

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

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

09.03.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии в физических исследованиях

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.07.05 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 естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Знать основы высшей математики, общей физики, теории вероятности и технологий программирования ОПК-1.2: Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетеоретических знаний, методов математического анализа и моделирования ОПК-1.3: Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знать основные свойства физических атомных систем, терминологию, математический аппарат для описания взаимосвязи параметров систем. ОПК-1.2: Уметь применять полученные знания для анализа научно-технической информации, построения моделей, использования современной аппаратуры для научных исследований ОПК-1.3: Владеть научной методологией, математическим аппаратом исследований в области атомной физики.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	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 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/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Введение. История развития атомной физики	4	2	0	2	2
Тема 2 Молекулярно-кинетическая теория	8	2	2	4	4
Тема 3 Тепловое излучение	10	4	0	4	6
Тема 4 Фотоны	8	2	2	4	4
Тема 5 Спектры. Планетарная модель атома	10	4	2	6	4
Тема 6 Волновые свойства вещества	8	2	2	4	4
Тема 7 Атом водорода. Квантовые числа.	12	4	2	6	6
Тема 8 Атом водорода. Квантовые числа.	12	4	2	6	6
Тема 9 Магнитные свойства атомов	8	2	0	2	6
Тема 10 Атомное ядро. Радиоактивность. Элементарные састиды	8	2	2	4	4
Тема 11 Кристаллы. Виды межатомной связи	10	2	2	4	6
Тема 12 Полупроводники.	8	2	0	2	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	58

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. История развития атомной физики. Атомы греческих материалистов. Идеи Лавуазье и Ломоносова. Создание молекулярно-кинетической теории. Периодическая таблица Менделеева. Научная революция начала 20 века. Становление квантовой и ядерной физики.
2. Молекулярно-кинетическая теория. Давление идеального газа. Распределение Максвелла. Характерные скорости молекул. Теорема Больцмана о равнораспределении кинетической энергии по степеням свободы. Эффективные размеры атомов и молекул. Моль вещества. Число Авогадро.
3. Тепловое излучение. Равновесная плотность энергии излучения. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное

тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка. Кванты излучения. Лазеры.

4. Фотоны. Экспериментальное подтверждение квантовой природы излучения. Фотоэффект. Формула Эйнштейна. Эффект Комптона. Релятивистские частицы.

5. Спектры. Планетарная модель атома. Спектроскопия. Атомарные спектры. Открытие электрона. Различные модели строения атома. Опыты Резерфорда. Модель атома Бора и его постулаты. Опыты Франка-Герца. Дискретные энергетические уровни.

6. Волновые свойства вещества. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальная проверка. Корпускулярно-волновой дуализм. Вероятностное описание микрочастиц. Соотношение неопределенностей. Волновая функция. Уравнение Шредингера.

7. Атом водорода. Квантовые числа. Спектры щелочных металлов. Ширина спектральных линий. Тонкая структура спектральных линий. Правила отбора. Водородоподобные атомы.

8. Многоэлектронные атомы. Электронные слои и оболочки. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням. Периодическая система Менделеева. Электронные конфигурации основных состояний атомов. Рентгеновские лучи. Тормозное и характеристическое излучения. Закон Мозли. Рентгеновская дифрактометрия.

9. Магнитные свойства атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс.

10. Атомное ядро. Радиоактивность. Элементарные частицы. Состав ядра. Энергия связи ядра. Размеры ядра. Ядерные силы. Радиоактивный распад и его законы. Ядерные реакции. Классификация элементарных частиц. Античастицы. Космические лучи.

11. Кристаллы. Кристаллическая решетка. Типы связей атомов в твердых телах. Эмпирические потенциалы межатомного взаимодействия. Энергетические зоны в твердых телах. Волны Блоха. Фононы.

12. Полупроводники. Классификация полупроводников. Основные свойства. Полупроводниковая микро и наноэлектроника. Интегральные микросхемы. Полупроводниковые лазеры.

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.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

1. Работа с лекциями, основной и дополнительной литературой, другими источниками, найденными в поисковых системах Интернета. Такая работа необходима для выполнения домашних практических заданий и для подготовки к экзамену.

2. Работа со средствами телекоммуникации, в том числе электронной почтой, телеконференциями, Интернетом и т.д.

3. Практические задания для студентов и методические рекомендации по их выполнению изложены в методическом пособии: Васин А.С. Задачи по атомной и квантовой физике. Часть 1. Атомная физика: Практикум. - Нижний Новгород.: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 43с. В нем по каждой теме разобраны решения 2-3 типовых задач и приведены тексты 5-6 задач для самостоятельного решения.

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:

1. Для газа в комнате, где проходит занятие, подсчитать:

- а) число молекул, концентрацию всех молекул, концентрацию молекул кислорода;
- б) среднее расстояние между молекулами (сравнить его с размерами молекул);
- в) среднеквадратичные скорости для H_2 , N_2 , CO_2 .

2. Для атома водорода изобразить в масштабе возможные уровни энергии электрона. Показать переходы, соответствующие излучению нескольких первых линий в сериях Лаймана, Бальмера, Пашена.

3. Вычислить с помощью табличных значений масс атомов энергию на один нуклон, которая выделяется при протекании термоядерной реакции . Сравнить полученную величину с энергией на один нуклон, освобождающейся при делении ядра .

4. Найти постоянную решетки $AgBr$, если известно, что $K\alpha$ -линия ванадия отражается в первом порядке от системы плоскостей (110) под углом скольжения 17.9° . $AgBr$ имеет кубическую решетку

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Наличие хотя бы 2-х пунктов из нижеприведенного списка: 1. Понято соответствие задачи изучаемой теме 2. Приведены общие формулы по теме 3. Понята идея задачи 4. Выведены в общем виде формулы для результата 5. Выполнены вычисления по ним 6. Проанализирована правдоподобность результатов
не зачтено	Менее 2-х пунктов из вышеприведенного списка

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 и 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

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	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. На сколько процентов средняя квадратичная скорость молекул водорода при 0 °С отличается от наиболее вероятной скорости молекул азота при 1000 °С ?

Задача 2. Точечный источник испускает свет с длиной волны 500 нм. Средняя плотность потока фотонов на расстоянии 10 см от источника равна $10^{18} \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Найти световую мощность источника.

Задача 3. Определить энергию, выделяющуюся при образовании двух α -частиц в результате синтеза ядер по реакции , если известно, что энергия связи на один нуклон в ядрах , , равны соответственно 1.11, 7.08 и 5.33 МэВ.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задача решена правильно. Возможно не одним способом. Расчеты проведены наиболее экономным способом. Оценена правдоподобность результата.
отлично	Задача решена правильно. Расчеты проведены.
очень хорошо	Задача решена в целом правильно. Имеются погрешности в расчетах
хорошо	Идея задачи понята. Имеются некоторые ошибки при выводе формул или проведении расчетов.
удовлетворительно	Записаны общие формулы по теме задачи. Ответ в общем виде не получен.

Оценка	Критерии оценивания
	Расчетов нет.
неудовлетворительно	Задача не решена. Формул по теме не знает. Слабо ориентируется в терминологии.
плохо	Не отвечает ничего.

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

Типовые вопросы билета на экзамене:

1. Теорема Больцмана о равнораспределении кинетической энергии по степеням свободы. Эффективные размеры атомов и молекул.
2. Моль вещества. Число Авогадро.
3. Равновесная плотность энергии излучения. Закон Кирхгофа.
4. Закон Мозли. Рентгеновская дифрактометрия.
5. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
6. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Ответ полный. На дополнительные вопросы отвечает, в том числе и за пределами программы курса. Хорошая эрудиция, физическая грамотность.
отлично	Ответ полный. Грамотно отвечает на большинство дополнительных вопросов. Свободно владеет материалом.
очень хорошо	Ответ полный. Отвечает на большинство дополнительных вопросов.
хорошо	Ответ с незначительными ошибками. Отвечает без наводящих вопросов.
удовлетворительно	Не отвечает на половину вопросов билета. Отвечает только с наводящими вопросами.
неудовлетворительно	Не отвечает на вопросы билета. Слабо ориентируется в терминологии.

Оценка	Критерии оценивания
плохо	Не отвечает ничего.

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

Основная литература:

1. 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.
2. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. Т. 5. Атомная и ядерная физика, ч. 1 : Атомная физика . - М. : Наука, 1986. - 416 с. : ил. - 1.20., 194 экз.
3. Васин Александр Сергеевич. Задачи по атомной и квантовой физике : практикум для студентов физического факультета ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 "Информационные системы и технологии". Ч. 1. Атомная физика / А. С. Васин ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2016. - 43 с., 22 экз.
4. Бурланков Дмитрий Евгеньевич. Конспект лекций по атомной и квантовой физике : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 "Информационные системы и технологии" : в 3 ч. Ч. 1 / Д. Е. Бурланков ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2016. - 60 с., 31 экз.
5. Бурланков Дмитрий Евгеньевич. Конспект лекций по атомной и квантовой физике : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 "Информационные системы и технологии" : в 3 ч. Ч. 2 / Д. Е. Бурланков ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2015. - 75 с., 26 экз.
6. Бурланков Дмитрий Евгеньевич. Конспект лекций по атомной и квантовой физике : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 "Информационные системы и технологии" : в 3 ч. Ч. 3 / Д. Е. Бурланков ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2016. - 71 с., 25 экз.

Дополнительная литература:

1. Павлов Павел Васильевич. Физика твердого тела : учебник. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2000. - 494 с. - 78.54., 33 экз.
2. Фистуль Виктор Ильич. Введение в физику полупроводников : [учеб. пособие для вузов по специальностям полупроводниковой и электронной техники]. - М. : Высшая школа, 1975. - 296 с. : черт. - 0.82., 4 экз.

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

1. Интернет-ресурс справочной и математической литературы со свободным доступом www.eqworld.ipmnet.ru

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: Компьютер, проектор, экран

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Васин Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.