

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Актуализировано:  
на заседании кафедры общей физики  
протокол № 8 от «25» июня 2020 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/ Балапанов М.Х.



\_\_\_\_\_/Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина ФП Атомная физика

*(наименование дисциплины)*

\_\_\_\_\_ базовая \_\_\_\_\_

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**03.03.02 Физика**

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*



Направленность (профиль) подготовки

**«Физика конденсированного состояния вещества»**

*(наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

**бакалавр**

<p>Разработчики (составители)</p> <p><u>профессор, д.ф.-м.н., профессор</u></p> <p><i>(должность, ученая степень, ученое звание)</i></p> <p><u>Ст. преп., к.ф.-м.н.</u></p> <p><i>(должность, ученая степень, ученое звание)</i></p>	 <p>/ <u>Балапанов М.Х.</u></p>  <p>/ <u>Юлаева Ю.Х.</u></p> <p><i>(подпись, Фамилия И.О.)</i></p>
--	--

Для приема: 2020 г.

Уфа 2020

## Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	6 (18)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	7
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	7
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	10
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)</i>	22
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	13
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	15
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «ФП Атомная физика» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

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

ПК-3: готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

ПК-4: способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знать основы квантовой теории, квантовые уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; строение электронной оболочки атома, квантовые числа электрона и атома, их физический смысл, роль электронной оболочки во взаимодействии атомов с внешними полями; знать основные экспериментальные факты: фотоэффект, опыты Франка и Герца, опыт Резерфорда, планетарную модель атома, закономерности в спектрах атомов, дифракцию микрочастиц, опыт Штерна и Герлаха, явление сверхпроводимости и сверхтекучести; знать роль внутреннего строения вещества (электронной оболочки атома) в формировании его физических и химических свойств; вклад квантовой теории в развитие научно-технического прогресса;</li> <li>- знать теорию и методы физических исследований;</li> <li>- знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;</li> <li>- знать как применять знания, полученные при освоении профильных дисциплин.</li> </ul>	ОПК-3, ПК-3, ПК-4	Кроме атомной физики, эти вопросы входят в компетенцию квантовой химии и квантовой биологии (ОПК-3). Явления фотоэффекта, дифракции частиц и сверхпроводимости широко применяются в исследовательской технике всех естественных наук Электронное строение определяет химические свойства - современные концепции химии (ОПК-3). Туннельный эффект, сверхпроводимость, фотоэффект, открытие спина, ферромагнетизм, рентгеновское излучение и другие квантовые явления, лежат в основе многих высоких технологий и современных методов исследований всех естественных наук (ОПК-3)

Умения	1. Уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию.	ОПК-3, ПК-3	
	2. Уметь записывать электронные конфигурации атомов (распределение электронов по состояниям) по их порядковому номеру в периодической системе элементов Д.И.Менделеева согласно идеальной схеме заполнения электронных оболочек, уметь читать и записывать терм состояния многоэлектронного атома	ОПК-3, ПК-4	Кроме атомной физики, эти вопросы входят в компетенцию квантовой химии (ОПК-3).
	3. Уметь пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.	ОПК-3, ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками расчетов длин волн основных спектральных линий и энергии квантовых переходов для атомов водорода и щелочных металлов. Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области общей физики	ОПК-3, ПК-3	
	2. Владеть навыками использования правил Хунда для нахождения основного терма состояния многоэлектронного атома. Владеть навыками применения на практике профессиональных знаний и умений, полученных при освоении профильных физических дисциплин.	ПК-4 ,ОПК-3	Правило Хунда используется в квантовой химии, квантовой физике (ОПК-3). Термы состояния используются в квантовой оптике, спектроскопии и т.д. (ОПК 3)

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «ФП Атомная физика» относится к *базовой* части рабочего учебного плана. Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Цели изучения дисциплины: «ФП Атомная физика»

Целью учебной дисциплины является формирование у студентов научного физического мировоззрения на базе изучения строения электронных оболочек атомов и процессов, происходящих в них, знакомство с экспериментальными методами атомной физики, развитие навыков по выполнению физического эксперимента для того, чтобы использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Дисциплина «ФП Атомная физика» заканчивает цикл дисциплин «Общая физика», в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, и начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах микрообъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физический практикум, теоретическая механика, математический анализ, дифференциальные уравнения, тензорный анализ и векторная алгебра.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «ФП Атомная физика» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, уметь пользоваться разложением функций в ряд, уметь решать дифференциальные уравнения с применением граничных и начальных условий, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

Освоение данного раздела общей физики является обязательным этапом подготовки к изучению разделов теоретической физики («Квантовая теория», «Физика конденсированного состояния») и специальных дисциплин.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

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

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
Первый этап (начальный уровень)	Знать теоретические основы, основные понятия, законы атомной физики, физики атомного ядра и частиц, основы квантовой теории, квантовые уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; строение электронной оболочки атома, квантовые числа электрона и атома, их физический смысл, роль электронной оболочки во взаимодействии атомов с внешними полями; знать основные экспериментальные факты: фотоэффект, опыты Франка и Герца, опыт Резерфорда, планетарную модель атома, закономерности в спектрах атомов, дифракцию микрочастиц, опыт Штерна и Герлаха, явление сверхпроводимости и сверхтекучести; знать роль внутреннего строения вещества (электронной оболочки атома) в формировании его физических и химических свойств; вклад квантовой теории в развитие научно-технического прогресса	Показывает полное знание материала или имеет знания большей части материала, допускаются негрубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах
Второй этап (базовый уровень)	Уметь читать и записывать терм состояния многоэлектронного атома	Умеет	Не умеет, допускает значительные ошибки
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть навыками использования правил Хунда для нахождения основного терма состояния многоэлектронного атома	Практически владеет	Не владеет, допускает значительные ошибки

**ПК-3** - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
Первый этап (начальный уровень)	знать основы квантовой теории, квантовые уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; строение электронной оболочки атома, квантовые числа электрона и атома, их физический смысл, роль электронной оболочки во взаимодействии атомов с внешними полями; знать основные экспериментальные факты: фотоэффект, опыты Франка и Герца, опыт Резерфорда, планетарную модель атома, закономерности в спектрах атомов, дифракцию микрочастиц, опыт Штерна и Герлаха, явление сверхпроводимости и сверхтекучести; знать роль внутреннего строения вещества (электронной оболочки атома) в формировании его физических и химических свойств; вклад квантовой теории в развитие научно-технического прогресса	Показывает полное знание материала или имеет знания большей части материала, допускаются негрубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах
Второй этап (базовый уровень)	- Уметь читать и записывать терм состояния многоэлектронного атома - Уметь записывать электронные конфигурации атомов (распределение электронов по состояниям) по их порядковому номеру в периодической системе элементов Д.И.Менделеева согласно идеальной схеме заполнения электронных оболочек	Умеет	Не умеет, допускает значительные ошибки
Третий этап (повышенный уровень)	- Владеть навыками расчетов длин волн основных спектральных линий и энергии квантовых переходов для атомов водорода и щелочных металлов - Владеть навыками использования правил Хунда для нахождения основного терма состояния многоэлектронного атома	Практически владеет	Не владеет, допускает значительные ошибки

**ПК-4** - способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
Первый этап (начальный уровень)	знать основы квантовой теории, кван-	Показывает полное	Имеет

ный уровень)	товые уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; строение электронной оболочки атома, квантовые числа электрона и атома, их физический смысл, роль электронной оболочки во взаимодействии атомов с внешними полями; знать основные экспериментальные факты: фотоэффект, опыты Франка и Герца, опыт Резерфорда, планетарную модель атома, закономерности в спектрах атомов, дифракцию микрочастиц, опыт Штерна и Герлаха, явление сверхпроводимости и сверхтекучести; знать роль внутреннего строения вещества (электронной оболочки атома) в формировании его физических и химических свойств; вклад квантовой теории в развитие научно-технического прогресса	знание материала или имеет знания большей части материала, допускаются негрубые ошибки	значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах
Второй этап (базовый уровень)	- Уметь читать и записывать терм состояния многоэлектронного атома - Уметь записывать электронные конфигурации атомов (распределение электронов по состояниям) по их порядковому номеру в периодической системе элементов Д.И.Менделеева согласно идеальной схеме заполнения электронных оболочек	Умеет	Не умеет, допускает значительные ошибки
Третий этап (повышенный уровень)	- Владеть навыками расчетов длин волн основных спектральных линий и энергии квантовых переходов для атомов водорода и щелочных металлов - Владеть навыками использования правил Хунда для нахождения основного терма состояния многоэлектронного атома	Практически владеет	Не владеет, допускает значительные ошибки

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины.

Шкалы оценивания:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов.



**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап  Знания	знать основы квантовой теории, квантовые уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; строение электронной оболочки атома, квантовые числа электрона и атома, их физический смысл, роль электронной оболочки во взаимодействии атомов с внешними полями; знать основные экспериментальные факты: фотоэффект, опыты Франка и Герца, опыт Резерфорда, планетарную модель атома, закономерности в спектрах атомов, дифракцию микрочастиц, опыт Штерна и Герлаха, явление сверхпроводимости и сверхтекучести; знать роль внутреннего строения вещества (электронной оболочки атома) в формировании его физических и химических свойств; вклад квантовой теории в развитие научно-технического прогресса	ОПК-3, ПК-4	Защита лабораторных работ
2-й этап  Умения	Уметь понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию по основным темам атомной физики	ОПК-3, ПК-4	Защита лабораторных работ
	2. Уметь записывать электронные конфигурации атомов (распределение электронов по состояниям) по их порядковому номеру в периодической системе элементов Д.И.Менделеева согласно идеальной схеме заполнения электронных оболочек	ОПК-3, ПК-3	Защита лабораторных работ
	3. Уметь читать и записывать терм состояния многоэлектронного атома	ОПК-3, ПК-3, ПК-4	Защита лабораторных работ
3-й этап  Владеть навыками	1. Владеть навыками расчетов длин волн основных спектральных линий и энергии квантовых переходов для атомов водорода и щелочных металлов	ОПК-3, ПК-3	Защита лабораторных работ
	2. Владеть навыками использования правил Хунда для нахождения основного терма состояния многоэлектронного атома	ОПК-3, ПК-3	Защита лабораторных работ

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Задания для оценивания выполнения и защиты лабораторных работ

За допуск, выполнение лабораторной работы, оформление отчета студент может получить 6 баллов. За защиту отчетов по лабораторной работе студент может получить до 6,5 баллов. Максимальный балл за выполнение и защиту лабораторной работы 12,5 баллов.

Лабораторные работы, выполняемые в курсе изучения дисциплины, описаны в методических указаниях, доступных в лаборатории и в электронной сети БашГУ:

#### Список методических указаний к лабораторным работам по атомной физике:

№ п/п	Наименование	Кол-во стр.	Авторы	Год издания
1	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 1 по атомной физике "Изучение основных законов фотоэффекта"	12	Балапанов М.Х.	2016
2	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 2 по атомной физике «Определение потенциалов возбуждения атомов аргона (опыт Франка и Герца)»	12	Балапанов М.Х.	2016
3	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 4 по атомной физике «Изучение спектра излучения атома водорода и определение постоянной Ридберга»	20	Балапанов М.Х. Юлаева Ю.Х.	2018
4	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 6 по атомной физике "Изучение гелий-неонового лазера"	18	Балапанов М.Х. Юлаева Ю.Х.	2017
5	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 9 по атомной физике «Изучение дифракции электронов и определение межплоскостных расстояний поликристалла»	18	Балапанов М.Х.	2016
6	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 10 по атомной физике «Изучение тонкой структуры атома натрия»	32	Балапанов М.Х. Ишембетов Р.Х.	2016
7	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 12 по атомной физике «Эмиссионный спектральный анализ сплавов на стилоскопе СЛ-13»	22	Балапанов М.Х. Ишембетов Р.Х.	2017
8	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 16 по атомной физике "Изучение структуры спектра двухатомной молекулы»	24	Балапанов М.Х.	2016

## Примеры контрольных вопросов к лабораторным работам:

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы № 10  
по атомной физике «Изучение тонкой структуры спектра атома»:

1. В чем состоит принципиальное отличие энергетических уровней щелочных элементов от уровней атома водорода?
2. Чем обусловлен квантовый дефект?
3. Дайте качественное объяснение зависимости квантового дефекта от орбитального числа
4. Запишите спектральные серии щелочных элементов.
5. Чем объяснить дублетную структуру спектров щелочных элементов?
6. Каким взаимодействием обусловлено тонкое расщепление энергетических спектров атомов?
7. Расшифруйте запись состояний атома  ${}^2P_{1/2}$ ,  ${}^3P_2$ ,  ${}^2D_{5/2}$ ,  ${}^1F_3$ .
8. Объясните резкость и размытость линий резкой и диффузной серий соответственно.
9. Определите разность энергий состояний  $3^2P_{3/2}$  и  $3^2P_{1/2}$  атома натрия.
10. Постройте схему допустимых по правилам отбора квантовых переходов атома натрия из состояния  $5F$  в основное состояние.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы № 4 по атомной физике  
«Изучение спектра излучения атома водорода и  
определение постоянной Ридберга»:

1. Что называется спектральной серией?
2. Что называется границей серии?
3. Напишите обобщенную формулу Бальмера для водородоподобного атома.
4. Чему равен предел серии Лаймана? предел серии Бальмера?
5. Что называется спектральным термом?
6. Сформулируйте комбинационный принцип Ритца. Какая связь существует между теорией Бора и комбинационным принципом Ритца?
7. Сформулируйте правило частот Бора.
8. Выведите формулу условия квантования электронных орбит (второй постулат Бора).
9. Что называется изотопическим сдвигом? Чем отличается спектр легкого водорода от спектра дейтерия и трития (тяжелого водорода)?
10. Какие квантовые числа описывают состояние электрона в атоме водорода? В чем их физический смысл?
11. Какие состояния называют вырожденными? Чему равна степень вырождения n-ого уровня в атоме водорода?
12. Как классифицируются состояния электрона по орбитальному квантовому числу?
13. Чему равен в единицах  $\hbar$  модуль орбитального момента d - электрона?
14. Определите в единицах  $\hbar$  возможные значения проекции орбитального момента импульса f-электрона.
15. Что Вы знаете о правилах отбора?
16. Что такое спин? Чему равно спиновое квантовое число электрона?
17. Дайте определение тонкой структуры уровней.
18. Что такое спин-орбитальное взаимодействие?
19. Начертите схему энергетических уровней атома водорода с учетом спин-орбитального взаимодействия.

### **Описание методики оценивания выполнения и защиты лабораторных работ:**

- 12,5 баллов получает студент, если им сдан допуск к лабораторной работе, полностью выполнена лабораторная работа и полностью оформлен отчет; полностью ответил на заданные вопросы;
- 7-12 баллов получает студент, если им сдан допуск к лабораторной работе, полностью выполнена лабораторная работа и полностью оформлен отчет; но частично ответил на заданные вопросы;
- 6 баллов получает студент, если им сдан допуск к лабораторной работе, полностью выполнена лабораторная работа и полностью оформлен отчет;
- 1-5 баллов получает студент, если при сдаче допуска к лабораторным работам, выполнении лабораторной работы и оформлении отчета допущены недочеты;
- 0 баллов ставится при невыполнении лабораторной работы.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра.

За работу в семестре студент получает до 100 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике. Для зачета студент должен набрать в семестре не менее 60 баллов.

### **Примеры дополнительных вопросов:**

1. Сформулируйте постулаты Бора.
2. Что было впервые обнаружено в опыте Франка и Герца?
3. Напишите обобщенную формулу Бальмера для серий излучения атома водорода.
4. Сформулируйте гипотезу де Бройля.
5. Что впервые доказал опыт Девиссона и Джермера?
6. В чем заключается физический смысл волновой функции.
7. Сформулируйте принцип неопределенности Гейзенберга.
8. Напишите формулы для операторов координаты и импульса.
9. Напишите формулу уравнения Шредингера для стационарных состояний.
10. Опишите модель атома Резерфорда.
11. Напишите формулу для энергии атома водорода.
12. Назовите квантовые числа электрона.
13. Приведите классификацию состояний электрона по моменту импульса.
14. Чему равно спиновое число электрона?
15. Что впервые было обнаружено в опыте Штерна и Герлаха?
16. Какое квантовое число определяет возможные значения проекции магнитного момента атома?
17. В чем заключается физический смысл квантового числа полного механического момента атома?
18. Сформулируйте принцип Паули.
19. Опишите идеальную схему заполнения электронных оболочек атома.
20. В чем причина периодичности химических свойств элементов с увеличением их порядкового номера?

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Шпольский Э.В.. Атомная физика : учебное пособие / Э. В. Шпольский .— М. : Лань, 2010 . Т. 1 : Введение в атомную физику / Э. В. Шпольский .— 8-е, стер. — 560 с. [В библиотечную систему издательства "Лань" имеется 25 экз.]  
Шпольский Э.В. . Атомная физика [Электронный ресурс] : учебник : [в 2 т.] / Э.В. Шпольский .— СПб. [и др.] : Лань, 2010 . Т. 1: Введение в атомную физику .— Изд. 8-е, стер. — 557 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=442](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=442)>.
2. Шпольский Э.В.. Атомная физика : учебное пособие / Э. В. Шпольский .— М. : Лань, 2010. Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома .— 8-е, стер. — 448 с. [В библиотечную систему издательства "Лань" имеется 25 экз.]  
Шпольский Э.В.. Атомная физика [Электронный ресурс] : учебник : [в 2 т.] .— СПб.: Лань, 2010 .— Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома .— Изд. 8-е, стер. — 557 с.— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань"  
<URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=443](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=443)>.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Ч.1, Атомная физика. М. Физматлит-МФТИ, 2005 г. [В библиотечную систему издательства "Лань" имеется 81 экз.]
4. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : учеб. пособие для вузов. 2-изд., испр. — М. : Физматлит, 2001 .— 215 с. [В библиотечную систему издательства "Лань" имеется 50 экз. изд. 2001 г.+ 21 экз. изд. 1991 г. ]  
Иродов И. Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : — Изд. 14-е, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016 .— 416 с. .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань"  
<URL:[https://e.lanbook.com/book/71750#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/71750#book_name)>.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Изд. 6-е, стер. — СПб. : Лань, 2006 . - Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 320 с. [В библиотечную систему издательства "Лань" имеется 30 экз.+6 (2007. АСТРЕЛЬ)+33 (КНОРУС-2009)]  
Савельев И.В.. Курс общей физики [Электронный ресурс] : в 5-ти тт. / И. В. Савельев

.— СПб. : Лань, 2011- .— Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 5-е изд. — 2011 .— 384 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань".—

<URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=708](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708)>.

#### **Дополнительная литература:**

1. Матвеев А.Н. Атомная физика. М. Высшая школа, 1989 г. [В библ. БашГУ имеется 29 экз.]
2. Иродов И.Е.. Квантовая физика. Основные законы. 3-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 .— 256 с. [В библ. БашГУ имеется 25 экз.]
3. В. П. Корявов. Методы решения задач в общем курсе физики. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие. Москва : Студент, 2012 . 327 с. [В библ. БашГУ имеется 25 экз.]

#### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн.— Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. —<https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalog/>

#### **Методические указания к лабораторным работам в электронной форме:**

1. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 1 по атомной физике "[Изучение основных законов фотоэффекта](#)" / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_osnovnyh\\_zakonov\\_fotoeffekta.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_osnovnyh_zakonov_fotoeffekta.pdf)

2. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 2 по атомной физике "Определение потенциалов возбуждения атомов аргона" / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/opredelenie\\_potencialov .pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/opredelenie_potencialov .pdf)

3. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 4 по атомной физике «Изучение спектра излучения атома водорода и определение постоянной Ридберга» / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL:

[http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_spektra\\_izlucheniya\\_atoma\\_vodoroda\\_i\\_opredelenie\\_postoyannoy\\_ridberga.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_spektra_izlucheniya_atoma_vodoroda_i_opredelenie_postoyannoy_ridberga.pdf)

4. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 6 по атомной физике "[Изучение гелий-неонового лазера](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_geliy-neonovogo_lazera.pdf)" / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_geliy-neonovogo\\_lazera.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_geliy-neonovogo_lazera.pdf)

5. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 9 по атомной физике «Изучение дифракции электронов и определение межплоскостных расстояний поликристалла» / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_difrakcii\\_elektronov\\_i\\_opredelenie\\_mezhploskostnyh\\_rasstoyniy\\_polikristalla\\_0.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_difrakcii_elektronov_i_opredelenie_mezhploskostnyh_rasstoyniy_polikristalla_0.pdf)

6. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 10 по атомной физике «[Изучение тонкой структуры атома натрия](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_tonkoy_struktury_spektra_atoma_natriya.pdf)» / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_tonkoy\\_struktury\\_spektra\\_atoma\\_natriya.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_tonkoy_struktury_spektra_atoma_natriya.pdf)

7. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 12 по атомной физике «[Эмиссионный спектральный анализ сплавов на стилоскопе СЛ-13](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/emissionnyy_spektralnyy_.pdf)» / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/emissionnyy\\_spektralnyy\\_.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/emissionnyy_spektralnyy_.pdf)

8. Методические указания для выполнения лабораторной работы № 16 по атомной физике "[Изучение структуры спектра двухатомной молекулы](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_struktury_spektra_dvухatomnoy_molekuly.pdf)» / Электронный ресурс. Доступно из электронной сети БашГУ. URL: [http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie\\_struktury\\_spektra\\_dvухatomnoy\\_molekuly.pdf](http://www.bashedu.ru/sites/default/files/izuchenie_struktury_spektra_dvухatomnoy_molekuly.pdf)

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: аудитория № 212 (физмат корпус)	Лабораторные занятия	<p>1) Установка для изучения основных законов фотоэффекта (Устройство измерительное для изучения внешнего фотоэффекта ФПК-10).</p> <p>2) Установка для изучения опыта Франка и Герца: тиратрон ТГ-0.1-0.3 с аргоновым наполнителем, регулируемый источник питания, амперметр на 0,1 А инв. ИХ6348, вольтметр на 3 В, вольтметр на 30 В, микроамперметр, панель управления. Осциллограф двухканальный С1-220 инв. 2101043298, Установка для определения резонансного потенциала методом Франка и Герца ФПК-02 (Устройство измерительное № 714 инв. 000002101046615, объект исследования № 714).</p> <p>3) Установка для изучения спектра излучения атома водорода и определение постоянной Ридберга: Монохроматор МУМ к установке ФПК 09 инв.1101043557 Установка для изучения спектра атома водорода ФПК 09 Инв. 1101043610</p> <p>4) Установка для изучения гелий-неонового лазера: 1) Источник лазерного излучения ИЛ-1 № 0028 01.98 инв. 21010424690002; 2) оптическая скамья; 3) поляризатор; 4) дифракционная решетка; 5) экран.</p> <p>5) Установка для изучения дифракции электронов и определения межплоскостных расстояний поликристалла: дифрактограмма, микроскоп измерительный МИР-12 № 230510.</p> <p>6) Установка для изучения тонкой структуры спектра атома натрия: трехпризмный стеклянный спектрограф ИСП-51 № 570096, спектральные лампы, линза(F=94), измерительный микроскоп, дроссель № 630246 инв. 354516.</p> <p>7) Установка для эмиссионного спектрального анализа сплавов на стилоскопе СЛ-13 № 908048 инв. 013/1-0003909, исследуемые образцы. 8) Установка для изучения структуры спектра двухатомной физмат корпус – учебное молекулы: трехпризмный стеклянный спектрограф ИСП-51 с автоколлимационной камерой УФ-90 №600330, линза(F=94). Монохроматор универсальный УМ-2 инв. 11010440109 Стенд - инв. № 2101046757/3 Доска магнитно-маркерная – 1шт. Столы лабораторные -11шт. Стулья- 30 шт</p>



<p>Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж) Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)</p>	<p>Самостоя- тельная работа</p>	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (мо- ноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество поса- дочных мест – 76.</p>
--	---	--

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «ФП Атомная физика» на 5 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисципли- ны
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	54,2
лекций	
практических/ семинарских	
лабораторных	54
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	17,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма контроля:

Зачет 5 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Модуль 1. Экспериментальные основы квантовой теории.</b> Микромир. Невозможность описания явлений в микромире в рамках классической теории. Волны и кванты. Законы теплового излучения. Гипотеза Планка. Кванты излучения. Формула Планка.			3	1	1 (§12), 2 (§117,118), 3 (§8,10), 5(§1)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
2	Частицы и волны. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Волны де-Бройля. опыты Девиссона и Джермера, опыт Томсона и Тартаковского. опыты с нейтронами и молекулярными пучками. опыты по дифракции при очень слабых потоках частиц.			3	1	1(§6,8,9), 3(§11), 5(§2,3)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
3	Элементы квантовой механики. Свойства волн де Бройля. Волновая функция. Физический смысл волновой функции. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Волновые свойства микро- и микрочастиц.			3	1	1(§16,17), 3(§13-15), 5(§3-8).	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
4	Средние значения физических величин. Плотность вероятности. Операторы. Операторы импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии. Связь между операторами			3	1	1(§16,17), 3(§13-15), 5(§3-8).	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам

	физических величин. Собственные состояния. Собственные функции. Спектр физической величины. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Гамильтониан.							
5	Простейшие случаи движения микрочастиц. Свободное движение частицы. Частица в потенциальной яме. Собственные значения энергии, собственные функции. Потенциальный барьер. Туннельный эффект. Потенциальный барьер произвольной формы. Холодная полевая эмиссия. Контактная разность потенциалов. Туннельный микроскоп. Гармонический осциллятор. Нулевая энергия. Правила отбора.			3	1	1 (26,27,29), 3 (§17-20), 5 (9-11).	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
6	Основные экспериментальные данные о строении атома. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атома. Сериальные закономерности в спектре атома водорода. Обобщенная формула Бальмера. Комбинационный принцип.			3	1	1 (§10,11), 2 (§2), 5 (§27).	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
7	Постулаты Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Квантование момента импульса. Теория Бора атома водорода.			3	1	1 (§12,13), 2 (§3,4), 5 (§28).	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
8	<b>Модуль 2. Квантовая теория атомов и молекул.</b> Одноэлектронный атом. Квантовомеханическая теория атома водорода. Уровни энергии и волновые функции стационарных состояний. Квантовые числа, их физический смысл. Вырождение состояний, кратность вырождения. Электромагнитные переходы в атомах. Правила отбора.			3	1	1 (§30,31), 3 (§21,22), 5 (§12, 15, 20)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам

9	Спектры атомов щелочных металлов. Основные серии спектра. Дублетная структура спектров и спин электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Полный механический момент электрона, квантовое число $j$ . Термы атомов щелочных металлов.			3	1	3(§21,23), 5(§21,27), 1(§33,34)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
10	Многоэлектронные атомы. Типы связей электронов в атомах. $L$ - $j$ – связь. Приближение L-S связи. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура уровней. Термы атомов. Мультиплетность. Результирующий механический и магнитный моменты многоэлектронного атома. Фактор Ланде. Опыт Эйнштейна и де Хааса.			3	1	1(§37,39), 5(§25,30)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
11	Атом в магнитном и электрическом полях. Слабое и сильное поле. Эффект Зеемана и Пашена-Бака. Эффект Штарка.			4	1	3(§25), 1(§45,46)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
12	Опыт Штерна и Герлаха. Электронный парамагнитный резонанс.			4	1	1(§15,35), 3(§24), 5(§22-24, 26);	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
13	Принцип Паули. Статистические распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми. Электронные конфигурации. Правило Хунда. Идеальная схема заполнения электронных оболочек. Объяснение периодической системы Менделеева.			4	1	1(§52, 54,55), 3(§27), 5(§31,32) 3(§34),	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
14	Рентгеновские спектры. Правило Мозли.			3	1	1(§57), 3(§30)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
15	Релятивистские эффекты в атомной физике.			3	1	1(§71,72)	контрольные	защита от-

	Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Тонкая структура уровней энергии атома водорода. Состояния с отрицательной энергией. Опыты Лэмба и Резерфорда. Физические свойства вакуума.						вопросы к лабораторным работам	четов по лабораторным работам
16	Молекула. Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Химическая связь атомов в молекулах. Вращательная и колебательная энергии молекул. Молекулярные спектры. Вращательные спектры. Вращательно-колебательные спектры. Электронные спектры молекул.			4	1	1(§58,63), 3(§28,29) 5(§19)	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
17	Макроскопические квантовые явления. Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа.			4,2	1,8	3(§37,41),	контрольные вопросы к лабораторным работам	защита отчетов по лабораторным работам
	<b>Всего часов:</b>			<b>54,2</b>	<b>17,8</b>			

**Рейтинг – план дисциплины****«ФП Атомная физика»**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика», профиль «Физика конденсированного состояния вещества»  
курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Экспериментальные основы квантовой теории»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Допуск и выполнение измерений.	0-1	4	0	4
2. Обработка результатов.	0-2	4	0	8
3. Оформление отчета.	0-3	4	0	12
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Защита лабораторной работы.	6,5	4	0	26
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Модуль 2 «Квантовая теория атомов и молекул»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Допуск и выполнение измерений.	0-1	4	0	4
2. Обработка результатов.	0-2	4	0	8
3. Оформление отчета.	0-3	4	0	12
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Защита лабораторной работы.	6,5	4	0	26
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в студ. олимпиадах по общей физике			0	10
<b>Итого поощрительных баллов</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				<b>зачет</b>