МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ

20 сентября 2022 г.

Квантовая теория

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Физики и микроэлектроники**

Учебный план

Направление 11.03.04 - РФ, 691000 - КР Электроника и наноэлектроника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 54

самостоятельная работа 54

экзамены 35,7

Виды контроля в семестрах:

экзамены 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**5 (3.1)**		Итого	
Недель	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	18	18	18	18
Контактная работа в период экзаменационной сессии	0,3	0,3	0,3	0,3
В том числе инт.	8	8	8	8
В том числе в форме практ.подготовки	8	8	8	8
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54,3	54,3	54,3	54,3
Сам. работа	54	54	54	54
Часы на контроль	35,7	35,7	35,7	35,7
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):
ст.преп., Малкин А.А. _____ *;к.ф.-м.н., доц. , Кайрыев Н.Ж.* _____

Рецензент(ы):
д.ф.-м.н., проф., Касмамытов Н.К. _____

Рабочая программа дисциплины
Квантовая теория

разработана в соответствии с ФГОС 3++:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:
Направление 11.03.04 - РФ, 691000 - КР Электроника и наноэлектроника
утвержденного учёным советом вуза от 28.06.2022 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Физики и микроэлектроники

Протокол от 29 августа 2022 г. № 1
Срок действия программы: 2022-2026 уч.г.
Зав. кафедрой к.ф.-м.н. доц. Айтимбетова А.Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС
13 сентября 2022 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
Физики и микроэлектроники

Протокол от 29 августа 2022 г. № 1
Зав. кафедрой к.ф.-м.н. доц. Айтимбетова А.Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС
5 сентября 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
Физики и микроэлектроники

Протокол от 28 августа 2023 г. № 1
Зав. кафедрой к.ф.-м.н. доц. Айтимбетова А.Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС
10 сентября 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Физики и микроэлектроники

Протокол от 23 августа 2024 г. № 1
Зав. кафедрой к.ф.-м.н. доц. Айтимбетова А.Н.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС
9 сентября 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Физики и микроэлектроники

Протокол от 29 августа 2025 г. № 1
Зав. кафедрой к.ф.-м.н. доц. Айтимбетова А.Н.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Формирование научной основы для ведения профессиональной научно-исследовательской деятельности, получение полного представления о современной физической теории, знаний об особенностях поведения и описания движения объектов микромира.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Высшая математика
2.1.2	Физика (спец главы)
2.1.3	Физика
2.1.4	Физический практикум
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Электронная микроскопия
2.2.2	Физика конденсированного состояния

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-3: Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
Уметь:	
Уровень 1	строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
Владеть:	
Уровень 1	навыками компьютерного моделирования

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	постулаты квантовой теории; основные принципы и математический аппарат квантовой теории; методы приближенного решения задач квантовой механики.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	получать необходимые данные по волновой функции; решать типовые задачи нерелятивистской квантовой механики; пользоваться аппаратом теории возмущений для приближенного решения квантовомеханических задач.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	основными методами решения задач квантовой механики.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Физические основы квантовой теории							
1.1	Введение. Физические основы квантовой механики: понятия и явления /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	2		
1.2	Введение. Физические основы квантовой механики: понятия и явления /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			

1.3	Введение. Физические основы квантовой механики: понятия и явления /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.4	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.5	Измеримость физических величин. Среднее значение физической величины /Лек/	5	4	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.6	Измеримость физических величин. Среднее значение физической величины /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.7	Измеримость физических величин. Среднее значение физической величины /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.8	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.9	Волновая функция и её статистический смысл. /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.10	Волновая функция и её статистический смысл. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.11	Временное и стационарное Уравнение Шредингера /Лек/	5	4	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.12	Временное и стационарное Уравнение Шредингера /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
1.13	Временное и стационарное Уравнение Шредингера /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			

1.14	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
	Раздел 2. Движение частиц в поле с центральной симметрией							
2.1	Операторы физических величин. Понятие оператора и их свойства /Лек/	5	4	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	2		
2.2	Операторы физических величин. Понятие оператора и их свойства /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.3	Операторы физических величин. Понятие оператора и их свойства /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.4	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.5	Решение уравнения Шредингера /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.6	Решение уравнения Шредингера /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.7	Простейшие задачи квантовой механики /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.8	Простейшие задачи квантовой механики /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
2.9	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			

2.10	Простейшие задачи квантовой механики /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
	Раздел 3. Теория возмущений							
3.1	Движение заряженной частицы в электромагнитном поле. /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.2	Движение заряженной частицы в электромагнитном поле. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.3	Движение заряженной частицы в электромагнитном поле. /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	1		
3.4	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.5	Предельный переход квантовой механики к классической механике. /Лек/	5	4	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.6	Предельный переход квантовой механики к классической механике. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.7	Предельный переход квантовой механики к классической механике. /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	1		
3.8	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
3.9	Теория квантовых переходов. /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			

3.10	Теория квантовых переходов. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
	Раздел 4. Элементы релятивистской квантовой теории							
4.1	Теория излучения , поглощения, и рассеяния света. /Лек/	5	4	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.2	Теория излучения , поглощения, и рассеяния света. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.3	Квантование электромагнитного поля /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.4	Квантование электромагнитного поля /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.5	Квантование электромагнитного поля /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	1		
4.6	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.7	Прохождение частицы через потенциальный барьер. /Лек/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.8	Прохождение частицы через потенциальный барьер. /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.9	Прохождение частицы через потенциальный барьер. /Пр/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	1		

4.10	Выполнение домашнего задания по решению задач /Ср/	5	2	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.11	Подготовка к промежуточному контролю /Ср/	5	10	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.12	Экзамен /Экзамен/	5	35,7	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			
4.13	Контактная работа в период экзаменационной сессии /КрЭк/	5	0,3	ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для проверки уровня обученности «ЗНАТЬ»:
1. Экспериментальные предпосылки квантовой механики. Квантовая природа света. Фотоэлектрический эффект. Комптон эффект. Принцип суперпозиции состояний. Атомные спектры Опыт Резерфорда. Модели Бора и Эйнштейна. Понятие о наблюдаемых. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
2. Операторы в квантовой теории. Условие эрмитовости. Условие нормировки. Задача на собственные значения волновой функции и собственные значения оператора. Принцип суперпозиций состояний. Алгебра операторов, операторное равенство, нулевой оператор, линейный оператор, единичный оператор, коммутативность операторов, коммутатор, умножение и сумма операторов. Ортонормированные системы функций.
3. Волновая функция и её статистический смысл. Оператор Гамильтона. Условие нормировки. Гамильтониан для системы N-взаимодействующих частиц во внешних полях. Уравнение Шредингера.
4. Наблюдаемые и состояния в квантовой механике. Интегралы движения. Плотность потока вероятности. Уравнение непрерывности. Решение стационарного уравнения Шредингера.
5. Операторы координаты и импульса. Описание состояний физических систем. Чистые и смешанные состояния. Полный набор наблюдаемых. Эволюция физических величин. Совместная измеримость физических величин. Неравенство Гейзенберга. Собственные значения функций импульса и момента импульса
6. Частица в одномерной потенциальной яме. Решение уравнения Шредингера. Определение собственных функций уравнения Шредингера
7. Линейный осциллятор. Решение уравнения Шредингера для стационарного случая. Спектр осциллятора для дискретного случая.
8. Уравнение движения частицы в электромагнитном поле. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.
9. Предельный переход квантовой механики к классической механике. Решение уравнение Шреденгера.Метод Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна. Одномерное туннелирование в квазиклассическом приближении. Решение уравнение Шреденгера для атома водорода. Сферическая волновая функция.
10. Вероятность переходов под влиянием возмущения, действующая в течении конечного промежутка времени.
11. Теория Эйнштейна по излучению, поглощению и рассеянию света. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом.

Вопросы для проверки уровня обученности «УМЕТЬ»:
1. Объяснить, почему в классической физике задание траектории движения эквивалентно определению состояния.
2. Объяснить, почему в микромире физическая величина является оператором.
3. Показать, как нормированный кет-вектор из Гильбертова пространства (или волновая функция) описывает состояние микросистемы.
4. Объяснить, почему оператор физической величины должен быть оператором определенного типа? Каким?
5. Записать соотношение неопределенности.
6. Записать оператор числа частиц в координатном представлении.
7. Записать Гамильтониан гармонического осциллятора в импульсном представлении. Каковы его собственные значения?
8. Записать гамильтониан для заряженной бесспиновой частицы, находящейся в произвольном электромагнитном поле.
9. Для частицы, движущейся в сферически симметричном поле записать интегралы движения.Положительно заряженный ион атома гелия находится в первом возбужденном состоянии. Какие значения проекции момента импульса он может

иметь?
10. Записать энергетический спектр и волновые функции для атома водорода.
11. Записать выражения для поправок к энергиям и волновым функциям в случае невырожденного спектра в стационарной теории возмущений.
Как оценить вероятность перехода из одного стационарного состояния в другое под действием нестационарного возмущения?
12. Показать, сохраняется ли момент импульса при свободном движении релятивистской частицы?
13. Записать релятивистское уравнение движения электрона в электромагнитном поле. Во что оно переходит в нерелятивистском пределе?
Какова размерность волновой функции?
14. Записать квантовое уравнение движения в картине Гейзенберга.
15. Почему в микромире импульс - векторная величина, а момент импульса нет?
16. Как оценить коэффициент прохождения через произвольный одномерный "потенциальный барьер"?
17. Положительно заряженный ион атома гелия находится в первом возбужденном состоянии. Какие значения проекции момента импульса он может иметь?
18. Как оценить вероятность перехода из одного стационарного состояния в другое под действием нестационарного возмущения?
19. Что означает фраза - "проквантовать физическую величину".
20. Показать, что уравнение Шредингера эквивалентно закону сохранения.

Вопросы (Задачи/задания) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ (Приложение 4).

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

5.3. Фонд оценочных средств

Приложение 3. Типовые задания для самостоятельной работы студентов.
Приложение 4. Типовые контрольные задания.
Приложение 5. Перечень тестовых заданий для контроля знаний студентов.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Согласно «Положению о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов ГОУ ВПО КРСУ от 6 сентября 2014 года» все формы текущего, рубежного и промежуточного контроля, предусмотренные рабочей программой, оцениваются в баллах. Дисциплинарные модули, формы текущего, рубежного, промежуточного контроля и шкала баллов, по которым они оцениваются, отражены в Технологической карте дисциплины (Приложение 1).
Шкалы оценивания приведены в Приложении 2.
Перечень заданий для самостоятельной работы студентов представлен в Приложении 3.
К оценочным средствам относятся:
текущий контроль успеваемости: домашние задания, активность, посещаемость.
рубежный контроль успеваемости: компьютерное тестирование, проверка выполнения контрольных работ.
промежуточная аттестация: экзамен в 5 семестре.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	В.В.Балашов, В.К.Долинов	Курс квантовой механики: Пособие	НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" 2001
Л1.2	Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И.	Задачи по квантовой механике	2001
Л1.3	Ведринский Р.В.	Квантовая механика: учебник	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет 2009

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	И.В. Савельев; Под ред. Е.С. Гридасова	Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: Учебное пособие для втузов	Москва .: ООО "Издательство Астрель" 2002
Л2.2	И.Е. Иродов	Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие для вузов	Москва .: Лаборатория базовых знаний 2001

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.3		Балашов В.В. Курс квантовой механики [Электронный ресурс]/ Балашов В.В., Долинов В.К.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001.— 336 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16546.html.— ЭБС «IPRbooks»	
Л2.4	Парфенов П.С.	Квантовая механика: методическое пособие к практикуму по квантовой физике	СПб.: Университет ИТМО 2012
Л2.5	Брайан Клегг	Квантовая теория	М.: РИПОЛ классик 2014

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	В.Д. Джунушалиев; Кыргызско-Российский Славянский университет	Квантовая механика: Краткий курс лекций. Ч. I	Бишкек.: Изд-во КРСУ 2004
Л3.2	В.Д. Джунушалиев	Квантовая механика. Ч. 2: Конспект лекций	Бишкек.: Изд-во КРСУ 2007

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	Традиционные образовательные технологии – технологии, ориентированные прежде всего на сообщение знаний и способов действий, передаваемых учащимся в готовом виде, и предназначенных для воспроизводящего усвоения. Предполагают, что педагог является единственным инициативно действующим лицом учебного процесса. К ним могут быть отнесены лекции, семинары, лабораторные работы репродуктивного типа и т.д.
6.3.1.2	Инновационные образовательные технологии – занятия в интерактивной форме, которые формируют системное мышления и способность генерировать идеи при решении различных творческих задач. К формам интерактивных лекций, применяемых в рамках дисциплины, относятся: лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций.
6.3.1.3	Лекция-беседа, или «диалог с аудиторией», является наиболее распространенной и сравнительно простой формой вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей обучаемых.
6.3.1.4	Лекция-дискуссия. В отличие от лекции-беседы здесь преподаватель при изложении лекционного материала не только использует ответы слушателей на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.
6.3.1.5	Дискуссия – это взаимодействие преподавателя и учащегося, свободный обмен мнениями, идеями и взглядами по исследуемому вопросу. Это оживляет учебный процесс, активизирует познавательную деятельность аудитории и, что очень важно, позволяет преподавателю управлять коллективным мнением группы, использовать в целях убеждения, преодоления негативных установок и ошибочных мнений некоторых обучаемых.
6.3.1.6	По ходу лекции-дискуссии преподаватель приводит отдельные примеры в виде ситуаций или кратко сформулированных проблем и предлагает студентам коротко обсудить, затем краткий анализ, выводы и лекция продолжается.
6.3.1.7	Лекция с разбором конкретных ситуаций. Данная лекция по форме похожа на лекцию-дискуссию, однако, на обсуждение преподаватель ставит не вопросы, а конкретную ситуацию. Поэтому изложение ее должно быть очень кратким, но содержать достаточную информацию для оценки характерного явления и обсуждения. Слушатели анализируют и обсуждают эти микроситуации и обсуждают их сообща, всей аудиторией.
6.3.1.8	К формам интерактивных семинаров и практических занятий, применяемых в рамках дисциплины, относятся: расчетные практические работы; подготовка презентации итогов работы в Microsoft Office Power Point.

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	IPR-books.ru
6.3.2.2	Электронно - Библиотечная система « ЛАНЬ »
6.3.2.3	Портал polpred.com
6.3.2.4	Сеть академических библиотек Кыргызстана
6.3.2.5	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
6.3.2.6	Универсариум – открытая система электронного образования
6.3.2.7	Открытый образовательный видеопортал UniverTV.ru
6.3.2.8	Лекториум TV
6.3.2.9	Национальный открытый университет ИНТУИТ
6.3.2.10	Edward Elgar Journals&eBooksт

6.3.2.11	IMF eLibrary
6.3.2.12	Intellect Journals
6.3.2.13	IOP Science
6.3.2.14	New England Journal of Medicine
6.3.2.15	Royal Society Journals
6.3.2.16	Sage Premier
6.3.2.17	Базы данных EBSCO
6.3.2.18	Мировая цифровая библиотека
6.3.2.19	Директория журналов в отрытом доступе DOAJ
6.3.2.20	База данных AGORA
6.3.2.21	База данных HINARI
6.3.2.22	База данных Института Физики
6.3.2.23	Корпоративный электронный репозиторий авторефератов диссертаций (КРАД)
6.3.2.24	Электронный каталог библиотеки КРСУ
6.3.2.25	Цифровая коллекция Книжных памятников Кыргызстана
6.3.2.26	Новая литература Кыргызстана
6.3.2.27	Виртуальная научная библиотека КР

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	лекционная аудитория на 80 посадочных мест (корпус 3 аудитория 407);
7.2	аудитории для проведения практических и семинарских занятий (корпус 3 аудитория 412, 413);
7.3	компьютерные классы (с подключением к Интернет-сети) для индивидуальной самостоятельной работы студентов, подготовки домашних заданий, презентаций, письменных работ (корпус 3 аудитория 413,411);
7.4	комплекс мультимедийного оборудования (компьютер, проектор и экран) для проведения лекций и презентаций;
7.5	социальные сети, мессенджер, электронная почта.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендации по организации самостоятельной работы студента.

1. Советы по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.
Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:
Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.
Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.
Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.
Подготовка к практическому занятию – 2 часа.
Всего в неделю – 3 часа 30 минут.

2. Описание последовательности действий студента.
Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:
1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время (1час) для работы с рекомендуемой литературой в библиотеке.
4. При подготовке к практическим занятиям следующего дня, необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме домашнего задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.

3. Рекомендации по работе с литературой.
Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл?, что даст это на практике?.

4. Советы по подготовке к рубежному и промежуточному контролям.
При подготовке к промежуточному контролю нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

5. Указания по организации работы с контрольно-измерительными материалами, по выполнению домашних заданий.
При выполнении домашних заданий необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи, а затем приступить к расчетам и сделать качественный вывод.

6. Подготовка к экзамену.
Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.
Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций.
Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.
Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технологическая карта дисциплины (семестр 6)

Дисциплина: Квантовая теория

Курс/семестр: 3/5

Количество кредитов (ЗЕ): 4

Отчетность: Экзамен

Название модулей дисциплины согласно РПД	Контроль	Форма контроля	зачетный минимум	зачетный максимум	график контроля
Модуль 1					
Физические основы квантовой теории	Текущий контроль	Домашние задания, активность, посещаемость	3	5	9
	Рубежный контроль	Письменная контрольная работа	8	15	
Модуль 2					
Движение частиц в поле с центральной симметрией	Текущий контроль	Домашние задания, активность, посещаемость	3	5	12
	Рубежный контроль	Компьютерное тестирование	6	10	
Модуль 3					
Теория возмущений	Текущий контроль	Домашние задания, активность, посещаемость	3	5	15
	Рубежный контроль	Письменная контрольная работа	8	15	
Модуль 4					
Элементы релятивистской квантовой теории	Текущий контроль	Домашние задания, активность, посещаемость	3	5	17
	Рубежный контроль	Компьютерное тестирование	6	10	
ВСЕГО за семестр			40	70	
Промежуточный контроль (Экзамен)			20	30	
Семестровый рейтинг по дисциплине			60	100	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Шкала оценивания для ТЕСТА (рубежный контроль)

Тест состоит из заданий с выбором одного ответа из 4-х предложенных. Тип заданий – закрытый, количество заданий в тест-билете – 20, за правильный ответ – 0.5 балл, за неправильный или неуказанный ответ – 0 баллов.

Оценка (стандартная)	Баллы	% правильных ответов
отлично	8-10	76-100
хорошо	5.5-7	51-75
удовлетворительно	2.5-5	25-50
неудовлетворительно	0-2	менее 25

Шкала оценивания ЭКЗАМЕНА (промежуточный контроль):

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к знаниям
28-30	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими - видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач по формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций
24-27	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по дисциплине
20-23	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой
Менее 20	неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине

1.25. Определить температуру Т, при которой энергетическая светимость черного тела равна $M_e = 10$ кВт/м^2.

1.26. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен $\Phi_e = 34$ Вт. Определить температуру Т печи, если площадь отверстия $S = 6$ см^2.

1.27. Определить энергию W, излучаемую за время $t = 1$ мин из смотрового окошка площадью $S = 8$ см^2 плавильной печи, если ее температура $T = 1{,}2$ кК.

1.28. Температура верхних слоев звезды Сириус равна $T = 10$ кК. Определить поток энергии Φ_e, излучаемый с поверхности площадью $S = 1$ км^2 этой звезды.

1.29. Определить относительное увеличение $\Delta M_e/M_e$ энергетической светимости черного тела при увеличении его температуры на 1%.

1.30. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость M_e возросла в два раза.

1.31. Принимая, что Солнце излучает как черное тело, вычислить его энергетическую светимость M_e и температуру Т его поверхности. Солнечный диск виден с земли под углом $\theta = 32''$. Солнечная постоянная $C = 1{,}4$ кДж/(м^2·с). (Солнечной постоянной называется величина, равная поверхностной плотности потока энергии излучения Солнца вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца, равном $r_{ЗС} = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м.)

1.32. Определить установившуюся температуру Т зачерненной металлической пластинки, расположенной перпендикулярно солнечным лучам вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца. Значение солнечной постоянной приведено в предыдущей задаче.

1.33. Принимая коэффициент теплового излучения угля при температуре $T = 600$ К равным $a_T = 0{,}8$, определить: 1) энергетическую светимость угля; 2) энергию W, излучаемую с поверхности угля с площадью $S = 5$ см^2 за время $t = 10$ мин.

1.34. С поверхности сажи площадью $S = 2$ см^2 при температуре $T = 400$ К за время $t = 5$ мин излучается энергия $W = 83$ Дж. Определить коэффициент теплового излучения a_T сажи.

1.35. Муфельная печь потребляет мощность $P = 1$ кВт. Температура ее внутренней поверхности при открытом отверстии площадью $S = 25$ см^2 равна $T = 2$ кК. Считая, что отверстие печи

излучает как черное тело, определить, какая часть η мощности рассеивается стенками?

1.36. Можно условно принять, что Земля излучает как серое тело, находящееся при температуре T = 280 К. Определить коэффициент теплового излучения a_T земли, если энергетическая светимость ее поверхности равна M_e = 325 кДж/(м^2·ч).

1.37. Мощность излучения шара радиусом R = 10 см при некоторой постоянной температуре T равна P = 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом теплового излучения a_T= 0,25.

1.38. На какую длину волны λ_m приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$ черного тела при температуре t = 0°C?

1.39. Температура верхних слоев Солнца равна T = 5,3 кК. Считая Солнце абсолютно черным телом, определить длину волны λ_m, которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$ Солнца.

1.40. Определить температуру T черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$ приходится а) на красную границу видимого спектра (λ_1 = 760 нм); б) на фиолетовую (λ_2 = 380 нм).

1.41. Максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$ яркой звезды Арктур приходится на длину волны λ_m=580нм. Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру T поверхности звезды.

1.42. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$ сместился с λ_1 = 2,4 мкм на λ_2 =0,8 мкм. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость M_e и максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$?

1.43. При увеличении термодинамической температуры T абсолютно черного тела в два раза длина волны λ_m, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda,T})_{max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda$ = 400нм. Определить начальную T_1 и конечную T_2 температуру тела.

1.44. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела равна $(M_{\lambda,T})_{max}$= 4,16·10^{11} Вт/м^3. На какую длину волны λ_m она приходится?

1.45. Температура абсолютно черного тела равна T = 2 кК. Определить: 1) спектральную плотность энергетической светимости $M_{\lambda,T}$ для длины волны λ = 600 нм; 2) энергетическую светимость M_e в

интервале длин волн от $\lambda_1 = 590$ нм до $\lambda_2 = 610$ нм. Принять, что средняя спектральная плотность энергетической светимости тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны $\lambda = 600$ нм.

1.46. Начальная температура излучения $T = 2000$ К. На сколько кельвинов изменилась эта температура, если длина волны, на которую приходится максимум излучения, увеличилась на $\Delta\lambda$=260 нм?

1.47. Какую энергию за 1 секунду излучает абсолютно черное тело, имеющее форму шара радиусом $R = 0{,}1$ м, если максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda = 700$ нм?

1.48. Масса Солнца $M_C = 2 \cdot 10^{30}$ кг, его радиус $R_C = 7 \cdot 10^8$ м и эффективная температура поверхности $T = 5700$ К. Подсчитать, пользуясь законом Стефана-Больцмана, какую массу теряет Солнце на излучение в 1с. Оценить время, в течение которого масса Солнца уменьшилась на 1%.

1.49. Медный шар диаметром $d = 10$ см с абсолютно черной поверхностью остывает, находясь в термостате, стенки которого (также абсолютно черные) поддерживаются при температуре, близкой к абсолютному нулю. Определить, до какой температуры остынет шар через промежуток времени $\tau = 5$ ч, если его первоначальная температура $T_0 = 300$ К. Удельная теплоемкость меди $C_{уд} = 0{,}38$ Дж/(г·К), плотность меди $\rho = 8{,}93$ г/см^3.

1.50. Ртутная дуга имеет мощность $P = 125$ Вт. Какое число фотонов испускается в единицу времени в излучении с длинами волн λ, равными: 612,3мн; 579,1нм; 546,1нм; 404,7нм; 365,5нм; 253,7 нм? Интенсивности этих линий составляют соответственно 2; 4; 4; 2,9; 2,5; 4% интенсивности ртутной дуги. Считать, что 80% мощности дуги идет на излучение.

1.51. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует: а) видимой части спектра $\lambda = 0{,}6$ мкм; б) рентгеновскому излучению с длиной волны $\lambda = 0{,}1$ нм, в) гамма-излучению с длиной волны $\lambda = 1$ пм.

1.52. При какой температуре средняя тепловая энергия молекул идеального газа равна энергии фотонов, соответствующих излучению: а) человеческого тела $\lambda = 10$ мкм; б) видимого света $\lambda = 0{,}6$ мкм; в) рентгеновского излучения $\lambda = 0{,}01$ нм.

1.53. Сколько квантов излучения с длинами волн $\lambda_1 = 10$ мкм и $\lambda_2 = 2$ пм содержится в световом пучке с энергией $W = 1$ Дж?

1.54. Какое количество фотонов с длиной волны $\lambda = 0{,}6$ мкм в параллельном пучке имеет суммарный импульс, равный среднему импульсу атома гелия при температуре $T = 300$ К?

1.55. При какой температуре средний импульс нейтрона равен импульсу рентгеновского фотона с длиной волны $\lambda = 0{,}1$ нм?

1.56. Найти частоту монохроматического излучения, мощностью $P = 3 \cdot 10^{-2}$ Вт, что соответствует интенсивности потока 10^{14}фотон/с.

1.57. Монохроматический параллельный пучок света, проходя через диафрагму с узкой длинной прямоугольной щелью, ориентированной нормально к потоку, образует на экране дифракционную картину. Найти энергию и импульс фотонов, если известно, что первый минимум возникает в направлении угла $\varphi = 6^{\circ}$, а ширина щели $b = 5$ мм.

1.58. Дифракционная решетка с периодом $d = 3$ мкм расположена нормально на пути монохроматического плоского светового потока. При этом углы дифракции, отвечающие двум соседним максимумам на экране, равны $\varphi_1 = 23^{\circ}35'$ и $\varphi_2 = 36^{\circ}52'$. Вычислить энергию фотонов данного светового потока.

1.59. Пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 633$ нм падает нормально на зеркальную плоскую поверхность. Поток энергии $\Phi_e = 0{,}6$ Вт. Определить силу давления, испытываемую этой поверхностью, а также число N фотонов, падающих на нее за время $t = 5$ с.

1.60. Параллельный пучок света длиной волны $\lambda = 500$ нм падает нормально на зачерненную поверхность, производя давление $P = 10$ мкПа. Определить: 1) концентрацию n фотонов в пучке; 2) число n_1 фотонов, падающих на поверхность площадью $S = 1$ м^2 за время $t = 1$ с.

1.61. Определить давление солнечного излучения на зачерненную пластинку, расположенную перпендикулярно солнечным лучам и находящуюся вне земной атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца (см. задачу 1.31).

1.62. Определить поверхностную плотность **J** потока энергии излучения, падающего на зеркальную поверхность, если световое давление при перпендикулярном падении лучей равно $P = 10$ мкПа.

1.63. Поток энергии, излучаемый электрической лампой, равен $\Phi_e = 600$ Вт. На расстоянии $r = 1$ м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром $d = 2$ см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определить силу F светового давления на зеркальце.

1.64. На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью $S = 1{,}5$ см^2 падает нормально свет от электрической дуги. Определить импульс p, полученный зеркальцем, если поверхностная

плотность потока излучения, падающего на зеркальце, равна $J = 0{,}1$ МВт/м^2. Продолжительность облучения $t = 1$ с.

1.65. Спутник в форме шара движется вокруг Земли на такой высоте, что поглощением солнечного света в атмосфере можно пренебречь. Диаметр спутника $d = 40$ м. Зная солнечную постоянную (см. задачу 1.31) и принимая, что поверхность спутника полностью отражает свет, определить силу давления F солнечного света на спутник.

1.66. Давление монохроматического света ($\lambda = 600$ нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно $P = 0{,}1$ мкПа. Определить число N фотонов, падающих за время $t = 1$ с на поверхность площадью $S = 1$ см^2.

1.67. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda = 500$ нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой $F = 10$ нН. Определить число N_1 фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.

1.68. Параллельный пучок монохроматического света ($\lambda = 662$ нм) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление $P = 0{,}3$ мкПа. Определить концентрацию n фотонов в световом пучке.

1.69. Найти световое давление на стенки электрической 100 – ваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом $r = 5$ см. Стенки лампы отражают 4% и пропускают 96% падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

1.70. На поверхность площадью $S = 0{,}01$ м^2 в единицу времени падает световая энергия $E = 1{,}05$ Дж/с. Найти световое давление в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающие на нее лучи.

1.71. При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов $U = 0{,}8$ В. Найти длину волны λ применяемого облучения и предельную длину волны λ_0, при которой еще возможен фотоэффект. Работа выхода для платины $A = 6{,}3$ эВ.

1.72. Фотоны с энергией $\varepsilon = 4{,}9$ эВ вырывают электроны из металла с работой выхода $A = 4{,}5$ эВ. Найти максимальный импульс p_{max}, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

1.73. Найти длину волны λ_0 света, соответствующую красной границе фотоэффекта, для лития, натрия, калия и цезия. Работы выхода соответственно равны: 1,39эВ; 2,27эВ; 2,15эВ; 1,89эВ.

1.74. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла $\lambda_0 = 275$ нм. Найти минимальную энергию ε фотона, вызывающего фотоэффект.

1.75. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла $\lambda_0 = 275$ нм. Найти работу выхода электрона из металла, максимальную скорость v_{max} электронов, вырываемых из металла светом с длиной волны $\lambda = 180$ нм, и максимальную кинетическую энергию T_{max} электронов.

1.76. Чему равны максимальные скорости фотоэлектронов при освещении поверхности цезия и платины резонансными линиями: а) ртути ($\lambda_0 = 185$ нм); б) кальция ($\lambda_0 = 422{,}7$ нм)? Работа выхода для цезия $A_{Cs} = 1{,}89$ эВ; для платины $A_{Pt} = 5{,}29$ эВ.

1.77. "Красная граница" фотоэффекта для калия соответствует длине волны $\lambda_0 = 577$ нм. Вычислить минимальное значение энергии кванта, необходимое для освобождения фотоэлектрона из данного металла.

1.78. Медный шарик, отдаленный от других тел, облучают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0{,}2$ мкм. До какого максимального потенциала зарядится шарик, теряя фотоэлектроны? Работа выхода для меди: $A = 4{,}47$ эВ.

1.79. Плоскую цинковую пластинку освещают излучением со сплошным спектром, коротковолновая граница которого соответствует длине волны $\lambda = 0{,}3$ мкм. Вычислить, на какое максимальное расстояние от поверхности пластинки может удалится фотоэлектрон, если вне пластинки имеется задерживающее однородное электрическое поле напряженностью $E = 10$ В/см. Работа выхода для цинка равна $A = 4{,}0$ эВ.

1.80. Какова была длина волны λ рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом $\theta = 60^{\circ}$ длина волны рассеянного излучения оказалась равной $\lambda' = 25{,}4$ пм.

1.81. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния $\boldsymbol{\theta = \pi/2}$. Найти энергию $\boldsymbol{\varepsilon'_{ф}}$ и импульс $\boldsymbol{p'_{ф}}$ рассеянного фотона.

1.82. Энергия квантов рентгеновских лучей $\varepsilon = 0{,}6$ МэВ. Найти энергию ε_e электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%.

1.83. Рентгеновское излучение с длиной волны $\lambda = 55{,}8$ пм рассеивается плиткой графита (Комптон–эффект). Определить длину

волны λ' света, рассеянного под углом θ = 60° к направлению падающего пучка света.

1.84. Определить угол θ рассеяния фотона, испытывающего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны фотона при рассеянии равно Δλ = 3,62 пм.

1.85. Фотон с энергией ε = 0,4 МэВ рассеялся под углом θ = 90° на свободном электроне. Определить энергию ε' рассеянного фотона и кинетическую энергию T электрона отдачи.

1.86. Определить импульс p электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол θ = 180°

1.87. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если фотон претерпел рассеяние на угол θ = 180°? Энергия фотона до рассеяния равна ε = 0,255 МэВ.

1.88. Фотон с энергией ε = 0,25 МэВ рассеялся на свободном электроне. Энергия рассеянного фотона равна ε' = 0,2 МэВ. Определить угол рассеяния θ.

1.89. Угол рассеяния фотона равен θ = 90°. Угол отдачи электрона равен φ = 30°. Определить энергию ε падающего фотона.

1.90. Фотон (λ = 1 пм) рассеялся на свободном электроне под углом θ = 90°. Какую долю своей энергии фотон передал электрону?

1.91. Сравнить максимальные комптоновские изменения длины волны при рассеянии фотонов на свободных электронах и ядрах атомов водорода.

1.92. Под некоторым углом θ к первоначальному пучку рентгеновских лучей с длиной волны λ = 10 пм комптоновское смещение оказалось равным Δλ = 2,4 пм. Найти угол θ и величину энергии, переданной при этом электронам отдачи.

1.93. Длина волны падающего кванта равна λ = 3 пм. Какую энергию приобретает комптоновский электрон отдачи при рассеянии кванта под углом θ = 60°, 90°, 180°?

1.94. В результате рассеяния кванта с первоначальной энергией ε = 0,8 МэВ на свободном электроне длина волны рассеянного кванта оказалась равной комптоновской длине волны. Определить угол, на который рассеялся данный квант.

1.95. Вычислить импульс комптоновского электрона отдачи, если известно, что фотон, первоначальная длина волны которого равна λ = 5 пм, рассеялся под углом θ = 90°.

1.96. Определить величину комптоновского смещения и угол, под которым рассеялся фотон, если известно, что первоначальная длина

волны фотона $\lambda = 3$ пм, а скорость электрона отдачи составляет $\beta = 0{,}6$ скорости света.

1.97. Пользуясь законом сохранения импульса и формулой Комптона, найти зависимость между углом рассеяния фотона θ и углом φ, под которым отлетает электрон отдачи.

1.98. Определить угол между направлениями движения рассеянного фотона и электрона отдачи при условии, что комптоновское смещение равно $\Delta\lambda = 1{,}2$ пм, а длина волны налетающего кванта $\lambda = 5$ пм.

1.99. Найти длину волны падающего фотона, если известно, что энергии рассеянного фотона и электрона отдачи равны при угле 90° между направлениями их импульсов.

2.17. Вычислить длину волны де Бройля электрона и протона, движущихся с кинетической энергией 1,0 кэВ. При каких значениях кинетической энергии их длина волны будет равна $\lambda = 100$ пм?

2.18. При увеличении энергии электрона на $\Delta E = 200$ эВ его длина волны де Бройля изменилась в $\eta = 2$ раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

2.19. Найти длину волны де Бройля молекул водорода, движущихся с наиболее вероятной скоростью в газе при температуре $t = 0°C$.

2.20. Определить кинетическую энергию протона, длина волны де Бройля которого такая же, как и у α-частицы, движущейся в магнитном поле с индукцией $B = 0{,}5$ Тл по окружности радиусом $R = 5$ см.

2.21. Какую дополнительную энергию необходимо сообщить электрону с импульсом $p = 8 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с, чтобы его длина волны де Бройля стала равной $\lambda = 50$ пм?

2.22. Релятивистская частица массы m движется с кинетической энергией T. Найти: а) длину волны де Бройля частицы; б) значения T, при которых погрешность в длине волны, определяемой по нерелятивистской формуле, не превышает одного процента для электрона, для протона.

2.23. Найти кинетическую энергию, при которой длина волны де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны.

2.24. На какую кинетическую энергию должен быть рассчитан ускоритель заряженных частиц с массой m, чтобы можно было исследовать структуры с линейными размерами L? Решить этот вопрос для электронов и протонов, если $L \sim 10^{-15}$ м.

2.25. Вычислить длину волны релятивистских электронов, подлетающих к антикатоду рентгеновской трубки, если длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна $\lambda_к = 10$ пм.

2.26. Воспользовавшись формулой распределения Максвелла, найти функцию распределения молекул газа по длинам волн де Бройля, а также их наиболее вероятную длину волны. Масса каждой молекулы m, температура газа T. Вычислить наиболее вероятную длину волны молекул водорода при $T = 300$ К.

2.27. Поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой щелью шириной $b = 2{,}0$ мкм. Найти скорость электронов, если на экране, отстоящем от щели на $L = 50$ см, ширина центрального дифракционного максимума $\Delta x = 0{,}36$ мм.

2.28. Найти кинетическую энергию электронов, падающих нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, если на экране, отстоящем от диафрагмы на L = 75 см, расстояние между соседними максимумами Δx = 7,5 мкм. Расстояние между щелями d = 25 мкм.

2.29. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает под углом скольжения $\theta = 30°$ на естественную грань монокристалла алюминия. Расстояние между соседними кристаллическими плоскостями, параллельными этой грани монокристалла, d = 0,2 нм. При некотором ускоряющем напряжении U_0 наблюдали максимум зеркального отражения. Найти U_0, если известно, что следующий максимум зеркального отражения возникал при увеличении ускоряющего напряжения в η = 2,25 раз.

2.30. Пучок электронов с кинетической энергией T = 180 эВ падает нормально на поверхность монокристалла никеля. В направлении, составляющем угол $\alpha = 55°$ с нормалью к поверхности, наблюдается максимум отражения четвертого порядка. Найти межплоскостное расстояние, соответствующее этому отражению.

2.31. Написать уравнение де Бройля для свободно движущейся частицы в параметрах v, k и E, p для двух случаев:

а) частица движется вдоль оси x;

б) частица движется под произвольным углом к осям координат.

2.32. Определить длину волны де Бройля протона, кинетическая энергия которого равна энергии покоя электрона.

2.33. Найти скорости и кинетические энергии электрона и нейтрона, длина волны де Бройля которых равна λ = 0,1 нм

2.34. Вычислить длины волн де Бройля электрона и протона, если кинетическая энергия каждой частицы равна соответствующей ей энергии покоя. Массы частиц принять равными: $m_{0e} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг, $m_{0p} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

2.35. На сколько отличаются длины волн де Бройля протона и атома водорода, движущихся с одинаковой кинетической энергией T = 1 эВ?

2.36. Электрон движется по окружности радиусом R = 0,5 см в однородном магнитном поле, напряженность которого $H = 46 \cdot 10^3/4\pi$ А/м. Какова длина волны де Бройля электрона?

2.37. Для каких значений энергии нейтронов следует ожидать особенно резких дифракционных явлений при рассеянии их на естественных кристаллах с постоянными решеток от 0,25 нм до 0,6 нм?

2.38. Получить в общем виде формулу, выражающую зависимость длины волны де Бройля от ускоряющего потенциала для релятивистской частицы.

2.39. При каком значении кинетической энергии ошибка в определении длины волны де Бройля без учета релятивистской поправки составляет 1%: а) для электрона; б) для протона, в) для α - частицы?

2.40. Для изучения строения ядра атома в настоящее время в различных лабораториях мира строят ускорители электронов до энергий E = 6 ГэВ. Какова длина волны де Бройля данных электронов?

2.41. Пользуясь условием Вульфа – Брэгга, найти первые три значения ускоряющей разности потенциалов, при которых наблюдается максимальное отражение электронов в следующем опыте: пучок электронов падает на естественную грань монокристалла под углом скольжения θ = 30°; отраженные электроны наблюдаются под углом равным углу падения. Постоянная кристаллической решетки d = 0,24 нм. Преломлением электронных волн в кристалле для простоты пренебречь.

2.42. Поток электронов с длиной волны де Бройля λ = 11 мкм падает нормально на прямоугольную щель шириной b = 0,1 мм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей угловую ширину пучка за щелью (в градусах). Считать Δx = b/2.

2.43. Оценить наименьшие погрешности, с которыми можно определить скорость электрона и протона, локализованных в области размером L = 1 мкм. Считать Δx = L/2.

2.44. Оценить неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома порядка L = 0,1 нм. Сравнить полученное значение со скоростью электрона на первой боровской орбите. Считать Δx = L/2.

2.45. Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером L = 0,1 нм. Считать Δx = L/2.

2.46. Электрон с кинетической энергией T = 10 эВ локализован в области размером L = 1 мкм. Оценить относительную неопределенность скорости электрона. Считать Δx = L/2.

2.47. Частица массы m локализована в области размером L. Оценить кинетическую энергию T частицы, при которой ее относительная неопределенность будет порядка ~ 0,01. Считать Δx = L/2.

2.48. Атом испустил фотон с длиной волны λ = 0,58 мкм за время $\tau = 10^{-8}$с. Оценить неопределенность Δx, с которой можно установить

координату фотона в направлении его движения, а также относительную неопределенность его длины волны.

2.49. С помощью соотношения неопределенностей оценить энергию связи электрона в основном состоянии атома водорода и соответствующее расстояние электрона от ядра. Принять $\Delta r \approx r$ и $\Delta v \approx v$.

2.50. Приняв, что минимальная энергия E_{min} нуклона в атомном ядре равна 10 МэВ, оценить исходя из соотношения неопределенностей линейные размеры ядра.

2.51. Пусть моноэнергетический пучок электронов (T = 10 эВ) падает на щель шириной a. Можно считать, что если электрон прошел через щель, то его координата известна с неточностью $\Delta x = a/2$. Оценить получаемую при этом относительную неточность в определении импульса электрона $\Delta p/p$ в двух случаях: 1) a = 10 нм, 2) a = 0,1 нм. В каком случае существенно проявляются волновые свойства электронов?

2.52. Используя соотношение неопределенностей $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$, оценить ширину энергетического уровня в атоме водорода, находящегося: 1) в основном состоянии; 2) в возбужденном состоянии (время жизни атома в возбужденном состоянии $\tau = 10^{-8}$с).

2.53. Состояние частицы в момент времени t = 0 описывается волновой функцией $\Psi(x,0) = A \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right)$, где a и k – известные положительные постоянные. Найти:

а) нормировочную постоянную A;

б) среднее значение координаты частицы $\langle x \rangle$;

в) среднее значение квадрата координаты частицы $\langle x^2 \rangle$;

г) среднее значение проекции импульса $\langle p_x \rangle$.

2.54. Частица в момент времени t = 0 находится в состоянии $\Psi(x,0) = A \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right)$, где a, k - известные постоянные. Изобразить примерный вид зависимости плотности вероятности $|\Psi|^2$ от координаты x. Определить ширину области, на границах которой $|\Psi|^2$ в ***e*** раз меньше максимального значения.

2.55. Решение уравнения Шредингера для одномерной прямоугольной потенциальной ямы шириной L с бесконечно высокими стенками может быть записано в виде: $\Psi(x,0) = A \cdot \exp(ikx) + B \cdot \exp(-ikx)$. Найти:

а) собственные значения энергии частицы;

б) нормированные собственные функции частицы.

2.56. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергий между уровнями с $n_1 = 2$ и $n_2 = 3$ составляет $\Delta E = 0{,}3$ эВ.

2.57. Электрон находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы $L = 0{,}1$ нм. Найти температуру, при которой средняя кинетическая энергия молекул идеального одноатомного газа равна энергии электрона в основном состоянии.

2.58. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы L такова, что энергетические уровни расположены весьма густо. Найти плотность уровней dN/dE, т.е. их число на единичный интервал энергий в зависимости от E. Вычислить dN/dE для $E = 1$ эВ, если $L = 1$ см.

2.59. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. На сколько процентов отличаются энергии двух соседних уровней, если а) n=3, б) n = 10, в) n = 100.

2.60. Молекула массой $m = 10^{-26}$ кг находится в одномерном потенциальном ящике шириной $l = 10$ см. Считая, что энергия молекулы равна средней кинетической энергии при температуре $T = 300$ К, оценить соответствующий номер энергетического уровня. Будет ли в этом случае проявляться зависимость плотности вероятности местонахождения молекулы от координаты?

2.61. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной L с бесконечно высокими стенками. В каких точках в интервале $0 < x < L$ плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетических уровнях одинакова? Вычислить значение плотности вероятности для этих точек. Решение пояснить графически.

2.62. В одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной L с бесконечно высокими стенками движется электрон. Вычислить вероятность обнаружения электрона на первом энергетическом уровне в интервале L/4, равноудаленном от стенок ямы.

2.63. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной L с бесконечно высокими стенками находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $\frac{3}{8}L < x < \frac{5}{8}L$.

2.64. Частица массой m находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Стороны ямы a и b. Найти:

а) нормированные собственные функции частицы (начало координат взять в одном из углов ямы);

б) собственные значения энергии частицы;

в) координаты точек, в которых плотность вероятности местонахождения частицы в состоянии с квантовыми числами $n_1 = 2$ и $n_2 = 3$ максимальна.

2.65. Электрон находится в основном состоянии в двумерной квадратной бесконечно глубокой потенциальной яме со стороной l. Определить вероятность обнаружения электрона в области, ограниченной квадратом, который равноудален от стенок ямы и площадь которого составляет одну четвертую площади дна ямы

2.66. Волновая функция некоторой частицы имеет вид: $\psi(r) = \frac{A}{r}\exp\left(-\frac{r}{A}\right)$, где r - расстояние от этой частицы до силового центра, A и a - постоянные. Определить:

а) нормировочный коэффициент A;

б) среднее расстояние частицы до силового центра $\langle r \rangle$.

2.67. Электрон находится в сферически симметричной потенциальной яме радиуса r_0 с абсолютно непроницаемыми стенками. Для состояний, которые описываются волновыми функциями $\psi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi r_0}}\frac{\sin(\pi n r / r_0)}{r}$, n = 1, 2, 3, …, найти:

а) среднее значение координаты $\langle r \rangle$;

б) среднее значение квадрата координаты $\langle r^2 \rangle$;

в) среднеквадратичную флуктуацию $\sigma^2 = \left\langle (r - \langle r \rangle)^2 \right\rangle$.

2.68. Электрон в атоме водорода находится в состоянии, описываемом волновой функцией $\psi(r) = A(1 + \alpha r)\exp(-\beta r)$, где A, α и β – некоторые постоянные. Найти энергию электрона в этом состоянии.

2.69. Основное состояние электрона в атоме водорода описывается волновой функцией $\psi(r) = A\exp(-r / r_1)$, где A – некоторая постоянная, $r_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2}$ – первый боровский радиус. Найти:

а) распределение плотности вероятности местонахождения электрона;

б) вероятность нахождения электрона в области, ограниченной сферой радиуса r_1;

в) вероятность обнаружения электрона в области $r > 2r_1$.

2.70. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид: $\psi(r) = A \cdot \exp(-r/r_1)$, где A – некоторая постоянная, $r_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2}$ – первый боровский радиус. Найти:

а) наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром $r_{вер}$;

б) среднее расстояние между электроном и ядром $\langle r \rangle$;

в) среднее квадратичное отклонение $\sigma = \sqrt{\langle (r - \langle r \rangle)^2 \rangle}$.

2.71. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода: $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi r_1^3}} \cdot \exp\left(-\frac{r}{r_1}\right)$, где r_1 – первый боровский радиус. Найти:

а) среднеквадратичное значение расстояния $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$;

б) среднее значение $1/r$ и потенциальной энергии электрона в поле ядра;

в) среднее значение $1/r^2$ и кулоновской силы, действующей на электрон;

г) вероятность обнаружить электрон в области $r>r_1$;

д) вероятность обнаружить электрон в области $r<10^{-15}$м (внутри ядра).

2.72. Показать, что волновая функция $\psi(r) = A(1+\beta r)\cdot\exp(-ar)$ описывает стационарное состояние электрона в атоме водорода. Найти значения констант β и a и энергию данного состояния. Какому уровню энергии по теории Бора соответствует данное состояние?

2.73. Электрон находится в возбужденном состоянии атома водорода с волновой функцией: $\psi(r) = A\left(1-\frac{r}{2r_1}\right)\cdot\exp\left(-\frac{r}{2r_1}\right)$, где r_1 - радиус первой боровской орбиты. Найти: значение нормировочной постоянной A.

2.74. Частица массой m находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной L (0<x<L) с бесконечно высокими стенками. Состояние частицы описывается волновой функцией

$\psi(x) = \sqrt{\frac{8}{3L}}\sin^2\left(\frac{\pi x}{L}\right)$. Определить среднюю кинетическую энергию частицы <T>.

2.75. Частица массой m находится в одномерном потенциальном поле $U(x) = \frac{kx^2}{2}$. Волновая функция частицы для основного состояния имеет вид: $\psi(x) = A\exp[-\beta x^2]$, где A и β – некоторые постоянные. Найти с помощью уравнения Шредингера постоянную β и энергию частицы E в этом состоянии.

2.76. Основное состояние частицы массой m в одномерном потенциальном поле $U(x) = \frac{kx^2}{2}$ описывается волновой функцией: $\psi(x) = A\exp[-\beta x^2]$, где A – нормировочный коэффициент; $\beta = \frac{m\omega}{2\hbar}$, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Найти:

а) наиболее вероятное значение координаты частицы $x_{вер}$;

б) среднее значение координаты частицы $\langle x\rangle$;

в) среднеквадратичную флуктуацию $\sigma^2 = \left\langle [x - \langle x\rangle]^2 \right\rangle$.

2.77. Основному состоянию частицы массой m в одномерном потенциальном поле $U(x) = \frac{kx^2}{2}$ отвечает волновая функция $\psi(x) = A\exp[-\beta x^2]$, где A – нормировочный коэффициент; $\beta = \frac{m\omega}{2\hbar}$, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Найти среднее значение потенциальной $\langle U\rangle$ и кинетической $\langle T\rangle$ энергий частицы.

2.78. Частица массой m находится в одномерном потенциальном поле $U(x) = \frac{kx^2}{2}$ в состоянии с волновой функцией $\psi(x) = B|x|\exp[-a^2x^2]$ (B и a – некоторые постоянные). Найти с помощью уравнения Шредингера энергию частицы.

2.79. Электрон с энергий E = 50 эВ, двигаясь в положительном направлении оси x, встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высоты U_0=20эВ. Определить:

а) вероятность отражения электрона от этого барьера;

б) коэффициент преломления волн де Бройля на границе этого барьера.

2.80. Вывести формулу, связывающую коэффициент преломления n волн де Бройля на границе прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера и коэффициент отражения этого барьера R.

2.81. Определить показатель преломления n волн де Бройля при падении частиц на прямоугольный бесконечно широкий потенциальный барьер с коэффициентом отражения R = 0,5.

2.82. Найти приближенное выражение для коэффициента отражения R от очень низкого прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера $U_0 << E$.

2.83. Коэффициент отражения протонов от прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера равен $R = 2{,}5 \cdot 10^{-5}$. Определить, какой процент составляет высота барьера от кинетической энергии падающих на барьер протонов.

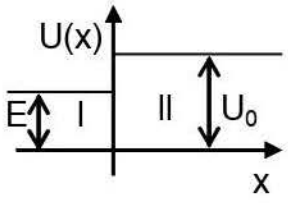
2.84. Определить, во сколько раз кинетическая энергия электронов превышает высоту прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера, если коэффициент прозрачности этого барьера D равен коэффициенту отражения R.

2.85. Вывести формулу, связывающую коэффициент прозрачности D прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера и коэффициент преломления n волн де Бройля.

2.86. Определить показатель преломления n волн де Бройля на границе прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера, если коэффициент прозрачности этого барьера D = 0,8.

2.87. Определить коэффициент прозрачности прямоугольного бесконечно широкого потенциального барьера высотой $U_0 = 99{,}75$ эВ для электрона с энергией E = 100 эВ.

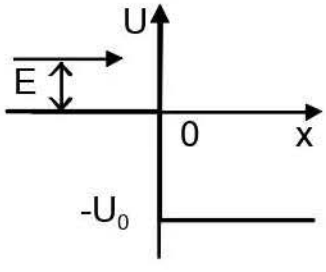
2.88. Частицы с массой m и энергией E движутся в положительном направлении оси X на бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой $U_0 > E$. Найти:



а) коэффициент отражения этого барьера;

б) плотность вероятности нахождения частиц за границей барьера ($x > 0$), если Ψ - функция нормирована так, что ее амплитуда в области $x < 0$ равна единице.

2.89. Частица массой m движется слева направо в поле потенциальной ступени (см. рис.). Энергия частицы равна E. Найти коэффициент отражения на границе ступени. Рассмотреть случаи: а) $E << U_0$, б) $E >> U_0$.



2.90. На пути частиц массы m, движущихся с энергией E, находится прямоугольный бесконечно

широкий потенциальный барьер высоты $U_0 > E$. Определить эффективную глубину проникновения частиц в область $x > 0$, т.е. расстояние от границы барьера до точки, где плотность вероятности нахождения частиц уменьшается в e раз. Рассчитать $x_{эфф}$ для электронов, если $U_0 - E = 1$ эВ.

2.91. Электрон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x, встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высоты $U_0 = 10$ эВ и ширины $l = 0{,}1$ нм. Определить:

а) коэффициент прозрачности этого барьера D.

б) во сколько раз надо уменьшить ширину барьера, чтобы вероятность прохождения через него протона при тех же значениях E и U_0 была такой же, как для электрона.

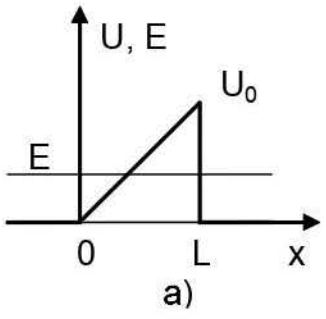
Указание: Воспользоваться формулой для коэффициента прозрачности барьера конечной ширины $D \approx \exp\left[-\frac{2l}{\hbar}\sqrt{2m(U_0 - E)}\right]$.

2.92. Найти с помощью формулы для коэффициента прозрачности потенциального барьера $D \approx \exp\left[-\frac{2}{\hbar}\int_{x_1}^{x_2}\sqrt{2m(U(x) - E)}\,dx\right]$,

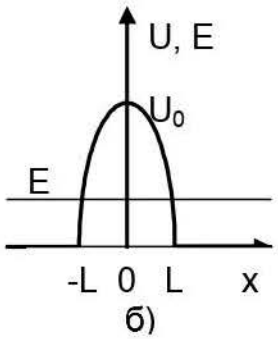
где x_1 и x_2 – координаты точек, между которыми $U > E$, вероятность прохождения частицы с массой m и энергией E сквозь потенциальный барьер, если барьер имеет форму,

а) показанную на рисунке а);

б) показанную на рисунке б); где $U(x) = U_0(1 - x^2/L^2)$.



а)



б)

Приложение 4. Типовые контрольные задания

Вариант №1

1. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина которого соответствует:
   a. Видимой части спектра λ=0,5 мкм;
   b. Рентгеновскому излучению с длиной волны λ=0,2 нм;
   c. Гамма-излучению с длиной волны $\lambda=1{,}5 * 10^{-12}$м.
2. Длина волны падающего кванта равна 3 пм. Какую энергию приобретает комптоновский электрон отдачи при рассеянии кванта под углом 60^0?
3. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x) = Ax\exp(-x^2/2a^2)$, где A и a - некоторые числа. Найти средний импульс частицы в этом состоянии.

4. Найти среднюю кинетическую энергию частицы массой m в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ($0 \le x \le l$), если частица находится в состояниях, описываемыми волновыми функциями: $\psi(x)=A\sin^2(\pi x/l)$;

5. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $1+\dfrac{d}{dx}$.

Вариант №2

1. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина которого соответствует:
   a. Видимой части спектра λ=0,3 мкм;
   b. Рентгеновскому излучению с длиной волны λ=0,3 нм;
   c. Гамма-излучению с длиной волны $\lambda=2 * 10^{-12}$м.
2. Длина волны падающего кванта равна 3 пм. Какую энергию приобретает комптоновский электрон отдачи при рассеянии кванта под углом 90^0?
3. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A\left(\sin\dfrac{\pi x}{a}+\dfrac{1}{2}\sin\dfrac{2\pi x}{a}\right)$, где a - ширина ямы, A - постоянная. Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?
4. Найдите среднюю координату частицы, состояние которой описывается волновой функцией

$$\psi(x)=\begin{cases}0, & x<0\\ xe^{-x/a}, & 0\le x<\infty.\end{cases}$$

5. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $x+\dfrac{d}{dx}$

Вариант №3

1. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина которого соответствует:
   a. Видимой части спектра λ=0,4 мкм;
   b. Рентгеновскому излучению с длиной волны λ=0,4 нм;
   c. Гамма-излучению с длиной волны $\lambda=2{,}5 * 10^{-12}$м.
2. Длина волны падающего кванта равна 3 пм. Какую энергию приобретает комптоновский электрон отдачи при рассеянии кванта под углом 180^0?
3. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x) = Ax\exp(-x^2/2a^2)$, где A и a - некоторые числа. Найти средний импульс частицы в этом состоянии.

4.Найти среднюю кинетическую энергию частицы массой m в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ($0 \le x \le l$), если частица находится в состояниях, описываемыми волновыми функциями:

$$\psi(x) = Ax(l-x).$$

5.Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{1}{x}\frac{d}{dx}$

Вариант №4

1. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина которого соответствует:
   a. Видимой части спектра λ=0,6 мкм;
   b. Рентгеновскому излучению с длиной волны λ=0,5 нм;
   c. Гамма-излучению с длиной волны $\lambda=3 * 10^{-12}$м.
2. Фотоны с энергией 4,9 эВ вырывают электроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.
3. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A\left(\sin\frac{\pi x}{a}+\frac{1}{2}\sin\frac{2\pi x}{a}\right)$, где a - ширина ямы, A - постоянная. Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?

4. Найти вид $\left[\hat{C},\hat{A}^2\right]$, если $\left[\hat{C},\hat{A}\right]=\lambda\hat{A}$.

5. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{\partial}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}$

Вариант №1

6. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x) = Ax\exp(-x^2/2a^2)$, где A и a - некоторые числа. Найти средний импульс частицы в этом состоянии.
7. Найти среднюю кинетическую энергию частицы массой m в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками $(0 \le x \le l)$, если частица находится в состояниях, описываемыми волновыми функциями: $\psi(x) = A\sin^2(\pi x/l)$;
8. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $1 + \frac{d}{dx}$.

Вариант №2

6. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A\left(\sin\frac{\pi x}{a} + \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi x}{a}\right)$, где a - ширина ямы, A - постоянная. Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?
7. Найдите среднюю координату частицы, состояние которой описывается волновой функцией

$$\psi(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ xe^{-x/a}, & 0 \le x < \infty. \end{cases}$$

8. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $x + \frac{d}{dx}$

Вариант №3

6. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x) = Ax\exp(-x^2/2a^2)$, где A и a - некоторые числа. Найти средний импульс частицы в этом состоянии.

7. Найти среднюю кинетическую энергию частицы массой m в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ($0 \le x \le l$), если частица находится в состояниях, описываемыми волновыми функциями:
$$\psi(x) = Ax(l - x).$$

8. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{1}{x}\frac{d}{dx}$

Вариант №4

6. Волновая функция $\psi(x)$ задана следующим образом:
$$\psi(x) = \begin{cases} A\sin(3\pi x/a), \text{ при } 0 \le x \le a/2, \\ -A\sin(\pi x/a), \text{ при } a/2 < x \le a. \end{cases}$$
Нормировать волновую функцию и нарисовать ее график.

7. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A\left(\sin\frac{\pi x}{a} + \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi x}{a}\right)$, где a - ширина ямы, A - постоянная. Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?

8. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}$

Вариант №5

1. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x) = Ax\exp(-x^2/2a^2)$, где A и a - некоторые числа. Найти средний импульс частицы в этом состоянии.

2. Найти среднюю кинетическую энергию частицы массой m в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ($0 \le x \le l$), если частица находится в состояниях, описываемыми волновыми функциями:
$$\psi(x) = Ax(l - x).$$

3. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{1}{x}\frac{d}{dx}$

Вариант №6

1. Волновая функция $\psi(x)$ задана следующим образом:
$$\psi(x) = \begin{cases} A\sin(3\pi x/a), \text{ при } 0 \le x \le a/2, \\ -A\sin(\pi x/a), \text{ при } a/2 < x \le a. \end{cases}$$
Нормировать волновую функцию и нарисовать ее график.

2. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A\left(\sin\frac{\pi x}{a} + \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi x}{a}\right)$, где a - ширина ямы, A - постоянная. Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?

3. Найти вид оператора $\hat{A}^2$, если оператор $\hat{A}$ равен: $\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}$

Приложение 5

Тест: "Квантовая теория".

Задание №1		
Чем определяется граница между классическим и квантовым описанием поведения микрочастиц?		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		соотношением неопределенностей Гейзенберга
2)		массой частиц
3)		скоростью и размерами частиц
4)		соотношением между длиной волны де Бройля и размерами препятствий или неоднородностей на пути движения частицы
5)		скоростью частиц

Задание №2		
Спектральная плотность излучения абсолютно черного тела равна … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		энергии, излучаемой в единицу времени с единицы поверхности тела в единичном интервале длин волн
2)		энергии, излучемой с единицы поверхности тела во всем интервале длин волн
3)		энергии ,излучаемой с единицы поверхности тела в единичном интервале длин волн
4)		энергии, излучаемой в единицу времени с длиной волны, соответствующей максимуму излучения
5)		энергии, излучаемой в единицу времени с длиной волны, соответствующей мниимуму излучения

Задание №3		
Гипотеза Луи де Бройля состоит в том , что … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		материальные микрочастицы обладают волновыми свойствами
2)		свет-это электромагнитная волна
3)		свет представляет собой совокупность частиц (квантов, фотонов)
4)		не только световые , но и любые другие электромагнитные волны излучаются в виде порций (квантов)
5)		свет распространяется прямолинейно

Задание №4		
Волновая функция или функция состояния дает возможность … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		предсказать, какие значения всех измеряемых величин будут наблюдаться на опыте и с какой вероятностью
2)		описать закон движения частицы
3)		получить информацию о значении координат и импульса частицы
4)		получить информацию о значении энергии и интервале времени, в течение которого частица имеет эту энергию
5)		описать законы термодинамики

Задание №5		
Согласно гипотезе де Бройля не только фотон, но и каждый объект обладает … свойствами.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		корпускулярными и волновыми
2)		электрическими
3)		корпускулярными
4)		световыми
5)		волновыми

Задание №6		
Длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности в спектре абсолютно черного тела, при повышении температуры … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		изменяется как 1/T
2)		линейно возрастает с T
3)		не зависит от температуры
4)		имеет сложную зависимость от температуры
5)		Не измениться

Задание №7		
Под квантованием в физике понимается …		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		дискретность допустимых для частицы значений энергии, момента импульса, проекций магнитного и собственного
2)		удовлетворение принципу Паули
3)		описание механического состояния частицы с помощью волновой функции
4)		движение частицы, не подчиняющейся законам классической физики
5)		не удовлетворение принципу Паули

Задание №8		
Свечение тел, обусловленное нагреванием, которое происходит за счет теплового движения молекул и атомов вещества за счет его внутренней энергии - это … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		тепловое излучение
2)		Гамма-излучение
3)		фотоэффект
4)		люменисценция
5)		рентгеновское излучение

Задание №9		
Корпускулярно - волновой дуализм материи заключается в том, что … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		все материальные объекты в природе обладают волновыми свойствами
2)		свет - это и поток фотонов, и электромагнитные волны
3)		вещество и поле – 2 разновидности материи

4)		при определенных условиях частицы вещества порождают поле, а поле порождает частицы.
5)		условиях частицы вещества порождают поле, а поле порождает частицы.

Задание №10		
Какие частицы обладают волновыми свойствами?		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		любые частицы
2)		только заряженные частицы
3)		электрически нейтральные частицы
4)		частицы, движущиеся с большими скоростями
5)		частицы, движущиеся с ускорением.

Задание №11		
Тело, способное поглощать полностью при любой температуре падающие на него волны любой частоты - … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		абсолютно черное тело
2)		тело синего цвета
3)		серое тело
4)		тело белого цвета
5)		все варианты не верны

Задание №12		
Дать определение соотношению неопределенности.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		является квантовым ограничением к применимости классической механике к микрообъектам
2)		состояние с фиксируемым значением энергии
3)		вырывание электронов из вещества под действием света
4)		переход электронов внутри полупроводников или диэлектриков из связанных состояний в свободные

Задание №13		
Гипотеза Планка состоит в том , что ….		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		электромагнитные волны излучаются в виде отдельных порций (квантов), энергия которых зависит от частоты
2)		электромагнитные волны поперечны
3)		нельзя одновременно точно определить значение координаты и импульса
4)		электромагнитные волны излучаются зарядами движущимися с ускорением
5)		скорость света постоянна во всех инерциальных системах отсчета

Задание №14		
Опыты по дифракции микрочастиц свидетельствуют … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		о наличии у микрочастиц волновых свойств
2)		о кристаллической структуре твердых тел

3)		о малых размерах микрочастиц
4)		размеры атомов кристаллического вещества превышают размеры микрочастиц
5)		о классической механике

Задание №15		
Виды фотоэффекта		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		внешний, внутренний, вентильный
2)		внешний, вентильный, тепловой
3)		внешний, внутренний, тепловой
4)		вентильный, тепловой, термодинамический
5)		внешний, внутренний, комбинированный

Задание №16		
В опытах Дэвиссона и Джермера были обнаружены:		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		дифракция электронов;
2)		поляризация рентгеновских лучей
3)		эффект Комптона;
4)		корпускулярные свойства света
5)		линейчатые спектры атомов

Задание №17		
Основные законы фотоэффекта		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		Безинерционен, 1-й закон Столетова, красная граница, частота фотонов не зависит от интенсивности света
2)		1-й закон Столетова, красная граница, эффект Комптона
3)		красная граница, эффект Комптона, 2-й закон Столетова
4)		без инерционен, 1-й закон Столетова, смешение Вина
5)		без инерционен, 1- й закон Столетова, закон Стефана-Больцмана

Задание №18		
Согласно гипотезе де Бройля...		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		частицы вещества наряду с корпускулярными имеют и волновые свойства
2)		свет представляет собой сложное явление, сочетающее в себе свойства электромагнитной волны и свойства потока частиц
3)		все нагретые вещества излучают электромагнитные волны
4)		при рассеянии рентгеновского излучения на веществе, происходит изменение его длины волны
5)		атом излучает фотон при переходе из возбужденного состояния в стационарное

Задание №19
Вырывание электронов под действием света - это … .

Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		фотоэффект
2)		тепловое излучение
3)		фоторезистивный эффект
4)		излучение видимого света
5)		Рентгеновское излучение

Задание №20		
Что выражают соотношения неопределённостей в квантовой механике?		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		соотношения между погрешностями в определении координаты и импульса частицы
2)		координаты и импульс микрочастицы
3)		квантовые ограничения применимости классических понятий "координата и импульс" к микрообъектам отсутствуют
4)		корпускулярные свойства вещества
5)		квантовые свойства излучения

Задание №21		
Состояние частицы в квантовой механике считается заданным, если заданы.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		волновая функция
2)		координата и импульс частицы
3)		энергия
4)		масса и энергия
5)		координаты частицы

Задание №22		
Поток локализованных в пространстве дискретных световых квантов, движущихся со скоростью света - это поток … .		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		фотонов
2)		элементарных частиц
3)		нейтронов
4)		протонов
5)		электронов

Задание №23		
Какая из перечисленных величин определяет плотность вероятности нахождения микрообъекта в данном месте пространства?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		квадрат модуля волновой функции
2)		волновая функция
3)		координата
4)		импульс

Задание №24

Состояние электрона в атоме полностью характеризуется...		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		четырьмя квантовыми числами
2)		главным n и азимутальным квантовыми числами
3)		главным квантовым числом n
4)		азимутальным квантовым числом
5)		магнитным и спиновым квантовыми числами

Задание №25		
Как была изменена частота света, если максимальная скорость электронов при фотоэффекте возросла в 2 раза? Работой выхода электронов из металла пренебречь.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		увеличена в 4 раза
2)		уменьшена в 2 раза
3)		увеличена в 2 раза
4)		уменьшена в 4 раза
5)		увеличена в раз

Задание №26		
Какое из приведённых ниже утверждений относительно скорости фотона является правильным.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		скорость фотона равна с или меньше с (в веществе)
2)		скорость фотона может принимать любые значения, кроме нуля
3)		скорость фотона зависит от его частоты
4)		скорость фотона всегда равна с
5)		скорость фотона равна нулю

Задание №27		
Температура абсолютно чёрного тела увеличилась в 2 раза. Как изменилась его излучательность (энергетическая светимость).		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		увеличилась в 16 раз
2)		увеличилась в 2 раза
3)		увеличилась в 4 раза
4)		уменьшилась в 2 раза
5)		уменьшилась в 16 раза

Задание №28		
В теории эффекта Комптона объяснение изменения длины волны рентгеновского излучения при рассеянии его различными веществами основано на:		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		квантовом характере взаимодействия фотона рентгеновского излучения с электроном вещества
2)		поглощении фотонов рентгеновского излучения атомами вещества
3)		поглощении энергии электромагнитной волны при прохождении через вещество
4)		возбуждении вынужденных колебаний электронов вещества полем электромагнитной волны

5)		условиями B и C одновременно

Задание №29		
Какая из формулировок соответствует принципу Паули.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		в квантово - механической системе не может быть двух или более электронов, находящихся в состоянии с одинаковым набором квантовых чисел
2)		энергетический спектр электронов в квантово-механической системе дискретен
3)		в квантово-механической системе не может быть двух или более электронов, обладающих одинаковым спином
4)		состояние микрочастицы в квантовой механике задается волновой функцией
5)		состояние микрочастицы в квантовой механике не может одновременно характеризоваться точными значениями координаты и импульса

Задание №30		
Фотокатод освещается монохроматическим источником света. От чего зависит величина фототока насыщения.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от интенсивности света (светового потока)
2)		от температуры катода
3)		от частоты света
4)		от приложенного между катодом и анодом напряжения
5)		от материала катода

Задание №31		
Известно, что основные закономерности внешнего фотоэффекта описываются формулой Эйнштейна: От чего зависит величина работы выхода A.		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от материала фотокатода
2)		от энергии фотоэлектронов
3)		от частоты света, вызывающего фотоэффект
4)		от интенсивности света
5)		от температуры фотокатода

Задание №32		
Какие волны видимой части спектра наиболее длинные?		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		красные
2)		фиолетовые
3)		синие
4)		желтые
5)		зеленые

Задание №33		
Какие факторы определяют красную границу фотоэффекта?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		вещество анода

2)		вещество катода
3)		от частоты света, падающего на поверхность анода

Задание №34		
В состав ядра входят …		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		протоны и нейтроны;
2)		протоны и нейтроны и электроны;
3)		протоны и электроны.

Задание №35		
Массы протона и электрона …		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		приблизительно одинаковы;
2)		равны по модулю;
3)		относятся как 1836 : 1.

Задание №36		
Что называется массовым числом?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		сумма нуклонов входящих в состав атома;
2)		округленное до целого значение атомной массы;
3)		разность между относительной атомной массой и числом протонов.

Задание №37		
Сколько протонов и нейтронов у атома радия, если порядковый номер- 88, атомная масса- 226?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		протонов- 88, нейтронов- 138;
2)		протонов- 138, нейтронов- 88;
3)		протонов- 138, нейтронов- 138.

Задание №38		
Что такое β – частицы?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		это коротковолновое электромагнитное излучение;
2)		это поток электронов;
3)		частицы, обладающие большой проникающей способностью.

Задание №39		
На что указывает атомный номер в периодической системе Д.И.Менделеева?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		на число протонов и нейтронов;
2)		на число нейтронов в ядре;
3)		на число протонов и электронов в атоме.

Задание №40		
Массы протона и нейтрона …		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		приблизительно одинаковы;
2)		равны по модулю;
3)		относятся как 1836 : 1.

Задание №41		
Чему равен полный заряд атома в нейтральном состоянии?		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		сумме протонов, входящих в состав ядра атома;
2)		порядковому номеру химического элемента;
3)		нулю.

Задание №42		
Какой из ниже перечисленных операторов, действующих в линейном пространстве дифференцируемых функций одной переменной, не является линейным?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		дифференцирования
2)		четности
3)		возведения в квадрат
4)		умножения на функцию $f(x)$

Задание №43		
Электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами за счёт внутренней энергии называется ...		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		световое излучение;
2)		тепловое излучение;
3)		магнитное излучение.

Задание №44		
Явление вырывания электронов из твёрдых и жидких веществ под действием света называется		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		излучение;
2)		фотоэффект;
3)		смещение;
4)		распад.

Задание №45		
В уравнении Эйнштейна для фотоэффекта дана зависимость		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		

1)		плотности молекул от массы;
2)		работы выхода от частоты;
3)		энергии от длины волны.

Задание №46		
Проявление в поведении одного и того же объекта как корпускулярных, так и волновых свойств называется		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		геометрической оптикой;
2)		квантовой физикой;
3)		корпускулярно-волновым дуализмом.

Задание №47		
Описывает возможность атома излучать фотоны		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		закон смещения Вина;
2)		уравнение Эйнштейна;
3)		постулаты Бора.

Задание №48		
Сопровождается переходом атома из основного состояния в возбуждённое		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		спонтанное излучение;
2)		индуцированное излучение;
3)		поглощение света.

Задание №49		
Излучение, испускаемое при самопроизвольном переходе атома из одного состояния в другое называется		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		индуцированное;
2)		инверсное;
3)		спонтанное.

Задание №50		
Тело, поглощающее энергию падающего на него излучения любой частоты при произвольной температуре называется		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		абсолютно белое;
2)		абсолютно чёрное;
3)		твердое или жидкое.

Задание №51		
Красная граница фотоэффекта зависит от		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		скорости электронов, падающих на тело;
2)		от работы выхода электронов;

3)		от массы электронов.

Задание №52		
Тепловое излучение — это ...		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами за счет своей внутренней энергии.
2)		излучение, испускаемое при самопроизвольном переходе атома из одного состояния в другое.
3)		излучение атома, возникающее при его переходе на более низкий энергетический уровень под действием внешнего электромагнитного излучения.

Задание №53		
Индуцированное излучение — это ...		
Выберите один из 3 вариантов ответа:		
1)		электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами за счет своей внутренней энергии.
2)		излучение, испускаемое при самопроизвольном переходе атома из одного состояния в другое.
3)		излучение атома, возникающее при его переходе на более низкий энергетический уровень под действием внешнего электромагнитного излучения.

Задание №54		
Укажите законы фотоэффекта		
Выберите несколько из 5 вариантов ответа:		
1)		Фототок насыщения прямо пропорционален интенсивности света, падающего на катод.
2)		Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте света и не зависит от его интенсивности.
3)		Для каждого вещества существует минимальная частота света, называемая красной границей фотоэффекта, ниже которой фотоэффект невозможен.
4)		В устойчивом атоме электрон может двигаться лишь по особым, стационарным орбитам, не излучая при этом электромагнитной энергии
5)		Излучение света атомом происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией Ek в стационарное состояние с меньшей энергией En. Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний

Задание №55		
Укажите постулаты Бора		
Выберите несколько из 5 вариантов ответа:		
1)		Фототок насыщения прямо пропорционален интенсивности света, падающего на катод.
2)		Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте света и не зависит от его интенсивности.
3)		Для каждого вещества существует минимальная частота света, называемая красной границей фотоэффекта, ниже которой фотоэффект невозможен.
4)		В устойчивом атоме электрон может двигаться лишь по особым, стационарным орбитам, не излучая при этом электромагнитной энергии
5)		Излучение света атомом происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией Ek в стационарное состояние с меньшей энергией En. Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний

Задание №56		
Фотоэффект - это выбиванием светом …		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		Положительных зарядов
2)		Нейтронов
3)		Протонов
4)		Электронов

Задание №57		
Какому условию должна удовлетворять длина волны света λ, падающего на поверхность металла, чтобы началось явление фотоэффекта? A – работа выхода; h – постоянная Планка; v – частота; E_k - энергия электрона.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$\lambda \geq A/h$
2)		$\lambda \leq hc/A$
3)		$\lambda > E_k/h$
4)		$\lambda > hc/A$

Задание №58		
Каким выражением определяется импульс фотона с энергией E?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		c / E
2)		hv / E
3)		E / hc
4)		E / c

Задание №59		
В каких единицах измеряется постоянная Планка?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		Дж
2)		Дж/с
3)		Дж• с
4)		Дж/м

Задание №60		
Лазер полезной мощностью 30 Вт испускает каждую секунду 10^{20} фотонов. Определите длину волны излучения лазера (мкм). h = 6,6• 10^{-34}Дж• с		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		

1)		0,66
2)		0,99
3)		1,98
4)		0,78

Задание №61		
Сколько фотонов каждую секунду испускает источник монохроматического света с длиной волны 660 нм и мощностью 20 Вт? h = 6,6• 10^{-34}Дж• с		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		6,7• 10^{19}
2)		5• 10^{20}
3)		10^{20}
4)		6,7• 10^{21}

Задание №62		
Мощность светового луча лазера, работающего на волне длиной 6,6 10^{-7}м, равна 2 Вт. Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? h = 6,6• 10^{-34}Дж• с		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		6,6• 10^{18}
2)		10^{18}
3)		2,5• 10^{21}
4)		3,3• 10^{18}

Задание №63		
Определите импульс фотона (кг• м)/с, длина волны которого 4,41• 10^{-7}м? (h = 6,62• 10^{-34}Дж• с)		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		1,5• 10^{-27}
2)		2,21• 10^{-26}
3)		1,5• 10^{-41}
4)		2,21• 10^{-41}

Задание №64		
Какое из приведенных выражений соответствует массе фотона с длиной волны λ?		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		h / λc
2)		hc / λ
3)		hλc
4)		hλc
5)		hλc^2

Задание №65

Чему равна красная граница (м) фотоэффекта для вещества с работой выхода электронов $6 \cdot 10^{-19}$Дж. h = $6{,}6 \cdot 10^{-34}$Дж• с.

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$6{,}6 \cdot 10^{-8}$
2)		$3{,}3 \cdot 10^{-7}$
3)		$3 \cdot 10^{-7}$
4)		$6{,}6 \cdot 10^{-6}$

Задание №66

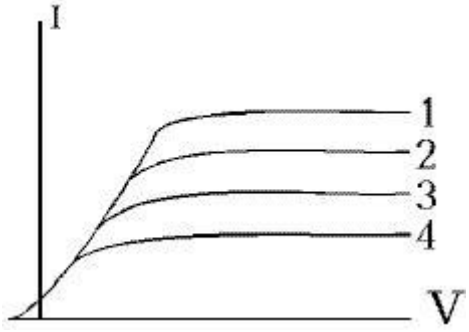
Работа выхода для серебра составляет $6 \cdot 10^{-19}$Дж. Определите красную границу фотоэффекта (нм). h = $6{,}6 \cdot 10^{-34}$Дж• с, с=$3 \cdot 10^{8}$ м/с.

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		200
2)		500
3)		460
4)		330

Задание №67

На рисунке приведены вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Какая характеристика соответствует минимальному световому потоку, падающему на фотокатод.



Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		3
2)		2
3)		1
4)		4

Задание №68

Определите массу фотона (кг) с длиной волны 100 нм. h = $6{,}6 \cdot 10^{-34}$Дж• с.

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$4,4 \cdot 10^{-35}$
2)		$2,2 \cdot 10^{-33}$
3)		$4,4 \cdot 10^{-34}$
4)		$2,2 \cdot 10^{-35}$

Задание №69

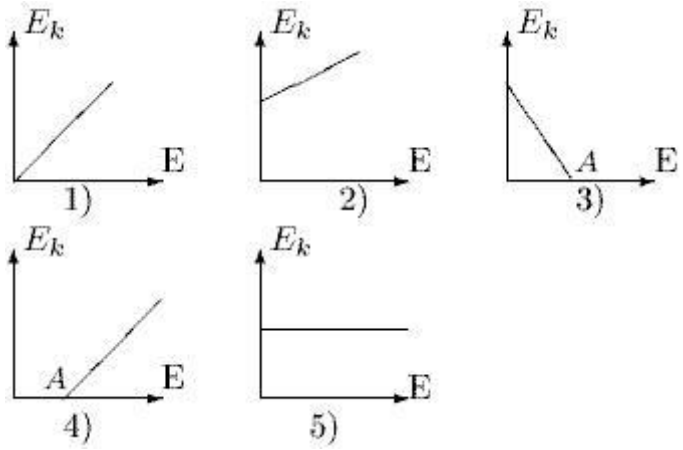
Каков импульс фотона (кг• м/с) излучения с длиной волны $3,31 \cdot 10^{-9}$м ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$Дж• с)?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$2 \cdot 10^{-19}$
2)		10^{-26}
3)		$2 \cdot 10^{-42}$
4)		$2 \cdot 10^{-25}$

Задание №70

На каком из приведенных графиков правильно отражена зависимость максимальной кинетической энергии (Ек) электрона, вылетающего с поверхности металла, от энергии фотона (Е), падающего на поверхность металла? А - работа выхода электрона из металла.



Выберите один из 5 вариантов ответа:

1)		1
2)		2
3)		3
4)		4
5)		5

Задание №71

Чему равен импульс фотона (кг• м/с), испущенного атомом при переходе электрона из одного состояния в другое, отличающееся по энергии на $4,8 \cdot 10^{-19}$Дж?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$1,5 \cdot 10^{-24}$

2)		$1,6\cdot 10^{-27}$
3)		$3\cdot 10^{-25}$
4)		$1\cdot 10^{-27}$

Задание №72		
Какова максимальная частота рентгеновского излучения из рентгеновской трубки (Гц), работающей под напряжением 33 кВ? h = $6,6\cdot 10^{-34}$Дж• с		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$4\cdot 10^{18}$
2)		$8\cdot 10^{17}$
3)		$2\cdot 10^{18}$
4)		$8\cdot 10^{18}$

Задание №73		
Определите импульс фотона (кг• м)/с, длина волны которого равна 500 нм. h = $6,62\cdot 10^{-34}$Дж• с		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$2,7\cdot 10^{-27}$
2)		$2,6\cdot 10^{-26}$
3)		$1,3\cdot 10^{-25}$
4)		$1,3\cdot 10^{-27}$

Задание №74		
Что такое фотон? Это …		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		нейтральная частица, способная перемещаться в пустоте со скоростью от 200 до 300 тысяч км/с
2)		частица, обладающая массой электрона, но имеющая заряд противоположного знака
3)		квант электромагнитного излучения
4)		"дырка" в твердом теле

Задание №75		
Какое из перечисленных ниже оптических явлений получило объяснение на основе квантовой теории света?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		дифракция
2)		дисперсия
3)		фотоэффект
4)		интерференция

Задание №76
Определите массу фотона (кг) с длиной волны 220 нм. h = $6,6\cdot 10^{-34}$Дж• с

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$3\cdot 10^{-36}$
2)		$1{,}6\cdot 10^{-36}$
3)		$1\cdot 10^{-35}$
4)		$1{,}5\cdot 10^{-36}$

Задание №77		
Какова энергия фотона (эВ) излучения с длиной волны 10^{-7} м ($h = 4\cdot 10^{-15}$эВ$\cdot$ с)?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		2
2)		4
3)		8
4)		12

Задание №78		
Формула Эйнштейна для фотоэффекта, выраженная через длину волны падающего света, имеет вид…		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$h\lambda/c = A+m\upsilon^2/2$
2)		$h/c = \lambda(A+m\upsilon^2/2)$
3)		$h\lambda = A/m\upsilon^2$
4)		$hc = \lambda(A+m\upsilon^2/2)$

Задание №79		
Как изменится максимальная энергия фотоэлектронов, если, не меняя частоты падающего света, увеличить его интенсивность в 2 раза?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		уменьшится в 2 раза
2)		не изменится
3)		увеличится в 4 раза
4)		увеличится в 2 раза

Задание №80		
Какую энергию должен иметь фотон (МэВ), чтобы его масса стала равной массе покоя электрона?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		1
2)		10
3)		0,511

4)		0,3

Задание №81		
Как изменится максимальная энергия фотоэлектронов, вырываемых светом из металла, если, не меняя числа фотонов, падающих в 1 с на поверхность металла, длину волны излучения уменьшить в 2 раза?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		увеличится более, чем в 2 раза
2)		увеличится в 2 раза
3)		уменьшится в 2 раза
4)		уменьшится менее, чем в 2 раза

Задание №82		
Во сколько раз давление света, падающего перпендикулярно идеально белой поверхности, больше давления света, падающего перпендикулярно идеально черной поверхности?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		2
2)		4
3)		1,5
4)		они равны

Задание №83		
Каким выражением определяется длина волны кванта, энергия которого равна E?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$\lambda=hc/E$
2)		$\lambda=hE/c$
3)		$\lambda=cE/p$
4)		$\lambda=E/hc$

Задание №84		
С какой максимальной скоростью (Мм/с) вылетают фотоэлектроны из металла с работой выхода 4,5 эВ при освещении его светом с длиной волны 300 нм? ($m_e=9\cdot 10^{-31}$ кг, $h = 6{,}63\cdot 10^{-34}$Дж• с, $c = 3\cdot 10^{8}$м/с., $e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл)		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		фотоэффект не происходит
2)		0,46
3)		0,30
4)		0,19

Задание №85
Два автомобиля с включёнными фарами движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями υ

относительно Земли. С какой скоростью движутся испущенные ими фотоны друг относительно друга? c - скорость света в вакууме.

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		c
2)		c - υ
3)		2(c + υ)
4)		2c

Задание №86

В результате квантового перехода, связанного с испусканием фотона, потенциальная энергия электрона в атоме водорода…

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		не изменяется
2)		увеличивается
3)		уменьшается
4)		предсказать невозможно

Задание №87

Радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода равен $0{,}5 \cdot 10^{-10}$ м, второй, третьей и четвёртой соответственно в 4, 9 и 16 раз больше. На какой орбите скорость электрона наибольшая?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		1
2)		2
3)		3
4)		4

Задание №88

Радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода равен $0{,}5 \cdot 10^{-10}$ м, второй, третьей и четвертой соответственно в 4, 9 и 16 раз больше. На какой орбите кинетическая энергия электрона наибольшая?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		1
2)		2
3)		3
4)		4

Задание №89

Укажите верное утверждение. Электроны, двигаясь в атоме по стационарным орбитам…

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		излучают свет и теряют энергию
2)		излучают свет, но не теряют энергию
3)		не излучают свет, но теряют энергию
4)		не излучают свет и не теряют энергию

Задание №90
В соответствии с теорией Бора атомы излучают свет…

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую
2)		при равномерном движении электрона по круговым стационарным орбитам
3)		при неравномерном движении электрона по эллиптическим стационарным орбитам
4)		при колебательном движении электрона в границах атома

Задание №91
В результате квантового перехода, связанного с испусканием фотона, скорость электрона в атоме водорода

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		уменьшается
2)		не изменяется
3)		предсказать невозможно
4)		увеличивается

Задание №92
В результате квантового перехода, связанного с испусканием фотона, кинетическая энергия электрона в атоме водорода…

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		предсказать невозможно
2)		увеличивается
3)		не изменяется
4)		уменьшается

Задание №93
Вследствие испускания фотона энергия атома уменьшилась на 2 эВ. Определите длину волны испущенного фотона (нм).

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		420
2)		855

3)		710
4)		615

Задание №94

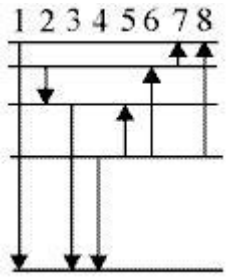
В результате квантового перехода, связанного с поглощением фотона, скорость электрона в атоме водорода…

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		не изменяется
2)		увеличивается
3)		уменьшается
4)		предсказать невозможно

Задание №95

На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней некоторого атома и несколько переходов между ними. Какой стрелкой указан переход с испусканием фотона наибольшей частоты?

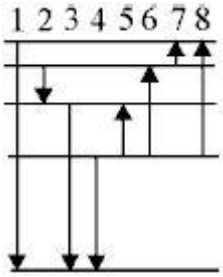


Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		7
2)		2
3)		5
4)		1

Задание №96

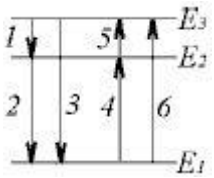
На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней некоторого атома и несколько переходов между ними. Какой стрелкой указан переход с поглощением фотона наибольшей длины волны?



Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		5
2)		6
3)		7
4)		8

Задание №97

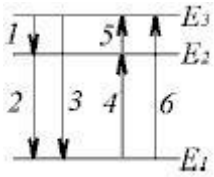
На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с испусканием фотона с наименьшей длиной волны?



Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		5
2)		1
3)		3
4)		6

Задание №98

На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с поглощением фотона с наибольшей длиной волны?



Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		2
2)		1
3)		5
4)		6

Задание №99

Радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода равен $0{,}5 \cdot 10^{-8}$ м, второй, третьей и четвертой соответственно в 4,9 и 16 раз больше. На какой орбите центростремительное ускорение электрона наименьшее?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		1

2)		2
3)		3
4)		4

Задание №100

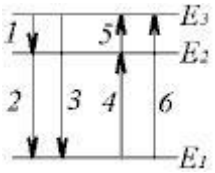
Излучение лазера: 1) когерентно, 2) не когерентно, 3) монохроматично, 4) не монохроматично, 5) направленно, 6) изотропно.

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		1, 4 и 5
2)		2, 4 и 6
3)		1, 3 и 5
4)		2, 3 и 6

Задание №101

На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с поглощением фотона с наименьшей длиной волны?

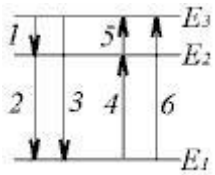


Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		6
2)		4
3)		1
4)		2

Задание №102

На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с испусканием фотона с наибольшей длиной волны?



Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		1
2)		5
3)		3

4)		6

Задание №103		
В результате квантового перехода, связанного с излучением фотона, кинетическая энергия электрона…		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		уменьшается
2)		не изменяется
3)		у одних атомов увеличивается, у других – уменьшается
4)		увеличивается

Задание №104		
Какова энергия ионизации атома кислорода (эВ), если его ионизация начинается при частоте падающего света $3{,}4 \cdot 10^{15}$ Гц. h = $4{,}1 \cdot 10^{-15}$ эВ• с.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		18,6
2)		11,3
3)		13,9
4)		9,2

Задание №105		
Какое из нижеперечисленных уравнений или законов относится к уравнениям на собственные значения и собственные функции какого-либо оператора?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		временное уравнение Шредингера
2)		стационарное уравнение Шредингера
3)		закон сохранения вероятности
4)		принцип суперпозиции

Задание №106		
Для однозначногонахожденияpешения временного уравнения Шредингера нужно задать:		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		волновую функцию во всех точках в начальный момент времени
2)		волновую функцию, ее первую и вторую производные по времени во всех точках в начальный момент времени
3)		волновую функцию, ее первую, вторую и третью производные по времени во всех точках в начальный момент времени
4)		волновую функцию и ее первую производную по времени во всех точках в начальный

Задание №107
Гамильтониан частицы не зависит от времени. Будут ли зависеть от времени волновые функции стационарных

состояний частицы?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		нет
2)		да
3)		это зависит от начальных условий
4)		это зависит от гамильтониана

Задание №108		
Потенциальная энергия частицы не зависит от времени. Волновая функция частицы в начальный момент времени совпадает с одной из собственных функций оператора Гамильтона частицы. Как зависит от времени среднее значение координаты частицы?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		растет
2)		убывает
3)		не зависит от времени
4)		по-разному, в зависимости от потенциальной энергии

Задание №109		
Коммутатор операторов d / dx и умножения на функцию $f(x)$ равен		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		оператору d / dx
2)		оператору умножения на функцию $f(x)$
3)		оператору умножения на функцию $f'(x)$
4)		оператору d^2/dx^2

Задание №110		
Коммутатор операторов четности $\hat{P}$ и умножения на функцию $f(x)$ равен		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		оператору $\hat{P}$
2)		оператору $f(x)\hat{P}$
3)		оператору $f(-x)\hat{P}$
4)		оператору $[f(-x) - f(x)]\hat{P}$

Задание №111		
Спектр собственных значений оператора является дискретным. Это значит, что		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		оператор имеет бесконечное количество собственных значений

2)		оператор имеет бесконечное количество положительных собственных значений
3)		собственные значения можно пересчитать, даже если их число бесконечно
4)		собственным значением является любое число из некоторого интервала значений

Задание №112

Спектр собственных значений оператора является непрерывным. Это значит, что

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		оператор не имеет собственных значений
2)		оператор имеет конечное число собственных значений
3)		собственным значением является любое число из некоторого интервала значений
4)		оператор имеет бесконечное число собственных значений, которые можно пересчитать

Задание №113

Система находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\Psi(x,t)$. Разложение этой функции по нормированным собственным функциям $f_n(x)$ оператора физической величины $\hat{A}$, обладающего дискретным спектром собственных значений a_n , имеет вид: $\Psi(x,t) = \sum C_n(t) f_n(x)$. Пусть каждому собственному значению a_n отвечает единственная собственная функция $f_n(x)$.

Чему равна вероятность того, что в момент времени t величина A имеет значение, равное a_n ?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$C_n(t)$
2)		$\lvert C_n(t) \rvert$
3)		$\lvert C_n(t) \rvert^2$
4)		$\mathrm{Re}(C_n(t))$

Задание №114

Частица находится в квантовом состоянии, описываемом нормированной волновой функцией $\Psi(r,t)$. Какое из нижеследующих утверждений справедливо?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1)		$\lvert\Psi(r,t)\rvert^2\, dV$ есть вероятность обнаружить частицу в момент времени t в объеме dV в окрестности точки r
2)		$\lvert\Psi(r,t)\rvert^2\, dt$ есть вероятность обнаружить частицу в точке r в интервале времени $(t, t+dt)$
3)		$\lvert\Psi(r,t)\rvert^2\, dVdt$ есть вероятность обнаружить частицу в интервале времени $(t, t+dt)$ в объеме dV в окрестности точки r
4)		все утверждения неправильны

Задание №115

Как определяется оператор четности $\hat{P}$, действующий в пространстве функций одной переменной?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$P\hat{f}(x) = -f(x)$
2)		$P\hat{f}(x) = f(-x)$
3)		$P\hat{f}(x) = (-1)^{\alpha} f(-x)$, где α – некоторое число
4)		$P\hat{f}(x) = -f(-x)$

Задание №116

Собственными значениями оператора четности являются

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		все четные целые числа
2)		все нечетные целые числа
3)		+1 и –1
4)		0 и 1

Задание №117

Квантовая система описывается нормированной волновой функцией $\Psi(x,t)$. Физической величине A отвечает оператор $\hat{A}$.

По какой формуле из нижеследующих формул можно вычислить среднее значение результатов многих измерений величины A над ансамблем таких квантовых систем?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$\int \psi^{*}(x,t)\hat{A}\psi(x,t)dx$
2)		$\int \hat{A}\psi \lvert(x,t)\rvert^2 dx$
3)		$\int \psi \lvert(x,t)\rvert^2 A\hat{dx}$
4)		$\hat{A}\int \lvert\psi(x,t)\rvert^2 dx$

Задание №118

Что означает, что физическая величина A имеет в некотором состоянии квантовой системы определенное значение (или, как иногда говорят, является измеримой)?

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		результаты многократных измерений величины A над ансамблем таких квантовых систем дадут одинаковые результаты
2)		в данном состоянии квантовой системы величину A можно измерить
3)		результаты повторных измерений величины A в одной и той же квантовой системе дадут одинаковые результаты
4)		величину A в принципе можно измерить

Задание №119

Физическая величина A имеет в состоянии с волновой функцией $\Psi(x,t)$ определенное значение, если

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		Ψ не зависит от времени

2)		$\Psi(x,t)$ совпадает с одной из собственных функций оператора этой физической величины $\hat{A}$
3)		$\Psi(x,t)$ является собственной функцией оператора Гамильтона системы
4)		Ψ не зависит от координат

Задание №120		
Какой формулой выражается условие нормировки собственных функций $f_n(x)$ оператора физической величины, имеющего дискретный спектр собственных значений?		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$\int \lvert f_n(x)\rvert^2 dx = 1$
2)		$\int f_n^*(x)\, f_{n'}(x) dx = \delta(n - n')$
3)		$\sum f_n^*(x)\, f_n(x') = \delta(x - x')$ (где $\delta(...)$ – δ-функция)
4)		$\lvert f_n(x)\rvert^2 dn = 1$

ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Рецензия на рабочие программы дисциплин, формирующие общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции, основной профессиональной образовательной программы Направление подготовки 11.03.04 – РФ, 690100 – КР Электроника и наноэлектроника

Составители:

1. Айтимбетова А.Н. – к.ф.-м.н., зав.кафедрой физики и микроэлектроники
2. Токарев А.В. – к.ф.-м.н., доц. кафедры физики и микроэлектроники
3. Лелевкин В.М. – д.ф.-м.н., проф. кафедры физики и микроэлектроники
4. Касмамытов Н.К. – д.ф.-м.н., проф. кафедры физики и микроэлектроники
5. Кайрыев Н.Ж. – к.ф.-м.н., доц. кафедры физики и микроэлектроники
6. Календеров А.Ж. – к.ф.-м.н., доц. кафедры физики и микроэлектроники
7. Жээнбеков А.А. – к.ф.-м.н., доц. кафедры физики и микроэлектроники
8. Мироненко В.В. – старший преп. кафедры физики и микроэлектроники
9. Малкин А.А. – старший преп. кафедры физики и микроэлектроники

Рецензенты:

1. Хмелева И.В. – к.т.н., доц., зам.декана ЕТФ по научной работе, руководитель образовательной программы «Программная инженерия»
2. Брякин И.В. – д.т.н., проф. зав. лабораторией информационно-измерительных систем Института автоматики и информационных технологий НАН КР
3. Полыба А.Н. – директор ОсОО «SUN FIELD»

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, являются частью основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования 11.03.04 – РФ, 690100 – КР Электроника и наноэлектроника.

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, имеют четкую структуру и включает все необходимые элементы:

- наименование дисциплины;
- цели освоения дисциплины;
- указание места дисциплины в структуре ОПОП;
- компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины с планируемыми результатами обучения по уровням;
- перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП;

- структура и содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам с указанием отведенного на них количества академических часов по видам учебных занятий;
- фонд оценочных средств, включающий в себя контрольные вопросы и задания промежуточного контроля (для проверки уровней обученности знать, уметь и владеть); перечень видов оценочных средств с полным банком теоретических и практических заданий для проверки текущей успеваемости (в том числе самостоятельной работы);
- перечень основной и дополнительной учебной литературы, а также методических разработок;
- перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины;
- перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем;
- описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (модуля);
- технологические карты дисциплины.

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, составлены логично, структура соответствует принципу единства теоретического и практического обучения, разделы выделены дидактически целесообразно. Последовательность тем, предлагаемых к изучению, направлена на качественное усвоение учебного материала. Виды самостоятельных работ позволяют обобщить и углубить изучаемый материал и направлены на закрепление умения поиска, накопления и обработки информации.

№ п/п	Наименование дисциплины	Компе-тенции	з.е.	час
1	Высшая математика	ОПК-1	15	540
2	Физика	ОПК-1	10	360
3	Основы трехмерного моделирования и прототипирования	ОПК-1	1	36
4	Физика	ОПК-2	10	360
5	Метрология, стандартизация и сертификация	ОПК-2	3	108
6	Информатика	ОПК-3	3	108
7	Инженерная и компьютерная графика	ОПК-3	3	108
8	Основы трехмерного моделирования и прототипирования	ОПК-3	1	36
9	Информатика	ОПК-4	3	108
10	Инженерная и компьютерная графика	ОПК-4	3	108

11	Информатика	ОПК-5	3	108
12	Инженерная и компьютерная графика	ОПК-5	3	108
№ п/п	**Наименование дисциплины**	**Компетенции**	**з.е.**	**час**
13	Введение в специальность	ПК-1	2	72
14	Физический практикум	ПК-1	5	180
15	Схемотехника	ПК-1	6	216
16	Материалы электронной техники	ПК-1	4	144
17	Основы технологии электронной компонентной базы	ПК-1	5	180
18	Основы плазменных технологий	ПК-1	4	144
19	Спецпрактикум по цифровой электронике	ПК-1	4	144
20	Промышленная электроника	ПК-1	4	144
21	Микроконтроллеры	ПК-1	6	216
22	Основы проектирования электронной компонентной базы	ПК-1	3	108
23	Микропроцессорные устройства	ПК-1	3	108
24	Производственно-технологическая деятельность	ПК-1	3	108
25	Системы автоматизированного проектирования	ПК-1	3	108
26	Основы конструирования электронных устройств	ПК-1	3	108
27	Оптоэлектроника	ПК-1	3	108
28	Световые приборы	ПК-1	3	108
29	Датчики контроля и диагностики	ПК-1	4	144
30	Датчики контроля в интегральной схемотехнике	ПК-1	4	144
31	Промышленная электроника	ПК-2	4	144
32	Производственно-технологическая деятельность	ПК-2	3	108
33	Основы правовых знаний в профессиональной деятельности	ПК-2	3	108
34	Экология	ПК-2	2	72
35	Метрология, стандартизация и сертификация	ПК-2	3	108
36	Введение в специальность	ПК-3	2	72
37	Физические основы электроники	ПК-3	5	180
38	Физика (спец главы)	ПК-3	8	288
39	Физический практикум	ПК-3	5	180
40	Дискретная математика	ПК-3	2	72
41	Основы программирования	ПК-3	4	144
42	Численные методы и математическое моделирование	ПК-3	3	108

43	Программирование на языках высокого уровня	ПК-3	3	108
44	Физика конденсированного состояния	ПК-3	4	144
45	Квантовая теория	ПК-3	4	144
46	Теория функций комплексного переменного	ПК-3	2	72
47	Линейные и нелинейные уравнения физики	ПК-3	3	108
48	Методы математической физики	ПК-3	3	108
49	Сетевые технологии	ПК-3	3	108
50	Современные технологии в информатики	ПК-3	3	108
51	Спецкурс по современным информационным технологиям	ПК-3	3	108
52	Спецкурс по современным технологиям программирования	ПК-3	3	108
53	Физика (спец главы)	ПК-4	8	288
54	Физический практикум	ПК-4	5	108
55	Схемотехника	ПК-4	6	216
56	Твердотельная электроника	ПК-4	5	180
57	Наноэлектроника	ПК-4	4	144
58	Материалы электронной техники	ПК-4	4	144
59	Теоретические основы электротехники	ПК-4	4	144
60	Спецпрактикум по цифровой электронике	ПК-4	4	144
61	Промышленная электроника	ПК-4	4	144
62	Микроконтроллеры	ПК-4	6	216
63	Микропроцессорные устройства	ПК-4	3	108
64	Химия	ПК-4	3	108
65	Вакуумная техника	ПК-4	3	108
66	Электронная микроскопия	ПК-4	3	108
67	Оптоэлектроника	ПК-4	3	108
68	Световые приборы	ПК-4	3	108
69	Оптические методы обработки информации	ПК-4	3	108
70	Голограммные оптические системы и устройства	ПК-4	3	108
71	Датчики контроля и диагностики	ПК-4	4	144
72	Датчики контроля в интегральной схемотехнике	ПК-4	4	144
73	Цифровая обработка сигналов	ПК-4	3	108
74	Обработка сигналов в информационных системах	ПК-4	3	108

Тематика и содержание видов занятий, формирующих практические навыки, соответствует требованиям к практическому опыту и умениям, обеспечивают освоение общепрофессиональных и профессиональных

компетенций. Объем времени достаточен для усвоения указанного содержания учебного материала.

Анализ раздела рабочих программ «Материально-техническая база», позволяет сделать вывод, что образовательное учреждение располагает материально-технической базой, отвечающей современным требованиям подготовки специалистов, обеспечивает проведение всех видов лабораторных работ и практических занятий, учебной практики, предусмотренных программой. Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы включает общедоступные источники, изданные в последнее время. Перечисленные Интернет-ресурсы актуальны и достоверны.

Авторами грамотно определены формы и методы контроля, используемые в процессе текущего и промежуточного контроля.

Основные показатели оценки результата позволяют диагностировать сформированность соответствующих ОПК и ПК.

В качестве рекомендаций и замечаний можно отметить следующее: 1. ежегодно вносить корректировки в тематику докладов, рефератов, курсовых работ, презентационных материалах, с учетом меняющихся требований в электронике; 2. по отдельным дисциплинам постоянно обновлять основную литературу, также использовать электронные ресурсы; 3. по возможности предусмотреть проведение практических на профильных предприятиях, организациях, фирмах.

Представленные рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, являющиеся частью основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования 11.03.04 – РФ, 690100 – КР Электроника и наноэлектроника содержательны, имеют практическую направленность, включают достаточное количество разнообразных элементов, направленных на развитие умственных, технических, творческих способностей обучающихся.

В целом, указанные выше рабочие программы дисциплин, обеспечивают освоение обучающихся знаниями, практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Рецензенты:

внутренний:

Зам.декана ЕТФ по научной работе, руководитель образовательной программы «Программная инженерия» Хмелева И.В. – к.т.н., доц.



внешний:

Представитель профильной организации:

Зав. лабораторией информационно-
измерительных систем Института автоматики
и информационных технологий НАН КР,
д.т.н., проф. Брякин И.В.

Согласовано:

ОсОО «SUN FIELD»
Директор Полыба А.Н.



«13» сент 2021