

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: ЧУМАЧЕНКО ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА  
 Должность: РЕКТОР  
 Дата подписания: 24.10.2022 14:01:21  
 Уникальный программный ключ:  
 9c9f7aaffa4840d284abe156657b8f85432bdb16



**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ЮУрГПУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**(ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА)**

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.О	Общая и экспериментальная физика (квантовая физика)

Код направления подготовки	44.03.05
Направление подготовки	Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Наименование (я) ОПОП (направленность / профиль)	Физика. Математика
Уровень образования	бакалавр
Форма обучения	очная

Разработчики:

Должность	Учёная степень, звание	Подпись	ФИО
И.о. заведующего кафедрой	кандидат физико- математических наук		Беспаль Ирина Ивановна

Рабочая программа рассмотрена и одобрена (обновлена) на заседании кафедры (структурного подразделения)

Кафедра	Заведующий кафедрой	Номер протокола	Дата протокола	Подпись
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	10	15.06.2019	
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	1	10.09.2020	

**Раздел 1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения образовательной программы с указанием этапов их формирования**

Таблица 1 - Перечень компетенций, с указанием образовательных результатов в процессе освоения дисциплины (в соответствии с РПД)

<b>Формируемые компетенции</b>			
<b>Индикаторы ее достижения</b>	<b>Планируемые образовательные результаты по дисциплине</b>		
	<b>знать</b>	<b>уметь</b>	<b>владеть</b>
<b>ОПК-8 способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний</b>			
ОПК.8.1 Знать историю, теорию, закономерности и принципы построения научного знания для осуществления педагогической деятельности.	3.1 Концептуальные и теоретические основы квантовой физики, историю её развития и становления, вклад выдающихся отечественных и зарубежных ученых в развитие квантовой физики		
ОПК.8.2 Уметь проектировать и осуществлять педагогическую деятельность с опорой на специальные научные знания.		У.1 Использовать теоретические и эмпирические методы изучения явлений квантовой физики для приобретения знаний, в т.ч. используя современные информационные и коммуникационные технологии, для использования в практической деятельности	
ОПК.8.3 Владеть технологиями осуществления педагогической деятельности на основе научных знаний.			В.1 Технологиями изучения и описания явлений квантовой физики, используя грамотный научный язык в профессиональной деятельности для объяснения физической сущности свойств материальных объектов, явлений и процессов в природе и технике на основе представлений о квантовых явлениях

ПК-1 способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по преподаваемому предмету в профессиональной деятельности

<p>ПК.1.1 Знает содержание, особенности и современное состояние, понятия и категории, тенденции развития соответствующей профилю научной (предметной) области; закономерности, определяющие место соответствующей науки в общей картине мира; принципы проектирования и реализации общего и (или) дополнительного образования по предмету в соответствии с профилем обучения</p>	<p>3.2 Основные научные факты, понятия, законы, теории в рамках квантово-полевого картины мира</p> <p>3.3 Место раздела "Квантовая физика" в содержании учебного предмета "Физика" на уровне общего образования</p>		
<p>ПК.1.2 Умеет применять базовые научно-теоретические знания по предмету и методы исследования в предметной области; осуществляет отбор содержания, методов и технологий обучения предмету (предметной области) в различных формах организации образовательного процесса</p>		<p>У.2 Планировать и выполнять учебное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых явлений; обрабатывать результаты измерений, представлять их в виде, удобном для анализа результатов, объяснять полученные результаты и делать выводы</p> <p>У.3 Строить математические модели для решения задач (в том числе задач школьного курса), использовать математический аппарат при выводе следствий физических законов и теорий по квантовой физике</p>	
<p>ПК.1.3 Владеет практическими навыками в предметной области, методами базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач</p>			<p>В.2 Приемами представления результатов экспериментального и теоретического исследования различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической)</p> <p>В.3 Различными формами представления информации по квантовой физике в рамках подготовки к будущей профессиональной деятельности</p>

Компетенции связаны с дисциплинами и практиками через матрицу компетенций согласно таблице 2.

Таблица 2 - Компетенции, формируемые в результате обучения

<b>Код и наименование компетенции</b>	
<b>Составляющая учебного плана (дисциплины, практики, участвующие в формировании компетенции)</b>	<b>Вес дисциплины в формировании компетенции (100 / количество дисциплин, практик)</b>
<b>ОПК-8 способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний</b>	
Безопасность жизнедеятельности	4,17
Педагогика	4,17
Возрастная анатомия, физиология и гигиена	4,17
Основы медицинских знаний и здорового образа жизни	4,17
Математический анализ	4,17
производственная практика (преддипломная)	4,17
производственная практика (педагогическая)	4,17
Алгебра	4,17
Геометрия	4,17
<b>Общая и экспериментальная физика (квантовая физика)</b>	<b>4,17</b>
Общая и экспериментальная физика (механика)	4,17
Общая и экспериментальная физика (оптика)	4,17
Общая и экспериментальная физика (электричество и магнетизм)	4,17
Теория чисел	4,17
Вводный курс математики	4,17
Проективная геометрия	4,17
Комплексный экзамен по педагогике и психологии	4,17
Модели воспитывающей среды в образовательных организациях, организация отдыха детей и их оздоровления	4,17
учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))	4,17
Экзамен по модулю "Модуль 3 "Здоровьесберегающий""	4,17
Методы статистической обработки информации	4,17
Общая и экспериментальная физика (молекулярная)	4,17
учебная практика (проектно-исследовательская)	4,17
Химия	4,17
<b>ПК-1 способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по преподаваемому предмету в профессиональной деятельности</b>	
Дискретная математика	2,38
Математическая логика	2,38
Математический анализ	2,38
Численные методы	2,38
производственная практика (преддипломная)	2,38
Электротехника	2,38
Алгебра	2,38
Астрономия	2,38
Геометрия	2,38
Математическая физика	2,38
Методика обучения и воспитания (математика)	2,38
Методика обучения и воспитания (физика)	2,38
<b>Общая и экспериментальная физика (квантовая физика)</b>	<b>2,38</b>
Общая и экспериментальная физика (механика)	2,38
Общая и экспериментальная физика (оптика)	2,38
Общая и экспериментальная физика (электричество и магнетизм)	2,38
Основания геометрии	2,38
Основы теоретической физики (квантовая механика)	2,38
Основы теоретической физики (классическая механика)	2,38

Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)	2,38
Основы теоретической физики (СТО)	2,38
Основы теоретической физики (физика атомного ядра и элементарных частиц)	2,38
Основы теоретической физики (физика твердого тела)	2,38
Основы теоретической физики (электродинамика)	2,38
Теория чисел	2,38
Школьный физический кабинет	2,38
Элементарная математика	2,38
Вводный курс математики	2,38
Дифференциальные уравнения	2,38
Практикум по тригонометрии	2,38
Практикум по элементарной алгебре	2,38
Практикум по элементарной геометрии	2,38
Проективная геометрия	2,38
Методы статистической обработки информации	2,38
Образовательная электроника	2,38
Общая и экспериментальная физика (молекулярная)	2,38
Основы электроники	2,38
Теория функций комплексного и действительного переменного	2,38
учебная практика (по математике)	2,38
учебная практика (по физике)	2,38
учебная практика (проектно-исследовательская)	2,38
Химия	2,38

Таблица 3 - Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП

Код компетенции	Этап базовой подготовки	Этап расширения и углубления подготовки	Этап профессионально-практической подготовки
-----------------	-------------------------	---	--

ОПК-8	<p>Безопасность жизнедеятельности, Педагогика, Возрастная анатомия, физиология и гигиена, Основы медицинских знаний и здорового образа жизни, Математический анализ, производственная практика (преддипломная), производственная практика (педагогическая), Алгебра, Геометрия, Общая и экспериментальная физика (квантовая физика), Общая и экспериментальная физика (механика), Общая и экспериментальная физика (оптика), Общая и экспериментальная физика (электричество и магнетизм), Теория чисел, Вводный курс математики, Проективная геометрия, Комплексный экзамен по педагогике и психологии, Модели воспитывающей среды в образовательных организациях, организация отдыха детей и их оздоровления, учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), Экзамен по модулю "Модуль 3 "Здоровьесберегающий"", Методы статистической обработки информации, Общая и экспериментальная физика (молекулярная), учебная практика (проектно-исследовательская), Химия</p>		<p>производственная практика (преддипломная), производственная практика (педагогическая), учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), учебная практика (проектно-исследовательская)</p>
-------	---	--	---

ПК-1	<p>Дискретная математика, Математическая логика, Математический анализ, Численные методы, производственная практика (преддипломная), Электротехника, Алгебра, Астрономия, Геометрия, Математическая физика, Методика обучения и воспитания (математика), Методика обучения и воспитания (физика), Общая и экспериментальная физика (квантовая физика), Общая и экспериментальная физика (механика), Общая и экспериментальная физика (оптика), Общая и экспериментальная физика (электричество и магнетизм), Основания геометрии, Основы теоретической физики (квантовая механика), Основы теоретической физики (классическая механика), Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика), Основы теоретической физики (СТО), Основы теоретической физики (физика атомного ядра и элементарных частиц), Основы теоретической физики (физика твердого тела), Основы теоретической физики (электродинамика), Теория чисел, Школьный физический кабинет, Элементарная математика, Вводный курс математики, Дифференциальные уравнения, Практикум по тригонометрии, Практикум по элементарной алгебре, Практикум по элементарной геометрии, Проективная геометрия, Методы статистической обработки информации, Образовательная электроника, Общая и экспериментальная физика (молекулярная), Основы электроники, Теория функций комплексного и действительного переменного, учебная практика (по математике), учебная практика (по физике), учебная практика</p>		<p>производственная практика (преддипломная), учебная практика (по математике), учебная практика (по физике), учебная практика (проектно-исследовательская)</p>
------	---	--	---





**Раздел 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Таблица 4 - Показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения учебной дисциплины (в соответствии с РПД)

№	Раздел		
<b>Формируемые компетенции</b>			
	<table> <tr> <th>Показатели сформированности (в терминах «знать», «уметь», «владеть»)</th><th>Виды оценочных средств</th></tr> </table>	Показатели сформированности (в терминах «знать», «уметь», «владеть»)	Виды оценочных средств
Показатели сформированности (в терминах «знать», «уметь», «владеть»)	Виды оценочных средств		
1	Квантовые свойства излучения		
ОПК-8 ПК-1			
<p>Знать концептуальные и теоретические основы квантовой физики, историю её развития и становления, вклад выдающихся отечественных и зарубежных ученых в развитие квантовой физики</p> <p>Знать основные научные факты, понятия, законы, теории в рамках квантово-полевой картины мира</p> <p>Знать место раздела "Квантовая физика" в содержании учебного предмета "Физика" на уровне общего образования</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>		
<p>Уметь использовать теоретические и эмпирические методы изучения явлений квантовой физики для приобретения знаний, в т.ч. используя современные информационные и коммуникационные технологии, для использования в практической деятельности</p> <p>Уметь планировать и выполнять учебное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых явлений; обрабатывать результаты измерений, представлять их в виде, удобном для анализа результатов, объяснять полученные результаты и делать выводы</p> <p>Уметь строить математические модели для решения задач (в том числе задач школьного курса), использовать математический аппарат при выводе следствий физических законов и теорий по квантовой физике</p>	<p>Задача</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>		
<p>Владеть технологиями изучения и описания явлений квантовой физики, используя грамотный научный язык в профессиональной деятельности для объяснения физической сущности свойств материальных объектов, явлений и процессов в природе и технике на основе представлений о квантовых явлениях</p> <p>Владеть приемами представления результатов экспериментального и теоретического исследования различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической)</p> <p>Владеть различными формами представления информации по квантовой физике в рамках подготовки к будущей профессиональной деятельности</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>		
2	Волновые свойства микрочастиц		
ОПК-8 ПК-1			
<p>Знать концептуальные и теоретические основы квантовой физики, историю её развития и становления, вклад выдающихся отечественных и зарубежных ученых в развитие квантовой физики</p> <p>Знать основные научные факты, понятия, законы, теории в рамках квантово-полевой картины мира</p> <p>Знать место раздела "Квантовая физика" в содержании учебного предмета "Физика" на уровне общего образования</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>		
<p>Уметь использовать теоретические и эмпирические методы изучения явлений квантовой физики для приобретения знаний, в т.ч. используя современные информационные и коммуникационные технологии, для использования в практической деятельности</p> <p>Уметь планировать и выполнять учебное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых явлений; обрабатывать результаты измерений, представлять их в виде, удобном для анализа результатов, объяснять полученные результаты и делать выводы</p> <p>Уметь строить математические модели для решения задач (в том числе задач школьного курса), использовать математический аппарат при выводе следствий физических законов и теорий по квантовой физике</p>	<p>Задача</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>		

	<p>Владеть технологиями изучения и описания явлений квантовой физики, используя грамотный научный язык в профессиональной деятельности для объяснения физической сущности свойств материальных объектов, явлений и процессов в природе и технике на основе представлений о квантовых явлениях</p> <p>Владеть приемами представления результатов экспериментального и теоретического исследования различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической)</p> <p>Владеть различными формами представления информации по квантовой физике в рамках подготовки к будущей профессиональной деятельности</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>
3	Физика атомов и молекул	
	ОПК-8 ПК-1	
	<p>Знать концептуальные и теоретические основы квантовой физики, историю её развития и становления, вклад выдающихся отечественных и зарубежных ученых в развитие квантовой физики</p> <p>Знать основные научные факты, понятия, законы, теории в рамках квантово-полевой картины мира</p> <p>Знать место раздела "Квантовая физика" в содержании учебного предмета "Физика" на уровне общего образования</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>
	<p>Уметь использовать теоретические и эмпирические методы изучения явлений квантовой физики для приобретения знаний, в т.ч. используя современные информационные и коммуникационные технологии, для использования в практической деятельности</p> <p>Уметь планировать и выполнять учебное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых явлений; обрабатывать результаты измерений, представлять их в виде, удобном для анализа результатов, объяснять полученные результаты и делать выводы</p> <p>Уметь строить математические модели для решения задач (в том числе задач школьного курса), использовать математический аппарат при выводе следствий физических законов и теорий по квантовой физике</p>	<p>Задача</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>
	<p>Владеть технологиями изучения и описания явлений квантовой физики, используя грамотный научный язык в профессиональной деятельности для объяснения физической сущности свойств материальных объектов, явлений и процессов в природе и технике на основе представлений о квантовых явлениях</p> <p>Владеть приемами представления результатов экспериментального и теоретического исследования различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической)</p> <p>Владеть различными формами представления информации по квантовой физике в рамках подготовки к будущей профессиональной деятельности</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>
4	Физика атомного ядра	
	ОПК-8 ПК-1	
	<p>Знать концептуальные и теоретические основы квантовой физики, историю её развития и становления, вклад выдающихся отечественных и зарубежных ученых в развитие квантовой физики</p> <p>Знать основные научные факты, понятия, законы, теории в рамках квантово-полевой картины мира</p> <p>Знать место раздела "Квантовая физика" в содержании учебного предмета "Физика" на уровне общего образования</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Контрольная работа по разделу/теме</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>

<p>Уметь использовать теоретические и эмпирические методы изучения явлений квантовой физики для приобретения знаний, в т.ч. используя современные информационные и коммуникационные технологии, для использования в практической деятельности</p> <p>Уметь планировать и выполнять учебное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых явлений; обрабатывать результаты измерений, представлять их в виде, удобном для анализа результатов, объяснять полученные результаты и делать выводы</p> <p>Уметь строить математические модели для решения задач (в том числе задач школьного курса), использовать математический аппарат при выводе следствий физических законов и теорий по квантовой физике</p>	<p>Задача</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Контрольная работа по разделу/теме</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>
<p>Владеть технологиями изучения и описания явлений квантовой физики, используя грамотный научный язык в профессиональной деятельности для объяснения физической сущности свойств материальных объектов, явлений и процессов в природе и технике на основе представлений о квантовых явлениях</p> <p>Владеть приемами представления результатов экспериментального и теоретического исследования различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической)</p> <p>Владеть различными формами представления информации по квантовой физике в рамках подготовки к будущей профессиональной деятельности</p>	<p>Задания к лекции</p> <p>Задача</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Конспект по теме</p> <p>Контрольная работа по разделу/теме</p> <p>Опрос</p> <p>Отчет по лабораторной работе</p>

Таблица 5 - Описание уровней и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Код	Содержание компетенции			
Уровни освоения компетенции	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая оценка)	% освоения (рейтинговая оценка)
ОПК-8	ОПК-8 способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний			
ПК-1	ПК-1 способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по преподаваемому предмету в профессиональной деят...			

### Раздел 3. Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### 1. Оценочные средства для текущего контроля

Раздел: Квантовые свойства излучения

#### Задания для оценки знаний

##### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции.

Примерные темы: люминесценция, ее виды, лампа дневного света; принцип работы и использование фоторезисторов, фотодатчиков и фотореле; химическое действие света

##### 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примеры ИДЗ:

ИДЗ № 1

Вариант 1

1. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,1 мкм падает на вольфрамовую пластинку. Работа выхода электронов из вольфрама равна 4,5 эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Если уменьшить интенсивность излучения, максимальная энергия фотоэлектронов уменьшится.

Б. Энергия фотона падающего излучения больше 10 эВ.

В. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 5 эВ.

Г. Если бы частота излучения была больше  $1,5 \cdot 10^{15}$  Гц, оно вызвало бы фотоэффект в вольфраме.

2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона? Какого типа это излучение?

3. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор. При длительном освещении катода светом длиной волны 300 нм фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция равна  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите емкость конденсатора.

4. Давление света с длиной волны 400 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм<sup>2</sup> этой поверхности.

5. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 до 2,4 пм. Найти энергию электронов отдачи.

Вариант 2

1. Длина волны лазерного излучения равна 410 нм, мощность излучения 2 мВт. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Импульс каждого испускаемого фотона больше  $2 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с.

Б. Энергия каждого испускаемого фотона меньше  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

В. Каждую секунду лазер излучает больше  $5 \cdot 10^{15}$  фотонов.

Г. Данный лазер излучает видимый свет.

2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона. Какого типа это излучение?

3. В вакууме находятся два покрытых цинком электрода, к которым подключен конденсатор электроемкостью 8000 пФ. При длительном освещении катода светом с частотой  $10^{15}$  Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из цинка  $3,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Каким при этом окажется заряд на обкладках конденсатора?

4. Монохроматический пучок света с длиной волны 0,582 мкм падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения 0,7. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на 1 см<sup>2</sup> этой поверхности, если давление света на эту поверхность 1,2 мкПа. Найти концентрацию фотонов в 1 см<sup>3</sup> падающего светового пучка.

5. Какова была длина волны рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом 60° длина волны рассеянного излучения оказалась равной 25,4 пм?

Вариант 3

1. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с катода вылетают фотоэлектроны. Интенсивность светового потока увеличили в 2 раза. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Количество фотоэлектронов, вырываемых светом за 1 с, не изменилось.
  - Б. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась.
  - В. Максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась.
  - Г. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от частоты падающего света.
2. Определите длину волны, энергию, массу и импульс фотона гамма-излучения с частотой  $3 \cdot 10^{20}$  Гц.
3. Фотокатод освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в магнитное поле с индукцией 0,2 мТл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова работа выхода для вещества катода?
4. На поверхность площадью 100 см<sup>2</sup> в единицу времени падает световая энергия 1,05 Дж/с. Найти световое давление в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающие на нее лучи.
5. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 пм испытывают комптоновское рассеяние под углом 90°. Найти изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, а также энергию и импульс электрона отдачи.

#### Вариант 4

1. Красная граница фотоэффекта для вольфрама 275 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Работа выхода электронов из вольфрама меньше 5 эВ.
  - Б. При действии излучения с частотой 1014 Гц в вольфраме возникает фотоэффект.
  - В. Если длина волны падающего на вольфрам излучения равна 180 нм, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 3 эВ.
  - Г. Чем больше частота излучения, тем меньше максимальная скорость фотоэлектронов.
2. Определите частоту, энергию, массу и импульс фотона инфракрасного излучения с длиной волны 10–4 м.
3. Когда длину волны излучения, падающего на катод фотоэлемента, уменьшили с  $\lambda_1 = 500$  нм до  $\lambda_2 = 400$  нм, кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 4 раза. Определить длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для данного катода.
4. Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время 0,8 мс излучает  $5 \cdot 10^{14}$  фотонов. Лучи падают по нормали на площадку 0,7 см<sup>2</sup> и создают  $1,5 \cdot 10^{-5}$  Па. При этом 40% фотонов отражается, остальное излучение поглощается. Определите длину волны излучения.
5. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\pi/2$ . Найти энергию и импульс рассеянного фотона.

#### ИДЗ № 2

#### Вариант 5

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 300 °С больше, чем при 150 °С?
2. С поверхности сажи площадью 2 см<sup>2</sup> при температуре 400 К за время 5 мин излучается энергия 83 Дж. Определить коэффициент черноты сажи.
3. Энергетическая светимость абсолютно черного тела 3 Вт/см<sup>2</sup>. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.
4. Максимум спектральной плотности излучательной способности звезды Арктур приходится на длину волны 580 нм. Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру поверхности звезды. Каковы энергетическая светимость излучения звезды? Чему равна максимальная спектральная плотность энергетической светимости при найденной температуре?
5. Используя формулу Планка, определите спектральную плотность потока излучения единицы поверхности черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн 5 нм около максимума спектральной плотности энергетической светимости, если температура черного тела 2500 К.

#### Вариант 6

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 1000 °С больше, чем при 500 °С?
2. Какую энергетическую светимость имеет затвердевающий свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры (327 °С) составляет 0,6.
3. В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующие максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служат: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3000$  К); б) поверхность звезды Сириус ( $T = 10\,000$  К); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7$  К? Каковы их энергетические светимости? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
4. Определите, какая длина волны соответствует максимальной спектральной плотности энергетической светимости, равной  $1,3 \cdot 10^{11}$  Вт/м<sup>3</sup>.
5. Чему равна энергетическая светимость абсолютно черного тела, приходящаяся на интервал длин волн 0,8 нм, соответствующий максимуму спектральной плотности энергетической светимости при температуре 2000 К?

#### Вариант 7

1. Какой из чайников – белый или закопченный – быстрее закипит? А быстрее остынет? Почему?
2. Найти температуру печи, если известно, что излучение из отверстия площадью 6,1 см<sup>2</sup> имеет мощность 34,6 Вт. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

3. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности черного тела при температуре 37 °С, и энергетическую светимость тела. В какой части спектра лежит найденная длина волны?
4. Зачерненный шарик остывает от температуры 300 К до температуры 293 К. На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости? Каким образом?
5. Температура абсолютно черного тела равна 2 кК. Определите: а) спектральную плотность энергетической светимости для длины волны 600 нм; б) энергетическую светимость в интервале длин волн от 590 нм до 610 нм. Принять, что средняя спектральная плотность энергетической светимости тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны 600 нм.

#### Вариант 8

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 100 °С больше, чем при 50 °С?
2. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности 0,67 кВт. Температура поверхности 2500 К, ее площадь 10 см<sup>2</sup>. Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
3. На сколько процентов увеличится энергетическая светимость АЧТ, если его температура увеличится на 1 %?
4. Определите температуру абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности излучательной способности приходится на красную границу видимого спектра (750 нм); на фиолетовую (380 нм). Каковы значения этих спектральных плотностей?
5. Температура абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость? Насколько изменилась длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Законы фотоэффекта. ВАХ вакуумного фотоэлемента
- Закон Стефана-Больцмана, законы Вина (смещения и  $\sigma$  ( $\lambda$ , T)<sub>max</sub>)
- График зависимости спектральной плотности энергетической светимости от длины волны (частоты)

Дополнительные вопросы (собеседование по определению понятий):

Квантовые свойства света

Фотоэффект, задерживающее напряжение, формула Эйнштейна для фотоэффекта, красная граница фотоэффекта, внешний фотоэффект, внутренний фотоэффект, фотон, масса фотона, импульс фотона, корпускулярно-волновой дуализм, эффект Комптона, давление света.

Тепловое излучение

Тепловое излучение, энергетическая светимость, испускательная способность тела, поглощательная способность тела, абсолютно черное тело (АЧТ), серое тело, закон Кирхгофа, ультрафиолетовая катастрофа, квант, формула Планка, постоянная Планка, длина волны, частота света, энергия кванта.

### 4. Опрос:

Опрос (письменный) по теме "Фотоэффект"

#### Вариант 1

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении ультрафиолетовым излучением, длина волны которого менее 350 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении интенсивности монохроматического излучения в 2 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 2

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении фиолетовым светом, длина волны которого менее 410 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении интенсивности монохроматического излучения в 3 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 3

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении ультрафиолетовым излучением, длина волны которого менее 380 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении интенсивности монохроматического излучения в 3 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 4

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении синим светом, длина волны которого менее 480 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении интенсивности монохроматического излучения в 2 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении длины волны в 3 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Опрос (письменный) по теме "Давление света. Эффект Комптона"

##### Вариант 1

1. Энергия фотона 1 в два раза превосходит энергию фотона 2. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Почему эффект Комптона не наблюдается для света в видимом диапазоне?
3. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс электрона отдачи составляет  $3 \text{ (МэВ}\cdot\text{с)/м}$ . Найдите импульс падающего фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 2

1. Энергия фотона 2 в три раза превосходит энергию фотона 1. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
3. Нарисуйте векторы импульсов для случая, когда фотон рассеивается под углом  $120^\circ$  на покоившемся свободном электроны.
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс падающего фотона  $3 \text{ (МэВ}\cdot\text{с)/м}$ . Найдите импульс рассеянного фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 3

1. Энергия фотона 1 в три раза превосходит энергию фотона 2. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Почему эффект Комптона не наблюдается для света в видимом диапазоне?
3. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс электрона отдачи составляет  $3 \text{ (МэВ}\cdot\text{с)/м}$ . Найдите импульс падающего фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 4

1. Энергия фотона 2 в два раза превосходит энергию фотона 1. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
3. Нарисуйте векторы импульсов для случая, когда фотон рассеивается под углом  $120^\circ$  на покоившемся свободном электроны.
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс падающего фотона  $3 \text{ (МэВ}\cdot\text{с)/м}$ . Найдите импульс рассеянного фотона (в тех же единицах).

#### Опрос (письменный) по теме "Тепловое излучение"

##### Вариант 1

1. Какова связь между  $\gamma_\nu$ ,  $T$  и  $g_\nu$ ,  $T$ ?

2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 1000 и 3000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 2

1. Какова связь между  $\lambda_{\text{л}}, T$  и  $\nu_{\text{л}}, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 2000 и 4000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 3

1. Какова связь между  $\nu_{\text{л}}, T$  и  $\lambda_{\text{л}}, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 2000 и 6000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 4

1. Какова связь между  $\lambda_{\text{л}}, T$  и  $\nu_{\text{л}}, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 4000 и 8000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

## 5. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

## Задания для оценки умений

### 1. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примеры ИДЗ:

ИДЗ № 1

Вариант 1

1. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,1 мкм падает на вольфрамовую пластинку. Работа выхода электронов из вольфрама равна 4,5 эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Если уменьшить интенсивность излучения, максимальная энергия фотоэлектронов уменьшится.

Б. Энергия фотона падающего излучения больше 10 эВ.

В. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 5 эВ.

Г. Если бы частота излучения была больше  $1,5 \cdot 10^{15}$  Гц, оно вызвало бы фотоэффект в вольфраме.

2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона? Какого типа это излучение?



3. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор. При длительном освещении катода светом длиной волны 300 нм фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция равна  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите емкость конденсатора.
4. Давление света с длиной волны 400 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определите число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм<sup>2</sup> этой поверхности.
5. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 до 2,4 пм. Найти энергию электронов отдачи.

#### Вариант 2

1. Длина волны лазерного излучения равна 410 нм, мощность излучения 2 мВт. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Импульс каждого испускаемого фотона больше  $2 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с.
  - Б. Энергия каждого испускаемого фотона меньше  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж.
  - В. Каждую секунду лазер излучает больше  $5 \cdot 10^{15}$  фотонов.
  - Г. Данный лазер излучает видимый свет.
2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона. Какого типа это излучение?
3. В вакууме находятся два покрытых цинком электрода, к которым подключен конденсатор электроемкостью 8000 пФ. При длительном освещении катода светом с частотой 1015 Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из цинка  $3,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Каким при этом окажется заряд на обкладках конденсатора?
4. Монохроматический пучок света с длиной волны 0,582 мкм падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения 0,7. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на 1 см<sup>2</sup> этой поверхности, если давление света на эту поверхность 1,2 мкПа. Найти концентрацию фотонов в 1 см<sup>3</sup> падающего светового пучка.
5. Какова была длина волны рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной 25,4 пм?

#### Вариант 3

1. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с катода вылетают фотоэлектроны. Интенсивность светового потока увеличили в 2 раза. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Количество фотоэлектронов, вырываемых светом за 1 с, не изменилось.
  - Б. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась.
  - В. Максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась.
  - Г. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от частоты падающего света.
2. Определите длину волны, энергию, массу и импульс фотона гамма-излучения с частотой  $3 \cdot 10^{20}$  Гц.
3. Фотокатод освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в магнитное поле с индукцией 0,2 мТл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова работа выхода для вещества катода?
4. На поверхность площадью 100 см<sup>2</sup> в единицу времени падает световая энергия 1,05 Дж/с. Найти световое давление в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающие на нее лучи.
5. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 пм испытывают комптоновское рассеяние под углом  $90^\circ$ . Найти изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, а также энергию и импульс электрона отдачи.

#### Вариант 4

1. Красная граница фотоэффекта для вольфрама 275 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Работа выхода электронов из вольфрама меньше 5 эВ.
  - Б. При действии излучения с частотой 1014 Гц в вольфраме возникает фотоэффект.
  - В. Если длина волны падающего на вольфрам излучения равна 180 нм, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 3 эВ.
  - Г. Чем больше частота излучения, тем меньше максимальная скорость фотоэлектронов.
2. Определите частоту, энергию, массу и импульс фотона инфракрасного излучения с длиной волны 10–4 м.
3. Когда длину волны излучения, падающего на катод фотоэлемента, уменьшили с  $\lambda_1 = 500$  нм до  $\lambda_2 = 400$  нм, кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 4 раза. Определить длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для данного катода.
4. Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время 0,8 мс излучает  $5 \cdot 10^{14}$  фотонов. Лучи падают по нормали на площадку 0,7 см<sup>2</sup> и создают  $1,5 \cdot 10^{-5}$  Па. При этом 40% фотонов отражается, остальное излучение поглощается. Определите длину волны излучения.
5. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\pi/2$ . Найти энергию и импульс рассеянного фотона.

#### ИДЗ № 2

#### Вариант 5

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 300 °С больше, чем при 150 °С?

2. С поверхности сажи площадью  $2 \text{ см}^2$  при температуре  $400 \text{ К}$  за время  $5 \text{ мин}$  излучается энергия  $83 \text{ Дж}$ . Определить коэффициент черноты сажи.
3. Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $3 \text{ Вт/см}^2$ . Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.
4. Максимум спектральной плотности излучательной способности звезды Арктур приходится на длину волны  $580 \text{ нм}$ . Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру поверхности звезды. Каковы энергетическая светимость излучения звезды? Чему равна максимальная спектральная плотность энергетической светимости при найденной температуре?
5. Используя формулу Планка, определите спектральную плотность потока излучения единицы поверхности черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн  $5 \text{ нм}$  около максимума спектральной плотности энергетической светимости, если температура черного тела  $2500 \text{ К}$ .

#### Вариант 6

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  больше, чем при  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
2. Какую энергетическую светимость имеет затвердевающий свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры ( $327 \text{ }^\circ\text{C}$ ) составляет  $0,6$ .
3. В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующие максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3000 \text{ К}$ ); б) поверхность звезды Сириус ( $T = 10\,000 \text{ К}$ ); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7 \text{ К}$ ? Каковы их энергетические светимости? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
4. Определите, какая длина волны соответствует максимальной спектральной плотности энергетической светимости, равной  $1,3 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^3$ .
5. Чему равна энергетическая светимость абсолютно черного тела, приходящаяся на интервал длин волн  $0,8 \text{ нм}$ , соответствующий максимуму спектральной плотности энергетической светимости при температуре  $2000 \text{ К}$ ?

#### Вариант 7

1. Какой из чайников – белый или закопченный – быстрее закипит? А быстрее остынет? Почему?
2. Найти температуру печи, если известно, что излучение из отверстия площадью  $6,1 \text{ см}^2$  имеет мощность  $34,6 \text{ Вт}$ . Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
3. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности черного тела при температуре  $37 \text{ }^\circ\text{C}$ , и энергетическую светимость тела. В какой части спектра лежит найденная длина волны?
4. Зачерненный шарик остывает от температуры  $300 \text{ К}$  до температуры  $293 \text{ К}$ . На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости? Каким образом?
5. Температура абсолютно черного тела равна  $2 \text{ кК}$ . Определите: а) спектральную плотность энергетической светимости для длины волны  $600 \text{ нм}$ ; б) энергетическую светимость в интервале длин волн от  $590 \text{ нм}$  до  $610 \text{ нм}$ . Принять, что средняя спектральная плотность энергетической светимости тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны  $600 \text{ нм}$ .

#### Вариант 8

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  больше, чем при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
2. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности  $0,67 \text{ кВт}$ . Температура поверхности  $2500 \text{ К}$ , ее площадь  $10 \text{ см}^2$ . Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
3. На сколько процентов увеличится энергетическая светимость АЧТ, если его температура увеличится на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
4. Определите температуру абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности излучательной способности приходится на красную границу видимого спектра ( $750 \text{ нм}$ ); на фиолетовую ( $380 \text{ нм}$ ). Каковы значения этих спектральных плотностей?
5. Температура абсолютно черного тела изменилась при нагревании от  $1000$  до  $3000 \text{ К}$ . Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость? Насколько изменилась длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

## 2. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

## 3. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,

- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

### *Задания для оценки владений*

#### **1. Задания к лекции:**

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции.

Примерные темы: люминесценция, ее виды, лампа дневного света; принцип работы и использование фоторезисторов, фотодатчиков и фотореле; химическое действие света

#### **2. Задача:**

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примеры ИДЗ:

ИДЗ № 1

Вариант 1

1. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,1 мкм падает на вольфрамовую пластинку. Работа выхода электронов из вольфрама равна 4,5 эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Если уменьшить интенсивность излучения, максимальная энергия фотоэлектронов уменьшится.

Б. Энергия фотона падающего излучения больше 10 эВ.

В. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 5 эВ.

Г. Если бы частота излучения была больше  $1,5 \cdot 10^{15}$  Гц, оно вызвало бы фотоэффект в вольфраме.

2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона? Какого типа это излучение?

3. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор. При длительном освещении катода светом длиной волны 300 нм фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция равна  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите емкость конденсатора.

4. Давление света с длиной волны 400 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм<sup>2</sup> этой поверхности.

5. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 до 2,4 пм. Найти энергию электронов отдачи.

Вариант 2

1. Длина волны лазерного излучения равна 410 нм, мощность излучения 2 мВт. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Импульс каждого испускаемого фотона больше  $2 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с.

Б. Энергия каждого испускаемого фотона меньше  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

В. Каждую секунду лазер излучает больше  $5 \cdot 10^{15}$  фотонов.

Г. Данный лазер излучает видимый свет.

2. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона. Какого типа это излучение?

3. В вакууме находятся два покрытых цинком электрода, к которым подключен конденсатор электроемкостью 8000 пФ. При длительном освещении катода светом с частотой  $10^{15}$  Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из цинка  $3,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Каким при этом окажется заряд на обкладках конденсатора?

4. Монохроматический пучок света с длиной волны 0,582 мкм падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения 0,7. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на 1 см<sup>2</sup> этой поверхности, если давление света на эту поверхность 1,2 мкПа. Найти концентрацию фотонов в 1 см<sup>3</sup> падающего светового пучка.

5. Какова была длина волны рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом 60° длина волны рассеянного излучения оказалась равной 25,4 пм?

Вариант 3

1. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с катода вылетают фотоэлектроны. Интенсивность светового потока увеличили в 2 раза. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Количество фотоэлектронов, вырываемых светом за 1 с, не изменилось.

Б. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась.

В. Максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась.

Г. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от частоты падающего света.

2. Определите длину волны, энергию, массу и импульс фотона гамма-излучения с частотой  $3 \cdot 10^{20}$  Гц.

3. Фотокатод освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в магнитное поле с индукцией 0,2 мТл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова работа выхода для вещества катода?

4. На поверхность площадью 100 см<sup>2</sup> в единицу времени падает световая энергия 1,05 Дж/с. Найти световое давление в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающие на нее лучи.

5. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 пм испытывают комптоновское рассеяние под углом 90°. Найти изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, а также энергию и импульс электрона отдачи.

Вариант 4

1. Красная граница фотоэффекта для вольфрама 275 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Работа выхода электронов из вольфрама меньше 5 эВ.

Б. При действии излучения с частотой 1014 Гц в вольфраме возникает фотоэффект.

В. Если длина волны падающего на вольфрам излучения равна 180 нм, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов больше 3 эВ.

Г. Чем больше частота излучения, тем меньше максимальная скорость фотоэлектронов.

2. Определите частоту, энергию, массу и импульс фотона инфракрасного излучения с длиной волны 10–4 м.

3. Когда длину волны излучения, падающего на катод фотоэлемента, уменьшили с  $\lambda_1 = 500$  нм до  $\lambda_2 = 400$  нм, кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 4 раза. Определить длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для данного катода.

4. Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время 0,8 мс излучает  $5 \cdot 10^{14}$  фотонов. Лучи падают по нормали на площадку 0,7 см<sup>2</sup> и создают  $1,5 \cdot 10^{-5}$  Па. При этом 40% фотонов отражается, остальное излучение поглощается. Определите длину волны излучения.

5. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\pi/2$ . Найти энергию и импульс рассеянного фотона.

ИДЗ № 2

Вариант 5

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 300 °С больше, чем при 150 °С?

2. С поверхности сажи площадью 2 см<sup>2</sup> при температуре 400 К за время 5 мин излучается энергия 83 Дж. Определить коэффициент черноты сажи.

3. Энергетическая светимость абсолютно черного тела 3 Вт/см<sup>2</sup>. Определить длину волны, отвечающую максимуму излучательной способности этого тела.

4. Максимум спектральной плотности излучательной способности звезды Арктур приходится на длину волны 580 нм. Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру поверхности звезды. Каковы энергетическая светимость излучения звезды? Чему равна максимальная спектральная плотность энергетической светимости при найденной температуре?

5. Используя формулу Планка, определите спектральную плотность потока излучения единицы поверхности черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн 5 нм около максимума спектральной плотности энергетической светимости, если температура черного тела 2500 К.

Вариант 6

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 1000 °С больше, чем при 500 °С?

2. Какую энергетическую светимость имеет затвердевающий свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры (327 °С) составляет 0,6.

3. В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующие максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3000$  К); б) поверхность звезды Сириус ( $T = 10\,000$  К); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7$  К? Каковы их энергетические светимости? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

4. Определите, какая длина волны соответствует максимальной спектральной плотности энергетической светимости, равной  $1,3 \cdot 10^{11}$  Вт/м<sup>3</sup>.

5. Чему равна энергетическая светимость абсолютно черного тела, приходящаяся на интервал длин волн 0,8 нм, соответствующий максимуму спектральной плотности энергетической светимости при температуре 2000 К?

Вариант 7

1. Какой из чайников – белый или закопченный – быстрее закипит? А быстрее остынет? Почему?
2. Найти температуру печи, если известно, что излучение из отверстия площадью 6,1 см<sup>2</sup> имеет мощность 34,6 Вт. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
3. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности черного тела при температуре 37 °С, и энергетическую светимость тела. В какой части спектра лежит найденная длина волны?
4. Зачерненный шарик остывает от температуры 300 К до температуры 293 К. На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости? Каким образом?
5. Температура абсолютно черного тела равна 2 кК. Определите: а) спектральную плотность энергетической светимости для длины волны 600 нм; б) энергетическую светимость в интервале длин волн от 590 нм до 610 нм. Принять, что средняя спектральная плотность энергетической светимости тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны 600 нм.

Вариант 8

1. Во сколько раз интенсивность излучения черного тела при 100 °С больше, чем при 50 °С?
2. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности 0,67 кВт. Температура поверхности 2500 К, ее площадь 10 см<sup>2</sup>. Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
3. На сколько процентов увеличится энергетическая светимость АЧТ, если его температура увеличится на 1 %?
4. Определите температуру абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности излучательной способности приходится на красную границу видимого спектра (750 нм); на фиолетовую (380 нм). Каковы значения этих спектральных плотностей?
5. Температура абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость? Насколько изменилась длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Законы фотоэффекта. ВАХ вакуумного фотоэлемента
- Закон Стефана-Больцмана, законы Вина (смещения и о  $(\rho_{\lambda}, T)_{\max}$ )
- График зависимости спектральной плотности энергетической светимости от длины волны (частоты)

Дополнительные вопросы (собеседование по определению понятий):

Квантовые свойства света

Фотоэффект, задерживающее напряжение, формула Эйнштейна для фотоэффекта, красная граница фотоэффекта, внешний фотоэффект, внутренний фотоэффект, фотон, масса фотона, импульс фотона, корпускулярно-волновой дуализм, эффект Комптона, давление света.

Тепловое излучение

Тепловое излучение, энергетическая светимость, испускательная способность тела, поглощательная способность тела, абсолютно черное тело (АЧТ), серое тело, закон Кирхгофа, ультрафиолетовая катастрофа, квант, формула Планка, постоянная Планка, длина волны, частота света, энергия кванта.

### 4. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

### 5. Опрос:

Опрос (письменный) по теме "Фотоэффект"

Вариант 1

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении ультрафиолетовым излучением, длина волны которого менее 350 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении интенсивности монохроматического излучения в 2 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 2

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении фиолетовым светом, длина волны которого менее 410 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении интенсивности монохроматического излучения в 3 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 3

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении ультрафиолетовым излучением, длина волны которого менее 380 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении интенсивности монохроматического излучения в 3 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении длины волны в 2 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Вариант 4

1. Какова работа выхода металла катода, если фотоэффект происходит при его облучении синим светом, длина волны которого менее 480 нм?
2. Изобразите типичную вольтамперную характеристику (ВАХ) вакуумного фотоэлемента.
3. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при увеличении интенсивности монохроматического излучения в 2 раза?
4. Как изменится ВАХ вакуумного фотоэлемента при уменьшении длины волны в 3 раза? Плотность потока фотонов постоянна.
5. Почему при длительном воздействии света на незаземленный и изолированный от других металлических проводник эмиссия фотоэлектронов прекращается?

#### Опрос (письменный) по теме "Давление света. Эффект Комптона"

##### Вариант 1

1. Энергия фотона 1 в два раза превосходит энергию фотона 2. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Почему эффект Комптона не наблюдается для света в видимом диапазоне?
3. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс электрона отдачи составляет 3 (МэВ·с)/м. Найдите импульс падающего фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 2

1. Энергия фотона 2 в три раза превосходит энергию фотона 1. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
3. Нарисуйте векторы импульсов для случая, когда фотон рассеивается под углом  $120^\circ$  на покоившемся свободном электроне.
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс падающего фотона 3 (МэВ·с)/м. Найдите импульс рассеянного фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 3

1. Энергия фотона 1 в три раза превосходит энергию фотона 2. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Почему эффект Комптона не наблюдается для света в видимом диапазоне?
3. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\phi = 30^\circ$ . Импульс электрона отдачи составляет 3 (МэВ·с)/м. Найдите импульс падающего фотона (в тех же единицах).

##### Вариант 4

1. Энергия фотона 2 в два раза превосходит энергию фотона 1. Что можно сказать о соотношении их импульсов?
2. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?

3. Нарисуйте векторы импульсов для случая, когда фотон рассеивается под углом  $120^\circ$  на покоившемся свободном электроне.
4. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\varphi = 30^\circ$ . Импульс падающего фотона  $3 \text{ (МэВ}\cdot\text{с)/м}$ . Найдите импульс рассеянного фотона (в тех же единицах).

Опрос (письменный) по теме "Тепловое излучение"

Вариант 1

1. Какова связь между  $\nu, T$  и  $g\nu, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 1000 и 3000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 2

1. Какова связь между  $g\nu, T$  и  $\nu, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 2000 и 4000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 3

1. Какова связь между  $\nu, T$  и  $g\nu, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 2000 и 6000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

Вариант 4

1. Какова связь между  $g\nu, T$  и  $\nu, T$ ?
2. Изобразите приблизительно, но по возможности соблюдая масштаб, график зависимости спектральной плотности теплового излучения АЧТ от длины волны при температурах 4000 и 8000 К.
3. Во сколько раз отличаются площади под спектральными кривыми на Вашем рисунке? Почему?
4. Во сколько раз отличаются максимальные значения этих функций?

## 6. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

Раздел: Волновые свойства микрочастиц

## Задания для оценки знаний

### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции. Примерные вопросы: свойства волн де Бройля; отражение частицы от потенциального барьера

### 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертёж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примерные задания ИДЗ

ИДЗ № 3

Вариант 1

1. Вычислить дебройлевские длины волн для электрона, протона и атома золота, имеющих кинетическую энергию 100 эВ.
2. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Найти длину волны де Бройля для двух случаев: 1)  $U_1 = 51$  В; 2)  $U_2 = 510$  кВ.
3. Используя соотношение неопределенностей, определить наименьшую неточность, с которой можно вычислить координату электрона в атоме. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13,6 эВ.
4. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, ширина которой 1,4 нм. Определить энергию, излучаемую при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй.
5. Электрон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите коэффициент прозрачности потенциального барьера.

Вариант 2

1. Найти длину волны де Бройля для: а) электрона, движущегося со скоростью 100 Мм/с; б) шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с. Какую из них можно определить экспериментальными методами? Почему?
2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.
3. Параллельный пучок электронов, разогнанных в электрическом поле с разностью потенциалов 15 В, падает на узкую прямоугольную диафрагму шириной 0,08 мм. Найти ширину главного дифракционного максимума на экране, расположенном на расстоянии 60 см от диафрагмы.
4. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов 1 кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет 0,1% от её числового значения. Определите неопределенность координаты электрона.
5. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $10^{-9}$  м с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти его наименьшее значение энергии.

Вариант 3

1. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм? Чему равна длина волны де Бройля для такого электрона?
2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.
3. Узкий пучок нейтронов падает на естественную грань монокристалла алюминия под углом скольжения  $5^\circ$ . Расстояние между кристаллографическими плоскостями, параллельными данной грани монокристалла, равно 0,2 нм. Какова энергия и скорость нейтронов, для которых в данном направлении наблюдается максимум первого порядка.
4. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов 200 В. Определите, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью 10%.
5. Математический маятник можно рассматривать в качестве гармонического осциллятора. Определите в электрон-вольтах энергию нулевых колебаний для маятника длиной 1 м, находящегося в поле тяготения Земли.

Вариант 4

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью: 1) 20 км/с, 2) 8 Мм/с.
2.  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3$  мм в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9$  кА/м. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для  $\alpha$ -частицы.
3. Наименьшая неточность, с которой можно найти координату электрона в атоме водорода, порядка  $10^{-10}$  м. Найти неопределенность средней кинетической энергии электрона в невозбужденном атоме водорода.
4. Определить ширину одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй излучается энергия 1 эВ.
5. Протон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера.

### 3. Опрос:



Опрос (письменный) по теме "Волновые свойства вещества"

СР № 4

Вариант 1

1. Почему волновая природа материи не проявляется в повседневном опыте?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы кислорода в этой комнате?
3. Оцените скорость электрона в атоме водорода, используя соотношение неопределенностей.

Вариант 2

1. В чем заключается корпускулярно-волновой дуализм материи?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы азота в этой комнате?
3. Оцените минимальную энергию электрона в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, расстояние между которыми 1 нм?

Вариант 3

1. Почему следствия соотношений неопределенностей незначительны для макроскопических тел?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы углекислого газа в этой комнате?
3. Оцените скорость электрона в атоме водорода, используя соотношение неопределенностей.

Вариант 4

1. Почему фактически всегда можно ограничиться нормировкой волновой функции на единицу?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы азота в этой комнате?
3. Оцените минимальную энергию электрона в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, расстояние между которыми 10 пм?

#### 4. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

#### *Задания для оценки умений*

##### 1. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примерные задания ИДЗ

ИДЗ № 3

Вариант 1

1. Вычислить дебройлевские длины волн для электрона, протона и атома золота, имеющих кинетическую энергию 100 эВ.
2. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Найти длину волны де Бройля для двух случаев: 1)  $U_1 = 51$  В; 2)  $U_2 = 510$  кВ.
3. Используя соотношение неопределенностей, определить наименьшую неточность, с которой можно вычислить координату электрона в атоме. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13,6 эВ.
4. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, ширина которой 1,4 нм. Определить энергию, излучаемую при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй.

5. Электрон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите коэффициент прозрачности потенциального барьера.

#### Вариант 2

1. Найти длину волны де Бройля для: а) электрона, движущегося со скоростью 100 Мм/с; б) шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с. Какую из них можно определить экспериментальными методами? Почему?

2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.

3. Параллельный пучок электронов, разогнанных в электрическом поле с разностью потенциалов 15 В, падает на узкую прямоугольную диафрагму шириной 0,08 мм. Найти ширину главного дифракционного максимума на экране, расположенном на расстоянии 60 см от диафрагмы.

4. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов 1 кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет 0,1% от её числового значения. Определите неопределенность координаты электрона.

5. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $10^{-9}$  м с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти его наименьшее значение энергии.

#### Вариант 3

1. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм? Чему равна длина волны де Бройля для такого электрона?

2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.

3. Узкий пучок нейтронов падает на естественную грань монокристалла алюминия под углом скольжения  $5^\circ$ . Расстояние между кристаллографическими плоскостями, параллельными данной грани монокристалла, равно 0,2 нм. Какова энергия и скорость нейтронов, для которых в данном направлении наблюдается максимум первого порядка.

4. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов 200 В. Определите, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью 10%.

5. Математический маятник можно рассматривать в качестве гармонического осциллятора. Определите в электрон-вольтах энергию нулевых колебаний для маятника длиной 1 м, находящегося в поле тяготения Земли.

#### Вариант 4

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью: 1) 20 км/с, 2) 8 Мм/с.

2.  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3$  мм в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9$  кА/м. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для  $\alpha$ -частицы.

3. Наименьшая неточность, с которой можно найти координату электрона в атоме водорода, порядка  $10^{-10}$  м. Найти неопределенность средней кинетической энергии электрона в не-возбужденном атоме водорода.

4. Определить ширину одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй излучается энергия 1 эВ.

5. Протон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера.

## 2. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

## 3. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции. Примерные вопросы: свойства волн де Бройля; отражение частицы от потенциального барьера

### 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Примерные задания ИДЗ

ИДЗ № 3

Вариант 1

1. Вычислить дебройлевские длины волн для электрона, протона и атома золота, имеющих кинетическую энергию 100 эВ.
2. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Найти длину волны де Бройля для двух случаев: 1)  $U_1 = 51$  В; 2)  $U_2 = 510$  кВ.
3. Используя соотношение неопределенностей, определить наименьшую неточность, с которой можно вычислить координату электрона в атоме. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13,6 эВ.
4. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, ширина которой 1,4 нм. Определить энергию, излучаемую при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй.
5. Электрон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите коэффициент прозрачности потенциального барьера.

Вариант 2

1. Найти длину волны де Бройля для: а) электрона, движущегося со скоростью 100 Мм/с; б) шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с. Какую из них можно определить экспериментальными методами? Почему?
2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.
3. Параллельный пучок электронов, разогнанных в электрическом поле с разностью потенциалов 15 В, падает на узкую прямоугольную диафрагму шириной 0,08 мм. Найти ширину главного дифракционного максимума на экране, расположенном на расстоянии 60 см от диафрагмы.
4. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов 1 кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет 0,1% от ее числового значения. Определите неопределенность координаты электрона.
5. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $10^{-9}$  м с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти его наименьшее значение энергии.

Вариант 3

1. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм? Чему равна длина волны де Бройля для такого электрона?
2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите для этого электрона длину волны де Бройля.
3. Узкий пучок нейтронов падает на естественную грань монокристалла алюминия под углом скольжения  $5^\circ$ . Расстояние между кристаллографическими плоскостями, параллельными данной грани монокристалла, равно 0,2 нм. Какова энергия и скорость нейтронов, для которых в данном направлении наблюдается максимум первого порядка.
4. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов 200 В. Определите, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью 10%.
5. Математический маятник можно рассматривать в качестве гармонического осциллятора. Определите в электрон-вольтах энергию нулевых колебаний для маятника длиной 1 м, находящегося в поле тяготения Земли.

Вариант 4

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью: 1) 20 км/с, 2) 8 Мм/с.
2.  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3$  мм в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9$  кА/м. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для  $\alpha$ -частицы.

3. Наименьшая неточность, с которой можно найти координату электрона в атоме водорода, порядка  $10^{-10}$  м. Найти неопределённость средней кинетической энергии электрона в не-возбужденном атоме водорода.
4. Определить ширину одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй излучается энергия 1 эВ.
5. Протон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 эВ и шириной 0,1 нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера.

### 3. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

### 4. Опрос:

Опрос (письменный) по теме "Волновые свойства вещества"

СР № 4

Вариант 1

1. Почему волновая природа материи не проявляется в повседневном опыте?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы кислорода в этой комнате?
3. Оцените скорость электрона в атоме водорода, используя соотношение неопределенностей.

Вариант 2

1. В чем заключается корпускулярно-волновой дуализм материи?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы азота в этой комнате?
3. Оцените минимальную энергию электрона в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, расстояние между которыми 1 нм?

Вариант 3

1. Почему следствия соотношений неопределенностей несущественны для макроскопических тел?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы углекислого газа в этой комнате?
3. Оцените скорость электрона в атоме водорода, используя соотношение неопределенностей.

Вариант 4

1. Почему фактически всегда можно ограничиться нормировкой волновой функции на единицу?
2. Какова наивероятная длина волны де Бройля молекулы азота в этой комнате?
3. Оцените минимальную энергию электрона в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, расстояние между которыми 10 пм?

### 5. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

Раздел: Физика атомов и молекул

### Задания для оценки знаний

#### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции. Примерные вопросы:

- Почему при выводе формулы Резерфорда можно быть уверенным, что момент импульса  $\alpha$ -частицы при её движении в поле ядра не меняется?
- Какие опытные факты не может объяснить модель Резерфорда?

- Используя теорию Н. Бора, вычислите скорости электронов и радиусы их орбит для атома водорода и иона гелия в основном и первом возбужденном состоянии.
- Постройте в одном масштабе энергетические диаграммы атома водорода и однозарядного иона гелия
- Что называют основным состоянием атома? Сколько основных и возбужденных состояний может иметь атом ртути? Какие состояния атомов газов в воздушном шарике более вероятны: основное или возбужденные? Обоснуйте ответ на последний вопрос, не используя общие выражения типа «каждая система стремится к минимуму энергии».

## 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

### Вариант 1

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. При переходе с третьего энергетического уровня на второй испускается фотон с энергией, большей
  - Б. Переход со второго энергетического уровня на третий может быть вызван поглощением фотона с любой энергией, большей
  - В. Атом, находящийся в основном состоянии, может поглотить фотон, частота которого равна  $2 \cdot 10^{15}$  Гц.
  - Г. Атом непрерывно излучает во всех состояниях, кроме основного.
2. Электрон движется по третьей орбите атома водорода. Найти длину волны де Бройля.
3. Переход электрона в атоме водорода с  $n$ -ой на  $k$ -ую орбиту ( $k = 1$ ) сопровождается излучением фотона с длиной волны 102,6 нм. Найти радиус  $n$ -ой орбиты.
4. Определить наибольшую и наименьшую длины волн в серии Брэкета для иона  $\text{He}^+$ .
5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

### Вариант 2

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Атом, находящийся в основном состоянии, может излучить фотон.
  - Б. Атом, находящийся на третьем энергетическом уровне, может поглотить квант излучения с частотой  $1,4 \cdot 10^{14}$  Гц.
  - В. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на пятый.
  - Г. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на четвертый.
2. Чему равна длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой боровской орбите атома водорода? По третьей?
3. Определить потенциальную, кинетическую и полную энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.
4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .
5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

### Вариант 3

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - Б. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - В. Линейчатый спектр излучают молекулы водорода.
  - Г. Переход между первым и вторым энергетическими уровнями соответствует спектральной линии с длиной волны, большей 100 нм.
2. Найти радиус первой боровской электронной орбиты для однократно ионизированного атома гелия и скорость электрона на ней.
3. Во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его фотоном энергией 12,09 эВ?
4. Электрон в ионе  $\text{He}^+$  перешел с третьего энергетического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона и соответствующую ему длину волны.
5. Сколько элементов содержится в ряду между теми, у которых длины волн  $K\alpha$ -линий 193 пм и 154 пм?

### Вариант 4

1. В излучении разреженного одноатомного газа, находящегося при высокой температуре, присутствует свет с длиной волны 550 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.  
 А. Спектр излучения одноатомного газа непрерывный.  
 Б. Если газ охладить, он будет хорошо пропускать свет с длиной волны 550 нм.  
 В. Спектр поглощения газа линейчатый.  
 Г. Если газ конденсируется, спектр поглощения станет непрерывным.
2. На какой орбите скорость электрона атома водорода равна 734 км/с?
3. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую, потенциальную и полную энергии электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.
4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .
5. Ион гелия  $\text{He}^+$  при переходе в основное состояние из возбужденного испустил последовательно два фотона с длинами волн  $\lambda_1 = 108,5$  нм и  $\lambda_2 = 30,4$  нм. Какое значение квантового числа  $n$  соответствовало его возбужденному состоянию?

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Постулаты Бора,
- Обобщенная формула Бальмера для водородоподобных ионов,
- Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое).

Дополнительные вопросы (собеседование по определению понятий):

Волновые свойства микрочастиц

Гипотеза де Бройля, длина волны де Бройля, физический смысл квадрата модуля волновой функции, соотношение неопределенностей Гейзенберга, волновая функция, стационарное уравнение Шредингера (различные случаи), потенциальная яма, туннельный эффект.

Физика атомов и молекул

Спектр, спектральная серия, спектральные серии в атоме водорода, линейчатый спектр, полосатый спектр, сплошной спектр, спектральная линия, головная линия, спектр испускания, спектр поглощения, альфа-частица, планетарная модель атома, боровский радиус, водородоподобный ион, энергетический уровень, закон Мозли, тормозное рентгеновское излучение, характеристическое рентгеновское излучение, лазер, метастабильное состояние, правила отбора, принцип Паули.

### 4. Опрос:

Опрос (письменный) по теме "Атом водорода"

СР № 5

Вариант 1

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны четвертой линии в серии Бальмера для иона  $\text{He}^+$ .
2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с поглощением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная энергия излучения; в) какому переходу соответствует минимальная длина волны поглощаемого фотона?
3. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 2

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны пятой линии в серии Лаймана для иона  $\text{Li}^{++}$ .
2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с излучением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная частота поглощения; в) какому переходу соответствует максимальная длина излучаемой волны?
3. Электрон в атоме водорода перешел с третьего энергетического уровня на пятый. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 3

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны третьей линии в серии Пашена для иона  $\text{He}^+$ .
2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с излучением фотонов; б) какому переходу соответствует минимальная энергия поглощения; в) какому переходу соответствует максимальная длина излучаемой волны?

3. Электрон в атоме водорода перешел с пятого энергетического уровня на второй. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 4

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны четвертой линии в серии Брэкета для иона  $\text{Li}^{++}$ .

2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с поглощением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная частота излучения; в) какому переходу соответствует минимальная длина волны поглощения?

3. Электрон в атоме водорода перешел с третьего энергетического уровня на шестой. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

### 5. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

### Задания для оценки умений

#### 1. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Вариант 1

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. При переходе с третьего энергетического уровня на второй испускается фотон с энергией, большей

Б. Переход со второго энергетического уровня на третий может быть вызван поглощением фотона с любой энергией, большей

В. Атом, находящийся в основном состоянии, может поглотить фотон, частота которого равна  $2 \cdot 10^{15}$  Гц.

Г. Атом непрерывно излучает во всех состояниях, кроме основного.

2. Электрон движется по третьей орбите атома водорода. Найти длину волны де Бройля.

3. Переход электрона в атоме водорода с  $n$ -ой на  $k$ -ую орбиту ( $k = 1$ ) сопровождается излучением фотона с длиной волны 102,6 нм. Найти радиус  $n$ -ой орбиты.

4. Определить наибольшую и наименьшую длины волн в серии Брэкета для иона  $\text{He}^+$ .

5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

Вариант 2

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Атом, находящийся в основном состоянии, может излучить фотон.

Б. Атом, находящийся на третьем энергетическом уровне, может поглотить квант излучения с частотой  $1,4 \cdot 10^{14}$  Гц.

В. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на пятый.

Г. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на четвертый.

2. Чему равна длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой боровской орбите атома водорода? По третьей?
3. Определить потенциальную, кинетическую и полную энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.
4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .
5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

#### Вариант 3

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - Б. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - В. Линейчатый спектр излучают молекулы водорода.
  - Г. Переход между первым и вторым энергетическими уровнями соответствует спектральной линии с длиной волны, большей 100 нм.
2. Найти радиус первой боровской электронной орбиты для однократно ионизированного атома гелия и скорость электрона на ней.
3. Во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его фотоном энергией 12,09 эВ?
4. Электрон в ионе  $\text{He}^+$  перешел с третьего энергетического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона и соответствующую ему длину волны.
5. Сколько элементов содержится в ряду между теми, у которых длины волн  $K\alpha$ -линий 193 пм и 154 пм?

#### Вариант 4

1. В излучении разреженного одноатомного газа, находящегося при высокой температуре, присутствует свет с длиной волны 550 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Спектр излучения одноатомного газа непрерывный.
  - Б. Если газ охладить, он будет хорошо пропускать свет с длиной волны 550 нм.
  - В. Спектр поглощения газа линейчатый.
  - Г. Если газ конденсируется, спектр поглощения станет непрерывным.
2. На какой орбите скорость электрона атома водорода равна 734 км/с?
3. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую, потенциальную и полную энергии электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.
4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .
5. Ион гелия  $\text{He}^+$  при переходе в основное состояние из возбужденного испустил последовательно два фотона с длинами волн  $\lambda_1 = 108,5$  нм и  $\lambda_2 = 30,4$  нм. Какое значение квантового числа  $n$  соответствовало его возбужденному состоянию?

## 2. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

## 3. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.



## 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции. Примерные вопросы:

- Почему при выводе формулы Резерфорда можно быть уверенным, что момент импульса  $\alpha$ -частицы при её движении в поле ядра не меняется?
- Какие опытные факты не может объяснить модель Резерфорда?
- Используя теорию Н. Бора, вычислите скорости электронов и радиусы их орбит для атома водорода и иона гелия в основном и первом возбужденном состоянии.
- Постройте в одном масштабе энергетические диаграммы атома водорода и однозарядного иона гелия
- Что называют основным состоянием атома? Сколько основных и возбужденных состояний может иметь атом ртути? Какие состояния атомов газов в воздушном шарике более вероятны: основное или возбужденные? Обоснуйте ответ на последний вопрос, не используя общие выражения типа «каждая система стремится к минимуму энергии».

## 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

### Вариант 1

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. При переходе с третьего энергетического уровня на второй испускается фотон с энергией, большей
  - Б. Переход со второго энергетического уровня на третий может быть вызван поглощением фотона с любой энергией, большей
  - В. Атом, находящийся в основном состоянии, может поглотить фотон, частота которого равна  $2 \cdot 10^{15}$  Гц.
  - Г. Атом непрерывно излучает во всех состояниях, кроме основного.
2. Электрон движется по третьей орбите атома водорода. Найти длину волны де Бройля.
3. Переход электрона в атоме водорода с  $n$ -ой на  $k$ -ую орбиту ( $k = 1$ ) сопровождается излучением фотона с длиной волны 102,6 нм. Найти радиус  $n$ -ой орбиты.
4. Определить наибольшую и наименьшую длины волн в серии Брэггетта для иона  $\text{He}^+$ .
5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

### Вариант 2

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Атом, находящийся в основном состоянии, может излучить фотон.
  - Б. Атом, находящийся на третьем энергетическом уровне, может поглотить квант излучения с частотой  $1,4 \cdot 10^{14}$  Гц.
  - В. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на пятый.
  - Г. Поглотив фотон с энергией атом может перейти с первого энергетического уровня на четвертый.
2. Чему равна длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой боровской орбите атома водорода? По третьей?
3. Определить потенциальную, кинетическую и полную энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.
4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .
5. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода  $\phi_1 = 10,2$  эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера.

### Вариант 3

1. Энергия атома водорода в невозбужденном состоянии  $E_0 = -13,55$  эВ. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - Б. При переходе с четвертого энергетического уровня на третий испускается фотон с энергией, меньшей
  - В. Линейчатый спектр излучают молекулы водорода.
  - Г. Переход между первым и вторым энергетическими уровнями соответствует спектральной линии с длиной волны, большей 100 нм.
2. Найти радиус первой боровской электронной орбиты для однократно ионизированного атома гелия и скорость электрона на ней.
3. Во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его фотоном энергией 12,09 эВ?

4. Электрон в ионе  $\text{He}^+$  перешел с третьего энергетического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона и соответствующую ему длину волны.

5. Сколько элементов содержится в ряду между теми, у которых длины волн  $K\alpha$ -линий 193 пм и 154 пм?

Вариант 4

1. В излучении разреженного одноатомного газа, находящегося при высокой температуре, присутствует свет с длиной волны 550 нм. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Спектр излучения одноатомного газа непрерывный.

Б. Если газ охладить, он будет хорошо пропускать свет с длиной волны 550 нм.

В. Спектр поглощения газа линейчатый.

Г. Если газ конденсируется, спектр поглощения станет непрерывным.

2. На какой орбите скорость электрона атома водорода равна 734 км/с?

3. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую, потенциальную и полную энергии электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

4. Определите энергию фотона, соответствующего второй линии в серии Пашена для: 1) атома водорода; 2) иона  $\text{Li}^{++}$ .

5. Ион гелия  $\text{He}^+$  при переходе в основное состояние из возбужденного испустил последовательно два фотона с длинами волн  $\lambda_1 = 108,5$  нм и  $\lambda_2 = 30,4$  нм. Какое значение квантового числа  $n$  соответствовало его возбужденному состоянию?

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Постулаты Бора,
- Обобщенная формула Бальмера для водородоподобных ионов,
- Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое).

Дополнительные вопросы (собеседование по определению понятий):

Волновые свойства микрочастиц

Гипотеза де Бройля, длина волны де Бройля, физический смысл квадрата модуля волновой функции, соотношение неопределенностей Гейзенберга, волновая функция, стационарное уравнение Шредингера (различные случаи), потенциальная яма, туннельный эффект.

Физика атомов и молекул

Спектр, спектральная серия, спектральные серии в атоме водорода, линейчатый спектр, полосатый спектр, сплошной спектр, спектральная линия, головная линия, спектр испускания, спектр поглощения, альфа-частица, планетарная модель атома, боровский радиус, водородоподобный ион, энергетический уровень, закон Мозли, тормозное рентгеновское излучение, характеристическое рентгеновское излучение, лазер, метастабильное состояние, правила отбора, принцип Паули.

### 4. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

### 5. Опрос:

Опрос (письменный) по теме "Атом водорода"

СР № 5

Вариант 1

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны четвертой линии в серии Бальмера для иона  $\text{He}^+$ .

2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с поглощением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная энергия излучения; в) какому переходу соответствует минимальная длина волны поглощаемого фотона?

3. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 2

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны пятой линии в серии Лаймана для иона  $\text{Li}^{++}$ .

2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с излучением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная частота поглощения; в) какому переходу соответствует максимальная длина излучаемой волны?

3. Электрон в атоме водорода перешел с третьего энергетического уровня на пятый. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 3

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны третьей линии в серии Пашена для иона  $\text{He}^+$ .

2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с излучением фотонов; б) какому переходу соответствует минимальная энергия поглощения; в) какому переходу соответствует максимальная длина излучаемой волны?

3. Электрон в атоме водорода перешел с пятого энергетического уровня на второй. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

Вариант 4

1. Запишите формулу, по которой можно определить длину волны четвертой линии в серии Брэкета для иона  $\text{Li}^{++}$ .

2. На рисунке приведена схема энергетических уровней атома и некоторые возможные переходы атома из одного состояния в другое. Укажите: а) какие переходы связаны с поглощением фотонов; б) какому переходу соответствует максимальная частота излучения; в) какому переходу соответствует минимальная длина волны поглощения?

3. Электрон в атоме водорода перешел с третьего энергетического уровня на шестой. Как и насколько при этом изменилась энергия атома? В чем это проявлялось?

## 6. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

Раздел: Физика атомного ядра

## Задания для оценки знаний

### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции.

1. Как измерили массу нейтрона?
2. Кто же всё-таки первым синтезировал 104 элемент? Как его правильно обозначать:  $\text{Ku}$  или  $\text{Rf}$ ?

### 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Вариант 1

1. Ядра трития при очень высокой температуре вступают в ядерную реакцию синтеза, в результате которой образуется новое ядро и два нейтрона. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

- А. Уравнение реакции имеет вид  
Б. Уравнение реакции имеет вид

- В. В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.  
 Г. В результате реакции выделяется энергия, превышающая 10 МэВ.  
 2. В результате последовательной серии радиоактивных распадов торий-232 превращается в полоний-216. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает? Запишите соответствующие уравнения реакций, считая, что сначала происходят  $\alpha$ -распады.  
 3. Найти массу радона, активность которого  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.  
 4. Определить промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция  $\text{Sr}90$  уменьшится: а) в 10 раз; б) в 100 раз?  
 5. Радиоактивный препарат помещен в медный контейнер массой 500 г. За 2 часа температура контейнера повысилась на 5,2 К. Известно, что данный препарат испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите активность препарата. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость меди 390 Дж/кг·К.

#### Вариант 2

1. Легкий изотоп гелия был открыт в результате бомбардировки лития протонами. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.  
 А. В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.  
 Б. Уравнение реакции имеет вид  
 В. Масса покоя продуктов реакции больше суммарной массы покоя ядра и протона.  
 Г. В результате реакции выделяется энергия, меньшая 3 МэВ.  
 2. Запишите уравнения ядерных реакций, укажите недостающий элемент: ; ; ; .  
 3. Найти активность полония массой 1 мкг.  
 4. Написать недостающий элемент в реакции . Найти энергию, выделяющуюся при этой реакции.  
 5. Препарат активностью  $1,7 \cdot 10^{11}$  частиц в секунду помещен в медный контейнер массой 0,5 кг. За какое время температура контейнера повышается на 1 К, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ? Считать, что энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Удельная теплоемкость меди 380 Дж/кг·К. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

#### Вариант 3

1. В ядерных реакциях получен изотоп кислорода. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.  
 А. В ядре на один протон больше, чем в ядре  
 Б. Дефект масс ядра превышает 0,1 а.е.м.  
 В. Энергия связи ядра меньше 100 МэВ.  
 Г. Удельная энергия связи ядра превышает 7 МэВ на нуклон.  
 2. Какой изотоп образуется из урана-233 после четырех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -распадов?  
 3. Определить период полураспада радия, если известно, что 1 г радия за секунду испускает  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц.  
 4. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи в ядре изотопа магния-23.  
 5. Определите массу воды, которую можно довести до кипения за счет энергии, полученной при полном расщеплении 1 г урана, если при расщеплении каждого ядра урана выделяется энергия 200 МэВ. Начальная температура воды 20 °С?

#### Вариант 4

1. У фтора существует изотоп. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.  
 А. Масса ядра меньше суммарной массы 9 протонов и 8 нейтронов.  
 Б. В ядре столько же протонов, сколько в ядре  
 В. Дефект масс ядра меньше 0,2 а.е.м.  
 Г. Удельная энергия связи ядра больше 7,3 МэВ на нуклон.  
 2. Определите зарядовое и массовое число изотопа, который получится из тория-232 после трех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -превращений.  
 3. Постоянная радиоактивного распада изотопа равна  $10^{-9}$  с<sup>-1</sup>. Определите время, в течение которого распадается  $3/5$  начального количества ядер этого радиоактивного изотопа.  
 4. Дополните правую часть ядерной реакции . Выделяется или поглощается энергия в результате такой реакции? Найдите эту энергию.  
 5. Найти электрическую мощность атомной электростанции, расходующей 100 г урана-235 в сутки, если КПД станции 20%? Считать, что в одном акте деления ядра урана-235 освобождается  $W = 200$  МэВ энергии.

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Состав атома, состав ядра
- Закон радиоактивного распада
- Виды распадов

- Виды фундаментальных взаимодействий (в т.ч. участники взаимодействия, дальность действия, частицы-переносчики)

Дополнительный вопрос (собеседование по определению понятий):

атомное ядро, нуклоны, зарядовое число, размер ядра, масса ядра, энергия связи, удельная энергия связи, дефект массы, ядерные силы (сильное взаимодействие), радиоактивность, период полураспада, активность вещества, постоянная распада, ядерная реакция, энергетический выход реакции, деление ядер, цепная ядерная реакция, ядерный реактор, термоядерная реакция, протонно-протонный цикл, обменная природа взаимодействий, элементарные частицы, античастицы, бозоны, фермионы, адроны, лептоны, кварки.

#### 4. Контрольная работа по разделу/теме:

Контрольная работа является разноуровневой. За каждое выполненное задание можно получить от 1 до 5 баллов. Общее количество баллов суммируется.

Вариант №1

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 480 нм. Определите:

- температуру этого тела (1 балл);
- мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 1 см<sup>2</sup> (3 балла);
- как изменится длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности, и мощность излучения этого тела при увеличении температуры в  $n$  раз? Ответ поясните. (3 балла).

2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:

- работу выхода электронов из калия (1 балл);
- максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой 910 ТГц (3 балла);
- длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).

3. При облучении атома водорода монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.

- Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме атома водорода. (1 балл)
- Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
- Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)

4. При бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядра азота-14 испускается протон.

- Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
- Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
- Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
- Какой кинетической энергией обладало ядро азота до вступления в реакцию? (Кинетическими энергиями ядер, образовавшихся в результате реакции, пренебречь). (5 баллов)

Вариант №2

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:

- температуру этого тела (1 балл);
- мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
- максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).

2. Энергия фотона некоторого излучения  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите:

- длину волны этого излучения (1 балл);
- массу фотона такого излучения (2 балла);
- с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы он обладал таким же импульсом, как данный фотон (3 балла);
- какой будет длина волны де Бройля рассмотренного электрона, если он пройдет ускоряющую разность потенциалов 0,1 МВ (5 баллов).

3. Электрон в атоме водорода перешел с четвертой орбиты на вторую.

- Изобразите на диаграмме энергетических состояний атома водорода возможные пути такого перехода. (1 балл)
- Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с четвертой орбиты на третью от длины волны излучения при переходе с третьей орбиты на вторую? (3 балла)
- Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу (3 балла)

4. Радиоактивный изотоп Ве8 испытывает  $\alpha$ -распад.

- Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)

- б) Какая доля радиоактивных ядер распадется за 36 с, если период полураспада указанного изотопа равен 12 с? (2 балла)
- в) Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
- г) Постройте график зависимости доли распавшихся радиоактивных ядер от времени в промежутке от 0 до 36 с. (5 баллов)

Вариант №3

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 320 нм. Определите:
- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла);
- в) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла).
2. Фотоны с энергией 4,9 эВ вырывают электроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Определите:
- а) максимальную кинетическую энергию вырываемых фотоэлектронов (1 балл);
- б) максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона (3 балла);
- в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).
3. При облучении однократно ионизированного иона гелия He<sup>+</sup> монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
- а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона He<sup>+</sup>. (1 балл)
- б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
- в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. При бомбардировке алюминия-27 нейтронами испускается  $\alpha$ -частица.
- а) Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
- б) Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
- в) Определите удельную энергию связи получившегося ядра. (3 балла)
- г) Определите, какую долю кинетической энергии потерял бы нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром алюминия-27, если бы после столкновения частицы двигались вдоль одной прямой. (5 баллов)

Вариант №4

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:
- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
- в) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).
2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:
- а) работу выхода электронов из калия (1 балл);
- б) максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой 910 ТГц (3 балла);
- в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).
3. При облучении двукратно ионизированного иона лития Li<sup>++</sup> монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
- а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона Li<sup>++</sup>. (1 балл)
- б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
- в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. Радиоактивный изотоп углерод-11 испытывает  $\alpha$ -распад.
- а) Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)
- б) Через какое время число радиоактивных ядер уменьшится в 8 раз? Период полураспада изотопа углерода-11 составляет 20 минут. (2 балла)
- в) Какова удельная энергия связи получившегося ядра? (3 балла)
- г) Постройте график зависимости числа распавшихся радиоактивных ядер от времени примерно за время, полученное в задании б). (5 баллов)

5. Опрос:

Опрос (письменный) по темам "Радиоактивность", "Строение ядра"

СР№6

Вариант 1

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?
2. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?
3. Бывают ли такие ядра, у которых количество нейтронов одинаковое, а количество протонов разное? Если бывают, то как они называются?
4. Сколько нуклонов в ядре атома натрия? Сколько в нем протонов? Нейтронов?

Вариант 2

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?
2. Чем отличается состав ядер атомов углерода с массовыми числами 12 и 16. Одинаковы ли их химические свойства?
3. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?
4. Бывают ли такие ядра, у которых количество протонов одинаковое, а количество нейтронов разное? Если бывают, то как они называются?

Вариант 3

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?
2. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?
3. Сколько нуклонов в ядре атома железа? Сколько в нем протонов? Нейтронов?
4. Бывают ли такие ядра, у которых количество нейтронов одинаковое, а количество протонов разное? Если бывают, то как они называются?

Вариант 4

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?
2. Чем отличается состав ядер атомов серы с массовыми числами 32 и 38. Одинаковы ли их физические свойства?
3. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?
4. Бывают ли такие ядра, у которых количество протонов одинаковое, а количество нейтронов разное? Если бывают, то как они называются?

СР№7

Вариант 1

1. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента составляет 20 лет. Через какое время останется 25% ядер первоначально имеющегося элемента?
2. Запишите символическую запись  $\alpha$ -распада.
3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов радий-230 превращается в висмут-214. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?
4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 2

1. Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный 3 периодам полураспада?
2. Запишите символическую запись  $\beta^+$ -распада.
3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов торий-232 превращается в полоний-216. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?
4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 3

1. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента составляет 10 суток. Через какое время останется 12,5% ядер первоначально имеющегося элемента?
2. Запишите символическую запись  $\beta^-$ -распада.
3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов уран-238 превращается в свинец-206. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?
4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 4

1. Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный половине периода полураспада?
2. Запишите символическую запись  $\alpha$ -распада.
3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов актиний-227 превращается в свинец-203. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?
4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

## 6. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,

- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

### *Задания для оценки умений*

#### **1. Задача:**

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

1. Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
2. Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
3. Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Вариант 1

1. Ядра трития при очень высокой температуре вступают в ядерную реакцию синтеза, в результате которой образуется новое ядро и два нейтрона. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Уравнение реакции имеет вид

Б. Уравнение реакции имеет вид

В. В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.

Г. В результате реакции выделяется энергия, превышающая 10 МэВ.

2. В результате последовательной серии радиоактивных распадов торий-232 превращается в полоний-216. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает? Запишите соответствующие уравнения реакций, считая, что сначала происходят  $\alpha$ -распады.

3. Найти массу радона, активность которого  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

4. Определить промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция  $\text{Sr}90$  уменьшится: а) в 10 раз; б) в 100 раз?

5. Радиоактивный препарат помещен в медный контейнер массой 500 г. За 2 часа температура контейнера повысилась на 5,2 К. Известно, что данный препарат испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите активность препарата. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость меди 390 Дж/кг·К.

Вариант 2

1. Легкий изотоп гелия был открыт в результате бомбардировки лития протонами. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.

Б. Уравнение реакции имеет вид

В. Масса покоя продуктов реакции больше суммарной массы покоя ядра и протона.

Г. В результате реакции выделяется энергия, меньшая 3 МэВ.

2. Запишите уравнения ядерных реакций, укажите недостающий элемент: ; ; ; .

3. Найти активность полония массой 1 мкг.

4. Написать недостающий элемент в реакции . Найти энергию, выделяющуюся при этой реакции.

5. Препарат активностью  $1,7 \cdot 10^{11}$  частиц в секунду помещен в медный контейнер массой 0,5 кг. За какое время температура контейнера повышается на 1 К, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ? Считать, что энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Удельная теплоемкость меди 380 Дж/кг·К. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Вариант 3

1. В ядерных реакциях получен изотоп кислорода. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. В ядре на один протон больше, чем в ядре

Б. Дефект масс ядра превышает 0,1 а.е.м.

В. Энергия связи ядра меньше 100 МэВ.

Г. Удельная энергия связи ядра превышает 7 МэВ на нуклон.

2. Какой изотоп образуется из урана-233 после четырех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -распадов?



3. Определить период полураспада радия, если известно, что 1 г радия за секунду испускает  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц.
4. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи в ядре изотопа магния-23.
5. Определите массу воды, которую можно довести до кипения за счет энергии, полученной при полном расщеплении 1 г урана, если при расщеплении каждого ядра урана выделяется энергия 200 МэВ. Начальная температура воды 20 °С?

Вариант 4

1. У фтора существует изотоп. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.
  - А. Масса ядра меньше суммарной массы 9 протонов и 8 нейтронов.
  - Б. В ядре столько же протонов, сколько в ядре
  - В. Дефект масс ядра меньше 0,2 а.е.м.
  - Г. Удельная энергия связи ядра больше 7,3 МэВ на нуклон.
2. Определите зарядовое и массовое число изотопа, который получится из тория-232 после трех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -превращений.
3. Постоянная радиоактивного распада изотопа равна  $10^{-9}$  с<sup>-1</sup>. Определите время, в течение которого распадается  $3/5$  начального количества ядер этого радиоактивного изотопа.
4. Дополните правую часть ядерной реакции. Выделяется или поглощается энергия в результате такой реакции? Найдите эту энергию.
5. Найти электрическую мощность атомной электростанции, расходующей 100 г урана-235 в сутки, если КПД станции 20%? Считать, что в одном акте деления ядра урана-235 освобождается  $W = 200$  МэВ энергии.

## 2. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

## 3. Контрольная работа по разделу/теме:

Контрольная работа является разноуровневой. За каждое выполненное задание можно получить от 1 до 5 баллов. Общее количество баллов суммируется.

Вариант №1

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 480 нм. Определите:
  - а) температуру этого тела (1 балл);
  - б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 1 см<sup>2</sup> (3 балла);
  - в) как изменится длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности, и мощность излучения этого тела при увеличении температуры в  $n$  раз? Ответ поясните. (3 балла).
2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:
  - а) работу выхода электронов из калия (1 балл);
  - б) максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой  $910$  ТГц (3 балла);
  - в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
  - г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).
3. При облучении атома водорода монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
  - а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме атома водорода. (1 балл)
  - б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
  - в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. При бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядра азота-14 испускается протон.
  - а) Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
  - б) Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
  - в) Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
  - г) Какой кинетической энергией обладало ядро азота до вступления в реакцию? (Кинетическими энергиями ядер, образовавшихся в результате реакции, пренебречь). (5 баллов)

Вариант №2

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:
  - а) температуру этого тела (1 балл);
  - б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
  - в) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).

2. Энергия фотона некоторого излучения  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите:

- а) длину волны этого излучения (1 балл);
- б) массу фотона такого излучения (2 балла);
- в) с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы он обладал таким же импульсом, как данный фотон (3 балла);
- г) какой будет длина волны де Бройля рассмотренного электрона, если он пройдет ускоряющую разность потенциалов 0,1 МВ (5 баллов).

3. Электрон в атоме водорода перешел с четвертой орбиты на вторую.

- а) Изобразите на диаграмме энергетических состояний атома водорода возможные пути такого перехода. (1 балл)
  - б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с четвертой орбиты на третью от длины волны излучения при переходе с третьей орбиты на вторую? (3 балла)
  - в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу (3 балла)
4. Радиоактивный изотоп  $\text{Be}^8$  испытывает  $\alpha$ -распад.
- а) Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)
  - б) Какая доля радиоактивных ядер распадется за 36 с, если период полураспада указанного изотопа равен 12 с? (2 балла)
  - в) Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
  - г) Постройте график зависимости доли распавшихся радиоактивных ядер от времени в промежутке от 0 до 36 с. (5 баллов)

Вариант №3

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 320 нм. Определите:

- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла);
- в) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла).

2. Фотоны с энергией 4,9 эВ вырывают электроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Определите:

- а) максимальную кинетическую энергию вырываемых фотоэлектронов (1 балл);
- б) максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона (3 балла);
- в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).

3. При облучении однократно ионизированного иона гелия  $\text{He}^+$  монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.

- а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона  $\text{He}^+$ . (1 балл)
- б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
- в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)

4. При бомбардировке алюминия-27 нейтронами испускается  $\alpha$ -частица.

- а) Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
- б) Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
- в) Определите удельную энергию связи получившегося ядра. (3 балла)
- г) Определите, какую долю кинетической энергии потерял бы нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром алюминия-27, если бы после столкновения частицы двигались вдоль одной прямой. (5 баллов)

Вариант №4

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:

- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
- в) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).

2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:

- а) работу выхода электронов из калия (1 балл);
- б) максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой 910 ТГц (3 балла);
- в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).

3. При облучении двукратно ионизированного иона лития  $\text{Li}^{++}$  монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
- Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона  $\text{Li}^{++}$ . (1 балл)
  - Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
  - Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. Радиоактивный изотоп углерод-11 испытывает  $\alpha$ -распад.
- Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)
  - Через какое время число радиоактивных ядер уменьшится в 8 раз? Период полураспада изотопа углерода-11 составляет 20 минут. (2 балла)
  - Какова удельная энергия связи получившегося ядра? (3 балла)
  - Постройте график зависимости числа распавшихся радиоактивных ядер от времени примерно за время, полученное в задании б). (5 баллов)

#### 4. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,
- оформление.

Защита работы:

- интерпретация результатов
- объяснение закономерностей
- контрольные вопросы.

#### Задания для оценки владений

##### 1. Задания к лекции:

Дать письменный развернутый ответ на вопрос по теме лекции.

- Как измерили массу нейтрона?
- Кто же всё-таки первым синтезировал 104 элемент? Как его правильно обозначать: Ku или Rf?

##### 2. Задача:

Студент решает 5 задач в рамках индивидуального домашнего задания. Выполнение каждой задачи оценивается по следующим критериям:

- Запись условия, грамотный чертеж (если необходимо), СИ
- Запись основных формул, описывающих физические явления и необходимых для решения данной задачи. Вывод конечной формулы (проверка размерности, если необходимо)
- Правильные математические вычисления, указание единицы измерения

Каждая задача оценивается в 3 балла

Вариант 1

1. Ядра трития при очень высокой температуре вступают в ядерную реакцию синтеза, в результате которой образуется новое ядро и два нейтрона. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

- Уравнение реакции имеет вид
- Уравнение реакции имеет вид
- В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.
- В результате реакции выделяется энергия, превышающая 10 МэВ.

2. В результате последовательной серии радиоактивных распадов торий-232 превращается в полоний-216. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает? Запишите соответствующие уравнения реакций, считая, что сначала происходят  $\alpha$ -распады.

3. Найти массу радона, активность которого  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

4. Определить промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция  $\text{Sr}^{90}$  уменьшится: а) в 10 раз; б) в 100 раз?

5. Радиоактивный препарат помещен в медный контейнер массой 500 г. За 2 часа температура контейнера повысилась на 5,2 К. Известно, что данный препарат испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите активность препарата. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость меди 390 Дж/кг·К.

Вариант 2

1. Легкий изотоп гелия был открыт в результате бомбардировки лития протонами. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. В результате реакции суммарная масса покоя частиц уменьшается.

Б. Уравнение реакции имеет вид

В. Масса покоя продуктов реакции больше суммарной массы покоя ядра и протона.

Г. В результате реакции выделяется энергия, меньшая 3 МэВ.

2. Запишите уравнения ядерных реакций, укажите недостающий элемент: ; ; ; .

3. Найти активность полония массой 1 мкг.

4. Написать недостающий элемент в реакции . Найти энергию, выделяющуюся при этой реакции.

5. Препарат активностью  $1,7 \cdot 10^{11}$  частиц в секунду помещен в медный контейнер массой 0,5 кг. За какое время температура контейнера повышается на 1 К, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает  $\alpha$ -частицы энергией 5,3 МэВ? Считать, что энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Удельная теплоемкость меди 380 Дж/кг·К. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Вариант 3

1. В ядерных реакциях получен изотоп кислорода. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. В ядре на один протон больше, чем в ядре

Б. Дефект масс ядра превышает 0,1 а.е.м.

В. Энергия связи ядра меньше 100 МэВ.

Г. Удельная энергия связи ядра превышает 7 МэВ на нуклон.

2. Какой изотоп образуется из урана-233 после четырех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -распадов?

3. Определить период полураспада радия, если известно, что 1 г радия за секунду испускает  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц.

4. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи в ядре изотопа магния-23.

5. Определите массу воды, которую можно довести до кипения за счет энергии, полученной при полном расщеплении 1 г урана, если при расщеплении каждого ядра урана выделяется энергия 200 МэВ. Начальная температура воды 20 °С?

Вариант 4

1. У фтора существует изотоп. Отметьте, какие из следующих четырех утверждений правильные, а какие — неправильные. Поясните свой выбор.

А. Масса ядра меньше суммарной массы 9 протонов и 8 нейтронов.

Б. В ядре столько же протонов, сколько в ядре

В. Дефект масс ядра меньше 0,2 а.е.м.

Г. Удельная энергия связи ядра больше 7,3 МэВ на нуклон.

2. Определите зарядовое и массовое число изотопа, который получится из тория-232 после трех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -превращений.

3. Постоянная радиоактивного распада изотопа равна  $10^{-9}$  с<sup>-1</sup>. Определите время, в течение которого распадается  $3/5$  начального количества ядер этого радиоактивного изотопа.

4. Дополните правую часть ядерной реакции . Выделяется или поглощается энергия в результате такой реакции? Найдите эту энергию.

5. Найти электрическую мощность атомной электростанции, расходующей 100 г урана-235 в сутки, если КПД станции 20%? Считать, что в одном акте деления ядра урана-235 освобождается  $W = 200$  МэВ энергии.

### 3. Коллоквиум:

Обязательные вопросы:

- Состав атома, состав ядра
- Закон радиоактивного распада
- Виды распадов
- Виды фундаментальных взаимодействий (в т.ч. участники взаимодействия, дальность действия, частицы-переносчики)

Дополнительный вопрос (собеседование по определению понятий):

атомное ядро, нуклоны, зарядовое число, размер ядра, масса ядра, энергия связи, удельная энергия связи, дефект массы, ядерные силы (сильное взаимодействие), радиоактивность, период полураспада, активность вещества, постоянная распада, ядерная реакция, энергетический выход реакции, деление ядер, цепная ядерная реакция, ядерный реактор, термоядерная реакция, протонно-протонный цикл, обменная природа взаимодействий, элементарные частицы, античастицы, бозоны, фермионы, адроны, лептоны, кварки.

#### 4. Конспект по теме:

Подготовить конспект теоретических вопросов к семинарскому (практическому) занятию. Вопросы представлены в теме практического занятия.

#### 5. Контрольная работа по разделу/теме:

Контрольная работа является разноуровневой. За каждое выполненное задание можно получить от 1 до 5 баллов. Общее количество баллов суммируется.

##### Вариант №1

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 480 нм. Определите:

- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 1 см<sup>2</sup> (3 балла);
- в) как изменится длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности, и мощность излучения этого тела при увеличении температуры в  $n$  раз? Ответ поясните. (3 балла).

2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:

- а) работу выхода электронов из калия (1 балл);
- б) максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой 910 ТГц (3 балла);
- в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
- г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).

3. При облучении атома водорода монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.

- а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме атома водорода. (1 балл)
- б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
- в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)

4. При бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядра азота-14 испускается протон.

- а) Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
- б) Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
- в) Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
- г) Какой кинетической энергией обладало ядро азота до вступления в реакцию? (Кинетическими энергиями ядер, образовавшихся в результате реакции, пренебречь). (5 баллов)

##### Вариант №2

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:

- а) температуру этого тела (1 балл);
- б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
- в) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).

2. Энергия фотона некоторого излучения  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите:

- а) длину волны этого излучения (1 балл);
- б) массу фотона такого излучения (2 балла);
- в) с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы он обладал таким же импульсом, как данный фотон (3 балла);
- г) какой будет длина волны де Бройля рассмотренного электрона, если он пройдет ускоряющую разность потенциалов 0,1 МВ (5 баллов).

3. Электрон в атоме водорода перешел с четвертой орбиты на вторую.

- а) Изобразите на диаграмме энергетических состояний атома водорода возможные пути такого перехода. (1 балл)
- б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с четвертой орбиты на третью от длины волны излучения при переходе с третьей орбиты на вторую? (3 балла)
- в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу (3 балла)

4. Радиоактивный изотоп Ве8 испытывает  $\alpha$ -распад.

- а) Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)
- б) Какая доля радиоактивных ядер распадется за 36 с, если период полураспада указанного изотопа равен 12 с? (2 балла)
- в) Каков энергетический выход такой ядерной реакции? Поглощается эта энергия или выделяется? (3 балла)
- г) Постройте график зависимости доли распавшихся радиоактивных ядер от времени в промежутке от 0 до 36 с. (5 баллов)

##### Вариант №3

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 320 нм. Определите:
  - а) температуру этого тела (1 балл);
  - б) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла);
  - в) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла).
2. Фотоны с энергией 4,9 эВ вырывают электроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Определите:
  - а) максимальную кинетическую энергию вырываемых фотоэлектронов (1 балл);
  - б) максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона (3 балла);
  - в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
  - г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).
3. При облучении однократно ионизированного иона гелия He<sup>+</sup> монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
  - а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона He<sup>+</sup>. (1 балл)
  - б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
  - в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. При бомбардировке алюминия-27 нейтронами испускается  $\alpha$ -частица.
  - а) Напишите ядерную реакцию этого превращения. (1 балл)
  - б) Укажите состав получившегося ядра. (2 балла)
  - в) Определите удельную энергию связи получившегося ядра. (3 балла)
  - г) Определите, какую долю кинетической энергии потерял бы нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром алюминия-27, если бы после столкновения частицы двигались вдоль одной прямой. (5 баллов)

#### Вариант №4

1. Максимуму спектральной плотности теплового излучения абсолютно черного тела соответствует длина волны 540 нм. Определите:
  - а) температуру этого тела (1 балл);
  - б) мощность излучения этого тела, если площадь его излучающей поверхности 10 см<sup>2</sup> (3 балла);
  - в) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости при этой температуре (3 балла).
2. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается фотоэффект для калия, равна 620 нм. Определите:
  - а) работу выхода электронов из калия (1 балл);
  - б) максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из калия излучением с частотой 910 ТГц (3 балла);
  - в) длину волны де Бройля для этих электронов (2 балла);
  - г) величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза (5 баллов).
3. При облучении двукратно ионизированного иона лития Li<sup>++</sup> монохроматическим светом электрон перешел с первой орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние он перешел сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую.
  - а) Изобразите эти переходы на энергетической диаграмме иона Li<sup>++</sup>. (1 балл)
  - б) Во сколько раз отличается длина волны излучения при переходе электрона с третьей орбиты на вторую от длины волны излучения при переходе со второй орбиты на первую? (3 балла)
  - в) Какова была скорость электрона в состоянии с самой высокой энергией? Обосновать используемую формулу. (3 балла)
4. Радиоактивный изотоп углерод-11 испытывает  $\alpha$ -распад.
  - а) Напишите ядерную реакцию для такого случая. (1 балл)
  - б) Через какое время число радиоактивных ядер уменьшится в 8 раз? Период полураспада изотопа углерода-11 составляет 20 минут. (2 балла)
  - в) Какова удельная энергия связи получившегося ядра? (3 балла)
  - г) Постройте график зависимости числа распавшихся радиоактивных ядер от времени примерно за время, полученное в задании б). (5 баллов)

#### 6. Опрос:

Опрос (письменный) по темам "Радиоактивность", "Строение ядра"

СР№6

Вариант 1

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?
2. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?

3. Бывают ли такие ядра, у которых количество нейтронов одинаковое, а количество протонов разное? Если бывают, то как они называются?

4. Сколько нуклонов в ядре атома натрия? Сколько в нем протонов? Нейтронов?

Вариант 2

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?

2. Чем отличается состав ядер атомов углерода с массовыми числами 12 и 16. Одинаковы ли их химические свойства?

3. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?

4. Бывают ли такие ядра, у которых количество протонов одинаковое, а количество нейтронов разное? Если бывают, то как они называются?

Вариант 3

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?

2. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?

3. Сколько нуклонов в ядре атома железа? Сколько в нем протонов? Нейтронов?

4. Бывают ли такие ядра, у которых количество нейтронов одинаковое, а количество протонов разное? Если бывают, то как они называются?

Вариант 4

1. Каков по порядку размер ядер атомов? Как зависит радиус ядра от количества нуклонов в ядре?

2. Чем отличается состав ядер атомов серы с массовыми числами 32 и 38. Одинаковы ли их физические свойства?

3. Почему у большинства химических элементов в таблице Менделеева массовое число дробное?

4. Бывают ли такие ядра, у которых количество протонов одинаковое, а количество нейтронов разное? Если бывают, то как они называются?

СР№7

Вариант 1

1. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента составляет 20 лет. Через какое время останется 25% ядер первоначально имеющегося элемента?

2. Запишите символическую запись  $\alpha$ -распада.

3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов радий-230 превращается в висмут-214. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?

4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 2

1. Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный 3 периодам полураспада?

2. Запишите символическую запись  $\beta^+$ -распада.

3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов торий-232 превращается в полоний-216. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?

4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 3

1. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента составляет 10 суток. Через какое время останется 12,5% ядер первоначально имеющегося элемента?

2. Запишите символическую запись  $\beta^-$ -распада.

3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов уран-238 превращается в свинец-206. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?

4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

Вариант 4

1. Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный половине периода полураспада?

2. Запишите символическую запись  $\alpha$ -распада.

3. В результате последовательной серии радиоактивных распадов актиний-227 превращается в свинец-203. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?

4. Где в ядре находится электрон, который вылетает в результате  $\beta$ -электронного распада?

## 7. Отчет по лабораторной работе:

Подготовить отчет по анализу результатов выполнения лабораторной работы. Оценка за работу включает работу на следующих этапах:

Допуск:

- название работы, приборы, материалы,
- проверяемые в работе закономерности, физические явления, изучаемые в работе,
- основные этапы проведения работы,
- теоретическое обоснование ожидаемых результатов,
- дополнительные вопросы.

Проведение работы:

- самостоятельность,

- оформление.
- Защита работы:
- интерпретация результатов
  - объяснение закономерностей
  - контрольные вопросы.

## 2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

### 1. Зачет

Вопросы к зачету:

1. Законы фотоэффекта. ВАХ вакуумного фотоэлемента
2. Корпускулярно-волновой дуализм
3. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
4. График зависимости спектральной плотности энергетической светимости от длины волны (частоты).
5. Закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина
6. Характеристики теплового излучения
7. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение
8. Волновая функция
9. Соотношения неопределенностей Гейзенберга
10. Постулаты Бора
11. Формула Бальмера для водородоподобных ионов
12. Спектр, спектральная линия
13. Спектральные серии атома водорода
14. Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое)
15. Опыт Франка-Герца
16. Состав атома, состав ядра
17. Закон радиоактивного распада
18. Виды распадов
19. Ядерные силы.
20. Дефект массы. Энергия связи
21. Виды фундаментальных взаимодействий (в т.ч. участники взаимодействия, дальность действия, частицы-переносчики)

### 2. Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Предмет квантовой физики. Краткий исторический обзор развития квантовых представлений.
2. Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
3. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Формулы Рэлея-Джинса и Вина.
4. Гипотеза Планка о квантовании энергии излучения. Формула Планка.
5. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.
6. Фотон и его основные характеристики. Двойственность представлений о свете.
7. Давление света с квантовой точки зрения. опыты Лебедева.
8. Эффект Комптона.
9. Гипотеза де Бройля. Экспериментальное открытие волновых свойств вещества.
10. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
11. Волновая функция и физический смысл квадрата ее модуля. Стационарное уравнение Шредингера.
12. Простейшие задачи квантовой механики: электрон в потенциальной яме, линейный гармонический осциллятор.
13. Туннельный эффект.
14. Спектр атома водорода. Спектральные серии водорода. Формула Бальмера.
15. Первоначальные сведения о строении атома. опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома.
16. Постулаты Бора и их экспериментальное обоснование.
17. Тормозное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.
18. Квантование момента импульса. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха.
19. Состояние электрона в многоэлектронном атоме. Квантовые числа. Принцип Паули.
20. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева и закономерности ее построения.



21. Спонтанное и вынужденное излучения. Люминесценция.
22. Оптический квантовый генератор (лазер). Принцип действия и применение.
23. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
24. Закономерности  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -распадов.
25. Экспериментальные методы ядерной физики: счетчики частиц, трековые камеры, ускорители заряженных частиц.
26. Состав ядра. Нуклоны. Заряд и массовое число ядра. Модели ядра.
27. Энергия связи ядра. Устойчивость ядер.
28. Изотопы. Искусственные превращения ядер.
29. Теория Дирака. Частицы и античастицы.
30. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная реакция.
31. Атомные реакторы. Проблемы атомной энергетики.
32.  $\gamma$ -излучение. Эффект Мессбауэра.
33. Реакции синтеза, проблема управляемого термоядерного синтеза.
34. Кварковая модель строения адронов. Космические лучи.
35. Элементарные частицы и их характеристики. Классификация элементарных частиц.
36. Фундаментальные взаимодействия. Обменный характер фундаментальных взаимодействий.
37. Люминесценция и ее виды
38. Свойства лазерного излучения
39. Принцип Паули. Многоэлектронные атомы
40. Периодическая система химических элементов и принципы ее построения

## **Раздел 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

1. Для текущего контроля используются следующие оценочные средства:

### **1. Задания к лекции**

Задания к лекции используются для контроля знаний обучающихся по теоретическому материалу, изложенному на лекциях.

Задания могут подразделяться на несколько групп:

1. задания на иллюстрацию теоретического материала. Они выявляют качество понимания студентами теории;
2. задания на выполнение задач и примеров по образцу, разобранным в аудитории. Для самостоятельного выполнения требуется, чтобы студент овладел рассмотренными на лекции методами решения;
3. задания, содержащие элементы творчества, которые требуют от студента преобразований, реконструкций, обобщений. Для их выполнения необходимо привлекать ранее приобретенный опыт, устанавливать внутрисубъектные и междисциплинарные связи, приобрести дополнительные знания самостоятельно или применить исследовательские умения.

### **2. Задача**

Задачи позволяют оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;

умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

Алгоритм решения задач:

1. Внимательно прочитайте условие задания и уясните основной вопрос, представьте процессы и явления, описанные в условии.
2. Повторно прочтите условие для того, чтобы четко представить основной вопрос, проблему, цель решения, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиск решения.
3. Произведите краткую запись условия задания.
4. Если необходимо, составьте таблицу, схему, рисунок или чертёж.
5. Установите связь между искомыми величинами и данными; определите метод решения задания, составьте план решения.
6. Выполните план решения, обосновывая каждое действие.
7. Проверьте правильность решения задания.
8. Произведите оценку реальности полученного решения.
9. Запишите ответ.

### **3. Коллоквиум**

Коллоквиум - вид учебно-теоретических занятий, представляющий собой групповое обсуждение под руководством преподавателя достаточно широкого круга проблем, например, относительно самостоятельного большого раздела лекционного курса.

Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке: преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников; студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которые они выскажут на занятии.

### **4. Конспект по теме**

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника.

Различаются четыре типа конспектов.

План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.

Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.

Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.

Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то теме (вопросу).

В процессе изучения материала источника, составления конспекта нужно обязательно применять различные выделения, подзаголовки, создавая блочную структуру конспекта. Это делает конспект легко воспринимаемым, удобным для работы.

Этапы выполнения конспекта:

1. определить цель составления конспекта;
2. записать название текста или его части;
3. записать выходные данные текста (автор, место и год издания);
4. выделить при первичном чтении основные смысловые части текста;
5. выделить основные положения текста;
6. выделить понятия, термины, которые требуют разъяснений;
7. последовательно и кратко изложить своими словами существенные положения изучаемого материала;
8. включить в запись выводы по основным положениям, конкретным фактам и примерам (без подробного описания);
9. использовать приемы наглядного отражения содержания (абзацы «ступеньками», различные способы подчеркивания, шрифт разного начертания, ручки разного цвета);
10. соблюдать правила цитирования (цитата должна быть заключена в кавычки, дана ссылка на ее источник, указана страница).

## **5. Контрольная работа по разделу/теме**

Контрольная работа выполняется с целью проверки знаний и умений, полученных студентом в ходе лекционных и практических занятий и самостоятельного изучения дисциплины. Написание контрольной работы призвано установить степень усвоения студентами учебного материала раздела/темы и формирования соответствующих компетенций.

Подготовку к контрольной работе следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данному разделу/теме и конспектов лекций.

Контрольная работа выполняется студентом в срок, установленный преподавателем в письменном (печатном или рукописном) виде.

При оформлении контрольной работы следует придерживаться рекомендаций, представленных в документе «Регламент оформления письменных работ».

## **6. Опрос**

Опрос представляет собой совокупность развернутых ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Опрос может проводиться в устной и письменной форме.

Подготовка к опросу включает в себя:

- изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется опросом;
- повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения;
- изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний;
- составление в мысленной форме ответов на поставленные вопросы.

## **7. Отчет по лабораторной работе**

При составлении и оформлении отчета следует придерживаться рекомендаций, представленных в методических указаниях по выполнению лабораторных работ по дисциплине.

### **2. Описание процедуры промежуточной аттестации**

Оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущего рейтинга. Текущий рейтинг – это результаты выполнения практических работ в ходе обучения, контрольных работ, выполнения заданий к лекциям (при наличии) и др. видов заданий.

Результаты текущего рейтинга доводятся до студентов до начала экзаменационной сессии.

Цель зачета – проверка и оценка уровня полученных студентом специальных знаний по учебной дисциплине и соответствующих им умений и навыков, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации.

Зачет может проводиться как в формате, аналогичном проведению экзамена, так и в других формах, основанных на выполнении индивидуального или группового задания, позволяющего осуществить контроль знаний и полученных навыков.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и итоговой аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

По результатам сдачи зачета выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Экзамен преследует цель оценить работу обучающегося за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять их для решения практических задач.

Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой (или в форме компьютерного тестирования). Экзаменационный билет включает в себя два вопроса и задачи. Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучающихся не позднее чем за один месяц до экзаменационной сессии.

В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп.

При любой форме проведения экзаменов по билетам экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы, задачи и примеры по программе данной дисциплины. Дополнительные вопросы также, как и основные вопросы билета, требуют развернутого ответа.