МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«29» мая 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.17.05 АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность
12.03.04 Биотехнические системы и технологии
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация
Инженерное дело в медико-биологической практике
(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.О.17.05 «Атомная и ядерная физика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Программу составил:

А.П. Бойченко, д-р физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники

подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.17.05 «Атомная и ядерная физика» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 10 от 17 апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.

подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и информационных систем, протокол № 13 от 20 апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук,
профессор Богатов Н.М.

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 г.
Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.

подпись

Рецензенты:

Попов А.В., директор ООО "Партнер Телеком"

Скачедуб А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики и информационных систем

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины: изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на атомно-молекулярном уровне.

1.2 Задачи дисциплины:

– в изучении экспериментальных основ квантовой физики и рассмотрение явлений, обусловленных, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;

– в усвоении основных понятий волновой механики и особенности квантово-механического подхода к изучению атомных явлений.

Воспитательная задача заключается в формировании у студентов профессионального отношения к проведению научно-исследовательских и прикладных работ, в развитии творческой инициативы и самостоятельности мышления.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Основы атомной физики» относится к **базовой** части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам Оптика, Математический анализ, Механика. Знания, приобретенные при изучении дисциплины, необходимы для дальнейшего усвоения профессиональных компетенций по стандарту подготовки бакалавров.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ОПК-1)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1.	ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	– современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное	– с диалектико-материалистических позиций осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;	– методами проведения физических исследований и измерений; –навыками применять полученные теоретические знания для решения прикладных задач.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
			исследование и практическое использование; – знать основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование;		

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице *(для студентов ОФО).*

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		4			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	**48**	**48**			
Занятия лекционного типа	16	16		-	-
Лабораторные занятия				-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	32	32		-	-
	-	-		-	-
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:	**65**	**65**			
Курсовая работа	-	-		-	-

Проработка учебного (теоретического) материала		65	65		-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		-	-		-	-
Реферат		-	-		-	-
Подготовка к текущему контролю		5	5		-	-
Контроль:						
Подготовка к экзамену		26,7	26,7			
Общая трудоемкость	**час.**	**144**	**144**		**-**	**-**
	в том числе контактная работа	**52,3**	**52,3**			
	зач. ед	**4**	**4**			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре *(очная форма)*

№	Наименование разделов	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР		СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	**Раздел 1**	8	2	2			4
2.	**Раздел 2**	7		2		1	4
3.	**Раздел 3**	8	2	2			4
4.	**Раздел 4**	8	2	2			4
5.	**Раздел 5**	7		2		1	4
6.	**Раздел 6**	8	2	2			4
7.	**Раздел 7**	8	2	2			4
8.	**Раздел 8**	6		2			4
9.	**Раздел 9**	6		2			4
10.	**Раздел 10**	7		2		1	4
11.	**Раздел 11**	8	2	2			4
12.	**Раздел 12**	8	2	2			4
13.	**Раздел 13**	8	2	2			4
14.	**Раздел 14**	6		2			4
15.	**Раздел 15**	7		2		1	4
16.	**Раздел 16**	7		2			5
	Итого по дисциплине:	117	16	32		4	65

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов дисциплины:
2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	**Раздел 1**	Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона.	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	**Раздел 3**	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α-частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда.	Анкетирование, опрос, практические задания
3.	**Раздел 4**	Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца.	Анкетирование, опрос, практические задания
4.	**Раздел 6**	Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции. Операторы в квантовой механике и их свойства. Средние значения физических величин. Условие возможности одновременного измерения физических величин. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, вектора импульса, момента импульса, квадрата момента импульса, проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).	Анкетирование, опрос, практические задания
5.	**Раздел 7**	Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Одномерная прямоугольная потенциальная яма со стенками конечной высоты. Линейный гармонический осциллятор.	Анкетирование, опрос, практические задания
6.	**Раздел 11**	Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Энергия атома в магнитном поле. Атом в	Анкетирование, опрос, практические задания

		электрическом поле. Эффект Штарка.	
7.	**Раздел 12**	Общие принципы описания многоэлектронного атома. Принцип Паули и квантово-механическая формулировка принципа Паули. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома. LS (нормальная) и jj- связи. Спектральные обозначения и правила отбора. Заполнение электронных оболочек в атомах. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда.	Анкетирование, опрос, практические задания
8.	**Раздел 13**	Характеристические рентгеновские спектры. Особенности характеристических спектров. Закон Мозли.	Анкетирование, опрос, практические задания

2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
	Раздел 1	Предмет и задачи атомной физики, ее место среди других физических наук. Микромир. Масштабы. Элементы классической теории электромагнитного излучения.	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	**Раздел 2**	Элементы квантовой оптики. Кванты света (фотоны). Тепловое излучение: классический и квантово-механический подход. Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна. Давление излучения. Поглощение излучения. Излучение Вавилова–Черенкова. Эффект Комптона.	Анкетирование, опрос, практические задания
3.	**Раздел 3**	Планетарная модель атома Резерфорда. Сечение рассеяния.	Анкетирование, опрос, практические задания
4.	**Раздел 4**	Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.	Анкетирование, опрос, практические задания
5.	**Раздел 5**	Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	Анкетирование, опрос, практические задания
6.	**Раздел 6**	Собственные значения и собственные	Анкетирование,

		функции операторов.	опрос, практические задания
7.	**Раздел 7**	Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.	Анкетирование, опрос, практические задания
8.	**Раздел 8**	Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Операторы момента импульса и проекции момента импульса и их собственные значения. Правила отбора. Нормальное состояние атома. Волновые функции и распределение плотности вероятности. 1s-состояние электрона в атоме водорода.	Анкетирование, опрос, практические задания
9.	**Раздел 9**	Квантование водородоподобных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Распределение плотности вероятности. Уровни и спектры щелочных металлов. Правила отбора и спектральные серии. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов.	Анкетирование, опрос, практические задания
10.	**Раздел 10**	Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна и Герлаха. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.	Анкетирование, опрос, практические задания
11.	**Раздел 11**	Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора.	Анкетирование, опрос, практические задания
12.	**Раздел 12**	Системы тождественных частиц. Симметрия волновых функций. Многоэлектронные атомы.	Анкетирование, опрос, практические задания
13.	**Раздел 13**	Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.	Анкетирование, опрос, практические задания
14.	**Раздел 14**	Строение, свойства и спектры молекул. Ионный и ковалентный типы химической связи. Виды движений в молекуле и типы молекулярных спектров. Электронные спектры молекул и их колебательно-вращательная структура.	Анкетирование, опрос, практические задания

15.	**Раздел 15**	Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры).	Анкетирование, опрос, практические задания
16.	**Раздел 16**	Статистические распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Энергия Ферми.	Анкетирование, опрос, практические задания

2.3.3 Лабораторные занятия.

Лабораторные работы предусмотрены в дисциплине Физический практикум. Основы атомной физики

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не запланированы.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач. – СПб.: Лань, 2006. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т.5. Атомная и ядерная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2006. Курс физики : : учебное пособие для студентов вузов : [в 3 т.] /. Т. 3. : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. / Савельев, Игорь Владимирович. ; И. В. Савельев ; предисл., науч ред. Н. М. Кожевников. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань , 2007
2	Подготовка к практическим занятиям	Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач. – СПб.: Лань, 2006. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т.5. Атомная и ядерная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2006. Курс физики : : учебное пособие для студентов вузов : [в 3 т.] /. Т. 3. : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. / Савельев, Игорь Владимирович. ; И. В. Савельев ; предисл., науч ред. Н. М. Кожевников. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань , 2007

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

Для проведения лекционных и практических занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (компьютеры, проекторы, интерактивные презентации, тренировочные тесты, моделирование работы оптоэлектронных устройств), позволяющие воспринимать особенности изучаемой профессии.

Семестр	Вид занятия	Образовательные технологии	Количество часов
4	Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой.	16
	Практические работы	Индивидуальное выполнение практических заданий.	32
Итого:			48

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Оперативный контроль осуществляется путем проведения опросов.

Оперативный контроль осуществляется путем проведения компьютерных опросов студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины. При проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к разделам:

Текущий контроль:

- контрольные вопросы по разделам учебной программы.
- практические задания.

Промежуточный контроль:

– тестовые задания (3, во время лекционных занятий);
– контрольные работы (3, во время семинарских занятий);

Итоговый контроль:

– экзамен.

Раздел 1.

В чем основное отличие теплового излучения от других видов излучения?

Каков физический смысл универсальной функции Кирхгофа? Можно ли на опыте реализовать черное тело?

Как связаны между собой энергетические светимости серого и черного тел? Ответ обоснуйте. От чего зависит поглощательная способность серого тела? Чему равна спектральная плотность энергетической светимости идеально отражающей поверхности?

Как и во сколько раз изменится энергетическая светимость черного тела, если его термодинамическая температура увеличится вдвое?

Термодинамическая температура черного тела уменьшилась вдвое. Как изменится длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости? Как объяснить переход белого каления в красное при остывании металла?

Как и во сколько раз отличаются энергетические светимости серого и черного тел?

Получите из формулы Планка числовое значение постоянной Стефана – Больцмана.

Получите из формулы Планка закон смещения Вина.

Раздел 2.

В чем заключается единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения?

Какие явления являются экспериментальным доказательством квантовых свойств излучения? его волновых свойств?

Какие характеристики фотона определяют его корпускулярные свойства? волновые свойства?

Выразите массу фотона через длину волны.

Какова скорость движения фотонов в разных средах?

Объясните, почему фотоэффект указывает на квантовую природу света.

Объясните, применяя уравнение Эйнштейна, второй и третий законы фотоэффекта. Почему при фотоэффекте существование «красной границы» фотоэффекта подтверждает корпускулярную теорию и не подтверждает волновую?

Как изменяется энергия фотоэлектронов с уменьшением частоты излучения?

Как изменяется число фотоэлектронов с увеличением интенсивности излучения?

Как изменится (представьте графически) вид вольтамперной характеристики при одинаковых облученностях катода, но при разных длинах волн падающего излучения?

Почему фотоэлектрические измерения очень чувствительны к природе и состоянию поверхности фотокатода?

Приведите графическую зависимость запирающего напряжения U_0 от частоты ν падающего излучения для двух металлов (с разными работами выхода). Как при этом изменится «красная граница» фотоэффекта? Как, пользуясь этим графиком, определить постоянную Планка?

При замене одного металла другим длина волны, соответствующая «красной границе», уменьшается. Что можно сказать о работе выхода этих двух металлов?

Откуда можно заключить, что комптоновское рассеяние происходит не на атомах, а на электронах вещества?

Как объяснить увеличение длины волны рассеянного излучения при эффекте Комптона?

Эффект Комптона наблюдается при рассеянии коротковолнового излучения на свободных электронах вещества. Какие электроны в веществе можно считать свободными?

Можно ли наблюдать эффект Комптона при рассеянии видимого света? Почему?

Что такое комптоновская длина волны?

Комптоновская длина волны больше или меньше длин волн рентгеновского излучения? Ответ обоснуйте

В результате эффекта Комптона в одном случае фотон рассеялся под углом θ_1 по направлению к падающему фотону, в другом – под углом θ_2, причем $\theta_1 > \theta_2$. В каком случае длина волны излучения после рассеяния больше? В каком случае электрон отдачи приобретет большую энергию?

При комптоновском рассеянии угол между направлениями налетающего фотона и электрона отдачи равен φ. Выразите угол φ через λ и λ'.

Раздел 4.

Каков физический смысл чисел m и n в обобщенной формуле Бальмера?

Каковы длины волн самых коротковолновой и длинноволновой линий серии Пашена?

Какова длина волны, соответствующая границе серии Бальмера?

Почему из всех серий спектральных линий атома водорода серия Бальмера – исторически первая?

Какова частота головной линии серии Лаймана?

Атомы водорода находятся в состоянии с $n = 5$. Сколько линий содержит его спектр излучения?

В чем состоит суть комбинационного принципа Ритца?

Используя комбинационный принцип, покажите на одном из примеров, как можно получить частоту для второй длинноволновой линии серии Пашена.

Каковы различия между моделью атома Резерфорда и теорией Бора?

Почему модель атома Резерфорда несовместима с представлениями классической физики?

Разъясните смысл постулатов Бора. Как с их помощью объяснить линейчатый спектр атома водорода?

Исходя из теории Бора, определите скорость движения электрона на произвольном энергетическом уровне.

Определите максимальную длину волны света, при которой возможна ионизация атома водорода, находящегося в основном состоянии.

Какую энергию (в эВ) должен иметь фотон, чтобы перевести атом водорода из основного состояния в состояние с $n = 5$?

Сравните первый боровский радиус для атома водорода и для He^+.

В чем заключаются противоречия и недостатки теории атома Бора?

В чем сущность опытов Франка и Герца?

Какие основные выводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?

Используя опыты Франка и Герца, подтвердите справедливость выводов второго постулата Бора.

При каком ускоряющем потенциале будет наблюдаться резкое падение анодного тока в опытах Франка и Герца, если трубку заполнить атомарным водородом?

Объясните, на каких участках вольтамперной характеристики имеют место упругие и на каких – неупругие столкновения электронов с атомами.

Раздел 5.

Когда и почему трудно обнаруживаются волновые свойства света? Приведите примеры.

Когда и почему трудно обнаруживаются квантовые свойства света? Приведите примеры

В чем заключается корпускулярно-волновой дуализм материи?

Объясните давление света на основе представлений волновой и квантовой теорий.

В чем заключается единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения?

Выразите длину волны де Бройля свободного электрона через E, h, m и c, где E – полная релятивистская энергия.

Запишите выражение для длины волны де Бройля, учитывая изменение массы частицы в зависимости от ее скорости.

Выведите зависимость длины волны де Бройля релятивистской частицы от ее кинетической энергии. Какова эта зависимость (и как она получается) для нерелятивистской частицы?

Приведите известные вам опыты по экспериментальному доказательству волновых свойств микрочастиц.

Электрон и протон движутся с одинаковой скоростью. Какой из этих частиц соответствует большая длина волны де Бройля?

Фотон и электрон имеют достаточно малую, но одинаковую кинетическую энергию. Которая из этих частиц характеризуется большей длиной волны де Бройля? Ответ обоснуйте.

Протон, фотон и электрон характеризуются одинаковой длиной волны де Бройля. В каком порядке эти частицы пройдут одинаковое расстояние, если их одновременно «выпустить» из некоторой точки в момент времени $t = 0$. Ответ обоснуйте.

При какой скорости частицы ее дебройлевская и комптоновская длины волн равны между собой?

Когда длина волны де Бройля больше: если электрон движется в атоме водорода по второй или первой круговой орбите? Ответ обоснуйте.

Какой длиной волны де Бройля должен обладать фотон, чтобы его масса была равна массе покоя электрона?

Как и во сколько раз различается длина волны де Бройля для двух нерелятивистских электронов, прошедших разность потенциалов, отличающуюся в 100 раз?

Почему волновая природа материи не проявляется в повседневном опыте?

Как соотносятся между собой представление о корпускулярно-волновом дуализме материи и соотношение неопределенностей?

В чем, опираясь на соотношение неопределенностей, состоит отличие описания поведения частиц в классической и квантовой теориях?

Почему желающих опровергнуть соотношение неопределенностей путем мысленных опытов ждет грустная судьба «изобретателей» вечного двигателя?

Почему следствия соотношений неопределенностей несущественны для макроскопических тел?

Покажите на каком-либо примере, что соотношение неопределенностей не вносит ограничений для использования в классическом смысле понятий координаты и импульса для макротел.

Исходя из соотношения неопределенностей $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$, оцените ширину энергетического уровня: 1) для основного состояния атома; 2) для возбужденного состояния (время жизни возбужденного состояния ~10 нс).

Раздел 6.

Запишите условие нормировки волновой функции.

Почему фактически всегда можно ограничиться нормировкой волновой функции на единицу?

Какие ограничительные условия накладываются на волновую функцию?

Запишите и объясните принцип суперпозиции в квантовой механике.

Чему равна вероятность W обнаружения частицы на оси x в интервале от x_1 до x_2, описываемой волновой функцией $\Psi(x, t)$?

Волновая функция, описывающая одномерное движение свободной частицы, $\Psi(x,t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et-px)}$, где A – амплитуда волны де Бройля, E и p – соответственно энергия и импульс частицы. Определить плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства.

Почему физический смысл связывается не с самой Ψ-функцией, а с квадратом ее модуля $\left|\Psi(\vec{r},t)\right|^2 = \Psi^*(\vec{r},t)\cdot\Psi(\vec{r},t)$?

Почему в квантовой механике рассматривают именно квадрат модуля волновой функции?

Запишите выражение для вероятности нахождения частицы в окрестности точки x, y, z в момент времени t.

Какой смысл имеет плотность вероятности в квантовой механике? Как она определяется?

Волновая функция, описывающая состояние микрочастицы, дается выражением $\Psi(x,t)=\psi(x)e^{-\frac{i}{\hbar}Et}$. Докажите, что плотность вероятности нахождения частицы определяется только координатной ψ-функцией.

Почему математический аппарат квантовой механики отличается от такового в классической механике?

Что такое оператор? сумма и разность операторов? Приведите примеры.

Что такое произведение операторов? Поясните примерами.

$\hat{A}=x$, $\hat{B}=d/dx$. Являются ли эти операторы коммутирующими? Ответ обоснуйте.

Какие операторы называют линейными? Почему квантовая механика использует именно линейные операторы?

Какие операторы называют эрмитовыми? Почему именно этот вид операторов используют в квантовой механике?

Что такое собственные значения и собственные функции оператора физической величины?

Запишите уравнение для собственных значений и собственных функций и охарактеризуйте его.

Какова связь между собственными значениями оператора и наблюдаемыми на опыте числовыми значениями физической величины, изображаемой данным оператором?

Когда можно говорить о квантовании физических величин?

Какие системы функций являются ортогональными и нормированными?

Как вычисляются средние значения физических величин?

Когда можно одновременно и точно задать значения двух квантово-механических величин?

Почему операторы координаты и импульса являются основными операторами, а все остальные операторы – производные?

Получите конкретный вид оператора вектора момента импульса и операторов проекций момента импульса на оси координат.

Обоснуйте, что оператор проекции момента импульса на полярную ось $\hat{L}_z=-i\hbar\cdot\partial/\partial\varphi$.

Покажите, что собственные значения оператора $\hat{L}_z$ образуют дискретный ряд значений.

Получите значение оператора кинетической энергии.

Имеет ли смысл в квантовой механике характерное для классической механики представление полной энергии в виде кинетической и потенциальной? Почему?

Что такое гамильтониан и оператор полной энергии?

Являются ли операторы $\hat{T}$ и $\hat{U}$ коммутирующими?

Сопоставьте известные вам в квантовой механике операторы с соответствующими физическими величинами в классической механике. Какой вывод можно сделать на основе этого?

Можно ли говорить о полной формальной аналогии между аппаратами классической и квантовой механики? Почему?

Раздел 7.

В чем заключается статистическая интерпретация волновой функции?

Для каких частиц справедливо уравнение Шредингера?

Почему уравнение Шредингера сформулировано как волновое уравнение?

Присутствие чего в уравнении Шредингера является следствием квантового характера этого уравнения?

Докажите, что функция $\Psi(x,t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et-p_x x)}$ является решением уравнения Шредингера. Будет ли его решением функция Ψ+Ψ'?

Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.

Совершите переход от временного уравнения Шредингера к стационарному.

Какова волновая функция, описывающая состояние частицы, в случае стационарного потенциального поля?

Рассмотрите, является ли решением уравнения Шредингера функция $\Psi(x,t) = A\sin(kx-\omega t)$.

Запишите одномерное временное и стационарное уравнения Шредингера, проанализировав их.

Как объяснить, что в уравнение Шредингера масса электрона входит явно, а заряд – нет?

Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера в операторной форме и проанализируйте их.

Когда волновая функция $\Psi(x,\ y,\ z,\ t) \equiv \Psi(\vec{r}\ ,\ t)$ однозначно определяется уравнением Шредингера?

Какой вывод можно сделать, сравнив стационарное уравнение Шредингера с уравнением для собственных значений и собственных функций $\hat{L}\psi = L\psi$?

Что можно сказать об операторной форме уравнения Шредингера?

Какая частица является свободной?

Покажите, что для свободного электрона вероятность его обнаружения в любой точке оси *x* одинакова.

Покажите, что энергетический спектр свободно движущейся частицы является непрерывным.

Найдите собственные значения энергии частицы в одномерной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками».

Какова наименьшая энергия частицы в «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»?

Больше или меньше энергия частицы, находящейся в «потенциальной яме», в состоянии с $n = 4$ по сравнению с состоянием с $n = 2$? Во сколько раз?

Найдите нормированную волновую функцию основного состояния.

Чему равна разность энергий между четвертым и третьим энергетическими уровнями?

Покажите, что для очень малой частицы квантование становится заметным лишь при размерах «ямы» порядка атомных.

Нарисуйте график зависимости плотности вероятности обнаружения частицы в состоянии с $n = 3$ от расстояния от «стенок» прямоугольной одномерной «ямы». В каких местах вероятность нахождения частицы наибольшая? Наименьшая?

Покажите, используя соотношение неопределенностей, что в «потенциальной яме» со «стенками» конечной высоты энергия частицы не может быть равной нулю.

Каковы условия на границах «потенциальной ямы» с бесконечно высокими «стенками» и со «стенками» конечной высоты? Чем обусловлены различия между ними?

Чему равна разность энергий между пятым и вторым энергетическими уровнями квантового осциллятора?

Объясните, почему наинизшее состояние осциллятора не может обладать нулевой энергией.

Может ли частица находиться на дне «потенциальной ямы»? Определяется ли это формой «ямы»? Ответ обоснуйте.

Зависит ли распределение энергетических уровней от формы «потенциальной ямы»? Ответ проиллюстрируйте.

Проверьте выполнение соотношения неопределенностей для координаты и соответствующей проекции импульса частицы, совершающей линейные гармонические колебания (стационарные состояния).

Являются ли уровни энергии линейного гармонического осциллятора вырожденными? Ответ обоснуйте.

В чем отличие квантово-механического и классического описания гармонического осциллятора? В выводах этих описаний?

Как связаны между собой коэффициенты отражения и прозрачности? Как можно истолковать эту связь?

Какова вероятность найти квантовую частицу на единице длины в случае $E < U_0$?

Чему равен коэффициент отражения на границе потенциального порога для случая $E < U_0$?

Рассмотрите предельный случай, когда высота потенциального порога стремится к бесконечности, т. е. когда $U_0 \to \infty$, а энергия E не изменяется. Какие физические выводы можно сделать для данного случая?

Каким условиям удовлетворяет потенциальная энергия в случае прямоугольного потенциального порога?

В чем отличие поведения классической и квантовой частиц: 1) при $E < U_0$; 2) при $E > U_0$?

Дайте определения коэффициентов отражения и прозрачности. Найдите их значения для низкого прямоугольного потенциального порога.

Каким условиям удовлетворяет потенциальная энергия в случае прямоугольного потенциального барьера конечной ширины?

Запишите и проанализируйте решение уравнения Шредингера в случае квантовой частицы с $E > U_0$.

Запишите и проанализируйте решение уравнения Шредингера в случае квантовой частицы с $E < U_0$.

Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?

Покажите на конкретных примерах, что туннельный эффект наблюдается лишь в области микроскопических явлений.

Как можно прийти к выражению для коэффициента прозрачности в случае прямоугольного потенциального барьера конечной ширины? произвольного барьера?

Как изменяется коэффициент прозрачности: 1) с уменьшением ширины барьера; 2) с ростом его высоты; 3) с увеличением массы частицы; 4) с уменьшением полной энергии частицы?

Оцените, сколько электронов с энергией 1 эВ из каждых ста пройдут сквозь потенциальный барьер высотой 5 эВ и шириной 150 пм.

Раздел 8.

В чем ньютоновская механика противоречит квантовой механике?

Запишите стационарное уравнение Шредингера для водородоподобной системы. Приведите примеры водородоподобных систем.

Почему наиболее подходящей координатной системой для рассмотрения атома водорода является сферическая?

Проанализируйте (качественно) ход решения стационарного уравнения Шредингера для атома водорода в сферических координатах. Какие выводы следуют из его решения?

Запишите собственные значения энергии электрона в атоме водорода, определяемые решением уравнения Шредингера, и проанализируйте их. В чем отличие и сходство с результатами теории Бора?

Чему равна кратность вырождения состояния, соответствующего $n = 3$?

Какие величины для электрона в атоме определены, если известны квантовые числа n, l и m_l?

Почему квантовая механика не использует представление об электронных орбитах? Что характеризуют квантовые числа n, l и m_l?

Какие величины, характеризующие электрон в атоме водорода, квантуются? Запишите соответствующие формулы.

Представьте символическую запись электронов в состояниях с: 1) $n = 3$, $l = 0, 1, 2$; 2) $n = 4$, $l = 2$; 3) $n = 2$, $l = 1$.

Каков физический смысл распределения плотности заряда в электронном облаке?

Сформулируйте правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел. Всегда ли они выполняются? Как может изменяться главное квантовое число?

Какие переходы соответствуют серии Пашена? Используйте символическую запись состояний.

Решив радиальное уравнение Шредингера для 1s-состояния электрона в атоме водорода, прокомментируйте значения для a и E.

Сколько будет различных волновых функций для $n = 4$?

Каков квантово-механический смысл первого боровского радиуса?

В чем отличие выводов квантовой механики и теории Бора для 1s-состояния электрона в атоме водорода?

Электрон в атоме водорода находится в ls-состоянии. Определите наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

Раздел 9.

Можно ли говорить о сходстве спектров испускания атомов щелочных металлов и атома водорода? Почему?

Запишите и прокомментируйте формулу для определения спектральных термов щелочных металлов.

Какие значения может принимать проекция спина электрона на заданное направление? Запишите закон квантования спина электрона.

Чему равен модуль спинового магнитного момента электрона?

В чем отличие отношений магнитного и механического моментов, обусловленных орбитальным движением электрона, и собственного магнитного момента и спина электрона?

Почему наряду с другими квантовыми числами обычно используется магнитное спиновое квантовое число, а не спиновое квантовое число?

Раздел 10.

Что представляет собой магнетон Бора?

Чему равно отношение проекций орбитальных магнитного и механического моментов электрона на произвольную ось z?

Нарисуйте и объясните направления орбитальных механического и магнитного моментов.

Запишите выражение для модуля орбитального магнитного момента.

Какие значения может принимать проекция орбитального магнитного момента на заданное направление?

Чему равно гиромагнитное отношение орбитальных моментов электрона, движущегося по третьей орбите атома водорода? Поясните результат.

В чем заключается суть спин-орбитального взаимодействия? Чем оно определяется?

Всегда ли, на сколько и почему происходит расщепление энергетических уровней в результате спин-орбитального взаимодействия?

Назовите и поясните факты и теоретические предпосылки существования спина электрона.

Каковы идея и выводы опытов Эйнштейна и де Гааза?

Почему в опытах Штерна и Герлаха используются пучки атомов химических элементов первой группы Периодической системы?

Почему в опытах Штерна и Герлаха используется сильно неоднородное поле?

Почему опыты Штерна и Герлаха являются прямым доказательством существования спина электрона?

По каким законам квантуются полный момент импульса электрона и его проекция?

Раздел 11.

В чем суть эффекта Зеемана?

Может ли эффект Зеемана наблюдаться для атомов диамагнетика? Почему?

На сколько подуровней в магнитном поле расщепляется f-состояние?

Объясните механизм расщепления линий в случае спин-орбитального взаимодействия; в случае эффекта Зеемана.

Раздел 12.

Означает ли изменение знака волновой функции изменение состояния? Почему?

Как определяется принадлежность сложных частиц (например, атомов) к бозонам или фермионам?

Какой тип симметрии волновой функции характерен для фотона?

Почему принцип неразличимости тождественных частиц является фундаментальным принципом? В чем его суть?

В чем отличие описания тождественных частиц в классической и квантовой теории?

Система состоит из тождественных фермионов; тождественных бозонов. В каком случае волновая функция будет симметричной относительно перестановки любой пары частиц?

Частицы одинаковые, тождественные, неразличимые. В чем отличие и сходство в их описании?

Чему равно максимальное значение проекции момента импульса для L- и M-электронов?

Каково максимальное число электронов в p-состоянии? Ответ обоснуйте.

Подчиняются ли бозоны принципу Паули? Почему?

Сколько электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены K- и L-оболочка, 3s-подоболочка и в 3p-подоболочке имеется пять электронов? Что это за атом?

Запишите электронную конфигурацию для атома, следующего за атомом, о котором идет речь в предыдущем вопросе.

Сколько разных состояний у электрона с главным квантовым числом $n = 3$?

Сколько электронов может находиться в подоболочке с $n = 5$, $l = 2$?

Какие значения могут принимать m_l и m_s при $n = 5$, $l = 4$?

Каково максимальное число электронов на подоболочке с орбитальным квантовым числом? Ответ обоснуйте.

Каково максимальное число электронов в атоме с главным квантовым числом n? Ответ обоснуйте.

Каково общее число электронов в атоме, K- и L-оболочки которого полностью заполнены?

Как изменилась бы структура электронных оболочек атома, если бы электроны были не фермионами, а бозонами?

Раздел 13.

Начиная с какого элемента возможно появление M-серии?

Почему K-серия рентгеновского излучения в случае тяжелых элементов сопровождается появлением других серий?

Найдите граничную длину волны тормозного рентгеновского излучения при бомбардировке анода электронами с энергией 60 кэВ.

Как изменятся интенсивность рентгеновского излучения и граница сплошного спектра с увеличением: 1) напряжения между катодом и анодом? 2) накала нити катода?

Объясните происхождение коротковолновой границы спектра тормозного рентгеновского излучения.

В чем причина значительного различия оптического и характеристического рентгеновского спектров атома?

Почему тормозное рентгеновское излучение имеет сплошной спектр, а характеристическое – линейчатый?

Какая из трех линий характеристического рентгеновского спектра – K_α, K_β, K_γ – самая коротковолновая? самая интенсивная?

В чем сплошной рентгеновский спектр подтверждает классическую теорию излучения, а в чем ей противоречит? Ответ обоснуйте.

Каковы характерные особенности тормозного рентгеновского спектра? Дайте им объяснение.

Запишите закон Мозли для линии L_β.

Исходя из закона Мозли, определите, во сколько раз длина волны K_α-линии вольфрама ($Z_1 = 74$) отличается от длины волны K_α-линии никеля ($Z_2 = 28$).

Раздел 14.

Каковы типы химической связи? Каков их механизм? Приведите примеры.

Запишите уравнение Шредингера для молекулы водорода в адиабатном приближении.

Объясните, нарисовав график зависимости полной энергии двухатомной молекулы от расстояния между ядрами, наличие различных энергетических уровней.

Каков механизм возникновения электронно-колебательных и колебательно-вращательных спектров?

Каковы приблизительно расстояния между вращательными и колебательными уровнями энергии молекулы?

Раздел 15.

Увеличивается или уменьшается среднее время жизни атома в возбужденном состоянии с увеличением вероятности спонтанных переходов?

Возможно ли было вынужденное излучение, если фотоны были бы фермионами? Ответ обоснуйте.

Какое условие необходимо для возникновения вынужденного излучения в веществе?

Что можно сказать о фазе, поляризации и направлении испускаемых электромагнитных волн в случае спонтанного излучения? в случае вынужденного излучения?

Система атомов находится в термодинамическом равновесии. Возможно ли усиление данной средой падающего на нее излучения? Ответ обоснуйте.

Как осуществляются состояния с инверсией засоленностей?

В чем отличие и сходство лазерного излучения и обычного света?

Можно ли создать лазер на фермионах?

Возможна ли работа лазера по двухуровневой схеме активной среды? Почему?

Объясните принцип действия газового лазера.

Почему одним из обязательных компонентов лазера является оптический резонатор?

Чем объяснить большую интенсивность света в лазерах?

Каковы свойства лазерного излучения? Приведите числовые примеры.

ВАРИАНТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Тема 1. Закономерности в спектрах атомов водорода и водородоподобных атомов. Рассеяние α-частиц веществом. Формула Резерфорда.

1. Какому элементу принадлежит водородоподобный спектр, длины волн которого в четыре раза короче, чем у атомарного водорода?
2. Вычислить постоянную Ридберга R, если известно, что для ионов He^+ разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана $\Delta\lambda$=133.7 нм.
3. Найти длину волны головной линии той спектральной серии ионов He^+, у которой интервал частот между крайними линиями $\Delta\omega=5.18\cdot10^{15}$ c^{-1}.
4. Найти границы спектральной области, в пределах которой расположены линии серии Бальмера атомарного водорода.
5. Определить длины волн головных линий серии Лаймана для водорода и He^+.
6. Найти длины волн коротковолновых границ водородных серий Лаймана и Бальмера
7. Фотон головной линии серии Лаймана иона гелия поглощается водородным атомом в основном состоянии и ионизует его. Определить кинетическую энергию, которую получит электрон при такой ионизации.
8. Найти длину волны резонансной линии Li^{++}.
9. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108.5 нм.
10. Найти скорость фотоэлектронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны 18 нм из ионов He^+, которые находятся в основном состоянии и покоятся.
11. Найти границы спектральной области, в пределах которой расположены линии серии Пашена атомарного водорода.
12. Альфа-частица с кинетической энергией К=0.27 МэВ рассеялась золотой фольгой на угол 60^0. Найти соответствующее значение прицельного параметра.
13. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией К=600 кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n=1.1\cdot10^{19}$ ядер/$см^2$. Найти относительное число α-частиц, рассеянных под углами $\theta>60$.
14. Узкий пучок α-частиц падает нормально на серебряную фольгу. За ней установлен счетчик, регистрирующий частицы, рассеянные в соответствии с формулой Резерфорда. При замене серебряной фольги на платиновую той же массовой толщины число регистрируемых в единицу времени α-частиц возросло в η=1.52 раза. Найти порядковый номер платины, считая, что порядковый номер серебра и массовые числа обоих элементов известны.
15. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией К = 600 кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n = 1.1\cdot10^{19}$ ядер/$см^2$. Найти относительное

число α-частиц, рассеянных под углами 60-90.

16. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией К = 0.50 МэВ падает нормально на золотую фольгу массовой толщины $\rho d=1.5$ мг/см^2. Поток частиц в пучке составляет $I_0=5\cdot10^5$ с$^{-1}$. Найти число α-частиц, рассеянных фольгой за $\tau=30$ мин в интервале углов: 59-61; свыше 60;

17. Узкий пучок протонов, имеющих скорость $\upsilon = 6\cdot10^6$ м/с, падает нормально на серебряную фольгу толщины d=1 мкм. Найти вероятность рассеяния протонов под углами $\theta>90^0$.

18. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией К = 600 кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n=1.1\cdot10^{19}$ ядер/см^2. Найти относительное число α-частиц, рассеянных под углами $\theta>90$, 60-120.

19. Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α-частиц с кинетической энергией К=1.5 МэВ в интервале углов свыше $\theta_0=60^0$.

20. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α-частиц в интервале углов от 90^0 до 180^0, равно $\Delta\sigma=0.5\cdot10^{-21}$ см^2. Определить кинетическую энергию α-частиц.

21. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α-частиц в интервале углов от 90^0 до 180^0, равно $\Delta\sigma=0.5\cdot10^{-21}$ см^2. Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\Omega$, соответствующее углу $\theta=60^0$.

Тема 2. Постулаты Бора. Модель атома Бора.

1. Найти для водородоподобного иона радиус n-й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для первой боровской орбиты атома водорода и иона He^+.

2. Найти для водородоподобного иона радиус n-й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для второй боровской орбиты атома водорода и иона Li^{++}.

3. Определить для атома водорода и иона He^+: энергию связи электрона в основном состоянии и потенциал ионизации.

4. Определить для атома водорода и иона He^+: первый потенциал возбуждения и длину волны головной линии серии Лаймана.

5. Определить для атома водорода и иона Li^{++}: энергию ионизации.

6. Определить для атома водорода и иона He^+: скорость электрона на второй боровской орбите.

7. Определить для атома водорода и иона He^+: кинетическую энергию электрона в основном состоянии.

8. Для атома водорода и иона Li^{++} определить: кинетическую энергию электрона в основном состоянии.

9. Найти энергию ионизации для ионов He^+ и Li^{++}.

10. Определить радиус первой боровской орбиты для иона Li^{++}.

Тема 3. Волны де Бройля

1. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона и протона, движущихся с кинетической энергией 1 кэВ. При каких значениях кинетической энергии их длина волны будет равна 100 пм?

2. При увеличении энергии электрона на 200 эВ его дебройлевская длина волны изменилась в 2 раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

3. Найти длину волны молекул водорода, движущихся с наиболее вероятной скоростью в газе при температуре 0 ^{0}C.

Тема 3. Решение временного и стационарного уравнений Шредингера для потенциальных полей простой конфигурации.

1. Найти решение временного уравнения Шредингера для свободной частицы массы m, движущейся с импульсом p в положительном направлении оси X.
2. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < l$). Найти вероятность местонахождения частицы в интервале ($l/3$,2 $l/3$).
3. Частица массы m находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Максимальное значение плотности вероятности местонахождения частицы в этом состоянии равно P_m. Найти ширину ямы и энергию частицы.
4. Частица массы m находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Координаты x и y находятся соответственно в интервалах (0, a), (0, b), где a и b – стороны ямы. Найти возможные значения энергии и нормированные ψ-функции частицы.

Тема 4. Квантование атомов. Электромагнитные переходы. Правила отбора и спектральные серии.

1. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения атома Na, у которого квантовые дефекты основного терма 3S и 3P равны соответственно 1.37 и 0.88.
2. Найти энергию связи валентного электрона в основном состоянии атома Li, если известно, что длины волн головной линии резкой серии и ее коротковолновой границы равны соответственно 0.813 и 0.349 мкм.
3. Сколько спектральных линий, разрешенных правилами отбора, возникает при переходе атома лития в основное состояние из состояния 4S?, 4P?

Тема 5. Многоэлектронные атомы. Оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Приближение LS- и jj-связей. Терм. Состояние.

1. Найти возможные значения полных механических моментов электронных оболочек атомов в состояниях ^4P и ^5D.
2. Дописать недостающие компоненты мультиплетов $^2P_{3/2}$, $^3D_1$, $^4F_{5/2}$, $^3P_2$, $^5D_4$, $^4P_{1/2}$.
3. Возможны ли следующие состояния: $^2S_1$, $^3S_0$, $^3P_0$, $^3S_{1/2}$, $^2S_{1/2}$, $^3D_0$, $^2D_{1/2}$?
4. Какие из следующих оптических переходов разрешены: $^2S_{1/2}$ - $^2D_{3/2}$, $^2P_{3/2}$ – $^2D_{3/2}$, $^1S_0$ - $^3P_1$, n1$^1S_0$ - n$^1S_0$?
5. Один из электронов атома гелия имеет главное квантовое число 1 другой 2. Записать возможные электронные конфигурации и спектроскопические обозначения соответствующих состояний.
6. Какие состояния возможны у P, D и F термов, ограниченные величиной спина s от 0 до 5/2? Записать возможные спектроскопические обозначения состояний.
7. Во внешней оболочке атома находятся три электрона с орбитальными квантовыми числами 1, 2, 3. Определить возможные состояния атома.
8. Найти возможные состояния атома углерода, электронная конфигурация которого $1s^2$ $2s^2$ 2p 3d.

Тема 6. Периодическая таблица элементов. Основные термы атомов.

1. Выписать электронную конфигурацию и с помощью правила Хунда найти

основной терм атома Cl.

2. Найти с помощью правила Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит три d-электрона.

3. Найти с помощью правила Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит семь d-электронов.

4. Определить основное состояние атома марганца и иона Mn^{++} .

5. Найти с помощью правил Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит три d-электрона

6. Найти с помощью правил Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит один s-электрон.

Тема 7. Характеристические рентгеновские спектры.

1. Вычислить с помощью закона Мозли разность энергий связи K- и L-электронов ванадия.

2. При некотором напряжении на рентгеновской трубке с алюминиевым антикатодом длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна 0.50 нм. Будет ли наблюдаться при этом K-серия характеристического спектра, потенциал возбуждения которого равен 1.56 кВ?

3. Найти энергию связи L-электрона титана, если разность длин волн головной линии K-серии и ее коротковолновой границы $\Delta\lambda$=26 пм.

4. Найти длину волны λ, определяющую коротковолновую границу сплошного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на ΔU=23 кВ увеличивает искомую длину волны в 2 раза.

5. Какую наименьшую разность потенциалов U надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии K-серии, если в качестве материала антикатода взять медь?

6. Какую наименьшую разность потенциалов U надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии K-серии, если в качестве материала антикатода взять серебро?

7. Какую наименьшую разность потенциалов U надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии K-серии, если в качестве материала антикатода взять вольфрам?

8. Какую наименьшую разность потенциалов U надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии K-серии, если в качестве материала антикатода взять платину?

9. Найти постоянную экранирования σ для L-серии рентгеновских лучей, если известно, что при переходе электрона в атоме вольфрама с M- на L-слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны λ=143 пм.

10. При переходе электрона в атоме с L- на K-слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны λ=78.8 пм. Какой это атом?

Тема 8. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака.

1. Выписать спектральное обозначение терма, у которого S=1/2, J=5/2, g=6/7.

2. Выписать спектральное обозначение терма, у которого S=1, L=2, g=4/3.

3. Найти магнитный момент μ и возможные значения проекции атома в состоянии ^1F.

4. Найти магнитный момент μ и возможные значения проекции атома в состоянии $^2D_{3/2}$.

5. Определить возможные значения магнитного момента атома в состоянии ^4P.

6. Вычислить магнитный момент атома водорода в основном состоянии.

7. Найти механический момент атома в состоянии ^{5}F, если известно, что в этом состоянии магнитный момент равен нулю.

8. Найти механический момент атома в состоянии ^{7}H, если известно, что в этом состоянии магнитный момент равен нулю.

9. Вычислить с помощью правила Хунда магнитный момент основного состояния атома, в котором незаполненная подоболочка имеет электронную конфигурацию np^5.

10. Вычислить с помощью правила Хунда магнитный момент основного состояния атома, в котором незаполненная подоболочка имеет электронную конфигурацию nd^3.

11. На сколько уровней расщепятся в слабом магнитном поле термы $^2F_{5/2}$?, $^4D_{1/2}$?

12. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в $^2S_{1/2}$ состояние, расщепилась в слабом магнитном поле на 6 компонент. Определить спектральный символ исходного терма.

ВАРИАНТЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Тест № 1.1 (Корпускулярные свойства излучения)

1. Такие физические явления как интерференция, дифракция и преломление света подтверждают его корпускулярную природу.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

2. Свет испускается и поглощается порциями (квантами), т.е. дискретно.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

3. Величина фототока насыщения при внешнем фотоэффекте может не зависеть от частоты излучения.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

4. Понятия геометрических форм и размеров применительно к фотонам не имеют смысла.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

5. Фотоны различных длин волн в вакууме имеют различную скорость.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

6. Величина фототока насыщения при внешнем фотоэффекте зависит от интенсивности излучения, если $\nu > A_{\text{вых}} / h$.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

7. Эффект Доплера в оптике, проявляющийся в изменении частоты излучения,

регистрируемой приемником при его движении относительно источника света можно объяснить на основе законов сохранения импульса и энергии.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

8. Эффект Мессбауэра не наблюдается в видимой области спектра.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

9. Эффект Мессбауэра является следствием закона сохранения импульса, в результате чего частоты γ-квантов, испускаемых и поглощаемых ядрами атомов одного и того же вещества становятся одинаковыми и появляется резонансное поглощение.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

10. Для интерпретации явления Комптона используется только закон сохранения импульса.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

11. Фотон – элементарная частица, которая не испытывает гравитационного притяжения.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

12. По мере удаления от звезды длина волны фотона увеличивается.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

13. Световое давление оказывают кванты гамма и рентгеновского излучения и не оказывают кванты видимого света и радиоизлучения.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

14. При поглощении фотона атомом или молекулой энергия фотона полностью передается им.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

15. В явлении Комптона проявляются законы сохранения энергии и импульса системы фотон – электрон, взаимодействующих друг с другом.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

16. В процессе рассеяния света атомами или молекулами имеет место локализация энергии фотона на объекте рассеяния.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

17. Фотон гамма-излучения имеет меньшую гравитационную массу, чем фотон инфракрасного излучения.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

18. Тормозное рентгеновское излучение возникает вследствие торможения фотонов рентгеновского излучения в веществе.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

19. Тормозное рентгеновское излучение возникает вследствие торможения электронов в веществе.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

20. При работе рентгеновской трубки происходит сильный нагрев антикатода, и поэтому его делают массивным.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

21. Энергия фотона инфракрасного излучения больше энергии фотона рентгеновского излучения.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

22. Масса свободного электрона при поглощении фотона увеличивается.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

23. Когда мы говорим «частота фотона», то имеем в виду, что это частота колебаний напряженности электрического и магнитного поля.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

24. Под длиной волны фотона понимают его геометрические размеры как частицы.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

25. Скорость распространения фотонов в среде независимо от их длины волны всегда одинакова.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

26. В случае нормальной дисперсии фотоны с большим значением длины волны распространяются с большей скоростью, чем фотоны с меньшим значением длины волны.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

27. Фотон, размеры которого меньше размеров атома, может быть им поглощен, а фотон, размеры которого больше размеров атома не может быть им поглощен.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

28. Длина волны коротковолновой границы спектра тормозного рентгеновского излучения обратно пропорциональна напряжению на рентгеновской трубке.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

29. Значение красной границы спектра тормозного рентгеновского излучения зависит от материала, из которого изготовлен антикатод.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

30. Значение длины волны красной границы фотоэффекта определяется работой выхода электронов с поверхности металла.

а) да;

б) нет;

в) утверждение некорректно.

Тест № 1.2 (Корпускулярные свойства излучения)

1. Фотон или световой квант в покое существовать не может, и его масса покоя равна _____.

2. Внутренний фотоэффект состоит в том, что под действием света генерируются _____, которые являются носителями тока в полупроводнике.

3. Квадрат максимальной скорости вырываемых при внешнем фотоэффекте электронов линейно зависит от _____ излучения и не зависит от интенсивности излучения.

4. Величина силы тока насыщения при фотоэффекте пропорциональна _____ света.

5. Значение красной границы однофотонного фотоэффекта зависит исключительно от _____.

6. Смещение длины волны фотона рентгеновского излучения при Комптоновском рассеянии зависит только от _____ рассеяния.

7. Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра тормозного излучения определяется только величиной _____ на рентгеновской трубке.

8. Тормозное рентгеновское излучение возникает вследствие _____ электронов при попадании на антикатод.

9. Явление отдачи при испускании фотонов вследствие закона сохранения импульса определяет смещение их частоты, что проявляется в эффектах _____.

10. Для наблюдения эффекта Мессбауэра источник γ-квантов необходимо двигать в сторону _____.

11. Если сравнить энергии фотонов рентгеновского излучения, γ-излучения и видимого света, то можно сказать, что наибольшую энергию имеет фотон _____.

12. Если сравнить длины волн фотонов ультрафиолетового излучения, рентгеновского излучения и видимого света, то можно сказать, что наибольшую длину волны имеет фотон _____.

13. При взаимодействии с мишенью γ-квант может превращаться в электрон и _____.

14. Если облучать изолированный металлический шарик светом, длина волны которого меньше красной границы фотоэффекта, то шарик будет _____.

15. Если облучать изолированный металлический шарик светом, длина волны которого меньше красной границы фотоэффекта, то в зависимости от значения _____ шарик будет приобретать различный потенциал.

16. Если напряжение на рентгеновской трубке увеличивается, то коротковолновая граница рентгеновского спектра смещается в _____.

17. При рассеянии фотонов рентгеновского излучения на слабосвязанных электронах наблюдается _____ их длины волны. В этом и состоит суть явления Комптона.

18. Вероятность рассеяния электронов в эффекте Комптона зависит от угла рассеяния и _____.

19. Явление отдачи при рассеянии фотонов вследствие законов сохранения энергии и импульса приводит к смещению их частоты, что проявляется в эффекте _____.

20. Интенсивность является одной из характеристик электромагнитного излучения, а в квантовой модели это понятие характеризует _____ фотонов.

Тест № 1.3 (Корпускулярные свойства излучения)

1. О фотонах можно сказать, что:

а) это монохроматическая электромагнитная волна;

б) это частица, которая не имеет фиксированных размеров и формы;

в) это элементарная частица, масса покоя которой равна нулю;

г) квант электромагнитного излучения (поля), проявляющий при определенных условиях свойства частиц;

д) квант электромагнитного поля, не испытывающий гравитационного притяжения;

е) квант электромагнитного поля, делокализованный в пространстве, но обнаруживающий локализацию при взаимодействии.

2. При прохождении светового потока видимого диапазона через тонкий слой (порядка длины волны) диэлектрика возможны процессы:

а) отражение от границ раздела;

б) интерференция;

в) поглощение света атомами или молекулами;

г) вырывание электронов с поверхности;

д) генерация электронно-дырочных пар;

е) рекомбинация.

3. Тормозное рентгеновское излучение – это:

а) излучение, которое возникает в объеме рентгеновской трубки;

б) излучение, возникающее на катоде при попадании положительных зарядов;

в) излучение, возникающее на антикатоде рентгеновской трубки;

г) излучение, возникающее при торможении электронов;

д) излучение рентгеновской трубки, возникающее при подаче на нее тормозящего напряжения (задерживающей разности потенциалов).

4. Когда наблюдается явление фотоэффекта, то световой квант:

а) поглощается связанным электроном;

б) рассеивается слабосвязанным или свободным электроном;

в) поглощается свободным электроном;

г) вследствие взаимодействия с электроном трансформируется в фотон другой частоты;

д) вследствие взаимодействия с атомами полупроводника трансформируется в фотон другой частоты и появляется электронно-дырочная пара;

е) поглощается атомом полупроводника и при этом генерируется электронно-дырочная пара.

5. Когда имеет место явление Комптона, то фотон:

а) поглощается слабосвязанным электроном;

б) упруго рассеивается (отражается) кристаллом;

в) рассеивается слабосвязанным электроном атомов кристалла;

г) поглощается сильносвязанным (внутренним) электроном атома;

д) превращается в фотон другой частоты вследствие рассеяния;

е) неупруго рассеивается слабо связанным электроном атомов кристалла.

6. Хорошо известно, что человеческий глаз является чувствительным фотоприемником. При этом он обладает порогом чувствительности. Эти свойства человеческого глаза были использованы С.И.Вавиловым и позволили ему:

а) зарегистрировать при очень низкой интенсивности мерцание излучения;

б) зарегистрировать слабое свечение электронов при попадании их в особые среды

(излучение Вавилова–Черенкова);

в) зарегистрировать флуктуации светового потока при очень малых интенсивностях;

г) зарегистрировать флуктуации светового потока при очень сильных, близких к порогу болевого ощущения интенсивностях;

д) зарегистрировать очень слабую люминесценцию люминофоров и установить известный в люминесценции закон о независимости квантового выхода от длины волны возбуждения (закон Вавилова).

7. Сложение энергии фотонов возможно:

а) при столкновении фотонов;

б) при одновременном их взаимодействии с атомом или молекулой;

в) при эффекте Доплера;

г) при эффекте Комптона;

д) при одновременном взаимодействии с ядром атома.

8. С точки зрения квантовой теории при прохождении светового потока видимого диапазона через слой диэлектрика возможны процессы:

а) упругое рассеяние на электронах;

б) упругое рассеяние на атомах или молекулах;

в) неупругое рассеяние на свободных электронах;

г) упругое рассеяние на неоднородностях;

д) неупругое (комбинационное) рассеяние на атомах или молекулах;

е) ионизация молекул;

ж) ионизация атомов;

з) вырывание электронов с поверхности.

9. Преимущественно корпускулярные свойства света проявляются в таких явлениях, как:

а) интерференция;

б) дифракция;

в) фотоэффект, как разновидность поглощения света;

г) эффект Комптона, как разновидность рассеяния, свойственная для рентгеновских лучей;

д) эффект Доплера.

10. Световые кванты – это особые частицы микромира, потому что:

а) их масса покоя равна нулю;

б) они перемещаются в пространстве со скоростью света;

в) они могут перемещаться со скоростью света при определенных условиях;

г) при взаимодействии с другими частицами не передают им часть энергии, так как не делятся и не могут изменить величину скорости;

д) при взаимодействии с другими частицами передают им импульс;

е) при малой плотности в объеме не наблюдаются их флуктуации плотности;

ж) они не испытывают гравитационного притяжения;

з) они двигаются только по прямой.

11. Энергию фотона можно рассчитать с использованием формул:

а) $h\nu$;

б) $h\lambda$;

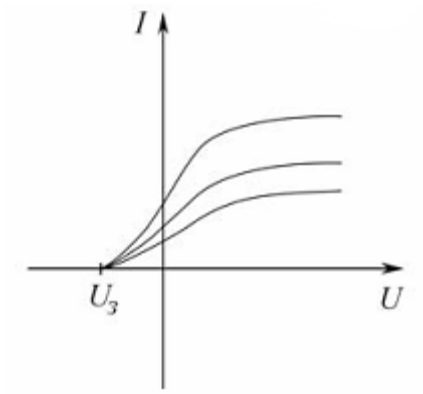
в) hc/λ;

г) $m\nu^2/2$;

д) h/λ.

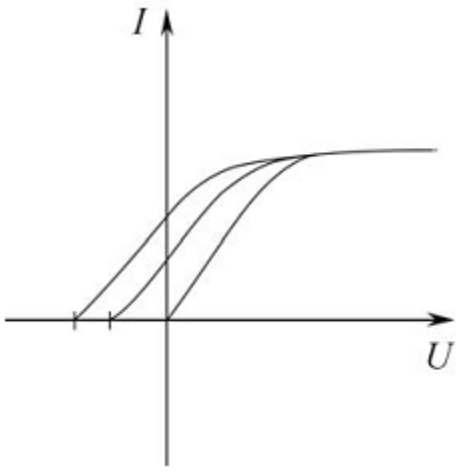
12. Импульс фотона можно рассчитать с использованием формул:
а) h/λ;
б) $h\nu/c$;
в) hc/λ;
г) $m\nu$;
д) $h\nu$.

13. На рисунке приведены вольтамперные характеристики фотоэлементов. Возможными причинами их отличий являются:



а) они отличаются материалом фотокатода, а, следовательно, работой выхода электронов;
б) они облучаются светом различной частоты;
в) они облучаются светом различной интенсивности;
г) они имеют различную площадь освещаемой рабочей поверхности, при одной и той же интенсивности света;
д) они имеют различную температуру.

14. На рисунке приведены вольтамперные характеристики фотоэлементов. Возможными причинами их отличий являются:



а) они отличаются материалом фотокатода, а, следовательно, работой выхода электронов;
б) они облучаются светом различной частоты;

в) они облучаются светом различной интенсивности;

г) они имеют различную площадь освещаемой рабочей поверхности, при одной и той же интенсивности света;

д) они имеют различную температуру.

15. У спектра тормозного рентгеновского излучения имеется коротковолновая граница:

а) по причине действия закона сохранения энергии и поэтому энергия фотона не может быть больше кинетической энергии попадающего на анод электрона;

б) так как энергия электронов, попадающих на антикатод рентгеновской трубки и испытывающих торможение, имеет фиксированное значение eU;

в) так как антикатод рентгеновской трубки имеет ограниченную массу;

г) по причине ограничения самого диапазона рентгеновского спектра;

д) по причине действия закона сохранения энергии и поэтому энергия фотона не может быть больше энергии электрона, ускоренного электрическим полем между анодом и катодом.

16. Может ли абсолютно свободный электрон поглотить фотон?

а) не может, так как иначе будет нарушен закон сохранения энергии;

б) не может, так как иначе будет нарушен закон сохранения импульса;

в) может;

г) может, если длина волны фотона сравнима с классическим радиусом электрона ($\sim 10^{-15}$ м);

д) может поглотить фотон рентгеновского излучения.

17. Из формулы $\Delta\lambda = \Lambda(1-\cos\theta)$ для комптоновского рассеяния и сути самого эффекта Комптона следует, что:

а) при рассеянии фотонов на электронах величина смещения длины волны фотона зависит только от угла рассеяния;

б) комптоновская длина волны Λ не зависит от угла рассеяния θ, так как это константа;

в) комптоновская длина волны Λ не зависит от длины волны фотона, так как является константой;

г) комптоновская длина волны Λ зависит от величины $\Delta\lambda$;

д) при рассеянии фотонов на электронах величина $\Delta\lambda$ не зависит от вещества, на котором изучается рассеяние.

18. Эффект Мессбауэра состоит в том, что:

а) резонансное поглощение γ-излучения веществом не наблюдается в принципе;

б) резонансное поглощение γ-излучения при обычных (нормальных) условиях маловероятно (малоинтенсивно);

в) резонансное поглощение γ-излучения возможно при перемещении излучателя или поглощателя навстречу друг другу;

г) резонансное поглощение γ-излучения возможно в том случае, если доплеровское смещение частоты скомпенсирует потери энергии фотона при взаимодействии с ядром в соответствии с законами сохранения энергии и импульса;

д) устанавливает физические условия, при которых наблюдается γ-излучения целого класса веществ.

19. Энергия кванта электромагнитного излучения может превращаться в другие виды энергии в результате:

а) поглощения фотона веществом;

б) рассеяния фотона веществом без изменения частоты;

в) поглощения фотона отдельным и изолированным атомом;

г) рассеяния фотона молекулой с изменением частоты (комбинационное рассеяние);

д) распада γ-кванта на электрон и позитрон при взаимодействии с мишенью.

20. Какие из перечисленных ниже процессов с точки зрения квантовой теории могут иметь место при прохождении светового потока в видимом диапазоне через тонкий слой (несколько длин волн) металла?

а) отражение от границ раздела;

б) упругое рассеяние на слабосвязанных электронах;

в) упругое рассеяние на атомах;

г) упругое рассеяние на неоднородностях;

д) неупругое (комбинационное) рассеяние на атомах;

е) ионизация молекул;

ж) вырывание электронов с поверхности.

21. Какие из перечисленных ниже процессов могут иметь место при прохождении светового потока в видимом диапазоне через тонкий слой (несколько длин волн) металла?

а) поглощение света слабо связанными электронами;

б) поглощение света атомами;

в) ионизация атомов;

г) вырывание электронов с поверхности;

д) генерация электронно-дырочных пар;

е) рекомбинация.

22. Какие из перечисленных ниже процессов с точки зрения квантовой теории могут иметь место при прохождении светового потока в видимом диапазоне через тонкий слой (несколько длин волн) полупроводника?

а) отражение от границ раздела;

б) упругое рассеяние на свободных электронах;

в) неупругое рассеяние на свободных электронах;

г) упругое рассеяние на неоднородностях;

д) неупругое (комбинационное) рассеяние на атомах или молекулах;

е) ионизация атомов;

ж) генерация электронно-дырочных пар;

з) рекомбинация.

Тест № 2.1 (Модель атома Резерфорда – Бора)

1. Правильно ли будет утверждение, что электрический ток в металлах обусловлен движением свободных электронов, в растворах – движением ионов, а в газах – движением электронов и ионов?

а) да;

б) нет.

2. Правильно ли говорить, что электроны были открыты Фарадеем, Томсоном и Милликеном одновременно?

а) да;

б) нет.

3. Верно ли утверждение, что масса электрона в 1500 раз меньше, чем масса атома водорода?

а) да;

б) нет.

4. Верно ли утверждение, что масса электрона значительно меньше массы самого легкого атома – атома водорода?

а) да;

б) нет.

5. Можно ли говорить, что размеры ядра атома значительно меньше размеров атома в целом?

а) да;

б) нет.

6. α-частицы могут рассеиваться только ядрами атомов и практически не рассеиваются электронами. Для всех ли атомов это справедливо?

а) да;

б) нет.

7. Можно ли утверждать, что α-частицы не рассеиваются в опыте Резерфорда на углы более 90^0, потому что размеры ядер $\sim 10^{-14}$ м и α-частица в них не может попасть?

а) да;

б) нет.

8. Верно ли утверждение, что вероятность рассеяния α-частиц не зависит от их скорости, а зависит от заряда ядра атома?

а) да;

б) нет.

9. Можно ли доказать, что произведение числа рассеянных α-частиц на $\cos^4 \rho$ является константой и не зависит от угла рассеяния?

а) да;

б) нет.

10. Является ли дифференциальное эффективное сечение рассеяния функцией толщины фольги?

а) да;

б) нет.

11. Правильно ли расположены в шкале длин волн по мере возрастания λ спектральные серии водорода: серия Лаймана, серия Бальмера, серия Пашена, серия Брекета, серия Пфунда?

а) да;

б) нет.

12. Можно ли с помощью обобщенной формулы Бальмера рассчитать длину волны любой линии спектра излучения иона гелия?

а) да;

б) нет.

13. Можно ли с помощью записанной ниже формулы рассчитать длину волны 3-

линии серии Бальмера водорода: $\frac{1}{\mu} > R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$?

а) да;
б) нет.

14. Правильно ли сформулировать комбинационный принцип Ритца: волновое число любой линии спектра является комбинацией 2-х термов?

а) да;
б) нет.

15. В опытах Франка и Герца обнаруживаются дискретные уровни энергии атомов ртути и не обнаруживается непрерывный континуум энергии ионизированных атомов. Так ли это?

а) да;
б) нет.

16. Справедливо ли утверждение, что внутренняя энергия атома является энергией связи электрона в атоме – является величиной отрицательной, отсчитывается от значения энергии покоя частиц и ее величина может принимать дискретный набор возможных значений?

а) да;
б) нет.

17. Правда ли, что значения термов иона гелия в 2 раза больше значений термов атома водорода.

а) да;
б) нет.

18. Можно ли сказать, что в соответствии с принципом соответствия частота излучения, определяемая 2-м постулатом Бора равна частоте обращения электрона по орбите для всех радиусов орбит.

а) да;
б) нет.

19. Правильно ли говорить, что статистический вес уровня или степень вырождения уровня – это число состояний, например: возможных траекторий движения, с одинаковой энергией.

а) да;
б) нет.

20. Верно ли будет считать, что в момент импульса электрон принимает только дискретные значения, причем для случая круговых орбит это одно значение, а для случая эллипсоидальных орбит – это другие значения.

а) да;
б) нет.

21. В условии квантования Зоммерфельда рассматриваются обобщенные импульсы и обобщенные координаты $\oint p_i dq_i = n_i h$. Так ли это?

а) да;
б) нет.

Тест № 2.2 (Модель атома Резерфорда – Бора)

1. Если в опыте Резерфорда по рассеянию α-частиц на золотой фольге α-частицы заменить на протоны, то доля рассеянных частиц _____.

2. Электрический ток в газах обусловлен направленным движением _____ зарядов.

3. При электролизе пропускают одинаковый ток для одновалентных и двухвалентных атомов металлов. При этом на электроде за одно и то же время молей вещества одновалентных атомов выделиться в _____ (сколько) раз(а) _____ (больше или меньше).

4. В модели Томсона атом водорода представляет собой положительно заряженный шар, в центре которого находится _____.

5. В опытах Резерфорда число рассеянных α-частиц оказалось значительно _____, чем число падающих и имелись случаи рассеяния на углы $\theta > 90^0$.

6. Из опытов Резерфорда следует, что в центре атома находится _____ (ка-кой знак) заряженное ядро, размеры которого значительно _____ (больше или меньше) размеров атома, вокруг которого движется _____частица. При этом Резерфорд не смог объяснить, почему такой атом _____.

7. При выводе формулы Резерфорда для рассеяния α-частиц используется статистический подход и вводится понятие _____. При этом рассеяние обусловлено кулоновским взаимодействием α-частицы с ядром.

8. Доля рассеянных α-частиц в опыте Резерфорда _____(зависит или не зависит) от кинетической энергии α-частиц, заряда ядер атомов фольги и толщины фольги.

9. Относительное число рассеянных в опыте Резерфорда частиц и $\cos^4(\rho/2)$ связаны между собой _____ зависимостью.

10. Спектральной серией называют совокупность спектральных линий, которые в своей последовательности в шкале длин волн или частот и в распределении интенсивности обнаруживают _____. При этом линии нумеруются начиная с самой _____ (длинноволновой, коротковолновой) по мере увеличения и их интенсивность с возрастанием номера _____(увеличиваются, уменьшаются).

11. Волновое число любой спектральной линии можно представить как комбинацию двух _____.

12. В постулатах Бора постулируется дискретность _____ (какой характеристики) атома и исходя из этого можно объяснить линейчатый характер _____(излучения, рассеяния).

13. В спектре излучения водорода в видимой области спектра наблюдается серия _____, а в ультрафиолетовой серия _____.

14. Разность волновых чисел 4-й и 2-й линий в серии Лаймана соответствует волновому числу_____ линии серии _____.

15. Длина волны фотона, соответствующего 2-й линии серии Бальмера у водорода _____, чем длина волны такой линии у ионов гелия.

16. Физический смысл постоянной Планка состоит в том, что она является квантом _____.

17. В соответствии с теорией Зоммерфельда, если энергия водородоподобного атома E_n, то электрон может совершать движение только по _____ орбиталям, из которых ____ круговых и ____ эллиптических.

18. Состояния, отличающиеся формой траектории движения и имеющие при этом одинаковую энергию, называют _____. Для вырожденных состояний момент импульса электрона _____.

19. В опытах Вуда по резонансной флуоресценции атомов ртути резонансное возбуждение атомов ртути осуществлялось _____ лампой, спектр излучения которой линейчатый.

Тест № 2.3 (Модель атома Резерфорда – Бора)

1. В опытах Резерфорда пучок α-частиц заменили на пучок протонов. Что изменилось?

а) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ увеличилось;

б) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ уменьшилось.

2. В опытах Резерфорда пучок α-частиц заменили на пучок нейтронов. Что изменилось?

а) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ увеличилось;

б) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ уменьшилось.

3. В опыте Резерфорда платиновую фольгу заменили на золотую. Что изменилось?

а) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ увеличилось;

б) число α-частиц рассеянных в заданном элементе телесного угла $d\Omega$ уменьшилось.

4. Суть опытов Фарадея по электролизу состоит в том, что:

а) количество вещества, выделяющееся на электроде при электролизе пропорционально количеству заряда, перенесенному между электродами;

б) количество вещества, выделяющееся на электроде при электролизе не зависит от величины перенесенного заряда и силы тока;

в) количество вещества, выделяющееся на электроде для различных электролитов при одном и том же количестве перенесенного заряда пропорционально атомным весам ионов;

г) электрический ток в электролите обусловлен движением ионов и один грамм-атом любых одновалентных или любых двухвалентных ионов несет с собою всегда одно и тоже количество электричества, равное числу Фарадея;

д) электрический ток в электролите обусловлен движением ионов и один грамм-атом любых одновалентных ионов всегда несет с собою одно и тоже количество электричества, равное числу Фарадея, а любых двухвалентных ионов несет с собой всегда в два раза больший заряд;

е) количество вещества, выделяющееся на электроде для различных одновалентных, двухвалентных и трехвалентных ионов, которые образуются при растворении соответствующих солей при пропускании электрического тока зависит от времени пропускания;

ж) электролиз наблюдался только для солей щелочных металлов.

5. Электрический ток в разряженных газах представляет собой:

а) движение свободных электронов, эмитированных в результате термоэлектронной эмиссии с катода;

б) движение ионов, образующихся при ионизации атомов;

в) движение свободных электронов, образующихся при ионизации атомов газа;

г) движение атомов;

д) движение молекул.

6. При пропускании электрического тока через разряженные газы наблюдается трекообразное свечение, которое вызвано:

а) ионизацией атомов;

б) движением свободных электронов;

в) движением ионов;

г) рекомбинацией ионов и электронов, следующей после ионизации атомов;

д) ударами электронов об анод;

е) ударами ионов (катионов) о катод.

7. В модели атома Томсона:

а) электрон считается неподвижным;

б) положительно заряженная часть атома считается неподвижной, так как значительно тяжелее электрона;

в) размер положительно заряженного «пудинга» значительно больше размера электрона;

г) электроны находятся на поверхности положительно заряженного большого «пудинга», притягиваясь им;

д) электроны находятся внутри положительно заряженного «пудинга» и могут совершать колебания относительно положения равновесия;

е) электроны совершают движение вокруг положительно заряженной части атома;

8. Результаты опыта Резерфорда:

а) большинство α-частиц проходят через фольгу не испытывая никаких отклонений;

б) число рассеянных α-частиц увеличивается с увеличением угла рассеяния;

в) α-частицы отклоняются на углы не больше 90^0;

г) число рассеянных α-частиц очень мало;

д) есть случаи отклонения α-частиц на 180^0;

е) число рассеянных α-частиц уменьшается с увеличением угла рассеяния.

9. После опытов по рассеянию α-частиц Резерфорд сделал выводы:

а) существует ядерная модель атома;

б) опыт подтвердила модель Томсона;

в) существует планетарная модель атома;

г) в ядре сконцентрирована практически вся масса атома;

д) размеры ядра сопоставимы с размерами атома;

е) размеры ядра значительно меньше размеров атома.

10. Что называется прицельным расстоянием?

а) расстояние между траекторией движения β-частицы и асимптотой к траектории;

б) расстояние от атома до первоначального направления движения β-частицы;

в) толщина рассеивающего слоя;

г) сечение рассеяния;

д) разница между траекторией β-частицы и гиперболической траекторией.

11. Каков физический смысл эффективного сечения рассеяния?

а) в механической модели: это площадка (мишень), попав в которую частица испытывает отклонение;

б) в статистической интерпретации: это вероятность испытать рассеяние одной частице;

в) эта величина физического смысла не имеет;

г) сечение пучка рассеянных частиц в опыте Резерфорда;

д) сечение пучка падающих частиц;

е) отношение сечения пучка рассеянных частиц к интенсивности падающих частиц;

ж) отношение числа рассеянных частиц к интенсивности падающих частиц.

12. Формула Резерфорда для рассеяния α-частиц показывает, что число рассеянных частиц:

а) не зависит от скорости их движения;

б) пропорционально скорости их движения;

в) обратно пропорционально четвертой степени скорости движения α-частиц;

г) пропорционально толщине фольги на которой происходит рассеяние;

д) не зависит от угла рассеяния;

е) зависит от угла рассеяния;

ж) пропорционально порядковому номеру элемента в таблице Менделеева;

з) пропорционально квадрату порядкового номера элемента в таблице Менделеева;

и) обратно пропорционально $\sin^4 \rho$;

к) обратно пропорционально $\sin \rho$;

л) пропорционально $\sin^4(\rho/2)$.

13. Какие из представленных функциональных зависимостей правильно отражают формулу Резерфорда для рассеяния α-частиц.

а) $dN/N \sim Z^2$;

б) $dN/N \sim Z$;

в) $dN/N \sim \varpi^4$;

г) $dN/N \sim \varpi^2$;

д) $dN/N \sim \cos^4\rho$;

ж) $dN/N \sim \sin^4\rho$;

з) $dN/N \sim \sin^4(\rho.2)$.

Тест № 3 (Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм)

1. Каково из представленных ниже высказываний отражает смысл идеи де Бройля?

а) микрочастицы не являются в строгом классическом смысле частицами, а являются волнами;

б) микрочастицам, как и всем материальным объектам вообще, свойственно проявлять как качество частиц, так и качества волн, подобно свету;

в) корпускулярные и волновые характеристики связаны между собой для излучения и для вещества одинаковым образом.;

г) дебройлевская длина волны фотона и электрона одинакова;

д) движущимся материальным объектам сопоставляется некоторый волновой процесс.

2. Длина волны де Бройля де Бройля частицы определяется:

а) ее размерами;

б) ее массой;

в) скоростью ее движения;

г) ускорением, с которым она двигается;

д) внутренним строением и составом;

е) длиной света, излучаемой ей;

ж) действующей силой.

3. Какими из приведенных формул можно пользоваться для расчета длины волны де Бройля.

а) $\lambda = h/v$;

б) $\lambda = h/mv$;

в) $\lambda = h/\sqrt{2mT}$;

г) $\lambda = h\sqrt{1-v^2/c^2}\,/\,m_0 v$;

д) $\lambda = h/\sqrt{2meU}$;

е) $\lambda = \hbar/\sqrt{2mT}$;

ж) $\lambda = h/mc$;

з) $\lambda = c/\nu$.

4. Какие из приведенных ниже характеристик правильно отражают свойства волн де Бройля?

а) фазовая скорость больше скорости света в вакууме;

б) фазовая скорость меньше скорости света в вакууме;

в) групповая скорость равна скорости движения частицы;

г) групповая скорость больше скорости движения частицы;

д) каждой боровской орбите соответствует стоячая волна де Бройля электрона;

ж) длине боровской орбиты соответствует целое число дебройлевских длин волн электрона;

з) длина каждой боровской орбиты кратна четному числу полуволн де Бройля электрона;

и) длина каждой боровской орбиты кратна целому числу полуволн де Бройля электрона;

5. Какие из представленных ниже формул правильно устанавливают связь между радиусами боровских орбит и дебройлевской длиной волны электрона?

а) $r_n = n\lambda$;

б) $r_n = h\lambda$;

в) $r_n = \hbar\lambda$;

г) $r_n = n\lambda/2\theta$;

д) $2\theta r_n = n\lambda$.

6. Если электрон и нейтрон движутся равномерно и прямолинейно, то в соответствии с теорией де Бройля

а) им сопоставляется волновой процесс как в случае идеальных плоских волн, причем одинаковой частоты;

б) нейтрону сопоставляется плоская волна, а электрону затухающая;

в) им сопоставляются сферические волны, так как частицы очень маленькие;

г) электрону сопоставляется сферическая волна, а нейтрону плоская;

д) им сопоставляются плоские волны различной частоты, так как у них различный заряд;

е) им сопоставляются плоские волны различной частоты, так как у них различная масса.

7. В опытах Дэвисона и Джермера исследовались

а) влияние пучка электронов на структуру кристалла никеля;

б) рассеяние электронов кристаллом никеля в зависимости от ускоряющего напряжения на лектронной пушке;

в) зависимость скорости пучка электронов от ускоряющего напряжения;

г) отражение пучка электронов монокристаллом никеля;

д) зависимость интенсивности отраженного от пластинки поликристаллического никеля пучка электронов от угла падения.

8. В опытах Дэвисона и Джермера было обнаружено:

а) интенсивность рассеянных кристаллом никеля электронов зависит угла рассеяния, причем наибольшая интенсивность соответствует углу зеркального отражения;

б) интенсивность рассеянных кристаллом никеля электронов зависит от угла рассеяния и представляет собой систему чередующихся максимумов и минимумов;

в) распределение интенсивности рассеянных кристаллом никеля электронов зависит от угла падения;

г) распределение интенсивности рассеянных кристаллом никеля электронов зависит от напряжения на электронной пушке;

д) распределение интенсивности рассеянных кристаллом никеля электронов зависит от кристаллической структуры никеля и изменяется в процессе термической обработки кристалла.

9. В результате опытов Дэвисона и Джермера было установлено:

а) электроны проявляют волновые свойства подобно рентгеновскому излучению;

б) формула де Бройля для определения длины волн электронов $\lambda = h/\sqrt{2meU}$ справедлива;

в) волновые свойства электронов проявляются только при высокой плотности пучка электронов как коллективный эффект;

г) де бройлевская длина волны электронов зависит от кристаллической структуры никеля и изменяется в результате термической обработки кристалла;

д) облучение никеля пучком электронов приводит к нарушению его кристаллической структуры;

е) электронные пучки можно использовать для изучения кристаллической структуры веществ.

10. Явление дифракции частиц невозможно наблюдать для

а) атомов, так как они не имеют заряда;

б) атомов, так де бройлевская длина волны их значительно больше возможных препятствий в опытах по дифракции;

в) крупных частиц, размеры которых больше размеров препятствий в опытах по дифракции;

г) нейтронов, так как они не имеют заряда;

д) молекул, если их пучок очень малой плотности;

е) молекул, если их пучок не является монохроматичным;

ж) электронов, если их пучок не является монохроматичным;

з) протонов, если их пучок малой интенсивности;

и) атомов, часть из которых в возбужденном состоянии.

11. Физический смысл волн де Бройля состоит в том, что:

а) амплитуда волны является вероятностью нахождения частицы;

б) амплитуда волны, а вернее ее квадрат, определяет вероятность нахождения частицы;

в) частота волны определяет вероятность нахождения частицы;

г) фаза волны определяет вероятность нахождения частицы;

д) фазовая скорость волн де Бройля и электромагнитных волн одинакова;

е) групповая скорость волн де Бройля и электромагнитных волн одинакова.

12. Соотношения неопределенностей Гейзенберга устанавливают:

а) связь между импульсом и энергией частицы;

б) связь между импульсом и координатой частицы;

в) связь между импульсом и вероятностью нахождения частицы;

г) зависимость между энергией электрона и временем жизни возбужденного состояния атома;

д) границы применимости классической механики к описанию микрообъектов;

е) связь между естественной неопределенностью импульса и координаты частиц по причине наличия у них волновых свойств;

ж) связь между естественной неопределенностью внутренней энергии атома средним статистическим временем существования состояния атома.

13. Что из перечисленного ниже можно обосновать исходя из соотношений неопределенностей:

а) наличие монохроматического излучения;

б) принципиальную невозможность достичь идеальной монохроматичности излучения;

в) ширину спектральных линий сильноразреженных газов;

г) зависимость ширины спектральных линий атомов от температуры;

д) существенно большую ширину спектральных полос для молекул, чем для атомов;

е) минимально возможные размеры атома;

ж) массу покоя электрона.

14. Какой из представленных ниже вариантов правильно определяет смысл статистической интерпретации волн де Бройля?

а) волновым законам подчиняются не сами частицы, а их статистическое распределение в пространстве и во времени или, иначе говоря, волновым законам подчиняется вероятность нахождения частицы в том или ином месте;

б) волновые свойства частиц проявляются не всегда; они проявляются лишь с определенной вероятностью, которая зависит от внешних условий и длины волны де Бройля;

в) волновые свойства частиц проявляются только для больших ансамблей частиц и волновым законам подчиняются средние статистические характеристики частиц, которые всегда неделимы.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α-частиц с кинетической энергией К=1.5 МэВ в интервале углов свыше $\theta_0 = 60^0$.
2. Определить для атома водорода и иона He^+: энергию связи электрона в основном состоянии и потенциал ионизации.
3. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения атома Na, у которого квантовые дефекты основного терма 3S и 3P равны соответственно 1.37 и 0.88.
4. Дописать недостающие компоненты мультиплетов $^2P_{3/2}$, $^3D_1$, $^4F_{5/2}$, $^3P_2$, $^5D_4$, $^4P_{1/2}$.

Вариант 2

1. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α-частиц в интервале углов от 90^0 до 180^0, равно $\Delta\sigma = 0.5 \cdot 10^{-21}$ см^2. Определить кинетическую энергию α-частиц.
2. Определить для атома водорода и иона He^+: первый потенциал возбуждения и длину волны головной линии серии Лаймана.
3. Найти энергию связи валентного электрона в основном состоянии атома Li, если известно, что длины волн головной линии резкой серии и ее коротковолновой границы равны соответственно 0.813 и 0.349 мкм.
4. Возможны ли следующие состояния: $^2S_1$, $^3S_0$, $^3P_0$, $^3S_{1/2}$, $^2S_{1/2}$, $^3D_0$, $^2D_{1/2}$?

Вариант 3

1. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α-частиц в интервале углов от 90^0 до 180^0, равно $\Delta\sigma = 0.5 \cdot 10^{-21}$ см^2. Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\Omega$, соответствующее углу $\theta = 60^0$.
2. Определить для атома водорода и иона Li^{++}: энергию ионизации.
3. Сколько спектральных линий, разрешенных правилами отбора, возникает при переходе атома лития в основное состояние из состояния 4S?, 4P?
4. Какие из следующих оптических переходов разрешены: $^2S_{1/2}$ - $^2D_{3/2}$, $^2P_{3/2}$ – $^2D_{3/2}$, $^1S_0$ - $^3P_1$, $n1^1S_0$ - n^1S_0?

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена в конце семестра. На экзамене студентам предлагается ответить на 2 вопроса по материалам учебной дисциплины и выполнить практическое задание. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания студента. Экзамен является итогом по дисциплине.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:

- «зачтено» - количество правильных ответов от 50 до 100 процентов, выполнены и защищены все лабораторные работы;
- «не зачтено» - количество правильных ответов менее 50 процентов;

Вопросы к экзамену по дисциплине «ОСНОВЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ»

Физико-технический факультет, 2 курс.

1. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы.

2. Кванты света (фотоны). Тепловое излучение: классический и квантово-механический подход. Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна.

3. Тормозное рентгеновское излучение. Давление излучения. Поглощение излучения. Излучение Вавилова–Черенкова.

4. Эффект Комптона. Доказательство невозможности поглощения фотона свободным электроном и теоретический вывод формулы для комптоновского сдвига.

5. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α-частиц.

6. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Эффективное сечение рассеяния.

7. Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора.

8. Экспериментальное подтверждение квантования энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.

9. Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля.

10. Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

11. Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции.

12. Операторы в квантовой механике и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов.

13. Средние значения физических величин. Условие возможности одновременного измерения физических величин.

14. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, вектора импульса, момента импульса, квадрата момента импульса).

15. Операторы важнейших физических величин (проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).

16. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона.

17. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Движение свободной частицы.

18. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.

19. Одномерная прямоугольная потенциальная яма со стенками конечной высоты.

20. Линейный гармонический осциллятор.

21. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный барьер.

22. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.

23. Квантово-механическое описание атома водорода. Разделение переменных. Квантовые числа. Энергетический спектр. Угловое и радиальное распределение электронной плотности.

24. Операторы момента импульса и проекции момента импульса и их собственные значения. Правила отбора. 1s-состояние электрона в атоме водорода.

25. Квантование водородоподобных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Уровни и спектры щелочных металлов.

26. Правила отбора и спектральные серии водородоподобных атомов. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов.

27. Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное подтверждение существования спина.

28. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.

29. Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Опыты Штерна–Герлаха. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора.

30. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Электронный парамагнитный резонанс.

31. Принцип Паули и заполнение электронных оболочек в многоэлектронных атомах. Атомные оболочки и подоболочки. Спектральные обозначения и правила отбора.

32. Электронная конфигурация. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома. LS- и jj- связи. Спектральные обозначения и правила отбора.

33. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда.

34. Особенности характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.

35. Системы тождественных частиц. Симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Квантово-механическая формулировка принципа Паули.

36. Молекулы: энергия и спектры. Квантование полной энергии двухатомной молекулы.

37. Вынужденное излучение. Элементы физики лазеров. Свойства лазерного излучения.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач. – СПб.: Лань, 2006.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т.5. Атомная и ядерная физика. - М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2006.
3. Курс физики : : учебное пособие для студентов вузов : [в 3 т.] /. Т. 3. : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. / Савельев, Игорь Владимирович. ; И. В. Савельев ; предисл., науч ред. Н. М. Кожевников. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань , 2007

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Атомная физика и человеческое познание / Бор, Нильс ; Н. Бор ; пер. с англ. В. А. Фока и А. В. Лермонтовой. - М. : Изд-во иностранной литературы, 1961
2. Атомная физика : лабораторный практикум / Бойченко, Александр Павлович, Яковенко, Николай Андреевич ; А. П. Бойченко, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [КубГУ], 2006
3. Атомная физика. Освоение через задачи / / Будкер, Дмитрий, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль ; Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль ; пер. с англ. В. С. Запасского под ред. Е. Б. Александрова. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2009
4. Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике. – М.: Лаб. баз. знаний, 2002.
5. Фейман Р. Феймановские лекции по физике/ Р. Фейман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Вып. 8, 9. – М: Едиториал УРСС, 2004.
6. 5. Савельев И. В. Курс общей физики. Т.3: Квантовая оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. – СПб.: Лань, 2006.
7.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Фотон-экспресс» /www.fotonexpress.ru /.
2. Журнал «Lightwave Russian Edition» / www.lightwave-russia.com/ .
3. Журнал «Вестник связи» /www.vestnik-sviazy.ru /.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. http://www.kubsu.ru/University/library/resources/
2. http://www.rubricon.com/.
3. http://window.edu.ru/window.

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Элементы классической теории электромагнитного излучения.	2	Устный ответ, текстовый документ.	1
2.	Элементы квантовой оптики.	2	Устный ответ, текстовый документ.	1

3.	Столкновение частиц.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
4.	Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
5.	Опыты Девиссона–Джермера и Томсона.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
6.	Собственные значения и собственные функции операторов.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
7	Некоторые характерные задачи квантовой механики. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
8	Разделение переменных. Угловое и радиальное распределение электронной плотности.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
9	Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Распределение плотности вероятности.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
10	Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
11	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложения.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
12	Бозоны и фермионы.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
13	Тонкая структура рентгеновских спектров.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
14	Классификация электронных состояний молекул. Правило отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
15	Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
16	Физические основы сверхпроводимости и сверхтекучести и их квантовая природа.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1 1/6
	Итого	**60**		**16 1/6**

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

Лекции: интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением вовлечение студентов в учебный процесс и обратной связью.

Практические работы: компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», «студент - студент».

Самостоятельная работа: дистанционные задания и упражнения, глоссарии терминов и определений.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft "Enrollment for Education Solutions" для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (http://www.consultant.ru)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)/

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория №230С, (кабинет) укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
2.	Семинарские занятия	Аудитория №211С.
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория №230С, (кабинет) укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
4.	Самостоятельная работа	Кабинет №208С для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.