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
_____ Т.А. Хагуров
подпись
«2» июня 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.14.06
АТОМНАЯ И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки
03.03.02 Физика
(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)
Фундаментальная физика
(наименование направленности (профиля))

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

Квалификация бакалавр

Краснодар 2026

Рабочая программа дисциплины Б1.О.14.06 «Атомная и ядерная физика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.02 «Физика»

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

В.П. Прохоров, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники

подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.14.06 «Атомная и ядерная физика» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ
протокол № 9 от «_13_» ___апреля___2026 г.
И.о. заведующего кафедрой оптоэлектроники Векшин М.М. _____
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КубГУ
протокол № 11 от «_28_» ___апреля____2026 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.

подпись

Рецензенты:

Ильченко Геннадий Петрович, доцент кафедры доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ

Шевченко Александр Владимирович, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Атомная физика» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения и твердых знаний о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на атомно-молекулярном уровне, необходимых для понимания и использования в инженерно-технических разработках. Актуальность дисциплины «Атомная физика» обусловлена применением знаний, умений и навыков, полученных в процессе ее изучения, для изучения дисциплин из других блоков и успешного освоения специальности в целом.

Учебная дисциплина «Атомная физика» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на атомно-молекулярном уровне.

Учебная дисциплина «Ядерная физика» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на уровнях атомарной и субатомарной структуры вещества, а также элементарных частиц. Актуальность дисциплины «Ядерная физика» обусловлена применением знаний, умений и навыков, полученных в процессе ее изучения, для изучения дисциплин из других блоков и успешного освоения специальности в целом.

Учебная дисциплина «Ядерная физика» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на уровнях субатомарной структуры вещества и элементарных частиц.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины «Атомная физика»:

– изучить экспериментальные методы исследования внутреннего строения атомов;

– рассмотреть физические эффекты и явления, обусловленные, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;

– усвоить основные понятия волновой механики и особенности подхода к изучению и описанию 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.

В расширенный список общих задач дисциплины входят следующие задачи:

– *обобщить и систематизировать знания по:*

– современным представлениям об атомно-молекулярном строении вещества, экспериментальным и теоретическим методам исследования внутреннего строения атомов и молекул;

– основным законам, идеям и принципам атомной физики; физическим эффектам и явлениям, обусловленным, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;

– *научить:*

– с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных и молекулярных явлений;

– применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений атомной физики;

– надлежащим образом оценивать порядки физических величин;

– использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;

– настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;

– применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;

– *сформировать:*

– навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атомов и молекул;

– навыки физико-математического моделирования;

– умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;

– навыки правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;

– навыки обработки и интерпретирования результатов эксперимента;

– умение анализировать физический смысл полученных результатов.

Основные задачи освоения дисциплины «Ядерная физика»:

– изучение экспериментальных и теоретических основ физики атомного ядра и элементарных частиц и рассмотрение экспериментальных принципов физики высоких энергий;

– усвоение основных понятий физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей.

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

В расширенный список общих задач дисциплины входят следующие задачи:

– *обобщить и систематизировать знания по:*

– современным представлениям об атомном и субатомном строении вещества, о свойствах и структуре атомных ядер и элементарных частиц;

– основным законам, идеям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц;

– *научить:*

– экспериментальным и теоретическим основам физики атомного ядра и элементарных частиц, экспериментальным принципам физики высоких энергий;

– основным понятиям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей;

– с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения субатомных явлений;

– применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц;

– надлежащим образом оценивать порядки физических величин;

– использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;

– *сформировать:*

– навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атома, атомных ядер и элементарных частиц;

– навыки физико-математического моделирования;

– умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;

– умение анализировать физический смысл полученных результатов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.О.14.06 «Атомная и ядерная физика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами обязательной части Блока 1 «Математический анализ», «Физика», «Общий физический практикум» и дисциплин вариативной части Блока 1. Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических и дифференциальных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой и вариативной частей блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

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 следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	
ИОПК-1.1 Понимает теоретические и методологические основания избранной области физико-математических и (или) естественных наук ИОПК-1.2 Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны знать: – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов; – современные представления о свойствах и структуре атомных ядер, основные законы, идеи и принципы физики ядра и элементарных частиц в их историческом становлении и развитии, методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атомного ядра и элементарных частиц; – экспериментальные методы изучения ядерных реакций, принципы ускорения элементарных частиц и ядер, физические принципы работы ускорителей элементарных частиц и их классификацию; – практические методы регистрации и анализа заряженных частиц; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов как для исследования ядер

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	и элементарных частиц, так и для регистрации и анализа заряженных частиц.
	В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны уметь: – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов; – применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц и надлежащей оценки порядков физических величин; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач в профессиональной области; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.
	В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны владеть: – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования;

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	– навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет _5_ зачетных единицы (_180_ часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		5 семестр (часы)			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	**107,3**	**107,3**			
занятия лекционного типа	34	34			
лабораторные занятия	–	–			
практические занятия	68	68			
семинарские занятия	–	–			
Указываются виды работ в соответствии с учебным планом	–	–			
Иная контактная работа:	**–**	**–**			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	5	5			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:	**46**	**46**			
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	–	–			
Контрольная работа	–	–			
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	–	–			
Реферат/эссе (подготовка)	–	–			

Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		46	46			
Подготовка к текущему контролю		–	–			
Контроль:		**26,7**	**26,7**			
Подготовка к экзамену		–	–			
Общая трудоемкость	**час.**	**180**	**180**			
	в том числе контактная работа	**107,3**	**107,3**			
	зач. ед	**5**	**5**			

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в _5_ семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	8	2	4		2
2	Корпускулярно-волновой дуализм	6	2	2		2
3	Основы квантовой теории	8	2	4		2
4	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	14	2	8		4
5	Многоэлектронные атомы	8	2	4		4
6	Атом в поле внешних сил	8	2	4		2
7	Принцип Паули и электронная конфигурация атомов	16	4	8		4
8	Рентгеновское излучение	4	2	–		2
9	Свойства атомных ядер	8	2	4		2
10	Модели атомных ядер и свойства ядерных сил	4	2	–		2
11	Радиоактивность	14	2	8		4
12	Ядерные реакции	14	2	8		4
13	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	10	2	6		2
14	Частицы и взаимодействия	12	2	8		2
15	Эксперименты в физике высоких энергий	6	2	–		4
16	Дискретные симметрии	6	2	–		4
	ИТОГО по разделам дисциплины		34	68		46
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	26,7	26,7			
	Общая трудоемкость по дисциплине	180				

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

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля

1	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния альфа-частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния. Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
2	Корпускулярно-волновой дуализм	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. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
3	Основы квантовой теории	Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции. Операторы в квантовой механике и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, проекции момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии). Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Характерные задачи квантовой механики. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
4	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Разделение переменных. Угловое и радиальное распределение электронной плотности. 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.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
5	Многоэлектронные атомы	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.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий;

		Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.	отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
6	Атом в поле внешних сил	Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Энергия атома в магнитном поле. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложения. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
7	Принцип Паули и электронная конфигурация атомов	Системы тождественных частиц. Симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Многоэлектронные атомы. 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.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
8	Рентгеновское излучение	Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектрах характеристического излучения. Особенности характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
9	Свойства атомных ядер	Основные этапы развития физики атомного ядра и элементарных частиц. Масштабы явлений микромира. Общие свойства атомных ядер. Нуклоны. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества. Измерения в микромире и единицы измерения физических величин в ядерной физике. Размеры и форма ядер. Протон-нейтронная модель ядра. Заряд ядра. Масса и энергия связи ядра. Дефект масс. Удельная энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи ядра. N-Z диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс. Сверхтонкая структура спектральных линий. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер. Изотопический спин	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат

		ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. CPT-теорема.	
10	Модели атомных ядер и свойства ядерных сил	Зарядовая независимость ядерных сил. Изотопический спин. Обменный характер ядерных сил. Свойство насыщения ядерных сил. Гипотеза Юкавы. Мезоны. Мезонная теория ядерных сил и потенциал Юкавы. Необходимость модельных представлений о ядре. Одночастичные и коллективные модели. Коллективные свойства ядер. Капельная модель ядра. Область применения капельной модели. Недостатки капельной модели. Потенциал усредненного ядерного поля. Физическое обоснование оболочечной модели ядра. Спин-орбитальное взаимодействие. Модель ядерных оболочек и магические числа нуклонов. Экспериментальные следствия оболочечной модели ядра и область ее применения. Недостатки модели оболочек. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра и область ее применения.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
11	Радиоактивность	Радиоактивные превращения ядер. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Виды радиоактивного распада. Альфа-распад ядер. Энергетическое рассмотрение альфа-распада. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Механизм альфа-распада. Туннельный эффект. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Энергетический спектр бета-частиц. Нейтрино и его свойства. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории бета-распада. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Несохранение четности в бета-распаде. Гамма-излучение ядер. Вероятность гамма-перехода и правила отбора. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Резонансное поглощение излучения. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
12	Ядерные реакции	Ядерные реакции, их символика и классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Прямые ядерные реакции и реакции, идущие через образование составного ядра. Модель составного ядра. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндоэнергетической реакции. Импульсная диаграмма для ядерной реакции. Импульсные диаграммы рассеяния в ядерных реакциях. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Ядерные реакции с образованием компаунд ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта–Вигнера. Реакции прямого ядерного взаимодействия. Реакции срыва. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Ядерные реакции под действием легких заряженных частиц (альфа-частиц, протонов и дейтронов). Фотоядерные реакции. Деление и синтез атомных ядер. Основные экспериментальные данные о делении и энергетические условия деления. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение. Реакции на медленных и на быстрых нейтронах. Трансурановые элементы. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат

13	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Ионизационное торможение заряженных частиц в веществе. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Свободный пробег, закон поглощения, длина поглощения, радиационная длина рассеяния, поглощенная доза. Связь пробега с энергией. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение гамма-излучения через вещество. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
14	Частицы и взаимодействия	Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели. Частицы и взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Основные характеристики частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа элементарных частиц. Частицы и античастицы. Процессы аннигиляции. Возбужденные состояния адронов. Частицы-резонансы. Законы сохранения в мире элементарных частиц.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
15	Эксперименты в физике высоких энергий	Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Общие требования к измерительным приборам. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций. Общие принципы ускорения элементарных частиц и ядер и физические принципы работы ускорителей. Классификация ускорителей элементарных частиц. Понятие о современных методах получения пучков высоких энергий. Накопители частиц. Встречные пучки. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат
16	Дискретные симметрии	Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. P-четность. Закон сохранения P-четности. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. CP-инверсия. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. CPT-инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP-преобразование. K_0-мезоны. Нарушение CP-симметрии в распаде K_0-мезонов.	ответы на контрольные вопросы; выполнение практических заданий; отчет по выполненным лабораторным работам; тестирование; реферат

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия)

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния альфа-частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния. Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование

		Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.	
2	Корпускулярно-волновой дуализм	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. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
3	Основы квантовой теории	Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции. Операторы в квантовой механике и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, проекции момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии). Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Характерные задачи квантовой механики. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
4	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Разделение переменных. Угловое и радиальное распределение электронной плотности. 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.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
5	Многоэлектронные атомы	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. Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
6	Атом в поле внешних сил	Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Энергия атома в магнитном поле.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы;

		Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложения. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	выполнение контрольных работ; тестирование
7	Принцип Паули и электронная конфигурация атомов	Системы тождественных частиц. Симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Многоэлектронные атомы. 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.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
8	Рентгеновское излучение	Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектрах характеристического излучения. Особенности характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
9	Свойства атомных ядер	Основные этапы развития физики атомного ядра и элементарных частиц. Масштабы явлений микромира. Общие свойства атомных ядер. Нуклоны. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества. Измерения в микромире и единицы измерения физических величин в ядерной физике. Размеры и форма ядер. Протон-нейтронная модель ядра. Заряд ядра. Масса и энергия связи ядра. Дефект масс. Удельная энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи ядра. N-Z диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс. Сверхтонкая структура спектральных линий. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер. Изотопический спин ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. CPT-теорема.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
10	Модели атомных ядер и свойства ядерных сил	Зарядовая независимость ядерных сил. Изотопический спин. Обменный характер ядерных сил. Свойство насыщения ядерных сил. Гипотеза Юкавы. Мезоны. Мезонная теория ядерных сил и потенциал Юкавы. Необходимость модельных представлений о ядре. Одночастичные и коллективные модели. Коллективные свойства ядер. Капельная модель ядра. Область применения капельной модели. Недостатки капельной модели. Потенциал усредненного ядерного поля. Физическое обоснование оболочечной модели ядра. Спин-орбитальное взаимодействие. Модель ядерных оболочек и магические числа нуклонов. Экспериментальные следствия оболочечной модели ядра и область ее применения. Недостатки модели оболочек. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра и область ее применения.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
11	Радиоактивность	Радиоактивные превращения ядер. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер	Решение задач;

		радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Виды радиоактивного распада. Альфа-распад ядер. Энергетическое рассмотрение альфа-распада. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Механизм альфа-распада. Туннельный эффект. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Энергетический спектр бета-частиц. Нейтрино и его свойства. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории бета-распада. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Несохранение четности в бета-распаде. Гамма-излучение ядер. Вероятность гамма-перехода и правила отбора. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Резонансное поглощение излучения. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.	ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
12	Ядерные реакции	Ядерные реакции, их символика и классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Прямые ядерные реакции и реакции, идущие через образование составного ядра. Модель составного ядра. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндоэнергетической реакции. Импульсная диаграмма для ядерной реакции. Импульсные диаграммы рассеяния в ядерных реакциях. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Ядерные реакции с образованием компаунд ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта–Вигнера. Реакции прямого ядерного взаимодействия. Реакции срыва. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Ядерные реакции под действием легких заряженных частиц (альфа-частиц, протонов и дейтронов). Фотоядерные реакции. Деление и синтез атомных ядер. Основные экспериментальные данные о делении и энергетические условия деления. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение. Реакции на медленных и на быстрых нейтронах. Трансурановые элементы. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
13	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Ионизационное торможение заряженных частиц в веществе. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Свободный пробег, закон поглощения, длина поглощения, радиационная длина рассеяния, поглощенная доза. Связь пробега с энергией. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение гамма-излучения через вещество. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
14	Частицы и взаимодействия	Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели. Частицы и взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Основные характеристики частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа элементарных частиц. Частицы и	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование

		античастицы. Процессы аннигиляции. Возбужденные состояния адронов. Частицы-резонансы. Законы сохранения в мире элементарных частиц.	
15	Эксперименты в физике высоких энергий	Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Общие требования к измерительным приборам. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций. Общие принципы ускорения элементарных частиц и ядер и физические принципы работы ускорителей. Классификация ускорителей элементарных частиц. Понятие о современных методах получения пучков высоких энергий. Накопители частиц. Встречные пучки. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование
16	Дискретные симметрии	Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. P-четность. Закон сохранения P-четности. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. CP-инверсия. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. CPT-инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP-преобразование. K_0-мезоны. Нарушение CP-симметрии в распаде K_0-мезонов.	Решение задач; ответы на контрольные вопросы; выполнение контрольных работ; тестирование

2.3.3. Лабораторные занятия

Согласно учебному плану лабораторные занятия по данной дисциплине не предусмотрены.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

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	Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту, тестам и вопросам)	1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г. 2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016. 3. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа: http://moodle.kubsu.ru/ 4. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94103 5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94101

		6. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/98247#authors 7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/277 8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/279 9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/280 10. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 11. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 12. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
2	Подготовка к практическим занятиям	1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г. 2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016. 3. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа: http://moodle.kubsu.ru/ 4. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94103 5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94101 6. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/98247#authors 7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/277 8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/279 9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/280

		10. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 11. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 12. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ. Оформление технического отчёта по лабораторным работам.	1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г. 2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.

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,

– в форме аудиофайла,

– в печатной форме на языке Брайля.

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,

– в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, лабораторный компьютерный практикум, разработка программ численного расчета основных характеристик, домашние задания, тестирование, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию, зачету или экзамену). проблемное обучение, модульная технология, самостоятельная работа студентов.

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекции проходят в классическом стиле.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность пользоваться учебно-методическими материалами и рекомендациями, размещенными в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе, являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Цифровая обработка сигналов».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме ответов на контрольные вопросы, выполнения практических и тестовых заданий, подготовке докладов-презентаций по темам рефератов и **промежуточной аттестации** в форме вопросов для подготовки к зачету и решения задач.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности ИОПК-1.1 Понимает теоретические и методологические основания избранной области физико-математических и (или) естественных наук ИОПК-1.2 Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области	**<u>знать:</u>** – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений	Рабочая тетрадь Лабораторная работа Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу Реферат, доклад, сообщение, эссе Тест по теме, разделу	Вопросы на экзамене

	профессиональной деятельности	физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов; – современные представления о свойствах и структуре атомных ядер, основные законы, идеи и принципы физики ядра и элементарных частиц в их историческом становлении и развитии, методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атомного ядра и элементарных частиц; – экспериментальные методы изучения ядерных реакций, принципы ускорения элементарных частиц и ядер, физические принципы работы ускорителей элементарных частиц и их классификацию; – практические методы регистрации и анализа заряженных частиц; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов как для исследования ядер и элементарных частиц, так и для регистрации и анализа заряженных частиц. **уметь:** – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях		

		физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов; – применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц и надлежащей оценки порядков физических величин;		

		– применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач в профессиональной области; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений, анализировать физический смысл полученных результатов. **владеть:** – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования		

		результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.		

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Перечень вопросов и заданий

1. Контрольные вопросы по учебной программе.
2. Практические задания по учебной программе.
3. Контрольные работы по учебной программе.
4. Темы рефератов по учебной программе.
5. Тестовые задания по учебной программе.
6. Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

Контрольные вопросы по учебной программе

Атомная физика

Раздел 1.

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?

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

Раздел 2.

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?

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?

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 3.

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?

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?

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 4.

Запишите условие нормировки волновой функции. Почему фактически всегда можно ограничиться нормировкой волновой функции на единицу?

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, $\Psi(x,t) = A \cdot \exp[-(i/\hbar)(Et - px)]$, 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 $|\Psi(\vec{r},t)|^2 = \Psi^*(\vec{r},t) \cdot \Psi(\vec{r},t)$?

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.

Волновая функция, описывающая состояние микрочастицы, дается выражением $\Psi(x,t) = \psi(x) \cdot \exp[-(i/\hbar)Et]$. Докажите, что плотность вероятности нахождения частицы определяется только координатной ψ-функцией.

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

$A = x$, $B = d/dx$. 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?

Обоснуйте, что оператор проекции момента импульса на полярную ось $L_z = -i\hbar \cdot \partial / \partial \varphi$.

Покажите, что собственные значения оператора L_z образуют дискретный ряд значений.

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 T и U коммутирующими?

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

Раздел 5.

В чем заключается статистическая интерпретация волновой функции?

Для каких частиц справедливо уравнение Шредингера?

Почему уравнение Шредингера сформулировано как волновое уравнение?

Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.

Совершите переход от временного уравнения Шредингера к стационарному.

Запишите одномерное временное и стационарное уравнения Шредингера, проанализировав их.

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

Какой вывод можно сделать, сравнив стационарное уравнение Шредингера с уравнением для собственных значений и собственных функций?

Что можно сказать об операторной форме уравнения Шредингера?

Какая частица является свободной?

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»?

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

Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?

Раздел 6.

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?

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.

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 1s-состоянии. Определите наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

Раздел 7.

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?

Раздел 8.

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?

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.

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

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

Раздел 9.

Означает ли изменение знака волновой функции изменение состояния?

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

Какой тип симметрии волновой функции характерен для фотона?

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

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

Сколько электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены K- и L-оболочка?

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?

Раздел 10.

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?

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 ($Z_2 = 28$).

Ядерная физика

1. Основные характеристики и свойства атомных ядер.

Чем объясняется тонкая структура спектральных линий?

Чем объясняется сверхтонкая структура спектральных линий?

Чему равна энергия связи в ядре?

Почему при расчете энергии связи ядер используется масса нейтрального водорода, а не масса протона? В чем разница?

Что больше – масса атомного ядра или масса частиц, входящих в его состав? Какие выводы отсюда следуют?

Объясните зависимость удельной энергии связи от массовых чисел.

Почему прочность ядер уменьшается при переходе к тяжелым элементам?

При каких процессах и почему может выделяться ядерная энергия?

2. Ядерные силы. Модели ядра.

К какому классу взаимодействий относится ядерное взаимодействие?

Каковы основные свойства ядерных сил?

Как доказать зарядовую независимость ядерных сил?

Что является подтверждением неэлектрической природы ядерных сил?

Как объяснить приблизительное постоянство удельной энергии связи в ядре с увеличением числа нуклонов?

Чем обусловлено снижение удельной энергии связи в ядрах к концу Периодической системы элементов?

В чем заключаются аналогии и различия ядер и атомов?

В чем сходство и в чем различие гравитационных, электромагнитных и ядерных сил?

Рассчитайте энергию кулоновского отталкивания на расстоянии 1 фм друг от друга.

На основании чего можно прийти к капельной модели ядра? Ответ обоснуйте.

В чем заключается суть оболочечной модели ядра?

Почему для описания атомных ядер применяются различные модели?

Почему до сих пор не создана единая теория атомного ядра?

Какие представления о свойствах нуклонов в ядре дает капельная модель? оболочечная модель?

Сколько нуклонов может находиться в ядре на самом низком квантовом уровне?

3. Радиоактивность и ее характеристики. Закон радиоактивного распада.

В чем физический смысл постоянной радиоактивного распада? Как можно прийти к выводу, что радиоактивные свойства элемента обусловлены структурой его ядра? Можно ли указать, какие ядра и когда распадутся в радиоактивном образце за рассматриваемое время? Почему?

Что такое активность и удельная активность препарата?

Какие характеристики радиоактивного распада определяют его интенсивность?

Нарисуйте график зависимости $\ln A$ (A – активность препарата) от времени. Какие данные могут быть из него получены?

Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное двум периодам полураспада?

Как (по какому закону) изменяется со временем активность нуклида?

Выразите среднее время жизни радиоактивного ядра через постоянную радиоактивного распада.

Что продолжительнее – четыре периода полураспада или три средних времени жизни радиоактивного ядра?

Какая доля нуклида распадется на протяжении двух средних времен жизни радиоактивного ядра?

Каково соотношение между средним временем жизни радиоактивного ядра и периодом полураспада?

Какая доля начального количества радиоактивного изотопа распадется за время, равное средней продолжительности жизни этого изотопа?

4. Виды радиоактивных процессов и их свойства.

Каковы свойства α-излучения?

Может ли ядро $^{9}_{5}\mathrm{B}$ испустить α-частицу?

Как изменится энергия испускаемых α-частиц с увеличением периода полураспада радиоактивного элемента? Ответ обоснуйте.

Как объяснить огромное различие в периодах полураспада α-радиоактивных ядер?

Что общего и в чем различие β^- и β^+ распадов?

Запишите схему *e*-захвата. Что сопровождает *e*-захват? В чем его отличие от $\beta^{\pm}$-

распадов?

Запишите и объясните правила смещения для трех типов β-распадов.

Почему электронный захват называют также K-захватом? Объясните его механизм.

Почему при α-распаде одинаковых ядер энергии α-частиц одинаковы, а при β-распаде одинаковых ядер энергии β-частиц различны?

Укажите как можно больше различий между α-, β- и γ-излучениями.

Как объяснить появление электронов (позитронов) при β^--радиоактивном (β^+-радиоактивном) распаде ядер?

Наблюдается ли радиоактивный раслад свободных протонов? нейтронов? Почему?

Почему для объяснения β-распада возникла необходимость гипотезы о существовании нейтрино (антинейтрино)?

Наблюдается ли γ-излучение свободных нуклонов? Ответ обоснуйте.

Как можно отличить β-электроны от электронов конверсии?

Когда может наблюдаться парная конверсия?

Когда возникает спонтанное деление тяжелых ядер?

5. Резонансное поглощение γ-излучения (эффект Мессбауэра)

Что такое естественная ширина энергетического уровня ядра? естественная ширина линии γ-излучения?

Наблюдается ли резонансное поглощение γ-излучения на свободных ядрах? Почему?

В чем суть эффекта Мёссбауэра?

На какую величину сдвинуты друг относительно друга линии излучения и поглощения γ-квантов? Ответ обоснуйте.

Почему эффект Мёссбауэра может служить тончайшим «инструментом» различного рода измерений?

6. Физические основы детекторов частиц и радиоактивных излучений.

Что лежит в основе методов наблюдения и регистрации радиоактивных излучений?

Каков принцип действия полупроводникового счетчика? В чем преимущество использования твердой среды по сравнению с газом?

В чем сходство и различие электронных и трековых детекторов?

Какие возможности для исследования открываются при помещении камеры Вильсона в магнитное поле?

Приведите, пояснив, основные характеристики детекторов.

Дайте характеристику явления, лежащего в основе работы черенковского счетчика.

В чем сходство и различие вильсоновской и диффузионной камер?

Как в черенковском счетчике можно разделить частицы по массам?

Чем лучше регистрировать высокоэнергетичные микрочастицы: камерой Вильсона или пузырьковой камерой? Почему?

Какие из приведенных счетчиков могли бы быть объединены единым названием «газоразрядные счетчики»?

В чем общность и различие всех рассмотренных трековых детекторов?

Почему пропорциональная камера одновременно выполняет функции трекового детектора?

В каких трековых детекторах при прочих равных условиях длина трека самая короткая? Почему?

Можно ли с помощью счетчиков Гейгера–Мюллера измерять энергию частиц? Почему?

7. Ядерные реакции и их основные типы.

Какие составные ядра образуются в результате следующих реакций:

$^{9}_{4}\mathrm{Be}\,(p,\alpha)\,^{6}_{3}\mathrm{Li}$; $^{10}_{5}\mathrm{B}\,(\alpha,p)\,^{13}_{6}\mathrm{C}$?

Чем отличаются прямые ядерные взаимодействия от реакций, идущих с образованием компаунд-ядра?

Зависит ли характер распада составного ядра (испускание им частицы *b*) от способа его образования? Почему?

В чем отличия радиоактивного распада и ядерных реакций?

Когда имеет место рассеяние частиц? ядерная реакция?

Какие частицы (нейтроны или α-частицы) более эффективны в качестве «снарядов» для проведения ядерных реакций?

Оцените энергию, выделяющуюся в одном акте деления $^{235}_{92}\mathrm{U}$.

Почему α-частицы, испускаемые радиоактивными препаратами, не могут вызывать ядерных реакций в тяжелых элементах?

При захвате нейтрона ядром $^{24}_{12}\mathrm{Mg}$ образуется радиоактивный изотоп $^{24}_{11}\mathrm{Na}$. Какие частицы испускаются в данной ядерной реакции?

Характерно ли для медленных нейтронов неупругое рассеяние на ядрах? Почему?

Охарактеризуйте нейтроны деления. Какие они бывают?

Почему реакция деления тяжелых ядер сопровождается испусканием нейтронов деления?

Как можно осуществить цепную ядерную реакцию?

По каким признакам можно классифицировать ядерные реакции? Является ли их классификация однозначной?

Каков характер цепной реакции деления, если: 1) $k < 1$; 2) $k = 1$; 3) $k > 1$?

Почему деление тяжелых ядер и синтез атомных ядер сопровождаются выделением большого количества энергии? Когда на один нуклон выделяется большая энергия? Почему?

Почему на Солнце и звездах идеально решается проблема удержания и термоизоляции плазмы?

Практические задания по учебной программе

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 $\Delta\varpi=5.18.10^{15}$ 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 $n=1.1.10^{19}$ ядер/см^2. Найти относительное число α-частиц, рассеянных под углами υ>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 $n = 1.1.10^{19}$ 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 ρd=1.5 мг/см^2. Поток частиц в пучке составляет $I_0=5.10^5$ с$^{-1}$. Найти число α-частиц, рассеянных фольгой за τ=30 мин в интервале углов: 59-61; свыше 60;
17. Узкий пучок протонов, имеющих скорость $\psi = 6.10^6$ м/с, падает нормально на серебряную фольгу толщины d=1 мкм. Найти вероятность рассеяния протонов под углами $\upsilon>90^0$.
18. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией К = 600 кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n=1.1.10^{19}$ ядер/см^2. Найти относительное число α-частиц, рассеянных под углами υ>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 $\upsilon_0= 60^0$.
20. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α-частиц в интервале углов от 90^0 до 180^0, равно $\Delta\sigma=0.5.10^{-21}$ 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 $\Delta\sigma=0.5.10^{-21}$ см^2. Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\varsigma$, соответствующее углу $\upsilon=60^0$.

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^{++}.

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.

4. 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.

5. 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?

6. 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 $1s^2\ 2s^2\ 2p\ 3d$.

7. 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.

8. 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?

9. 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 ^{1}F.
4. Найти магнитный момент μ и возможные значения проекции атома в состоянии $^2D_{3/2}$.
5. Определить возможные значения магнитного момента атома в состоянии ^{4}P.
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.

Тема 1. Энергия связи атомного ядра.

1. Пользуясь табличными значениями масс нуклидов найти энергию связи и удельную энергию связи для ядра $^{16}_{8}O$.

2. Найти энергию возбуждения ядра $^{207}_{82}Pb$, возникающего при захвате ядром $^{206}_{82}Pb$ нейтрона с пренебрежимо малой кинетической энергией.

3. Вычислить энергию связи нейтрона в ядре $^{14}_{7}N$, если известно, что энергия связи ядер $^{14}_{7}N$ и $^{13}_{7}N$ равна соответственно 104,66 и 94,10 МэВ.

4. Пользуясь полуэмпирической формулой Вейцзеккера вычислить энергию связи ядра $^{70}_{30}Zn$.

5. Ядро $^{27}_{14}Si$ переходит в «зеркальное» ядро $^{27}_{13}Al$, испытывая β^+-распад. Максимальная кинетическая энергия вылетевшего позитрона $K_{\max} = 3{,}48\ МэВ.$ Оценить по этим данным r_0 в формуле для радиуса ядра $R = r_0 A^{1/3}$.

Тема 2. Спин и магнитный момент атомного ядра.

6. С помощью модели ядерных оболочек найти спин, четность и магнитный момент ядра $^{17}_{8}O$ в основном состоянии.

7. Найти число компонент сверхтонкого расщепления линии $^2P_{3/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$ для атома ^{39}K, спин которого равен 3/2.

8. Спин ядра атома лития (его полный угловой момент) $I = 3/2 \cdot$ При учете сверхтонкого взаимодействия интегралом движения является полный момент атома $\vec{F} = \vec{I} + \vec{J}$ ($\vec{J}$ –угловой момент электронной оболочки). Найти два возможных значения магнитных моментов атома лития, находящегося в состоянии $2^2P_{1/2} \cdot$ Собственным магнитным моментом ядра пренебречь.

9. Используя векторную модель, показать, что гиромагнитный множитель нуклона, находящегося в состоянии (l, j), $g_j = g_l \pm \frac{g_s - g_l}{2l+1}$, где знак плюс для $j = l + 1/2$; знак минус для $j = l - 1/2$; g_s и g_l – спиновый и орбитальный гиромагнитные множители.

10. В сильном магнитном поле каждый из подуровней терма $^2S_{1/2}$ атома ^{85}Rb расщепляется на 6 компонент. Найти спин ядра атома.

Тема 3. Основной закон радиоактивного распада.

11. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время *t*, равное половине периода полураспада?

12. Активность радиоактивного препарата уменьшается в четыре раза за $t = 8$ дней. Найти период полураспада этого препарата.

13. $^{234}_{92}U$ является продуктом распада основного изотопа урана $^{238}_{92}U$. Определить период полураспада $^{234}_{92}U$, если его содержание в естественном уране в настоящее время составляет 0,0055 %. Период полураспада $^{238}_{92}U$ равен $T_{1/2} = 4{,}51 \cdot 10^9$ лет. Считать, что вначале наработанного $^{234}_{92}U$ не было.

14. Радионуклид ^{138}Xe, образующийся с постоянной скоростью $q = 1{,}0 \cdot 10^{10}$ ядро/с, испытывает превращение по схеме

$$^{138}Xe \xrightarrow{17\,мин} {}^{138}Cs \xrightarrow{32\,мин} {}^{138}Ba\,(\text{стабилен})$$

(над стрелками указаны периоды полураспада). Вычислить суммарную активность данного препарата через 60 минут после начала накопления.

15. Радионуклид ^{99}Mo с периодом полураспада 67 часов в результате β-распада превращается в стабильный нуклид ^{99}Tc. При этом 75% β-превращений идет через изомерное состояние $^{99}Tc^{\,m}$, период полураспада которого 6,04 часов. Определить число стабильных ядер ^{99}Tc в препарате через 20 часов после начала накопления, считая, что ^{99}Mo образуется с постоянной скоростью $q = 1{,}0 \cdot 10^{10}$ ядро/с.

Тема 4. α-распад.

16. Оценить период полураспада *T* радиоактивного ядра, испускающего α-частицы с энергией 1 МэВ, если ядро $^{232}_{90}Th$ имеет период полураспада $T = 1{,}4 \cdot 10^{10}$ лет и испускает α-частицы с энергией 4 МэВ, а для ядра $^{212}_{84}Po$ период полураспада равен $T = 3 \cdot 10^{-7}\,c$ и $E_\alpha = 8{,}8\,МэВ$.

17. Оценить высоту кулоновского барьера для α-частиц, испускаемых ядрами $^{222}_{86}Rn$

, у которых период полураспада $T = 3{,}8\,\text{суток}$. Какова у этих ядер ширина барьера для α-частиц с энергией $E = 5{,}5\,МэВ$?

18. Полагая, что перед α-распадом в ядре образуется самостоятельная α-частица, оценить отношение интенсивностей двух групп α-частиц с кинетическими энергиями $6{,}3\,МэВ$ и 7,5 МэВ, испускаемых ядрами ^{220}Rn. В обоих случаях частоту ударов о стенку потенциального барьера считать одинаковой.

19. Вычислить отношение проницаемостей для α-частиц, испускаемых ядрами ^{226}Th, с энергией 6,33 и 6,22 МэВ.

20. Определить отношение высоты центробежного барьера к высоте кулоновского барьера для α-частиц, испускаемых ядрами ^{209}Po, с орбитальным моментом $l = 2$. Закруглением вершины кулоновского барьера пренебречь.

Тема 5. β-распад.

21. Вычислить максимальное значение импульса электронов, испускаемых ядрами ^{10}Be, если известно, что дочерние ядра оказываются непосредственно в основном состоянии.

22. Исследование ядерных свойств ^{152}Eu на прецизионной установке TRISTAN (Франция, Гренобль) показало, что в результате электронного захвата и последующего испускания нейтрино это ядро переходит в возбужденное ядро ^{152}Sm, а затем в основное состояние путем испускания γ-кванта с энергией $E_\gamma = 963\,кэВ$. Ширина этой линии оказалась равной $\Delta E = 13\,эВ$, а время жизни возбужденного состояния $\tau = 40\ фс$. Оценить энергию вылетевшего нейтрино.

23. Определить энергию отдачи атома лития, которое образуется в основном состоянии при поглощении электрона с К-оболочки ядром атома бериллия.

24. При радиоактивном распаде ^{60}Co испускается электрон, спин которого параллелен импульсу. Считая, что электроны вылетают из образца изотропно, оценить, на какой угол φ повернется диск, подвешенный на нити, если образец кобальта перенесен на одну из поверхностей диска. Толщина диска достаточна для полного поглощения в нем электронов, вылетающих в сторону диска. Активность препарата $\frac{dN}{dt} = 0{,}37\,ТБк = 0{,}637,\ расп/с,$ модуль кручения нити равен $a = 10^{-11}\,\frac{н \cdot см}{рад}$.

25. Ядро $^{7}_{4}Be$ перегружено протонами и испытывает превращение $^{7}_{4}Be \rightarrow {}^{7}_{3}Li$. Массы этих атомов равны соответственно 7,0169 и 7,0160 а.е.м. Определить тип указанного превращения.

Тема 6. γ-распад.

26. С какой относительной скоростью надо сближать кристаллический источник, содержащий возбужденные ядра $^{191}_{77}Ir$ (энергия возбуждения 129 кэВ), с мишенью, содержащей свободные ядра $^{191}_{77}Ir$, чтобы наблюдать максимальное поглощение γ-квантов в мишени?

27. Свободное покоящееся ядро массы M переходит из возбужденного состояние в основное, испуская, испуская γ-квант. Найти энергию γ-кванта и энергию отдачи R, если

энергия возбуждения равнялась W. Численный ответ получить для $^{191}_{77}Ir$, если $W = 129\ кэВ$ /

28. Для измерения гравитационного смещения частоты с помощью эффекта Мессбауэра использовали γ-лучи, испускаемые возбужденным ядром $^{57}_{26}Fe$ (энергия γ-лучей E = 14,4 кэВ, ширина линии $\Gamma = 4 \cdot 10^{-9}\ эВ$). При какой разности высот между приемником (поглотителем) и источником γ-линия сместится на 1 % от ширины линии (при этом еще можно заметить изменение поглощения γ-лучей)?

29. На спектрометре высокого разрешения GAMS4 в Гренобле (Франция) у изотопа $^{49}_{22}Ti$ зарегистрирован каскадный переход из высоковозбужденного в основное состояние с последовательным испусканием двух γ-квантов с энергиями $E_1 = 5\,МэВ$ и $E_2 = 1{,}5\,МэВ$. Прецизионные измерения формы линии E_2 показали, что она имеет ширину $\Delta E = 400\,эВ$. Оценить время жизни уровня с энергией E_2.

30. Источник, содержащий ядра изотопа $^{57}_{26}Fe$, которые испускают γ-кванты с энергией $E_\gamma = 14{,}4\,кэВ$ и шириной линии $\Gamma = 4 \cdot 10^{-9}\,эВ$, помещен в центр вращающегося диска, а поглотитель из того же материала – на радиусе *R* = 1 м. С какой частотой Ω нужно вращать диск, чтобы смещение $\Delta\omega$ частоты поглотителя относительно излучателя равнялось 1/10 ширины линии Мессбауэра?

Тема 7. Взаимодействие излучения веществом.

31. Определить, во сколько раз уменьшается интенсивность узкого пучка тепловых нейтронов после прохождения пластин алюминия толщиной 3 см. На выходе из пластин регистрируется пучок первоначальной ширины.

32. Поток нейтронов из реактора, имеющих максвелловское распределение по скоростям с температурой $T = 370\,K$, пропускается через тонкий поликристаллический фильтр из прессованного порошка графита. Найти, какая доля нейтронов проходит через такой фильтр. Максимальное межплоскостное расстояние для решетки графита равно $3{,}35 \cdot 10^{-10}$ м.

33. Найти среднюю длину свободного пробега γ-квантов в среде, слой половинного ослабления которой равен 4,50 см.

34. Вычислить энергию γ-кванта, образовавшего в поле покоящегося тяжелого ядра пару электрон–позитрон, если известно, что для каждой частицы пары $B\rho = 3{,}0\,КГс \cdot см.$

35. Сколько слоев половинного ослабления в пластинке, ослабляющей узкий пучок моноэнергетического рентгеновского излучения в 1000 раз?

Тема 8. Прохождение заряженных частиц через вещество.

36. Оценить, какая доля протонов космического излучения дойдет до поверхности Земли, не испытав ядерного взаимодействия. Протоны ультрарелятивистские.

37. Оценить, насколько толща Земли ослабляет поток нейтрино, приходящих с противоположной стороны земного шара. Усредненное по энергетическому спектру сечение поглощения нейтрино на атомных ядрах грунта равно $\rho = 5{,}5\,г/см^3$. Эффективная относительная атомная масса $A = 50$.

38. Найти кинетическую энергию электронов, которые, проходя среду с показателем преломления $n = 1{,}50$ излучают свет под углом $\theta = 30°$ к направлению своего движения.

39. Вычислить радиационные потери электрона с кинетической энергией 20 МэВ на единицу пути в алюминии.

40. Во сколько раз радиационные потери электрона в свинце больше, чем в алюминии?

Тема 9. Ядерные реакции. Законы сохранения. Импульсная диаграмма упругого рассеяния.

Вычислить кинетическую энергию α-частицы, образующейся в реакции $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$ при взаимодействии весьма медленных нейтронов с покоящимися ядрами нуклида ^{10}B, если энергия реакции $Q=+2{,}8\,МэВ$.

42. Плотность потока нейтронов, выходящих из реактора, равна $j_0=10^{14}\,c^{-1}см^{-2}$. Определить выход реакции в единицу времени (отношение числа актов реакции к числу частиц, упавших на единицу площади мишени в единицу времени) в мишени толщиной 1 см. Сечение реакции $\sigma=10^{-27}\,см^{2}$, плотность ядер мишени $n=10^{22}\ см^{-3}$.

43. Определить кинетические энергии K_n нейтрона и ядра $T_я$ лития ^{6}Li, образующихся при фоторасщеплении ядра ^{7}Li под действием γ-кванта с энергией $E_\gamma=15\,МэВ$, если нейтрон вылетает «вперед», т.е. по направлению пучка γ-квантов. Энергии связи ядер ^{7}Li и ^{6}Li равны соответственно $E_1=32\,МэВ$ и $E_2=39{,}2\,МэВ$.

44. Какую долю кинетической энергии теряет нерелятивистская α-частица при упругом рассеянии под углом $\tilde{\theta}=60°$ (в системе центра масс) на покоящемся ядре углерода ^{12}C.

45. Согласно современным представлениям на Солнце сейчас осуществляется звездный углеродный цикл, в результате которого из четырех протонов образуется α-частица. Конечной реакцией этого цикла является реакция $p+{}^{15}N\rightarrow{}^{12}C+{}^{4}He.$ Оценить, какая доля энергии от полной энергии цикла выделяется в этой реакции.

Тема 10. Ядерные реакции, идущие через составное ядро. Порог эндоэнергетической ядерной реакции.

46. При бомбардировке мишени из углерода дейтронами возбуждается ядерная реакция $^{13}C(d,n)^{14}N$, выход которой максимален для следующих значений кинетической энергии дейтронов: $0{,}60;0{,}90;1{,}55;1{,}80\,МэВ.$ Найти соответствующие уровни промежуточного ядра, через которые идет данная реакция.

47. Найти максимальную кинетическую энергию α-частиц, возникающих в результате реакции $O^{16}(d,\alpha)N^{14}+3{,}1\,МэВ$ при энергии бомбардирующих дейтронов 2,0 МэВ.

48. Определить кинетическую энергию ядер Be^{7}, возникающих в реакции $p+Li^{7}\rightarrow Be^{7}+n,\ Q=-1{,}65\,МэВ$ при пороговом значении энергии протона.

49. Найти пороговую энергию γ-кванта, при которой становится возможной эндотермическая реакция фоторасщепления покоящегося ядра массой M, если его энергия реакции равна Q.

50. Определить кинетическую энергию ядер O^{15}, возникающих в реакции

$n + F^{19} \to O^{15} + p + 4n,\ Q = -35{,}8\ МэВ$ при пороговом значении энергии нейтрона.

Тема 11. Элементарные частицы. Распад частиц.

51. Определить пороговую энергию рождения пары Σ-гиперонов при облучении протонами жидководородной мишени.

52. Найти, какие из самых тяжелых ядер и антиядер могут образоваться в реакции при соударении протона с энергией $E_p = 3 \cdot 10^{12}\ эВ$ с неподвижным протоном и на встречных пучках протонов, ускоренных до такой же энергии.

53. π-мезон с кинетической энергией $K_\pi = 50\ МэВ$ распался на лету на мюон и нейтрино. Под каким углом вылетел мюон, если угол вылета нейтрино равен 90°?

54. В каких пределах изменяется угол разлета γ-квантов, образующихся при распаде на лету релятивистского π^0 мезона $(\pi^0 \to \gamma + \gamma)$, если кинетическая энергия π^0 мезона равна $300\ МэВ$?

55. Найти, чему равно наибольшее количество заряженных или нейтральных пионов, которое может быть образовано при столкновении протона с энергией $E_p = 5\ ГэВ$ с покоящимся протоном.

Тема 12. Свойства элементарных частиц.

56. Какие из приведенных каналов распада $\Sigma^- \to \begin{cases} n + \pi^- & (1) \\ \Delta + \pi^- & (2) \end{cases}$ запрещены и по какой причине?

57. Пользуясь законом сохранения изотопического спина в сильных взаимодействиях, вычислить отношение сечений реакций $p + p \to \pi^+ + d$ и $n + p \to \pi^0 + d$

58. В 1983 г. был открыт нейтральный Z-бозон. При анализе его распада $Z \to \mu^+ + \mu^-$ найдены два следа мюонов с импульсами $p = 85\ ГэВ/c$ при угле разлета $\theta = 70°$. Найти массу и скорость Z-бозона

59. Реакция идет по сильному взаимодействию. Какая частица должна образоваться одновременно с K^0 при столкновении π^- с протоном?

60. Под действием протонов космических лучей в атмосфере Земли генерируются заряженные π-мезоны. По мере прохождения к поверхности Земли они распадаются с образованием мюонов, которые также нестабильны. Какая должна быть зарегистрирована у поверхности Земли величина отношения потоков мюонных и электронных нейтрино , родившихся в результате распадов этих частиц? Частицы и античастицы в эксперименте не различаются.

Тема 13. Кварковая структура адронов.

61. Определить кварковый состав Ξ^0.

62. Установить кварковый состав Ω^- гиперона.

63. Исходя из кварковой модели, найти странность электрически нейтрального адрона с проекцией изотопического спина $T_3 = -1/2$ и барионным зарядом $B = 0$. Что это за частица?

64. При столкновении встречных протон-антипротонных пучков возможно

рождение W-бозонов. Написать эту реакцию на кварковом уровне. Оценить пороговую энергию протонов, если известно, что импульс нуклона распределяется между кварками и глюонами в отношении 0,45: 0, 55. Масса W-бозона $M_W c^2 = 80{,}6\ ГэВ$.

65. Определить, выше какой минимальной энергии $E_{\min}$ встречных электрон-позитронных пучков, имеющих одинаковую энергию, могут рождаться частицы из семейства «красивых» (B-мезоны). Энергия покоя B-мезона $m_B c^2 \approx 5279\ МэВ$.

Тестовые задания по учебной программе

Тестовые задания состоит из теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины. Во всех вопросах каждого теста предполагается выбор одного из предложенных возможных ответов.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:

– «отлично» – количество правильных ответов от 85% до 100%;

– «хорошо» – количество правильных ответов от 70% до 84%;

– «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 55% до 69%.

Корпускулярные свойства излучения

Тест № 1.1

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

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

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;

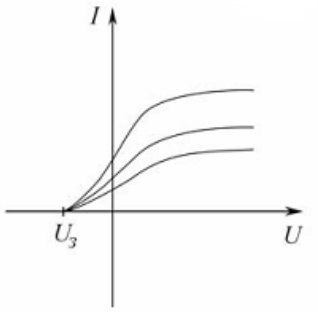
з) они двигаются только по прямой.

11. Энергию фотона можно рассчитать с использованием формул:

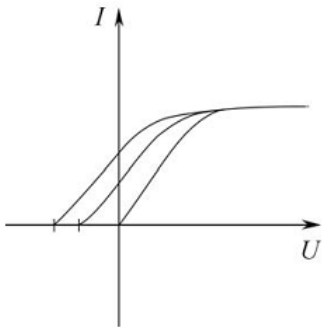
а) $h\nu$;
б) $h\lambda$;
в) hc/λ;
г) $m\nu^2/2$;
д) h/λ.

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.

Модель атома Резерфорда – Бора

Тест № 2.1

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

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 _____ (какой 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

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) $dN/N \sim \sin^4(\rho.2)$.

Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм

Тест № 3

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.

Контрольные работы по учебной программе

Контрольная работа № 1

Вариант 1

1. Какая доля энергии фотона приходится на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол $\alpha=90°$? Энергия фотона до рассеяния $E_ф$ = 0,51 МэВ.

2. Найти длину волны де Бройля λ для электрона, имеющего кинетическую энергию K = 10 кэВ.

3. Фотон с энергией E=16,5 эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость ν будет иметь электрон вдали от ядра атома?

Вариант 2

1. Рентгеновское излучение с длиной волны λ_0=10 пм рассеивается свободными электронами. Определите максимальную длину волны рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

2. Какую разность потенциалов должен пройти электрон из состояния покоя, чтобы его длина волны стала равной 0,16 нм?

3. При измерении относительной неопределенности скорости локализованного в некоторой области электрона, ускоренного напряжением U=10 В, получено значение 0,01. Оцените размер области локализации.

Вариант 3

1. Фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, рассеялся на свободном электроне на угол $\alpha=120^0$. Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

2. Определите кинетическую энергию электрона, если его длина волны де Бройля равна 0,1 пм.

3. Вычислите энергию E фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

Вариант 4

1. Определить максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии света: а) на свободных электронах; б) на свободных протонах.

2. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы его длина волны де Бройля стала равной 0,1 пм?

3. Определить длину волны λ, соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

Вариант 5

1. Определить угол α рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны $\Delta\lambda$ при рассеянии равно 3,62 пм.

2. Чему равна скорость атома гелия, если его длина волны де Бройля равна 0,1 нм?

3. Вычислить радиусы второй и третьей орбит в атоме водорода.

Контрольная работа № 2

Вариант 1

1. Записать уравнение Шрёдингера для электрона, движущейся в кулоновском поле непожвижного ядра с зарядом *Ze*.

2. Определить для водородоподобного иона радиус *n*-й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для первой боровской орбиты атома водорода.

3. Записать электронную конфигурацию атома алюминия.

Вариант 2

1. ψ-функция некоторой частицы имеет вид $\psi(r) = (A/r)\cdot e^{-r/a}$, где r – расстояние этой частицы до силового центра, a – некоторая постоянная. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент A.

2. Определить первый потенциал возбуждения φ_1 и длину волны резонансной линии для атома водорода.

3. Записать электронную конфигурацию атома кислорода.

Вариант 3

1. ψ-функция некоторой частицы имеет вид $\psi(r) = (A/r)\cdot e^{-r/a}$, где r – расстояние этой частицы до силового центра, a – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние от силового центра.

2. У какого водородоподобного иона разность длин волн головных серий Бальмера и Лаймана равна 59,3 нм?

3. Определить максимальное число электронов, которые могут находиться на подуровне 3d.

Контрольная работа № 3

Вариант 1

1. Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α-частиц с кинетической энергией К=1.5 МэВ в интервале углов свыше $\upsilon_0 = 60^0$.

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 $\Delta\sigma = 0.5.10^{-21}$ 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 $\Delta\sigma = 0.5.10^{-21}$ см^2. Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\varsigma$, соответствующее углу $\upsilon = 60^0$.

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: $^2S_{1/2} - {}^2D_{3/2}$; $^2P_{3/2} - {}^2D_{3/2}$; $^1S_0 - {}^3P_1$; $n1^1S_0 - n^1S_0$?

Контрольная работа № 4

Вариант 1

1. Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α-частиц с кинетической энергией К=1.5 МэВ в интервале углов свыше $\upsilon_0 = 60^0$.

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 $\Delta\sigma = 0.5.10^{-21}$ 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 $\Delta\sigma = 0.5.10^{-21}$ см^2. Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\varsigma$, соответствующее углу $\upsilon = 60^0$.

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: $^2S_{1/2} - {}^2D_{3/2}$; $^2P_{3/2} - {}^2D_{3/2}$; $^1S_0 - {}^3P_1$; $n1^1S_0 - n^1S_0$?

Контрольная работа № 5

Вариант 1

Оцените с помощью формулы $R = 1{,}3(A)^{1/3}$ плотность ядра.

Препарат ^{238}U массы 1,0 г. Излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ альфа-частиц в секунду. Найти его период полураспада.

В цепочке радиоактивных превращений после 4-х β^--распадов и нескольких альфа-распадов ядро тяжёлого элемента превращается в устойчивое ядро, порядковый номер которого на 10 меньше первоначального. На сколько меньше первоначального становится массовое число получившегося ядра?

Вариант 2

Оцените с помощью формулы $R = 1{,}3(A)^{1/3}$ число нуклонов в единице объёма ядра.

Зная постоянную распада λ ядра определить вероятность того что оно распадется за время от 0 до *t*.

Изотоп радия с массовым числом 226 превратился в изотоп свинца с массовым числом 206. Сколько альфа и бета распадов произошло при этом?

Контрольная работа № 6

Вариант 1

Вычислить в а.е.м. массу ядра ^8Li, энергия связи которого равна 41,3 МэВ.

Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 80 дней. Найдите период полураспада (в днях).

Сколько α и β^--распадов испытывает ^{238}U , превращаясь в конечном счете в ^{206}Pb?

Вариант 2

Вычислить в а.е.м. массу ядра ^{11}C с энергией связи на один нуклон 6,04 МэВ.

Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти его период полураспада.

Какие ядра образуются из альфа-активного ^{226}Ra в результате пяти альфа-распадов и 4-х β^--распадов?

Контрольная работа № 7

Неподвижная частица массы *M* распадается на 2 γ-кванта. Определите импульс каждого γ-кванта.

В начальный момент активность некоторого изотопа составляла $1{,}2 \cdot 10^6$ Бк. Какова будет его активность по истечении половины периода полураспада?

При делении одного ядра ^{235}U на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Сколько энергии (в Дж) выделится при сжигании в ядерном реакторе 20-ти граммов этого изотопа?

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

Атомная физика

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.

Ядерная физика

1. Общие свойства атомных ядер. Протон-нейтронная модель ядра.

2. Заряд, размеры, и массы ядер. Методы их определения. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества.

3. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи ядра.

4. *N-Z* диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра.

5. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра.

6. Изотопический спин ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. CPT-теорема.

7. Капельная модель ядра. Область применения и недостатки капельной модели.

8. Физическое обоснование оболочечной модели ядра. Область применения и недостатки оболочечной модели.

9. Общие свойства ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил.

10. Характер и специфические особенности ядерных сил. Нуклон-нуклонные и нуклон-ядерные взаимодействия. Область стабильности ядер.

11. Радиоактивные превращения ядер. Законы радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада.

12. Альфа-распад ядер. Механизм альфа-распада.

13. Бета-распад ядер. Элементы теории бета-распада.

14. Нейтрино и его свойства. Несохранение четности при слабых взаимодействиях.

15. Гамма-излучение ядер и внутренняя конверсия электронов.

16. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.

17. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.

18. Классификация ядерных взаимодействий.

19. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндоэнергетической реакции.

20. Импульсные диаграммы рассеяния при ядерных взаимодействиях.

21. Ядерные реакции с образованием компаунд ядра.

22. Деление атомных ядер. Энергетические условия деления и элементарная теория деления.

23. Вынужденное и спонтанное деление ядер. Вторичные нейтроны. Коэффициент размножения.

24. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение.

25. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер.

26. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза.

27. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.

28. Взаимодействие заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.

29. Основные характеристики процесса прохождения заряженных частиц через вещество.

30. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.

31. Характеристика известных типов фундаментальных взаимодействий. Константы, радиусы и переносчики взаимодействия.

32. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели.

33. Квантовые числа и законы сохранения. Частицы и взаимодействия. Классификация стабильных и квазистабильных элементарных частиц.

34. Частицы и античастицы. Принцип зарядового сопряжения. Странность. Четность. Изотопический спин. Законы сохранения в мире элементарных частиц.

35. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений.

36. Общие принципы ускорения элементарных частиц и ядер, классификация и физические принципы работы ускорителей.

37. Классификация и квантовые характеристики адронов. Барионы и мезоны. Кварки.

38. Кварковая структура адронов. Цветовое взаимодействие, понятие о квантовой хромодинамике, глюоны.

39. Симметрии и законы сохранения. CPT-инвариантность. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях.

40. Космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы

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 учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.
2. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа: http://moodle.kubsu.ru/
3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94103
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94101
5. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/98247#authors
6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/277
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/279
8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/280
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
10. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.
11. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» https://www.kubsu.ru/ru/node/15554, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» http://dlib.eastview.com
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU https://grebennikon.ru/

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» https://urait.ru/
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» https://e.lanbook.com

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) http://webofscience.com/
2. Scopus http://www.scopus.com/
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley https://onlinelibrary.wiley.com/
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН http://archive.neicon.ru
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) https://rusneb.ru/
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина https://www.prlib.ru/
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action
10. Springer Journals https://link.springer.com/
11. Nature Journals https://www.nature.com/siteindex/index.html
12. Springer Nature Protocols and Methods https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols
13. Springer Materials http://materials.springer.com/
14. zbMath https://zbmath.org/
15. Nano Database https://nano.nature.com/
16. Springer eBooks https://link.springer.com/
17. «Лекториум ТВ» http://www.lektorium.tv/
18. Университетская информационная система РОССИЯ http://uisrussia.msu.ru

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс – справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных http://www.uspto.gov/patft/
2. Полные тексты канадских диссертаций http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/
3. КиберЛенинка (http://cyberleninka.ru/);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации https://www.minobrnauki.gov.ru/;
5. Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru/;
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов http://school-collection.edu.ru/;
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (http://fcior.edu.ru/);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина «Образование на русском» https://pushkininstitute.ru/;

10. Справочно-информационный портал «Русский язык» http://gramota.ru/;
11. Служба тематических толковых словарей http://www.glossary.ru/;
12. Словари и энциклопедии http://dic.academic.ru/;
13. Образовательный портал «Учеба» http://www.ucheba.com/;
14. Законопроект «Об образовании в Российской Федерации». Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения http://moodle.kubsu.ru
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций http://mschool.kubsu.ru/
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий http://mschool.kubsu.ru;
4. Электронный архив документов КубГУ http://docspace.kubsu.ru/
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" http://icdau.kubsu.ru/

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

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а также подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции). Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления. Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы, выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке. При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

– составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;

– проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Атомная и ядерная физика».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

– выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;

– усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;

– консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Атомная и ядерная физика» также относится электронный вариант учебного пособия по данной дисциплине, включающий в себя:

– лекционный курс дисциплины «Атомная и ядерная физика»;

– контрольные вопросы по каждому разделу учебной дисциплины;

– список задач по каждому разделу учебной дисциплины.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Атомная и ядерная физика» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

К практическим занятиям необходимо готовится предварительною, до начала занятия. Необходимо ознакомится с краткой теорией в рекомендованном задачнике по соответствующей теме и проработать примеры решений разобранных в задачнике упражнений. Входе подготовки, так же следует вести конспектирование, а возникшие вопросы задать ведущему преподавателю в начале практического занятия или в консультационной форме.

К лабораторным работам следует подготовиться предварительно, ознакомившись с краткой, но специфической теорией, размещенной в соответствующей методичке. Рекомендуется ознакомиться заранее и с методическими рекомендациями по проведению соответствующей лабораторной работы, и в случае необходимости провести предварительные расчёты.

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.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 205с, 209с)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W), № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 205с, 206с, 207с, 209с)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Аудитория оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W),	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

	№ 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 205с	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и работы: презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и работы: презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 205С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).