

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»**

**Высшая школа общей и прикладной физики**

(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ \_\_\_\_\_ К.И. Рыбаков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

### **Атомная физика**

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы

профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2017

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Атомная физика» входит в модуль «Общая физика», который относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является обязательной для освоения в седьмом семестре четвертого года обучения в бакалавриате.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- формирование у студентов современного представления о методах экспериментального исследования и квантовомеханического описания строения вещества на микроскопическом уровне, об оптических и рентгеновских спектрах атомов и их поведении во внешних электрических и магнитных полях;
- освоение студентами методов теоретического расчета на примере простейших квантовых систем;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ОПК-1</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (этап освоения – <b>завершающий</b> )	<i>З1 (ОПК-1) Знать</i> общие принципы описания одноэлектронных и многоэлектронных атомов и их взаимодействия с внешними электрическими и магнитными полями; основы микроскопической физики молекул и конденсированных сред; основные сведения об атомных ядрах и элементарных частицах. <i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> пользоваться аппаратом квантовой механики для расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях. <i>В1 (ОПК-1) Владеть</i> навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.
<b>ОПК-3</b> способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (этап освоения – <b>завершающий</b> )	<i>З3 (ОПК-3) Знать</i> основные вехи истории развития квантовых представлений об излучении и веществе; основы математического формализма квантовой теории; методы решения стационарного уравнения Шредингера для простейших квантовых систем. <i>У3 (ОПК-3) Уметь</i> пользоваться аппаратом квантовой механики для анализа энергетической структуры и спектров излучения атомов и молекул.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 50 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка и сдача экзамена, 58 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

## Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Классические представления о строении вещества и свойствах теплового излучения	7	2	1		3	4
Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения	7	2	1		3	4
Тема 3. Волновые свойства частиц	7	2	1		3	4
Тема 4. Теория атома Бора	7	2	1		3	4
Тема 5. Основы квантовой механики: волновая функция, операторы, стационарные состояния	7	2	1		3	4
Тема 6. Потенциальные ямы и барьеры	7	2	1		3	4
Тема 7. Атом водорода	7	2	1		3	4
Тема 8. Многоэлектронные атомы	7	2	1		3	4
Тема 9. Оптические и рентгеновские спектры атомов	10	4	2		6	4
Тема 10. Атомы во внешних полях	10	4	2		6	4
Тема 11. Молекулы и их спектры. Основы квантовой физики конденсированных сред	15	4	2		6	9
Тема 12. Основы физики атомного ядра и элементарных частиц	15	4	2		6	9
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – Экзамен					2	36

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

## 4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

**Типовые задачи**, предлагаемые студентам в качестве домашних контрольных работ:

### Задача 1.

Радиус Солнца  $R=7 \times 10^{10}$  см, а температура его поверхности  $T=5770$  К. Оценить, используя закон Стефана-Больцмана, величину энергии, излучаемую Солнцем за 1 с.

### Задача 2

Укажите на шкале длин волн положения серий Лаймана, Бальмера, Пашена и Брэкета атома водорода. Для этого определите длины волн головных линий  $\lambda_\alpha$  и пределы  $\lambda_\infty$  сплошных спектров этих серий.

### Задача 3

Поток частиц с энергией  $E$  пролетает через прямоугольный потенциальный барьер высотой  $V_0$  и шириной  $a$ , причем  $E > V_0$ . Определить энергии, при которых коэффициент прохождения  $D$  равен 1 (резонанс прозрачности). Построить график  $D(E/V_0)$ .

### Задача 4

Определить среднее и наиболее вероятное удаление электрона от ядра в основном состоянии атома водорода и в состояниях  $2s$  и  $2p$ .

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,** включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-1: способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать общие принципы описания одноэлектронных и многоэлектронных атомов и их взаимодействия с внешними электрическими и магнитными полями; основы микроскопической физики молекул и конденсированных сред; основные сведения об атомных ядрах и элементарных частицах	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

<u>Умения</u> Уметь пользоваться аппаратом квантовой механики для расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях	Полное отсутствие умения использовать аппарат квантовой механики для расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Неумение использовать аппарат квантовой механики для расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Умение использовать основные принципы решения стандартных задач расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях с негрубыми ошибками	Умение использовать весь аппарат квантовой механики, необходимый для решения стандартных задач расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях, с негрубыми ошибками	Умение использовать весь аппарат квантовой механики, необходимый для решения стандартных задач расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях, с незначительными погрешностями	Умение использовать весь аппарат квантовой механики, необходимый для решения стандартных задач повышенной сложности, связанных с расчетом спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях, с незначительными погрешностями	Умение использовать весь аппарат квантовой механики, необходимый для решения стандартных задач повышенной сложности, связанных с расчетом спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях
<u>Навыки</u> Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Полное отсутствие навыка решения стандартных задач	Недостаточное владение навыками решения стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам атомной и ядерной физики)	Владение навыками решения стандартных задач по основным разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Индикаторы ком-	Критерии оценивания (дескрипторы)
-----------------	-----------------------------------

петенции	«плохо»	«неудов- летвори- тельно»	«удовле- твори- тельно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превос- ходно»
<u>Знания</u> Знать основные вехи истории развития квантовых представлений об излучении и веществе; основы математического формализма квантовой теории; методы решения стационарного уравнения Шредингера для простейших квантовых систем	Отсутст- вие зна- ний теоре- тического материала. Невоз- можность оценить полноту знаний вследст- вие отказа обучаю- щегося от ответа	Уровень знаний ниже ми- нималь- ных тре- бований. Имели место гру- бые оши- бки.	Мини- мально допусти- мый уро- вень зна- ний. До- пущено много не- грубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответст- вующем программе подготов- ки. Допу- щено не- сколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответст- вующем программе подготов- ки. Допу- щено не- сколько несущест- венных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответст- вующем программе подготов- ки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превы- шающем программу подготов- ки.
<u>Умения</u> Уметь пользоваться аппаратом квантовой механики для анализа энергетической струк- туры и спектров излу- чения атомов и моле- кул	Отсутст- вие мини- мальных умений . Невоз- можность оценить наличие умений вследст- вие отказа обучаю- щегося от ответа	При ре- шении стандарт- ных задач не проде- монстри- рованы основные умения. Имели место гру- бые оши- бки.	Проде- монстри- рованы основные умения. Решены типовые задачи с негрубы- ми ошиб- ками. Вы- полнены все зада- ния но не в полном объеме.	Проде- монстри- рованы все основ- ные уме- ния. Ре- шены все основные задачи с негрубы- ми ошиб- ками. Вы- полнены все зада- ния, в полном объеме, но некоторые с недоче- тами.	Проде- монстри- рованы все основ- ные уме- ния. Ре- шены все основные задачи . Выполне- ны все задания, в полном объеме, но некоторые с недоче- тами.	Проде- монстри- рованы все основ- ные уме- ния, ре- шены все основные задачи с отдель- ными не- сущест- венными недочета- ми, вы- полнены все зада- ния в пол- ном объе- ме.	Проде- монстри- рованы все основ- ные уме- ния. Ре- шены все основные задачи. Выполне- ны все задания, в полном объеме без недочетов
Шкала оценок по про- центу правильно вы- полненных кон- трольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение двух задач по различным разделам курса.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	<p>Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной ло-</p>



	гической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

- 1) Спектр равновесного электромагнитного излучения. Формула Рэлея - Джинса. Формула Планка.
- 2) Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Гипотеза Эйнштейна.
- 3) Фотон. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.

- 4) Волна де Бройля. Эксперименты по дифракции электронов. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.
- 5) Волновой пакет. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
- 6) Спектральные серии атома водорода. Постулаты Бора. Уровни энергии и параметры орбиты электрона в планетарной модели атома водорода.
- 7) Волновая функция. Уравнение Шредингера. Основные свойства волновой функции.
- 8) Операторы физических величин. Коммутативность операторов. Средние значения физических величин. Оператор момента импульса.
- 9) Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Электрон в одномерной потенциальной яме бесконечной и конечной глубины.
- 10) Квантование гармонического осциллятора.
- 11) Прохождение частицы сквозь прямоугольный потенциальный барьер. Автоэлектронная эмиссия электронов с поверхности металла.
- 12) Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Сферическая прямоугольная потенциальная яма конечной глубины. Кеплерова задача в квантовой механике.
- 13) Опыты Штерна - Герлаха. Гипотеза Гаудсмита - Уленбека. Спин. Оператор спина и его свойства. Полный момент импульса электрона в атоме.
- 14) Классическое и квантовые гиромагнитные соотношения. Связь магнитного момента электрона с орбитальным, спиновым и полным механическим моментом в атоме водорода. Множитель Ланде.
- 15) Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней и спектральных линий атома водорода.
- 16) Уравнение Шредингера для стационарных состояний многоэлектронного атома. Тождественность частиц. Принцип Паули. Самосогласованное поле. Электронные слои и оболочки.
- 17) Заполнение электронных оболочек атомов. Электронные конфигурации. Периодическая таблица Менделеева.
- 18) Сложение моментов импульса электронов в многоэлектронном атоме. Суммарный орбитальный момент и суммарный спин заполненных оболочек.
- 19) Атомные термы многоэлектронных атомов. Мультиплетность. Терм основного состояния атома. Правила Хунда.
- 20) Полный момент импульса многоэлектронного атома. LS-связь, jj-связь. Спин-орбитальное взаимодействие и расщепление уровней многоэлектронного атома.
- 21) Тормозное рентгеновское излучение. Линейчатый спектр рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры атомов. Закон Мозли. Механизм образования характеристического рентгеновского излучения.
- 22) Эффект Зеемана.
- 23) Эффект Штарка.

24) Модели атомных ядер. Капельная модель. Формула Вайцзеккера. Масса и энергия связи нуклонов в ядре. «Магические» числа. Оболочечная модель.

25) Радиоактивность. Основные типы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.

26) Понятие элементарной и составной частицы. Распад элементарных частиц. Классификация элементарных частиц.

27) Законы сохранения в микромире. Барионное и лептонное числа. Изотопический спин. Странность. Понятие симметрии. Чётность. Зарядовое сопряжение. СРТ-теорема.

**Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

Для оценки сформированности компетенции ОПК-1: способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке):

Задача 1.1

Реликтовое излучение соответствует излучению абсолютно черного тела при температуре  $T=2.7$  К. Определите:

- длину волны  $\lambda_{\text{max}}$ , соответствующую максимуму в спектре реликтового излучения;
- число квантов  $N$  реликтового излучения в единице объема;
- среднюю длину волны  $\langle \lambda \rangle$  реликтового излучения.

Задача 1.2

При каких значениях кинетической энергии электрона его де-бройлевская длина волны меньше комптоновской длины волны?

Задача 1.3

Можно ли излучение рентгеновской трубки при анодном напряжении 100 кВ использовать для наблюдения фотоэффекта с  $K$ -оболочки урана  $^{92}\text{U}$ ?

Для оценки сформированности компетенции ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач:

Задача 2.1

Показать, что в опытах Комптона по изучению рассеяния рентгеновского излучения различными веществами интенсивность рассеянного излучения определяется электронной подсистемой твердого тела. Сравнить интенсивности света, рассеянного электронной и ядерной подсистемами твердого тела.

Задача 2.2

Согласно представлениям классической физики, электрон, движущийся вокруг ядра с ускорением, излучает, теряя энергию. Покажите, что энергия, излучаемая элек-

троном за один оборот, мала по сравнению с его энергией. Для атома водорода найдите зависимость радиуса орбиты и энергии от времени, а также время падения электрона на ядро. Начальный радиус орбиты считайте равным  $R_0=10^{-8}$  см.

### Задача 2.3

Вычислить величину расщепления пучка атомов лития в опыте Штерна и Герлаха, если длина полюсов магнита  $L=10$  см, градиент магнитного поля  $dH/dz = 3 \times 10^5$  Э/см, температура печи  $T=10^3$  К. Расщепление измеряется у концов полюсов.

## 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Атомная физика»

а) основная литература:

- 1) *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 5. Атомная и ядерная физика, 1986. – 416 с. - 207 экз.
- 2) *Шпольский Э.В.* Атомная физика. М.: Наука, 1974. *Том 1*, - 575 с. -51 экз.
- 3) *Шпольский Э.В.* Атомная физика. М.: Наука, 1974 *Том 2*, -447 с. -122 экз.
- 4) *Фаддеев М.А., Чупрунов Е.В.* Лекции по атомной физике. М.: Физматлит, 2008. - 612 с. -100 экз.
- 5) *Нерсесов Э.А.* Основные законы атомной и ядерной физики. М.: Высшая школа, 1988. -288 с. -23 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 8-9. М.: Мир, 1978. -524 с. -24 экз.
- 2) *Флюгге З.* Задачи по квантовой механике. М.: Мир, 1974. *Том 1* – 341 с. -158 экз.
- 3) *Флюгге З.* Задачи по квантовой механике. М.: Мир, 1974. *Том 2* – 315 с. -184 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/atom.htm>
- 2) Курс лекций по атомной физике Ю.К.Земцов, К.В.Бычков  
<http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Zemcov>
- 3) Корнюшкин Ю.Д. Основы современной физики (квантовая механика, физика атомов и молекул, физика твердого тела, ядерная физика) / Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. - 326 с.

[http://books.ifmo.ru/book/154/osnovy\\_sovremennoy\\_fiziki\\_\(kvantovaya\\_mehanika,\\_fizika\\_atomov\\_i\\_molekul,\\_fizika\\_tverdogo\\_tela,\\_yadernaya\\_fizika\)\\_/\\_uchebnoe\\_posobie..htm](http://books.ifmo.ru/book/154/osnovy_sovremennoy_fiziki_(kvantovaya_mehanika,_fizika_atomov_i_molekul,_fizika_tverdogo_tela,_yadernaya_fizika)_/_uchebnoe_posobie..htm)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы \_\_\_\_\_

М.Ю. Рябикин

Рецензент \_\_\_\_\_

А..С. Мельников

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»  
от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_ А.М. Фейгин А.М.