

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Атомная и ядерная физика
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина <i>Б1.О.09, атомная и ядерная физика</i> относится к обязательной части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> .

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 физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики.	Знать методики получения базовых знаний в области атомной и ядерной физики Уметь овладевать базовыми знаниями в области атомной и ядерной физики и использовать их в профессиональной деятельности	<i>Задания, Домашние работы</i>
	ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.	Знать современные образовательные и информационные технологии для самостоятельного приобретения новых знаний в области атомной и ядерной физики Владеть опытом получения базовых знаний в области атомной и ядерной физики, и их использования в профессиональной деятельности	<i>Задачи</i>
	ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической	Уметь самостоятельно приобретать новые знания в области атомной и ядерной физики, используя современные образовательные и	<i>Собеседование, Контрольная работа</i>

	деятельности.	информационные технологии Владеть опытом самостоятельного приобретения новых знаний в области атомной и ядерной физики с использованием современных образовательных и информационных технологий	
--	---------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа	
(практические занятия / лабораторные работы)	16
самостоятельная работа	33
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	ная работа обучаю

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Становление атомной физики	23	7	7		14	9
2. Аппарат физики микрообъектов	21	12	2		14	7
3. Квантовая теория атомов	32	16	5		21	11
4. Физика атомного ядра	14	9	1		10	4
5. Квантовая информатика	7	4	1		5	2
В т. ч. текущий контроль	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен		45				

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 направлена на формирование и развитие:

- компетенции ОПК-1.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся
Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- выполнение домашних заданий по решению задач.

Текущий контроль усвоения материала проводится путем проведения контрольных работ во время практических занятий и проверки выполнения домашних заданий.

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

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень	Шкала оценивания сформированности компетенций
---------	---

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, 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 несущественным 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

Превосходно	Превосходная подготовка без недочетов
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с очень незначительными погрешностями
Очень хорошо	В целом хорошая подготовка с некоторыми ошибками

Хорошо	Хорошая подготовка, но с рядом заметных ошибок
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная

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

5.2.1 Контрольные вопросы

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. Тепловое излучение абсолютно чёрного тела. Формула Планка. Спектр равновесного излучения.	ОПК-1
2. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Теория Эйнштейна. Уравнение Эйнштейна. Работа выхода.	ОПК-1
3. Понятие фотона. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.	ОПК-1
4. Волновые свойства частиц. Волна де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип неопределённости Гейзенберга.	ОПК-1
5. Спектры атомов. Спектральные термы. Постоянная Ридберга. Серии спектральных линий.	ОПК-1
6. Теория атома Бора. Постулаты Бора. Вычисление постоянной Ридберга. Недостатки теории.	ОПК-1
7. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Квантование энергии.	ОПК-1
8. Волновая функция. Статистический смысл волновой функции. Её свойства. Нормировка волновой функции.	ОПК-1
9. Частица в потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Его энергетический спектр и собственные функции.	ОПК-1
10. Взаимодействие с потенциальным барьером. Туннельный эффект.	ОПК-1
11. Постулаты квантовой механики. Динамические переменные и операторы. Оператор координаты. Оператор импульса. Оператор полной энергии. Коммутативность операторов. Условие одновременной измеримости динамических переменных.	ОПК-1
12. Квантование момента импульса. Операторы проекции момента импульса и квадрата момента импульса. Их собственные значения. Орбитальное и магнитное квантовые числа.	ОПК-1
13. Сложение моментов импульса системы частиц.	ОПК-1
14. Квантово-механическая теория водородоподобных атомов. Энергетический спектр. Квантовые числа. Спектр излучения. Пространственная структура состояний электрона.	ОПК-1
15. Магнитные свойства атомов. Связь магнитного момента с	ОПК-1

моментом импульса. Гиромангнитное отношение. Опыт Штерна — Герлаха. Гипотеза Гаудсмита — Уленбека. Спин. Орбитальный, спиновый и полный моменты импульса электрона в атоме.	
16. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней и спектральных линий. Мультиплетность.	ОПК-1
17. Спин-орбитальное взаимодействие в многоэлектронных атомах. L-S-связь. jj-связь. Правила отбора при излучении.	ОПК-1
18. Эффект Зеемана (простой и сложный). Расчет множителя Ланде (g-фактора) и величины зеемановского расщепления в приближении L-S связи. Эффект Пашена — Бака. Эффект Штарка.	ОПК-1
19. Принцип тождественности элементарных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атомов. Периодическая система Д. И. Менделеева.	ОПК-1
20. Квантовая статистика. Связь спина со статистикой. Статистики Ферми — Дирака и Бозе — Эйнштейна. Химический потенциал. Бозе-конденсация.	ОПК-1
21. Распределения Ферми — Дирака и Бозе — Эйнштейна для идеального газа. Квантование фазового объема. Критерий невырожденности. Фотонный газ. Электронный газ. Энергия Ферми.	ОПК-1
22. Зонная структура энергетических спектров твёрдых тел. Классификация на металлы, полупроводники и диэлектрики.	ОПК-1
23. Электрон в периодическом потенциале. Волны Блоха. Квазиимпульс. Эффективная масса. «Дырки». Электропроводность кристаллических тел.	ОПК-1
24. Теплоёмкость твёрдых тел. Теория теплоёмкости Эйнштейна. Теория теплоёмкости Дебая. Закон кубов. Температура Дебая.	ОПК-1
25. Основные характеристики атомных ядер. Спин атомного ядра. Сверхтонкая структура спектральных линий. Масса и энергия связи нуклонов в ядре.	ОПК-1
26. Модели атомных ядер. Капельная модель. Формула Вайцзеккера. «Магические» числа. Оболочечная модель.	ОПК-1
27. Радиоактивность. Основные типы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада. Период полураспада.	ОПК-1
28. Понятие о квантовой электродинамике. Диаграммы Фейнмана. Обменный характер электромагнитного взаимодействия. Виртуальные частицы.	ОПК-1
29. Сильное взаимодействие. Обменная теория взаимодействия нуклонов (теория Юкавы). π -мезоны. Изотопический спин. Странные частицы. Странность.	ОПК-1
30. Слабое взаимодействие. Распад нейтрона. Теория «слабых токов». Теория электрослабого взаимодействия. Калибровочные	ОПК-1

бозоны.	
31. Нейтрино. Детектирование нейтрино. Типы нейтрино. Проблема солнечных нейтрино. Нейтринные осцилляции. Масса нейтрино.	ОПК-1
32. Квантовая хромодинамика. Кварки. Кварковый состав адронов. Цветовой заряд. Глюоны. Конфайнмент.	ОПК-1
33. Стандартная модель. Бозон Хиггса. Спонтанное нарушение симметрии. Механизм Хиггса. Поле Хиггса.	ОПК-1
34. Классификация элементарных частиц. Лептоны, адроны. Фундаментальные взаимодействия. Их свойства.	ОПК-1
35. Законы сохранения в микромире. Барионное и лептонное числа. Понятие симметрии. Чётность. Зарядовое сопряжение. СРТ-теорема.	ОПК-1
36. Отличие квантовых измерений от классических. Квантовая суперпозиция. Квантовая интерференция. Чистые и смешанные состояния.	ОПК-1
37. Квантовая сцепленность (запутанность). Нелокальность квантовой физики. Парадокс Эйнштейна — Подольского — Розена. ЭПР-пары фотонов. Теорема о невозможности клонирования квантовых состояний.	ОПК-1
38. Квантовая телепортация. Базисные состояния Белла. Квантовая криптография. Квантовый канал. Квантовые компьютеры. Квантовые симуляторы.	ОПК-1

Примеры заданий:

ФЭ-1. Определить красную границу фотоэффекта для цинка (работа выхода равна 3,74 эВ) и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм.

ЭК-2. Фотон с длиной волны 20 пм рассеялся на покоящемся свободном электроне на угол 45°. Найти длину волны рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

УШ-2. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергии между первым и вторым уровнями составляет 0,10 эВ.

ТС-2. Длины волны компонент дублета резонансной линии калия, обусловленной переходом $4P \rightarrow 4S$ равны 766,5 нм и 769,9 нм. Найти величину расщепления $4P$ терма в электрон-вольтах.

Примерный список домашних заданий:

1. Излучение абсолютно чёрного тела

Вычислить полную мощность теплового излучения Солнца. Оценить количество солнечной энергии, падающей на поверхность Земли в единицу времени. Оценить какая часть энергии, излучаемой Солнцем, приходится на видимый диапазон (400–800 нм).

2. Фотоны

[1] 1.1, 1.2, 1.3

3. Фотоэффект

[1] 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.7. 2.8

4. Эффект Комптона

[1] 3.2, 3.5

5. Атом Бора

[1] 13.4, 13.6 13.7, 13.8

6. Уравнение Шрёдингера

[2] 5.124, 5.125, 5.126, 5.131, 5.135, 5.136

7. Квантовая теория атома

[2] 5.143, 5.144, 5.147, 5.149

8. Тонкая структура спектра

Рассчитать величину тонкого расщепления линий Лайман-бета и «аш-бета» в атоме водорода.

[2] 5.162, 5.175

9. Эффект Зеемана

[1] 41.1

[2] 5.199

Типовые задачи

ФЭ-1. Определить красную границу фотоэффекта для цинка (работа выхода равна 3,74 эВ) и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм.

ЭК-1. Фотон с длиной волны 6,0 пм рассеялся под прямым углом на покоившемся свободном электроне. Найти длину волны рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

Типовые контрольные работы

Составляются из задач

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. V. Атомная и ядерная физика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html>

б) дополнительная литература:

1. Матвеев А. Н. Атомная физика. — М.: Высшая школа, 1989. — 439 с. — 217 экз.
2. Матвеев А. Н. Оптика. — М.: Высшая школа, 1985. — 351 с. — 68 экз.
3. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 3. — Лань., 2022. — 212 с. - <https://e.lanbook.com/book/187739>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. nuclphys.sinp.msu.ru — сайт кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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 – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор Коржиманов А. В.

Рецензент Маругин А. В.

Заведующий кафедрой Бакунов М. И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.