

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Атомная физика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08.05 Атомная физика относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1: 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. Уметь пользоваться аппаратом квантовой механики для расчета спектров излучения квантовых систем и описания их поведения во внешних полях. Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф
Классические представления о строении вещества и свойствах теплового излучения	7	2	1	3	4
Корпускулярные свойства электромагнитного излучения	7	2	1	3	4
Волновые свойства частиц	7	2	1	3	4
Теория атома Бора	7	2	1	3	4
Основы квантовой механики: волновая функция, операторы, стационарные состояния	7	2	1	3	4
Потенциальные ямы и барьеры	7	2	1	3	4
Атом водорода	7	2	1	3	4
Многоэлектронные атомы	9	2	1	3	6
Оптические и рентгеновские спектры атомов	12	4	2	6	6
Атомы во внешних полях	12	4	2	6	6
Молекулы и их спектры. Основы квантовой физики конденсированных сред	12	4	2	6	6
элементарных частиц	12	4	2	6	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	58

### Содержание разделов и тем дисциплины

Классические представления о строении вещества и свойствах теплового излучения

Корпускулярные свойства электромагнитного излучения

Волновые свойства частиц

Теория атома Бора

Основы квантовой механики: волновая функция, операторы, стационарные состояния

Потенциальные ямы и барьеры

Атом водорода  
Многоэлектронные атомы  
Оптические и рентгеновские спектры атомов  
Атомы во внешних полях  
Молекулы и их спектры. Основы квантовой физики конденсированных сред  
Основы физики атомного ядра и элементарных частиц

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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. Том1, - 575 с. -51 экз.
- 3) Шпольский Э.В. Атомная физика. М.: Наука, 1974 Том2, -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 (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 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)

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

##### 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  $^{92}\text{U}$ ?

##### 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 электроном 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  $dH/dz = 3 \cdot 10^5$  Э/см, температура печи  $T=10^3$  К. Расщепление измеряется у концов полюсов.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

##### Задача 1.1

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

- длину волны  $\lambda_{\max}$ , 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  $^{92}\text{U}$ ?

##### 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 электроном 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  $dH/dz = 3 \cdot 10^5$  Э/см, температура печи  $T=10^3$  К. Расщепление измеряется у концов полюсов.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие

Оценка	Критерии оценивания
	минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

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 гироманнитные 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.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не

Оценка	Критерии оценивания
	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### Основная литература:

1. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т.]. [Т. 5]. Атомная и ядерная физика, ч. 2 : Ядерная физика . - М. : Наука, 1989. - 415 с. : ил. - ISBN 5-02-015053-8 (в пер.) : 1.30., 389 экз.
2. Шпольский Эдуард Владимирович. Атомная физика : [учеб. пособие для вузов : в 2 т.]. Т. 1. Введение в атомную физику. - 7-е изд., испр. - М. : Наука, 1984. - 552 с. : ил. - 1.50., 50 экз.
3. Фаддеев Михаил Андреевич. Лекции по атомной физике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям 010400 - физика и 010600 физика конденсир. состояния вещества и по направлению 510400 - физика. - М. : Физматлит, 2008. - 612 с. - ISBN 9785-94052-162-4 : 242.00., 97 экз.
4. Нерсесов Эдуард Аристакесович. Основные законы атомной и ядерной физики : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Высшая школа, 1988. - 288 с. : ил. - ISBN 5-06-001249-2 : 0.90., 23 экз.
5. Шпольский Эдуард Владимирович. Атомная физика : [учеб. пособие для вузов : в 2 т.]. Т. 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. - 5-е изд., перераб. - М. : Наука, 1984. - 438 с. : ил. - 1.20., 37 экз.

### Дополнительная литература:

1. Фейнман Ричард П. Фейнмановские лекции по физике = The Feynman Lectures on Physics : в 9 т. Т. 8 - 9. Квантовая механика / [пер. с англ. Г. И. Копылова ; под ред. Я. А. Смородинского]. - 2-е изд. - М. : Мир, 1978. - 524 с. - 50.00., 24 экз.
2. Флюгге Зигфрид. Задачи по квантовой механике. Т. 1. - М. : Мир, 1974. - 341 с. : с черт. - 1.51., 163 экз.
3. Флюгге Зигфрид. Задачи по квантовой механике. Т. 2. - М. : Мир, 1974. - 315 с. : с черт. - 1.35., 190 экз.

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 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 ато-мов 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)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 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. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Рябикин Михаил Юрьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 07.02.2024, протокол № 4.