вида бывают спектры?
3. Сформулируйте, поясните и запишите формулами постулаты Бора. Почему теория Н.Бора называется полуклассической?
4. Выведите, следуя Бору, формулы для радиусов круговых орбит электронов, а также формулу для энергии электрона в атоме водорода. Какие формулы дает квантовая механика? Чем объясняется имеющиеся сходства/различия?
5. Какой физический смысл имеет главное квантовое число? Какие квантовые числа вы знаете и каков их физический смысл?
6. Почему опыты Франка и Герца считаются подтверждением теории Бора?
7. Какие еще явления, кроме спектра электрона в атоме водорода, являлись необъяснимыми с точки зрения классической науки начала 20 века?
8. Какие закономерности наблюдаются в атомных спектрах? Что такое спектральная серия?
9. Запишите обобщенную формулу Бальмера и поясните ее. Что называется спектральными термами? Начертите энергетическую диаграмму атома водорода и покажите стрелками переходы, соответствующие сериям Лаймана, Бальмера, Пашена.
10. Найдите связь постоянной Ридберга с энергией атома водорода в некотором стационарном состоянии.
11. Изобразите схему уровней энергии атома водорода. Что такое потенциал возбуждения и потенциал ионизации?
12. Как возникают линии H_α, H_β, H_γ?
13. Опишите устройство монохроматора-спектрометра, используемого в вашей работе.
14. Решите задачу, предложенную преподавателем по теме «Атом Бора».

Лабораторная работа № 4.4.
Изучение p-n перехода

Цель работы: изучение основных физических свойств *p-n* перехода, получение вольт-амперных характеристик при прямом и обратном включении перехода, получение вольт-фарадной характеристики *p-n* перехода.

Контрольные вопросы

1. Что называется зоной проводимости, валентной и запрещенной зоной?
2. Объяснить электропроводность полупроводников и диэлектриков
3. Что такое полупроводники p- и n- типов?
4. Объяснить существование проводимости разных типов в полупроводниках.
5. Что такое p–n -переход? Каков механизм образования перехода?
6. Из каких составляющих складывается суммарный ток через p – n -переход?
7. Почему суммарный ток через p – n -переход в отсутствие внешнего напряжения на нем равен нулю?
8. Объяснить рост тока через p-n - переход при прямом смещении и практическое отсутствие тока при обратном.
9. Объяснить ВАХ полупроводниковых диодов.
10. Как объяснить выпрямляющие свойства p – n -перехода?
11. Объяснить электроемкость p – n перехода?
12. Что такое барьерная и диффузионные емкости p – n перехода?
13. Какие типы полупроводниковых диодов вы знаете?
14. Поясните полученные Вами вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики.

Лабораторная работа № 4.9
Опыты Франка – Герца

Цель работы: изучение процесса возбуждения атомов инертного газа (криптона Kr) электронами, измерение первого потенциала возбуждения.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о модели строения атома Дж.Томсона. В чем проявилась ее несостоятельность? Расскажите о модели строения атома Резерфорда-Бора. Какие эксперименты Э.Резерфорда привели к созданию Н.Бором его теории?
2. Какого вида бывают спектры?
3. Сформулируйте, поясните и запишите формулами постулаты Бора. Почему теория Н.Бора называется полуклассической?
4. Выведите, следуя Бору, формулы для радиусов круговых орбит электронов, а также формулу для энергии электрона в атоме водорода. Какие формулы дает квантовая механика? Чем объясняется имеющиеся сходства/различия?
5. Какой физический смысл имеет главное квантовое число? Какие квантовые числа вы знаете и каков их физический смысл?
6. Какие еще явления, кроме спектра электрона в атоме водорода, являлись необъяснимыми с точки зрения классической науки начала 20 века?
7. Какие закономерности наблюдаются в атомных спектрах? Что такое спектральная серия?
8. Запишите обобщенную формулу Бальмера и поясните ее. Что называется спектральными термами?
9. Начертите энергетическую диаграмму атома водорода и покажите стрелками переходы, соответствующие сериям Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета, Пфунда, Хэмфри.

10. Изобразите схему уровней энергии атома водорода. Что такое потенциал возбуждения и потенциал ионизации атома? Какой из них больше, а какой меньше?

11. Почему опыты Франка и Герца считаются подтверждением теории Бора? Какие основные выводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?

12. Для чего в опыте Франка и Герца служит сетка? Каков принцип работы газонаполненной трехэлектродной лампы – триода?

13. Объясните ход вольтамперной характеристики в опыте Франка и Герца? Почему в опытах Франка–Герца наблюдались максимумы при некоторых значениях напряжения*?* Что изменится, если вместо ртути в трубке будет другой газ? Другое тормозящее поле (другая величина задерживающего потенциала)?

14. Каков физический смысл упругого и неупругого соударения электронов с атомом? На каких участках кривой зависимости $I_a=f(U_{кс})$ наблюдаются упругие и на каких – неупругие столкновения электронов с атомами?

15. Решите задачу, предложенную преподавателем по теме «Атом Бора».

Лабораторная работа № 4.11
«Исследование температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников»

Цель работы: изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников; расчет ширины запрещенной зоны полупроводника; определение энергии ионизации атомов примеси и энергии Ферми.

Контрольные вопросы.

1. Объяснить с позиции зонной теории разницу между металлами и полупроводниками в способности проводить электрический ток.

2. Объясните причины разного поведения элеткропроводности металлов и полупроводников при изменении температуры.

3. Что такое температурный коэффициент сопротивления металла? Каким образом рассчитывается температурный коэффициент сопротивления металла α в данной лабораторной работе?

4. Что такое собственная и примесная проводимости полупроводника?

5. Поясните график зависимости концентрации носителей заряда в примесных полупроводниках от обратной температуры.

6. Перечислите основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводнике. Какие механизмы рассеяния преобладают при низких температурах, при высоких температурах?

7. Что представляет собой зонная структура полупроводника? Что такое энергия Ферми?

8. Что такое энергия ионизации? Каким образом можно определить данную величину?

9. Поясните результаты, полученные при измерении температурной зависимости электропроводности металлов. Чем обусловлена погрешность измерений**?**

10. Поясните результаты, полученные при измерении температурной зависимости электропроводности полупроводников. Чем обусловлена погрешность измерений**?**

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу включает в себя 4 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 2,5 баллов.

2,3-2,5 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

1,7-2,3 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

1,5-1,7 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 1,5 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

Лабораторные работы по разделу «Элементы физики атомного ядра»

Лабораторная работа № 4.2.
Измерение периода полураспада долгоживущего изотопа

Цель работы: 1) изучить закон радиоактивного распада на примере β^- -распада; 2) научиться определять период полураспада долгоживущего изотопа ^{40}K.

Контрольные вопросы.

1. Что называется радиоактивностью? При каких условиях протекает естественная радиоактивность? искусственная?
2. Закон радиоактивного превращения.
3. Что называется периодом полураспада?
4. Среднее время жизни радиоактивного ядра.
5. Разновидности β-распада.
6. Что называется активностью радиоактивного вещества? Что является единицей активности в системе единиц СИ?
7. Приведите схему распада изотопа $^{40}_{19}K$.
8. Обосновать полученные результаты.

Лабораторная работа № 4.3.
Исследование газоразрядного счетчика

Цель работы: ознакомиться с принципами работы регистрирующих излучение приборов, провести экспериментальное исследование газонаполненного счетчика Гейгера-Мюллера и определить его основные характеристики.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте общую характеристику газонаполненного счетчика по схеме: назначение, устройство и принцип действия.
2. Приведите схемы различных способов включения газонаполненных счетчиков в режим детектирования радиоактивного излучения.
3. Изложите методику экспериментального исследования зависимости амплитуды выходного сигнала от напряжения на счетчике. Начертите график названной зависимости и дайте ее анализ.
4. Поясните работу газонаполненного счетчика в режиме ионизационной камеры.
5. Какие процессы определяют форму импульса напряжения на выходе ионизационной камеры?
6. Поясните работу газонаполненного счетчика в пропорциональном режиме.
7. Какие процессы определяют форму импульса напряжения на выходе пропорционального счетчика?
8. Приведите общую характеристику работы газонаполненного счетчика в режиме Гейгера.
9. Какие процессы определяют форму импульса напряжения на выходе счетчика Гейгера?
10. Дайте определение мертвого времени счетчика Гейгера.

11. Какой интервал времени называют временем восстановления амплитуды импульса счетчика Гейгера?

12. Дайте определение временного разрешения счетчика Гейгера. Какая связь наблюдается между временным разрешением, мертвым временем, временем восстановления и уровнем срабатывания регистратора.

13. Дайте определение счетной характеристики счетчика Гейгера. Что называют протяженностью и наклоном плато? Почему рабочее напряжение выбирают в середине плато?

14. Выведите формулу для расчета временного разрешения счетчика методом двух источников.

15. Укажите способы снижения ошибок измерений, проводимых в данной работе.

16. Какие устройства кроме счетчика Гейгера используются для регистрации ионизирующих излучений? Охарактеризуйте физические принципы работы этих устройств.

Лабораторная работа № 4.5
Изучение и анализ свойств материалов с помощью сцинтилляционного счетчика

Цель работы: изучение и анализ свойств материалов с помощью сцинтилляционного счетчика (анализ спектра излучения).

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы сцинтилляционного счетчика.
2. Схема сцинтилляционного счетчика? Основные блоки устройства?
3. В чем состоит отличие в исследования заряженных частиц малых энергий?
4. Что характеризует время высвечивания t?
5. Что характеризует доля энергии регистрируемой частицы?

Лабораторная работа № 4.6
Изучение поглощения космического излучения в свинце и углового распределения интенсивности космического излучения

Цель работы: изучить зависимость интенсивности падающего космического излучения от толщины пройденных им свинцовых пластин; проверить феноменологическую формулу зависимости интенсивности падающего космического излучения от угла наблюдения.

Контрольные вопросы

1. Что такое первичное и вторичное космическое излучение?
2. Что входит в состав вторичного космического излучения?
3. Каковы компоненты первичного космического излучения?
4. Почему интенсивность прошедших через свинцовый слой лучей мало
5. отличается от интенсивности падающего космического излучения?

Почему в качестве материала фильтра используется свинец? Можно ли использовать другие материалы?

6. Поясните принцип работы установки ФПК - 01.
7. Что такое кривая поглощения? Прокомментируйте полученный Вами график кривой поглощения.

8. Поясните результаты, полученные при расчетах по формуле:

$$\frac{I_M}{I_Ж} = \frac{N_{i_{(d=0)}} - N_{i_{(d=\max)}}}{N_{i_{(d=\max)}}}$$

9. Прокомментируйте полученный Вами график Зависимости интенсивности падающих космических лучей от угла наблюдения Θ.

Лабораторная работа № 4.10
Определение длины пробега альфа-частиц в воздухе

Цель работы: знакомство с явлением естественной радиоактивности, рассмотрение механизма альфа-распада, получение кривой прохождения α-частиц через вещество (воздух), определение длины среднего пробега и энергии альфа-частиц.

Контрольные вопросы и задания

1. Общая классификация элементарных частиц.
2. Атом. Ядро. Понятие «элемент», «нуклид». Свойства ядерных сил. Изотопы, изотоны, изобары. Зеркальные ядра.
3. Дефект массы и энергия связи. Зависимость удельной энергии связи от массового числа.
4. Модели ядра (капельная, оболочечная, др.). Свойства ядерных сил. Эффект парности. Энергетический спектр ядер. Изомеры.
5. Радиоактивность и ее виды. Активность изотопов. Закон радиоактивного распада. Радиоактивное равновесие. Единицы измерения радиоактвности.
6. Альфа-распад и его характерные особенности. Почему спектр α-частиц дискретный?
7. Как α-частицы взаимодействуют с веществом? Что называется длиной пробега α-частицы? Как оценить энергию α-частицы?
8. Закон Гейгера–Неттола.
9. Каковы механизмы потерь энергии при движении альфа-частиц в веществе?
10. Кластерная радиоактивность.
11. Что называется радиоактивным семейством? Какие семейства различают в ядерной физике?
12. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы излучения и их единицы измерения. Воздействие ионизирующего излучения на организм.
13. Что называется альфа-спектрометрией и каково ее применение?
14. Решение задачи, заданной преподавателем.

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу включает в себя 2 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 2,5 баллов.

2,3-2,5 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимо-

связей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

1,7-2,3 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

1,5-1,7 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 1,5 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

Формой промежуточной аттестации является экзамен в традиционной форме.

2.3.1 Оценочные средства для проведения экзамена.

Вопросы.

1. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Дифракция микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга.
2. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять.
3. Уравнение Шредингера. Движение свободной частицы.
4. Частица в одномерной потенциальной яме. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер.
5. Состояние частицы в квантовой механике. Понятие о вырождении энергетических уровней. Фононы.
6. Стационарное уравнение Шредингера для атома водорода. Волновые функции и квантовые числа. Правила отбора для квантовых переходов.
7. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана. Собственный механический и магнитный моменты электрона в атоме.
8. Строение атомов и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Порядок заполнения электронных оболочек.
9. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсное заселение уровней активной среды. Основные компоненты лазера.
10. Условие усиления и генерации света. Особенности лазерного излучения. Основные типы лазеров и их применение.
11. Квантовые системы из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния (волновые функции) тождественных микрочастиц.
12. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Плотность числа квантовых состояний. Энергия Ферми.
13. Движение электронов в периодическом поле кристалла. Исходные представления зонной теории твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.
14. Проводимость металлов. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
15. Уровень Ферми в чистых и примесных полупроводниках. Температурная зависимость проводимости полупроводников.
16. Фотопроводимость полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Эффект Холла в металлах и полупроводниках.

17. Основные свойства и строение ядра. Характеристики ядра: масса, заряд, энергия связи нуклонов. Ядерные силы.
18. Радиоактивность, закон радиоактивного распада. Ядерные реакции и их основные типы.
19. Правила смещения. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Позитрон. Электронный захват.
20. Детектирование ядерных излучений.
21. Понятие о дозиметрии и защите.
22. Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоизотопный анализ. Законы сохранения в ядерных реакциях.
23. Мюоны, мезоны и их свойства.
24. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц.
25. Частицы и античастицы. Лептоны и адроны. Кварки.
26. Электрослабое взаимодействие. Стандартная модель элементарных частиц. Проблемы объединения фундаментальных взаимодействий.

Задачи.

Раздел «Элементы физики атома».

1. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в трех случаях: 1) $n = 3$; 2) $n = 10$; 3) $n \to \infty$.

2. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность W нахождения частицы: 1) в средней трети ящика; 2) в крайней трети ящика?

3. Протон с энергией E = 1 МэВ изменил при прохождении потенциального барьера дебройлевскую длину волны на 1%. Определить высоту U потенциального барьера.

4. Электрон с энергией E = 100 эВ падает на потенциальный барьер высотой U = 64 эВ. Определить вероятность того, что электрон отразится от барьера.

5. Рассматривая молекулу как квантовый гармонический осциллятор, находящийся в основной состоянии ($n = 0$), найти амплитуду A классических колебаний, выразив ее через параметр α.

$$\alpha = \sqrt{\mu \omega / \hbar}.$$

6. Зная собственную круговую частоту ω колебаний молекулы CO ($\omega = 4{,}08 \cdot 10^{14}$ c^{-1}), найти коэффициент β квазиупругой силы.

7. Вычислить вращательную постоянную B для молекулы CO, если межъядерное расстояние d = 113 пм. Ответ выразить в миллиэлектрон-вольтах.

8. Для молекулы N_2 найти: 1) момент инерции J, если межъядерное расстояние d = 110 пм; 2) вращательную постоянную B; 3) изменение |ΔE| энергии при переходе молекулы с третьего вращательного энергетического уровня на второй. Относительная атомная масса $A_N = 14$.

Раздел «Элементы физики атомного ядра».

1. Полагая, что атомные ядра имеют форму сферы, радиус которой определяется формулой $r = r_0\sqrt[3]{A}$, где $r_0 = 1{,}4\cdot10^{-13}$ см и A – массовое число, показать, что средняя плотность <ρ> ядерного вещества одинакова для всех ядер. Определить (по порядку величины) ее значение. Масса нуклона $1{,}67\cdot10^{-27}$ кг.

2. Покоившееся ядро радона $^{220}_{86}Rn$ выбросило α-частицу со скоростью υ = 16 Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона (указать зарядовое и массовое числа образовавшегося ядра)? Какую скорость υ_1 получило оно вследствие отдачи?

3. Сколько α- и β-частиц выбрасывается при превращении ядра урана $^{233}_{92}U$ в ядро висмута $^{209}_{83}Bi$?

4. Какая часть начального количества атомов распадется за один год в радиоактивном изотопе тория ^{229}Th ?
(Период полураспада ^{229}Th равен 7000 лет).

5. Вычислить удельную активность *a* кобальта ^{60}Co.
(Период полураспада ^{60}Co равен 5,3 года).

6. Сколько ядер урана-235 должно делиться за время *t* = 1 с, чтобы тепловая мощность *P* ядерного реактора была равной 1 Вт? Принять, что при распаде одного ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

7. Под действием космических лучей в воздухе объемом $V = 1$ см^3 на уровне моря образуется в среднем $N = 120$ пар ионов за промежуток времени $\Delta t = 1$ мин. Определить экспозиционную дозу *X* излучения, действию которого подвергается человек за время τ = 1 сут. (Принять давление и температуру соответствующими нормальным условиям).

8. На расстоянии $\ell = 10$ см от точечного источника гамма-излучения мощность экспозиционной дозы 0,86 мкА/кг. На каком наименьшем расстоянии ℓ_{min} от источника экспозиционная доза излучения за рабочий день продолжительностью 6 ч не превысит предельно допустимую 5,16 мкКл/кг? Поглощением гамма-излучения в воздухе пренебречь.

Распределение типов билетов по элементам знаний, умений и владений.

Содержание билетов	З1	З2	У1	В1	В2
Билет № 1	+		+		+
Билет № 2	+		+		+
Билет № 3	+		+		+
Билет № 4	+		+		+
Билет № 5	+		+	+	+
Билет № 6	+	+	+	+	+
Билет № 7	+		+	+	+
Билет № 8	+		+		+
Билет № 9	+		+	+	+
Билет № 10	+		+		+
Билет № 11	+		+		+
Билет № 12	+	+	+		+
Билет № 13	+		+		+
Билет № 14	+		+		+
Билет № 15	+		+	+	+
Билет № 16	+	+	+	+	+
Билет № 17	+		+	+	+
Билет № 18	+		+		+
Билет № 19	+	+	+		+
Билет № 20	+		+		+
Билет № 21	+		+		+
Билет № 22	+		+		+
Билет № 23	+		+		+
Билет № 24	+		+		+
Билет № 25	+		+	+	+

Критерии и шкалы оценивания.

<table>
<tr><th>Итоговая сумма баллов</th><th>Оценка по 4-бальной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th><th>Градация</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>отлично</td><td rowspan="6">зачтено</td><td>A</td><td>отлично</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">хорошо</td><td>B</td><td>очень хорошо</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td><td>хорошо</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td><td rowspan="2">удовлетворительно</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">удовлетворительно</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td><td>посредственно</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>неудовлетворительно</td><td>не зачтено</td><td>F</td><td>неудовлетворительно</td></tr>
</table>

Оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями по данной дисциплине, что может выражаться в неуверенном ответе на вопросы преподавателя, решил экзаменационную задачу только после подсказки преподавателя.

Оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями дисциплины, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог сразу разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине законами и моделями, решил самостоятельно задачу, содержащуюся в экзаменационном билете.

Оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями и смог разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине понятиями, законами и моделями, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя, решил самостоятельно экзаменационную задачу.