

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

Программа утверждена решением президиума
Ученого совета ННГУ
протокол от «14» декабря 2021г. № 4.

Рабочая программа дисциплины

Атомная физика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная физика

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.08.05 «Атомная физика» относится к обязательной части ООП направления подготовки 03.03.02 Физика.

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	
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	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.	Собеседование и задачи (практические задания)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- 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 и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Классические представления о строении вещества и свойствах теплового излучения	7	2	1	0	3	4
Корпускулярные свойства электромагнитного излучения	7	2	1	0	3	4
Волновые свойства частиц	7	2	1	0	3	4
Теория атома Бора	7	2	1	0	3	4
Основы квантовой механики: волновая функция, операторы, стационарные состояния	7	2	1	0	3	4
Потенциальные ямы и барьеры	7	2	1	0	3	4
Атом водорода	7	2	1	0	3	4
Многоэлектронные атомы	9	2	1	0	3	6
Оптические и рентгеновские спектры атомов	12	4	2	0	6	6
Атомы во внешних полях	12	4	2	0	6	6
Молекулы и их спектры. Основы квантовой физики конденсированных сред	12	4	2	0	6	6
Основы физики атомного ядра и элементарных частиц	12	4	2	0	6	6

Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	144	32	16	0	50	58

Практические занятия (семинарские 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.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 2 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенции)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		Зачтено				

й)							
<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, без ошибок.	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 владения материалом . 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 оценки 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
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	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»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код формируемой компетенции
Спектр равновесного электромагнитного излучения. Формула Рэлея - Джинса. Формула Планка.	ОПК-1
Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Гипотеза Эйнштейна.	ОПК-1
Фотон. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.	ОПК-1
Волна де Бройля. Эксперименты по дифракции электронов. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.	ОПК-1
Волновой пакет. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.	ОПК-1
Спектральные серии атома водорода. Постулаты Бора. Уровни энергии и параметры орбиты электрона в планетарной модели атома водорода.	ОПК-1
Волновая функция. Уравнение Шредингера. Основные свойства волновой функции.	ОПК-1

Операторы физических величин. Коммутативность операторов. Средние значения физических величин. Оператор момента импульса.	ОПК-1
Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Электрон в одномерной потенциальной яме бесконечной и конечной глубины.	ОПК-1
Квантование гармонического осциллятора.	ОПК-1
Прохождение частицы сквозь прямоугольный потенциальный барьер. Автоэлектронная эмиссия электронов с поверхности металла.	ОПК-1
Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Сферическая прямоугольная потенциальная яма конечной глубины. Кеплерова задача в квантовой механике.	ОПК-1
Опыты Штерна - Герлаха. Гипотеза Гаудсмита - Уленбека. Спин. Оператор спина и его свойства. Полный момент импульса электрона в атоме.	ОПК-1
Классическое и квантовые гиромагнитные соотношения. Связь магнитного момента электрона с орбитальным, спиновым и полным механическим моментом в атоме водорода. Множитель Ланде.	ОПК-1
Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней и спектральных линий атома водорода.	ОПК-1
Уравнение Шредингера для стационарных состояний многоэлектронного атома. Тождественность частиц. Принцип Паули. Самосогласованное поле. Электронные слои и оболочки.	ОПК-1
Заполнение электронных оболочек атомов. Электронные конфигурации. Периодическая таблица Менделеева.	ОПК-1
Сложение моментов импульса электронов в многоэлектронном атоме. Суммарный орбитальный момент и суммарный спин заполненных оболочек.	ОПК-1
Атомные термы многоэлектронных атомов. Мультиплетность. Терм основного состояния атома. Правила Хунда.	ОПК-1
Полный момент импульса многоэлектронного атома. LS-связь, jj-связь. Спин-орбитальное взаимодействие и расщепление уровней многоэлектронного атома.	ОПК-1
Тормозное рентгеновское излучение. Линейчатый спектр рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры атомов. Закон Мозли. Механизм образования характеристического рентгеновского излучения.	ОПК-1

Эффект Зеемана.	ОПК-1
Эффект Штарка.	ОПК-1
Модели атомных ядер. Капельная модель. Формула Вайцеккера. Масса и энергия связи нуклонов в ядре. «Магические» числа. Оболочечная модель.	ОПК-1
Радиоактивность. Основные типы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.	ОПК-1
Понятие элементарной и составной частицы. Распад элементарных частиц. Классификация элементарных частиц.	ОПК-1
Законы сохранения в микромире. Барионное и лептонное числа. Изотопический спин. Странность. Понятие симметрии. Чётность. Зарядовое сопряжение. CPT-теорема.	ОПК-1

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

Типовые задания 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 λ_{\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}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 $dH/dz = 3 \times 10^5$ Э/см, температура печи $T=10^3$ К. Расщепление измеряется у концов полюсов.

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

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 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)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): М.Ю. Рябикин

Рецензент(ы): А.С. Мельников

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.