

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Иванов А.Г.

подпись

« 29 » мая 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.Б.06.05 АТОМНАЯ ФИЗИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки

академическая

(академическая /прикладная)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

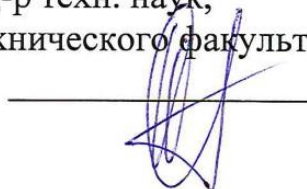
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.06.05 «Атомная физика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов».

Программу составил:

Н.А. Яковенко, д-р техн. наук,
декан физико-технического факультета, зав. кафедрой оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.06.05 «Атомная физика» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 17. 04. 2015 г.
Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.



подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 12 от «21» мая 2015 г.
Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 29 мая 2015 г.

Председатель УМК ФТФ

д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»,

Добро Л.Ф., канд. пед. наук, доцент кафедры физики и информационных систем.

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.

1.2. Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

- 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.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.Б.06.05 «Атомная физика» входит в модуль Физика Б1.Б.06 базовой части Б1.Б блока 1. Дисциплины (модули) Б1 учебного плана.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами модулей «Математика», «Общая физика», «Общий физический практикум». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных 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: ОПК-1, ОПК-2.

№ п/п	Индекс компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	– современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; – современные методы физико-математического моделирова-	– 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 созда-	– методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественно-научных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математиче-

			ния 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.	ния 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 рас-	ского 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.
--	--	--	--	---	---

				четов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.	
2	ОПК-2	способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	– 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.	– 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	– методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественно-научных 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;

				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.	– навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.
--	--	--	--	--	---

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		4			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	80	80			
Занятия лекционного типа	32	32	–	–	–
Лабораторные занятия	32	32	–	–	–
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	16	16	–	–	–
	–	–	–	–	–
Иная контактная работа:					

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			4			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,5			
Самостоятельная работа, в том числе:		66,8	66,8			
Курсовая работа		–	–	–	–	–
Проработка учебного (теоретического) материала		26	26	–	–	–
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		16,8	16,8	–	–	–
Реферат		–	–	–	–	–
Подготовка к текущему контролю		24	24	–	–	–
Контроль:						
Подготовка к экзамену		26,7	26,7			
Общая трудоемкость	час.	180	180	–	–	–
	в том числе контактная работа	86,5	86,5			
	зач. ед.	5	5			

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Атомная физика» включает в себя: занятия лекционного типа, лабораторные работы, занятия семинарского типа (практические занятия), групповые и индивидуальные консультации; промежуточная аттестация в устной форме.

2.2. Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре (очная форма):

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР		СРС
1	Введение в атомную физику	11,8	2		4		5,8
2	Планетарная модель атома	10	2	2			6
3	Боровская модель атома водорода	22	4	2	8	2	6
4	Корпускулярно-волновой дуализм	9	2	2			5
5	Основы квантовой теории	10	2	2			6
6	Уравнения Шредингера	10	2	2			6
7	Квантовая теория атома водорода	25	4	2	10	2	7
8	Квантование атомов	21	4	2	6	2	7
9	Магнитные свойства атомов	12	4	2			6
10	Рентгеновское излучение	8	2				6
11	Оптические квантовые генераторы	14	4		4		6
	Итого по дисциплине:	152,8	32	16	32	6	66,8

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

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в атомную физику	Предмет и задачи атомной физики, ее место среди других физических наук. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона. Элементы классической теории электромагнитного излучения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет по выполненной лабораторной работе
2	Планетарная модель атома	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет по выполненной лабораторной работе / тестирование
3	Боровская модель атома водорода	Модель атома водорода по Н. Бору. Теория Н. Бора для атома водорода. Постулаты Бора. Доказательство существования дискретной структуры энергетических уровней атомов. Опыты Франка и Герца. Спектральные серии водородоподобных атомов. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет по выполненной лабораторной работе / тестирование
4	Корпускулярно-волновой дуализм	Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов. Свойства волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Опыты Девиссона – Джермера и Томсона. Волновой пакет. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
5	Основы квантовой теории	Основы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Основные операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, квадрата момента импульса, проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).	Ответы на контрольные вопросы / выполнение контрольной работы / выполнение практических заданий
6	Уравнение Шредингера	Элементы нерелятивистской квантовой теории. Волновое уравнение Клейна – Гордона. Временное и стационарное уравнения	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических

		Шредингера. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: частица в «потенциальном ящике».	ских заданий / тестирование
7	Квантовая теория атома водорода	Основы квантово-механического представления о строении атома. Одноэлектронный атом. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Правила отбора. Волновые функции и распределение плотности вероятности 1s-состояние электрона в атоме водорода (нормальное состояние атома).	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет по выполненной лабораторной работе
8	Квантование атомов	Атомы щелочных металлов. Спектры атомов щелочных металлов. Серии в спектрах щелочных металлов и их происхождение. Закон Мозли. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона. Принцип Паули и заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Объяснение периодических свойств и строения системы элементов Д. Менделеева.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / выполнение контрольной работы / тестирование
9	Магнитные свойства атомов	Магнитные свойства атомов. Орбитальный, механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Полный магнитный момент одноэлектронного атома. Гиромангнитное отношение для орбитальных моментов. Энергия атома в магнитном поле. Опыты Штерна и Герлаха. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его применение. Эффект Зеемана. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
10	Рентгеновское излучение	Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектре характеристического излучения и его особенности. Прохождение рентгеновских лучей через вещество. Детекторы для контроля рентгеновского излучения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
11	Оптические квантовые генераторы	Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет по выполненной лабораторной работе

2.3.2. Занятия семинарского типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Планетарная модель атома	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц. Следствия из опытов Резерфорда.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических

		Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.	ских заданий
2	Боровская модель атома водорода	Модель атома водорода по Н. Бору. Теория Н. Бора для атома водорода. Постулаты Бора. Доказательство существования дискретной структуры энергетических уровней атомов. Опыты Франка и Герца. Спектральные серии водородоподобных атомов. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
3	Корпускулярно-волновой дуализм	Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов. Свойства волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Опыты Девиссона – Джермера и Томсона. Волновой пакет. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
4	Основы квантовой теории	Основы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Основные операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, квадрата момента импульса, проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
5	Уравнения Шредингера	Элементы нерелятивистской квантовой теории. Волновое уравнение Клейна – Гордона. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: частица в «потенциальном ящике».	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
6	Квантовая теория атома водорода	Основы квантово-механического представления о строении атома. Одноэлектронный атом. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Правила отбора. Волновые функции и распределение плотности вероятности 1s-состояние электрона в атоме водорода (нормальное состояние атома).	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / выполнение контрольной работы
7	Квантование атомов	Атомы щелочных металлов. Спектры атомов щелочных металлов. Серии в спектрах щелочных металлов и их происхождение. Закон Мозли. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона. Принцип Пау-	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий

		ли и заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Объяснение периодических свойств и строения системы элементов Д. Менделеева.	
8	Магнитные свойства атомов	Магнитные свойства атомов. Орбитальный, механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Полный магнитный момент одноэлектронного атома. Гиромагнитное отношение для орбитальных моментов. Энергия атома в магнитном поле. Опыты Штерна и Герлаха. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его применение. Эффект Зеемана. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий/ выполнение контрольной работы

2.3.3. Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в атомную физику	Предмет и задачи атомной физики, ее место среди других физических наук. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона. Элементы классической теории электромагнитного излучения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы
2	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -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 и защита выполненной лабораторной работы
3	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	Временное и стационарное уравнение Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Квантово-механическое описание	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы

		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.	
4	Многэлектронные 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.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы
5	Оптические квантовые генераторы	Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы

2.3.4. Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1, 2	Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона	4
2	1, 2	Атомные модели Дж. Томсона и Э. Резерфорда	4
3	2	Опыт Франка и Герца	4
4	2, 3	Изучение серийных закономерностей в спектре атома водорода	6
5	2, 3	Спектр атома водорода. Атом Бора	4
6	4	Изучение спектра атома натрия	6

7	5	Изучение неон-гелиевого лазера	4
<i>Итого:</i>			32

2.3.5. Методические указания к лабораторным работам

Проведение всех занятий лабораторного практикума предусмотрено в специализированной учебной «Лаборатории атомной и ядерной физики», снабженной всем необходимым оборудованием, компьютерами и экспериментальными установками для эффективного выполнения соответствующих лабораторных работ.

По лабораторному практикуму в рамках дисциплины «Атомная физика» в качестве основного источника используется подготовленное преподавателями кафедры оптоэлектроники КубГУ учебно-методическое пособие:

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.

По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный письменный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов основной дисциплины «Атомная физика».

В результате выполнения лабораторных работ и их защиты у студентов формируются и оцениваются требуемые ФГОС ВО и ООП по направлению 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

Лабораторная работа № 1.

Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона.

Цель работы:

- изучить движение электрона при суперпозиции постоянных электрического и магнитного полей;
- измерить зависимость анодного тока от индукции магнитного поля при различных анодных напряжениях и рассчитать удельный заряд электрона;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Как устроен магнетрон со сплошным анодом?
2. Выведите распределение потенциала в пространстве между катодом и анодом.
3. На чем основан принцип определения e/m методом магнетрона?
4. Как записывается формула, определяющая силу Лоренца?
5. Выведите формулу для магнитного поля на оси соленоида.
6. Начертите схему установки для определения e/m электрона с использованием магнетрона.
7. Выведите формулу для определения e/m электрона применительно к вашему опыту.

Лабораторная работа № 2.

Опыт Франка и Герца.

Цель работы:

- изучить процесс возбуждения атомов инертного газа электронами;
- измерить первые потенциалы возбуждения (резонансные потенциалы) инертных газов и определить исследуемые инертные газы;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Что подтверждается опытом Франка и Герца?
2. Каковы условия упругого и неупругого соударения электрона с атомом?
3. Вывести формулы относительной утраты энергии электрона при упругом и неупругом соударении его с атомом.
4. Сформулировать постулаты Бора.
5. Что называется характеристикой задержки лампы?
6. Объясните форму анодной характеристики, изображенной на рис. 9 учебно-методического пособия.
7. Условие $\lambda_{\text{е}} \ll E_2 - E_1 < E_1$ является условием неупругого столкновения электрона с атомом сразу по достижении энергии возбуждения резонансного уровня. По всему ли объему лампы происходят такие неупругие столкновения U , если нет, то в каких именно областях лампы и почему?

Лабораторная работа № 3.

Изучение неон-гелиевого лазера.

Цель работы:

- изучить принцип работы и механизм генерации неон-гелиевого лазера;
- измерить основные характеристики лазерного излучения;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Чем принципиально отличается излучение лазера от излучения газового разряда?
2. Каков механизм образования инверсии населенности в Ne-He смеси?
3. Объясните термин «отрицательная абсолютная температура», применяемый иногда при описании инверсии.
4. Каков спектр излучения газового лазера?
5. Что такое собственный тип колебаний резонатора?
6. Какова роль уровня $1S$ неона?
7. Что такое диэлектрическое зеркало, его достоинства?
8. Как зависит усиление в активной среде от давления газовой смеси в трубке и ее диаметра?
9. Покажите, является ли исследуемый Ne-He лазер одночастотным?

Лабораторная работа № 4.

Изучение серийных закономерностей в спектре атома водорода.

Цель работы:

- изучить серийные закономерности в видимой области спектра атома водорода;
- измерить длины волн основных линий спектра водорода в серии Бальмера и рассчитать величину постоянной Ридберга;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Какими квантовыми числами характеризуется отдельный электрон в атоме? Какие значения они принимают? Каков их физический смысл?
2. Какой вид аналитических соотношений для серийной структуры атомов водорода?
3. Выведите формулы для вычисления постоянной Ридберга.
4. Какие виды серий наблюдаются в спектре одноэлектронных атомов?
5. В каком диапазоне длин волн лежат конкретные серии (Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета, Пфунда) и каковы их серийные закономерности?
5. Что такое спектральные термы, каков их физический смысл?
6. Какие спектральные серии доступны для изучения на данной экспериментальной установке?
7. Что такое энергия ионизации атома и как оценить ее величину для водородоподобных атомов?
8. Как влияет учет конечной величины массы ядра на значение постоянной Ридберга?
9. Может ли модель Бора объяснить линейчатый молекулярный спектр водорода?

Лабораторная работа № 5.

Спектр атома водорода. Атом Бора.

Цель работы:

- моделирование экспериментальной обработки спектра поглощения атома водорода;
- определение уровней энергии;
- построение формулы Бальмера;
- визуализация полуклассических моделей атома водорода.

Приборы и принадлежности:

- компьютер с программой «Физика микромира».

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Как представляется строение атома по модели Резерфорда?
2. В чем заключается содержание постулатов Бора?
3. Когда атом излучает свет?
4. Как определяется частота света, испускаемого атомом?

5. Какой процесс называется ионизацией атома?
6. Какая серия линий получила название серии Лаймана?
7. Чему равна энергия кванта света?

Лабораторная работа № 6.

Атомные модели Дж. Томсона и Э. Резерфорда.

Цель работы:

– моделирование экспериментов по зондированию альфа-частицами гипотетических мишеней с целью определения модели атома, адекватной реальной.

Приборы и принадлежности:

– компьютер с программой «Физика микромира».

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются модели атомов, предложенные Дж. Томсоном и Э. Резерфордом?
2. Почему модель атома Дж. Томсона не получила дальнейшего развития?
3. Возможно ли воспроизвести опыт Э. Резерфорда, используя в качестве мишени не золото, а фольгу из другого материала (например, свинца), а вместо α -частиц – пучок электронов или протонов?
4. Что такое прицельный параметр?
5. В каких случаях угол рассеяния Θ максимален? От чего это зависит?
6. Как связан прицельный параметр с углом рассеяния?

Лабораторная работа № 7.

Изучение спектра атома натрия.

Цель работы:

– изучить спектр излучения натрия и измерить длины волн линий $1d$ и $2d$ желтого дублета натрия;

– изучить тонкую структуру энергетических уровней атома натрия;

– вычислить экспериментально постоянную тонкой структуры α .

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды связи существуют в сложных атомах? В чем их различие?
2. Каким образом и для чего вводится понятие термина атома? Что оно означает?
3. У некоторого атома значение результирующего квантового числа S спинного момента равно 2. При этом значение квантового числа L результирующего орбитального момента равно 3. Написать все возможные термы.
4. У некоторого атома значение результирующего квантового числа S спинного момента равно 2. При этом значение квантового числа L результирующего орбитального момента равно 1. Написать все возможные термы.
5. Каков физический смысл «правил отбора»? Возможен ли в принципе переход с

$\Delta L = 2?$

6. По данным рис. 29 и 40 вычислите энергию термов $3D_{3/2,5/2}$. Равны ли в точности значения энергии этих термов?

7. На какие серии принято делить спектры сложных атомов? К какой серии принадлежит исследуемая в данной работе линия?

8. Что такое спин-орбитальное взаимодействие?

9. Запишите электронную конфигурацию атома натрия в основном состоянии и терм основного состояния атома.

10. Перечислите способы возбуждения атомов. Какой способ возбуждения свечения используется в данной работе?

2.3.6. 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)

№ п/п	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат; подготовка к текущей и промежуточной аттестации	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.
2	Подготовка к практическим занятиям	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Введение в атомную физику	1. 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 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 гос-
2	Планетарная модель атома	
3	Боровская модель атома водорода	
4	Корпускулярно-волновой дуализм	
5	Основы квантовой теории	
6	Уравнение Шредингера	
7	Квантовая теория атома водорода	
8	Квантование атомов	
9	Магнитные свойства атомов	
10	Рентгеновское излучение	

11	Оптические квантовые генераторы	ударственный 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 общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5 т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors 7. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/48253 8. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2006. 9. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – М.: Академия, 2010 (18-е изд., стер.). – М.: Академия, 2014 (20-е изд., стер.). 10. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011. 11. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/442 12. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 448 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/443
----	---------------------------------	---

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные работы;
- тестирование;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и экзамену).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

Проведение всех занятий лабораторного практикума предусмотрено в специализированной учебной «Лаборатории атомной и ядерной физики», снабженной всем необходимым оборудованием, компьютерами и экспериментальными установками для эффективного выполнения соответствующих лабораторных работ.

По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный письменный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов основной дисциплины «Атомная физика». После выполнения лабораторной работы студент предоставляет откорректированный в ходе защиты письменный отчет о ней.

Дополнительная форма контроля эффективности усвоения материала и приобретения практических навыков заключается в открытой интерактивной защите работы на устном вы-

ступлении перед аудиторией сокурсников. В этом случае защита проходит в режиме короткого доклада на конференции.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах и графических форматах, а также в форматах *.pdf, *.djvu).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- 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.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;
- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;
- технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- использование средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шкала мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);
- разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);
- творческие задания;
- работа в малых группах;
- использование средств мультимедиа (компьютерные классы);
- технология компьютерного моделирования численных расчетов в инженерно-математической системе MATHCAD (или системе компьютерной математики MATLAB).

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

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

- контрольные вопросы по учебной программе;
- практические задания по учебной программе;
- тестовые задания по учебной программе;
- темы рефератов по учебной программе;
- контрольные работы по учебной программе.

Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для 3-х разделов рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.06.05 «Атомная физика».

2. Планетарная модель атома Резерфорда–Бора.

1. Каков физический смысл чисел m и n в обобщенной формуле Бальмера?
2. Каковы длины волн самых коротковолновой и длинноволновой линий серии Пашена?
3. Какова длина волны, соответствующая границе серии Бальмера?
4. Какова частота головной линии серии Лаймана?
5. Атомы водорода находятся в состоянии с $n = 5$. Сколько линий содержит его спектр излучения?
6. В чем состоит суть комбинационного принципа Ритца?
7. Используя комбинационный принцип, покажите на одном из примеров, как можно получить частоту для второй длинноволновой линии серии Пашена.
8. Каковы различия между моделью атома Резерфорда и теорией Бора?
9. Почему модель атома Резерфорда несовместима с представлениями классической физики?
10. Разъясните смысл постулатов Бора. Как с их помощью объяснить линейчатый спектр атома водорода?
11. Исходя из теории Бора, определите скорость движения электрона на произвольном энергетическом уровне.
12. Определите максимальную длину волны света, при которой возможна ионизация атома водорода, находящегося в основном состоянии.
13. Какую энергию (в эВ) должен иметь фотон, чтобы перевести атом водорода из основного состояния в состояние с $n = 5$?
14. Сравните первый боровский радиус для атома водорода и для He^+ .
15. В чем заключаются противоречия и недостатки теории атома Бора?
16. В чем сущность опытов Франка и Герца?
17. Какие основные выводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?
18. При каком ускоряющем потенциале будет наблюдаться резкое падение анодного тока в опытах Франка и Герца, если трубку заполнить атомарным водородом?
19. Объясните, на каких участках вольтамперной характеристики имеют место упру-

гие и на каких – неупругие столкновения электронов с атомами.

5. Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода.

1. В чем заключается статистическая интерпретация волновой функции?
2. Для каких частиц справедливо уравнение Шредингера?
3. Почему уравнение Шредингера сформулировано как волновое уравнение?
4. Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.
5. Совершите переход от временного уравнения Шредингера к стационарному.
6. Запишите одномерное временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.
7. Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера в операторной форме и проанализируйте их.
8. Какой вывод можно сделать, сравнив стационарное уравнение Шредингера с уравнением для собственных значений и собственных функций?
9. Что можно сказать об операторной форме уравнения Шредингера?
10. Какая частица является свободной?
11. Покажите, что энергетический спектр свободно движущейся частицы является непрерывным.
12. Найдите собственные значения энергии частицы в одномерной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками».
13. Какова наименьшая энергия частицы в «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»?
14. Объясните, почему наименьшее состояние осциллятора не может обладать нулевой энергией.
15. Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?

6. Многоэлектронные атомы.

1. Запишите стационарное уравнение Шредингера для водородоподобной системы. Приведите примеры водородоподобных систем.
2. 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?
3. Запишите собственные значения энергии электрона в атоме водорода, определяемые решением уравнения Шредингера, и проанализируйте их. В чем отличие и сходство с результатами теории Бора?
4. Какие величины для электрона в атоме определены, если известны квантовые числа n , l и m_l ?
5. Почему квантовая механика не использует представление об электронных орбитах? Что характеризуют квантовые числа n , l и m_l ?
6. Какие величины, характеризующие электрон в атоме водорода, квантуются? Запишите соответствующие формулы.
7. Представьте символическую запись электронов в состояниях с: 1) $n = 3$, $l = 0, 1, 2$; 2) $n = 4$, $l = 2$; 3) $n = 2$, $l = 1$.
8. Каков физический смысл распределения плотности заряда в электронном облаке?
9. Сформулируйте правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел. Всегда ли они выполняются? Как может изменяться главное квантовое число?
10. Какие переходы соответствуют серии Пашена? Используйте символическую запись состояний.
11. Каков квантово-механический смысл первого боровского радиуса?
12. В чем отличие выводов квантовой механики и теории Бора для $1s$ -состояния электрона в атоме водорода?

13. Электрон в атоме водорода находится в $1s$ -состоянии. Определите наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

Практические задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

Ниже приводятся примеры практических заданий для 2-х разделов рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.06.05 «Атомная физика».

2. Планетарная модель атома Резерфорда–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^{++} .

6. Многоэлектронные атомы.

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

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

9. Найти с помощью правила Хунда полный механический момент атома в основном

состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит семь d -электронов.

Тестовые задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения тестовых заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

Тестовые задания состоят из ряда теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины.

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%.

Ниже приводятся примеры контрольного тестирования в виде двух вариантов тестовых заданий к разделу 2 учебной дисциплины.

Полный комплект тестовых заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.06.05 «Атомная физика».

2. Планетарная модель атома Резерфорда–Бора

Вариант 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 $\theta > 90^\circ$.
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 _____ орбиталам, 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.

Вариант 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° ;
 - г) число рассеянных α -частиц очень мало;
 - д) есть случаи отклонения α -частиц на 180° ;
 - 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) $dN/N \sim \omega^4$;
- г) $dN/N \sim \omega^2$;
- д) $dN/N \sim \cos^4 \rho$;
- ж) $dN/N \sim \sin^4 \rho$;
- з) $dN/N \sim \sin^4(\rho/2)$.

Контрольные работы по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения контрольных работ формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

Ниже приводится пример контрольной работы в виде двух вариантов практических заданий.

Вариант 1.

Задача 1.

Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α -частиц с кинетической энергией $T_\alpha = 1,5$ МэВ в интервале углов свыше $\nu_0 = 60^\circ$.

Задача 2.

Определить для атома водорода и иона He^+ : энергию связи электрона в основном со-

стоянии и потенциал ионизации.

Задача 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.

Задача 4.

Дописать недостающие компоненты мультиплетов ${}^2P_{3/2}$, 3D_1 , ${}^4F_{5/2}$, 3P_2 , 5D_4 , ${}^4P_{1/2}$.

Текущий и рубежный контроль осуществляются по контрольным вопросам по изучаемой дисциплине, по итогам выполнения лабораторных работ и индивидуальных практических заданий, в форме тестовых заданий или в виде подготовленного реферата.

4.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1. Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Атомная физика» для направления подготовки: 11.03.01 Радиотехника

В процессе подготовки и сдачи экзамена формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

1. Предмет и задачи атомной физики, ее место среди других физических наук. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Серийные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона.

2. Элементы классической теории электромагнитного излучения.

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

4. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.

5. Модель атома водорода по Н. Бору. Теория Н. Бора для атома водорода. Постулаты Бора.

6. Доказательство существования дискретной структуры энергетических уровней атомов.

7. Опыты Франка и Герца.

8. Спектральные серии водородоподобных атомов. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора.

9. Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция.

10. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов.

11. Свойства волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля.

12. Опыты Девиссона – Джермера и Томсона.

13. Волновой пакет. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.

14. Основы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов.

15. Основные операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, квадрата момента импульса, проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).

16. Волновое уравнение Клейна – Гордона.

17. Временное и стационарное уравнения Шредингера.

18. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: частица в «потенциальном ящике».
19. Основы квантово-механического представления о строении атома.
20. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Правила отбора.
21. Волновые функции и распределение плотности вероятности 1s-состояние электрона в атоме водорода (нормальное состояние атома).
22. Атомы щелочных металлов. Спектры атомов щелочных металлов. Серии в спектрах щелочных металлов и их происхождение. Закон Мозли.
23. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона.
24. Принцип Паули и заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Объяснение периодических свойств и строения системы элементов Д.Менделеева.
25. Магнитные свойства атомов. Орбитальный, механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
26. Полный магнитный момент одноэлектронного атома. Гиромагнитное отношение для орбитальных моментов. Энергия атома в магнитном поле.
27. Опыты Штерна и Герлаха.
28. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложение.
29. Эффект Зеемана.
30. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.
31. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.
32. Серии в спектре характеристического излучения и его особенности. Прохождение рентгеновских лучей через вещество. Детекторы для контроля рентгеновского излучения.
33. Спонтанное и вынужденное (индуцированное) излучение. Физические основы построения ОКГ. Важнейшие типы ОКГ. Основные компоненты лазера. Свойства и характеристики лазерного излучения.

4.2.2. Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Атомная физика» для направления подготовки: 11.03.01 Радиотехника

В процессе подготовки и сдаче зачета формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ОПК-1, ОПК-2.

1. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона.
2. Элементы классической теории электромагнитного излучения.
3. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц.
4. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.
5. Модель атома водорода по Н. Бору. Теория Н. Бора для атома водорода. Постулаты Бора.
6. Доказательство существования дискретной структуры энергетических уровней атомов.
7. Опыты Франка и Герца.
8. Спектральные серии водородоподобных атомов. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора.
9. Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция.
10. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифрак-

ции электронов, атомов, нейтронов.

11. Свойства волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля.
12. Опыты Девиссона – Джермера и Томсона.
13. Волновой пакет. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.
14. Основы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов.
15. Основные операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, квадрата момента импульса, проекции момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).
16. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
17. Простейшие одномерные задачи квантовой механики: частица в «потенциальной яме».
18. Основы квантово-механического представления о строении атома.
19. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Правила отбора.
20. Волновые функции и распределение плотности вероятности 1s-состояние электрона в атоме водорода (нормальное состояние атома).
21. Атомы щелочных металлов. Спектры атомов щелочных металлов. Серии в спектрах щелочных металлов и их происхождение. Закон Мозли.
22. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона.
23. Принцип Паули и заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Объяснение периодических свойств и строения системы элементов Д.Менделеева.
24. Магнитные свойства атомов. Орбитальный, механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
25. Полный магнитный момент одноэлектронного атома. Гиромагнитное отношение для орбитальных моментов. Энергия атома в магнитном поле.
26. Опыты Штерна и Герлаха.
27. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложение.
28. Эффект Зеемана.
29. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.
30. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.
31. Серии в спектре характеристического излучения и его особенности. Прохождение рентгеновских лучей через вещество. Детекторы для контроля рентгеновского излучения.
32. Спонтанное и вынужденное (индуцированное) излучение. Физические основы построения ОКГ. Важнейшие типы ОКГ. Основные компоненты лазера. Свойства и характеристики лазерного излучения.

4.2.3. Тематика экзаменационных задач по дисциплине «Атомная физика» для направления подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Тема 1. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Спектр атома водорода.

Тема 2. Корпускулярно-волновой дуализм. Основы квантовой теории. Уравнение Шредингера.

Тема 3. Боровская модель атома водорода. Квантование атомов.

Тема 4. Квантовая теория атома водорода.

Тема 5. Квантование атомов. Многоэлектронные атомы.

4.2.4. Примеры экзаменационных билетов по дисциплине «Атомная физика» для

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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

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

3. Задача. (Корпускулярно-волновой дуализм. Основы квантовой теории. Уравнение Шредингера.) Найти среднюю длину волны де Бройля теплового нейтрона, то есть находящегося в тепловом равновесии с окружающей средой, при комнатной температуре 300 К.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

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

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

3. Задача. (Боровская модель атома водорода. Квантование атомов.) Фотон с энергией 12,12 эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определить главное квантовое число этого состояния.

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

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

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

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

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

5.1. Основная литература:

1. 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>

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>

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

5.2. Дополнительная литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5 т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors>

2. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/48253>

3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2006.

4. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – М.: Академия, 2010 (18-е изд., стер.). – М.: Академия, 2014 (20-е изд., стер.).

5. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.

6. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/442>

7. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 448 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/443>

5.3. Периодические издания:

В мире науки

Журнал экспериментальной и теоретической физики

Известия российской академии наук. Серия физическая
Инженерно-физический журнал
Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики
Успехи физических наук – ежемесячный журнал. Электронная версия журнала: аннотации, статьи в формате pdf

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

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
4. Библиотека электронных учебников: <http://www.book-ua.org/>
5. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике: <http://www.college.ru/>
6. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
7. Каталог научных ресурсов: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
8. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com/>
9. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>
10. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>
11. Лекции по физике для ВУЗов: <http://physics-lectures.ru/>
13. Техническая библиотека: <http://techlibrary.ru/>

7. 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 так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

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 как к выполняемым работам лабораторного практикума, так и к соответствующим разделам основной дисциплины «Атомная физика».

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

По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный письменный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов основной дисциплины «Атомная физика». После выполнения лабораторной работы студент предоставляет откорректированный в ходе защиты письменный отчет о ней.

Дополнительная форма контроля эффективности усвоения материала и приобретения практических навыков заключается в открытой интерактивной защите работы на устном выступлении перед аудиторией сокурсников. В этом случае защита проходит в режиме краткого доклада на конференции.

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 физика» также относится электронный вариант учебного пособия по ядерной физике, включающий в себя:

- лекционный курс дисциплины «Атомная физика»;
- контрольные вопросы по каждому разделу учебной дисциплины;
- список задач по каждому разделу учебной дисциплины.

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

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (8 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
2	Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат.	1

			Выполнение практических заданий (ПЗ), тестов и контрольных работ (КР).	
4	Собственные значения и собственные функции операторов. Оператор Гамильтона.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
4	Угловое и радиальное распределение плотности вероятности.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
6	Спектральные серии в атомах щелочных металлов.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
7	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложения. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	10,8	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
8	Изучение закономерностей свойств элементов в периодической системе.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
9	Методы регистрации и детекторы рентгеновского излучения.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
11	Конструкция газовых и твердотельных лазеров. Характеристики лазерного излучения.	7	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение ПЗ, тестов и КР.	1
<i>Итого:</i>		59,8		8

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 (в том числе через email, Skype или viber) являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении об-

8.1. Перечень информационных технологий

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Информационные технологии могут быть использованы при обучении студентов несколькими способами. В самом простом случае реальный учебный процесс идет по обычным технологиям, а информационные технологии применяются лишь для промежуточного контроля знаний студентов в виде тестирования. Этот подход к организации образовательного процесса представляется очень перспективным ввиду того, что при его достаточно широком использовании университет может получить серьезную экономию средств из-за более низкой стоимости проведения сетевого компьютерного тестирования по сравнению с аудиторным.

Применение образовательных информационных ресурсов в качестве дополнения к традиционному учебному процессу имеет большое значение в тех случаях, когда на качественное усвоение объема учебного материала, предусмотренного ГОС, не хватает аудиторных занятий по учебному плану. Кроме того, такая форма организации учебного процесса очень важна при неодинаковой начальной подготовке обучающихся.

Следует особенно подчеркнуть, что при таком подходе крайне важно обеспечить интенсивный контроль степени усвоения материала. Как правило, по каждой теме предусмотрено большое по объему контрольное задание или контрольное тестирование.

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных

преимущества подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- доступность учебных материалов в любое время;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

8.2. Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Дог. №77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017	Подписка на 2017-2018 учебный год на программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов:
	DsktpEdu ALNG LicSAPk MVL

4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017	Комплект антивирусного программного обеспечения (продление прав пользования):
	Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal License
	Антивирусная защита виртуальных серверов: Kaspersky Security для виртуальных сред, Server Russian Edition. 25–49 VirtualServer 1 year Educational Renewal License
	Защита почтового сервера от спама: Kaspersky Anti-Spam для Linux Russian Edition. 5000+ MailBox 1 year Educational Renewal License
	Антивирусная защита виртуальных рабочих станций (VDI): Kaspersky Security для виртуальных сред, Desktop Russian Edition. 150–249 VirtualWorkstation 1 year Educational Renewal License

5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).

6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).

№ договора	Перечень лицензионного программного обеспечения
Контракт №115-ОАЭФ/2013 от 05.08.2013	Продление программной поддержки и приобретение прав пользования прикладным программным обеспечением
	MathWorks MATLAB
	PTC Mathcad University Classroom Perpetual – Floating Maintenance Gold
Контракт №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014	Предоставление бессрочных прав пользования программным обеспечением, возможность загрузки лицензионного программного обеспечения через Интернет:
	Mathworks MATLAB Wavelet Toolbox
	Mathworks Simulink, Signal Processing Toolbox
	Mathworks Fuzzy Logic Toolbox Neural Network Toolbox Optimization Toolbox Statistics Toolbox Partial Differential Equation Toolbox DSP System Toolbox Communications System Toolbox Financial Toolbox Econometrics Toolbox

8.3. Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
<http://www.elibrary.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
<http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
<http://www.rubricon.com/>
4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:
<http://www.college.ru/>
5. Каталог научных ресурсов:
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
6. Большая научная библиотека:
<http://www.sci-lib.com/>
7. Естественно-научный образовательный портал:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
8. Техническая библиотека:
<http://techlibrary.ru/>
9. Физическая энциклопедия:
<http://www.femto.com.ua/articles/>
10. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/150/Атомная_физика/
11. Википедия – свободная энциклопедия.
<http://ru.wikipedia.org/wiki/>
Портал «Атомная физика»
http://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_физика/

Портал «Атом»

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Атом/>

Портал «Электронная оболочка»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_оболочка/

Портал «Молекула»

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Молекула/>

Портал «Электронная конфигурация»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_конфигурация/

12. Физическая энциклопедия

<http://www.femto.com.ua/articles/>

Атом – Физическая энциклопедия

http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0220.html

Молекула – Физическая энциклопедия

http://www.femto.com.ua/articles/part_1/2328.html

Атомная физика – Физическая энциклопедия

http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0222.html

13. Атомная физика | Формулы и расчеты онлайн

http://www.fxyz.ru/формулы_по_физике/атомная_физика/

14. Атомная физика – Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия

http://megabook.ru/rubric/Наука/Физика/Атомная_физика/

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

Успешная реализация преподавания дисциплины «Атомная физика» предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);
- компьютерные классы для проведения практических занятий;
- дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения лабораторных групповых занятий;
- программы моделирования физических процессов в атомной физике;
- программы онлайн-контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения);
- наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows; интегрированное офисное приложение MS Office; система компьютерной математики MATHCAD с пакетами расширений; система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами).

Лаборатория атомной и ядерной физики оснащена следующим экспериментальным инструментарием:

- установка ФКЛ-6 с осциллографом CQ-5010A;
- установка ЛКК-2 с самописцем НЗ07/1;
- Ne-He лазер ЛГН-203 с вольтметром, компьютером и принтером;
- лабораторные комплексы ЛКК-4 и ЛКК-5;
- спектрографы ДФС-8 и кварцевый ИСП-28;
- фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ДФС-8;
- фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ИСП-28;
- искровой генератор ИВС-29;
- спектрометр СЭПР-2;

- дозиметр ДРГЗ-02 и дозиметр-радиометр МКС-05;
- сигнализатор загрязненности;
- лабораторная установка по измерению периода полураспада;
- радиометры с осциллографом и пересчетным прибором;
- лабораторная установка УЛП-1;
- сцинтилляционные приборы различных типов;
- персональные компьютеры с установленным программным комплексом «Физика микромира (МГУ)».

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№ п/п	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 201, корп. С: Комплект учебной мебели на 150 мест; доска учебная магнитно-маркерная; проектор интерактивный Epson EB-585Wi; трибуна интерактивная SmartOne PRO15; Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus (№73–АЭФ/223-ФЗ/2018; Соглашение Microsoft ESS 72569510). 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).
2	Практические занятия	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), № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).
3	Лабораторные занятия	«Учебная лаборатория атомной и ядерной физики»: ауд. 225с (см. нижеследующую таблицу).
4	Курсовое проектирование	Комнаты для выполнения курсовых работ: 202с ИТиСС бак.; 137с ИТиСС маг.; 311 (РТ, ЭиН, РФ); 132с (Ф)
5	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории: 209с, 207с, 205с
6	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитории: 209с, 205с
7	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета:

	208с, 204с
--	------------

«Учебная лаборатория атомной и ядерной физики», ауд. 225с		
Лабораторные работы по дисциплинам: «Атомная физика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц»	Оборудование и программно-техническое оснащение учебной лаборатории, относящиеся только к данным дисциплинам:	Кол-во
	Установка ФКЛ-6 с осциллографом CQ-5010A	1
	Установка ЛКК-2 с самописцем Н307/1	1
	Ne-Ne лазер ЛГН-203 с вольтметром, компьютером и принтером	1
	Лабораторные комплексы ЛКК-4 и ЛКК-5	2
	Спектрографы ДФС-8 и кварцевый ИСП-28	2
	Фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ДФС-8	2
	Фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ИСП-28	2
	Дозиметр ДРГЗ-02 и дозиметр-радиометр МКС-05	2
	Сигнализатор загрязненности	1
	Лабораторная установка по измерению периода полураспада	1
	Радиометры с осциллографом и пересчетным прибором	1
	Лабораторная установка УЛП-1	1
	Сцинтилляционные приборы различных типов	1
	Персональные компьютеры с установленным программным комплексом «Физика микромира (МГУ)»	2
	Наборные комплекты для проведения лабораторных работ (соединительные модули, шнуры, кабели, переходы и др.)	~