

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 21 мая 2024 г. протокол № 10
Председатель _____ (Рыбин В.В.)
(подпись, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Атомная и ядерная физика
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра физического материаловедения
Курс	3

Направление (специальность): 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль/специализация): Твердотельная электроника и наноэлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

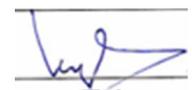
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Махмуд-Ахунов Марат Юсупович	Кафедра физического материаловедения	Доцент, Кандидат физико-математических наук

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину (кафедра ФМ)	Заведующий выпускающей кафедрой (кафедра РФиЭ)
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО) «16» _____ мая 2024 г.	 _____ /Н.Т. Гурин/ (подпись) (ФИО) «16» _____ мая 2024 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Познакомить студентов с физическими основаниями квантовой теории, дать представление о математическом аппарате волновой механики, научить использовать квантовые представления в приложении к атомам и составляющим их элементарным частицам.

Задачи освоения дисциплины:

Изучение основных экспериментальных результатов и теоретических методов описания явлений, связанных со строением, свойствами и превращениями атомов, электронной оболочки, атомных ядер и элементарных частиц на основании квантово-механических закономерностей и моделей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» относится к числу дисциплин блока Б1.О, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 03.03.03 Радиофизика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ОПК-2.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Интегральные уравнения и вариационное исчисление, Термодинамика и статистическая физика, Квантовая механика, Устройства сверхвысокочастотной техники, Теоретические основы электрорадиотехники, Инженерная графика, Радиоэлектроника, Дифференциальные уравнения и дискретная математика, Физика, Математический анализ, Материаловедение, Метрология, стандартизация и сертификация, Микро- и наносхемотехника, Интегральная и волоконная оптика, Научно-исследовательская работа, Теория вероятностей и математическая статистика, Атомная и ядерная физика, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия и законы атомной и ядерной физики, границы их применимости <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять законы атомной физики и квантовой механики для описания движения микрочастиц; правильно выбирать системы отсчета, решать задачи на собственные значения для простейших случаев одномерного движения, использовать операторы соответствующих динамических переменных и соотношения между ними; - оперировать физическими величинами различной математической природы,

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
	<p>использовать элементы теории операторов и теории вероятности; - применять законы и понятия ядерной физики при рассмотрении вопросов, связанных со строением атомных ядер и их мо-делях, ядерных реакциях и взаимодействиях элементарных час-тиц; - использовать для этого методы и знания, полученные при изучении других физических и математических дисциплин.</p> <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умением решения типовых задач, связанных с эксперимен-тальными основаниями атомной физики, и задач на собствен-ные значения для простейших случаев движения микрочастиц, - навыками расчета средних значений динамических перемен-ных, а также задач, связанных с изучением свойств и моделей атомных ядер, радиоактивным распадом, ядерным синтезом и взаимодействием частиц с веществом.

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 5 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 180 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		5
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	72	72
Аудиторные занятия:	72	72
Лекции	36	36
Семинары и практические занятия	18	18
Лабораторные работы, практикумы	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (18)	Экзамен
Всего часов по дисциплине	180	180

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Атомная физика							
Тема 1.1. Развитие квантовых представлений	9	2	1	2	2	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда	9	2	1	2	2	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Основные положения квантовой механики	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.4. Атомы с одним валентным электроном	11	2	1	4	4	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.6. Механические	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену,

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
кие и магнитные моменты многоэлектронных атомов							Тестирование
Тема 1.7. Теория периодической системы элементов	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.8. Строение и свойства молекул	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.9. Квантовые свойства твердого тела	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Раздел 2. Ядерная физика							
Тема 2.1. Основные характеристики атомных ядер	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.2. Радиоактивность	13	2	1	6	6	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.3. Ядерные реакции	11	2	1	4	4	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.4. Ядерные силы и модели атомных ядер	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 2.5. Деление и синтез ядер	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.6. Элементарные частицы	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.7. Радиационные воздействия ядерных частиц	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.8. Детекторы ядерных излучений	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.9. Ускорители и заряженные частицы	7	2	1	0	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Итого подлежит изучению	144	36	18	18	18	72	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Атомная физика

Тема 1.1. Развитие квантовых представлений

Две точки зрения на природу света. Классическая теория излучения черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Квантовый характер излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта с волновой точки зрения. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотон. Рассеяние электромагнитных волн на электронах. Классический подход. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона.

Тема 1.2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Квантование действия. Спектры энергии квантовых систем. Частица в потенциальной яме бесконечной глубины. Квантовый осциллятор. Экспериментальные основания квантовой теории атомов. Атомные спектры. Планетарная модель атома и её несостоятельность. Круговые орбиты водородоподобных атомов. Спектр их энергий. Спектры излучения и поглощения света атомом водорода. Постоянная Ридберга. Изотопический сдвиг. Недостатки старой квантовой теории.

Тема 1.3. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Основные положения квантовой механики

Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов. Экспериментальное обнаружение волновых свойств микрочастиц. Мысленный опыт по дифракции электронов на двух щелях. Амплитуда вероятности. Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные требования. Решение уравнения Шредингера для свободно движущейся частицы. Нормировка плоских волн. Локализованная частица. Принцип суперпозиции. Вероятность найти определённое значение импульса. Соотношение неопределённостей. Средние значения физических величин. Операторы. Основной постулат квантовой механики. Роль собственных значений операторов. Собственные состояния. Задача на собственные значения оператора энергии. Вероятности дозволённых значений физических величин. Условие одновременной измеримости различных динамических переменных. Квантование проекции момента импульса, квадрата момента импульса и энергии ротатора. Решение уравнения Шредингера в задаче о частице в потенциальной яме бесконечной глубины. Спектр энергий частицы. Набор волновых функций. Туннельный эффект. Барьер произвольной формы.

Тема 1.4. Атомы с одним валентным электроном

Уравнение Шредингера для частицы в центрально-симметричном поле. Орбитальное и магнитное квантовые числа. Понятие о решении радиальной части уравнения Шредингера для частицы в кулоновском поле. Квантовые числа. Вырождение состояний. Радиальная зависимость плотности электронного облака в атоме водорода. Уровни энергии атомов щелочных металлов. Разрешенные переходы. Спектры излучения атомов щелочных металлов.

Тема 1.5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле

Орбитальный магнитный момент электрона. Квантование магнитного момента и его проекции. Магнетон Бора. Магнитный момент во внешнем магнитном поле. Микрочастица во внешнем магнитном поле. Объяснение простого эффекта Зеемана. Гипотеза о спине. Опыт Штерна и Герлаха. Полный момент импульса электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий.

Тема 1.6. Механические и магнитные моменты многоэлектронных атомов

Механические моменты атомов. Правила сложения моментов. Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде. Объяснение аномального эффекта Зеемана. Сильное поле. Эффект Пашена-Бака. Экспериментальное измерение магнитных моментов атомов. Магнитный резонанс.

Тема 1.7. Теория периодической системы элементов

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Теория периодической системы элементов. Классификация электронных состояний. Идеальная таблица элементов. Основные термы атомов. Правила Хунда. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Определение рентгеновских уровней энергии атома. Определение длин волн рентгеновских лучей.

Тема 1.8. Строение и свойства молекул

Строение и свойства молекул. Молекула водорода. Природа химических сил. Валентность. Объяснения насыщения и направленности химического взаимодействия. Энергетические уровни двухатомной молекулы. Электронные, колебательные и вращательные движения. Спектры излучения. Флюоресценция и фосфоресценция. Спектры поглощения двухатомных молекул.

Тема 1.9. Квантовые свойства твердого тела

Проблема определения энергетического спектра электронов в твердом теле. Приближение свободных электронов. Спектр энергий электронов. Энергия Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний. Энергетические зоны. Зонные модели проводников, диэлектриков и полупроводников. Примесные полупроводники. Проводимость в полупроводниках.

Раздел 2. Ядерная физика

Тема 2.1. Основные характеристики атомных ядер

Опыты Резерфорда. Сечение упругого рассеяния альфа-частиц. Формула Резерфорда. Состав ядра. Массовое число и масса ядра. Изотопы, изобары. Заряды ядер. Опыты Чедвика по определению заряда ядра. Размеры ядер. Методы определения размеров ядра. Энергия связи и устойчивость ядер. Удельная энергия связи и ее зависимость от атомного номера. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент ядра. Ядерный магнетон. Гиромагнитное соотношение. Методы определения спина ядра. Сверхтонкая структура уровней энергии атомов. Измерение магнитного момента ядер методом ЯМР. Электрический квадрупольный момент ядра. Форма ядер. Четность состояний. Закон сохранения четности.

Тема 2.2. Радиоактивность

Естественная и искусственная радиоактивность. Виды радиоактивности. Радиоактивные семейства. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада. Активность. Единицы измерения активности. Среднее время жизни ядра. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Свойства альфа-распада. Теория альфа-распада. Туннельный эффект. Размеры ядра. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Условия электронного, позитронного превращений и К-захвата. Характер бета-спектра. Гипотеза нейтрино. Слабое взаимодействие. Несохранение четности при бета-распаде. CP-инвариантность. Законы сохранения и правила отбора в бета-распаде. Гамма-излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора и понятие о мультипольности излучения. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия электронов. Эффект Мессбауэра и его применение.

Тема 2.3. Ядерные реакции

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Классификация ядерных реакций. Законы сохранения. Энергии реакции. Эндотермические и экзотермические реакции. Порог реакций. Механизмы реакции. Прямые ядерные реакции. Составное ядро. Энергетическая диаграмма реакций, протекающих через составное ядро. Порог реакции. Сечение реакции. Функция возбуждения реакции. Уровни составного ядра. Резонансные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Реакции под действием альфа-частиц, протонов, дейтронов, нейтронов. Фотоядерные реакции. Особенности реакции под действием легких ионов. Получение трансурановых элементов

Тема 2.4. Ядерные силы и модели атомных ядер

Виды взаимодействия в природе. Основные характеристики ядерных сил. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил. Изотопический спин. Мезонная теория ядерных сил. Мю-мезоны. Пи-мезоны. Модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера. Модель ядерных оболочек. Коллективные свойства ядер.

Тема 2.5. Деление и синтез ядер

Общее описание процесса деления. Деление ядер под действием нейтронов. Ней-троны деления. Цепная реакция деления. Коэффициент размножения нейтронов. Критическая масса. Отражатели нейтронов. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах. Роль замедлителей. Ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Гетерогенные реакторы. Управление реактором. Роль запаздывающих нейтронов. Ядерная энергетика. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Ядерные реакции на звездах. Термоядерная бомба. Проблема управляемого термоядерного синтеза.

Тема 2.6. Элементарные частицы

Основные характеристики элементарных частиц. Собственная масса. Электрический заряд. Магнитный момент. Спин. Время жизни. Барионный заряд. Сохранение электрического и барионного заряда. Античастицы. Изотопический спин. Сохранение изотопического спина и его проекции. Странность. Сохранение странности. Механизмы взаимодействия элементарных частиц. Виртуальные частицы. Электромагнитные взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Упругое рассеяние электронов. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Мультиплеты и супермультиплеты. Кварки и глюоны. Кварковая модель адронов. Новые квантовые числа элементарных частиц. Цвет, очарование и истина. Слабые взаимодействия. Мю-мезоны и тау-мезоны. Калибровочные бозоны. Нейтроно и антинейтрино. Спиральность. Лептонный заряд. Сохранение лептонных зарядов. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий

Тема 2.7. Радиационные воздействия ядерных частиц

Единицы измерения излучений и их воздействий на вещество. Активность. Поток. Поглощенная доза. Эквивалентная доза. Взаимодействие ионов с веществом. Неупругое (электронное) взаимодействие. Формула Бете-Блоха. Упругое (ядерное) взаимодействие. Радиационные дефекты. Пробеги ионов в веществе. Взаимодействие электронов с веществом. Взаимодействие гамма-излучения с веществом.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 2.8. Детекторы ядерных излучений

Основные характеристики детекторов. Трековые детекторы. Камера Вильсона, пузырьковая и искровая камеры. Газонаполненные детекторы. Ионизационная камера. Пропорциональный счетчик. Счетчик Гейгера. Твердотельные детекторы. Сцинтилляционный детектор гамма-излучений. Полупроводниковые детекторы частиц.

Тема 2.9. Ускорители заряженных частиц

Электростатический ускоритель ионов. Циклические ускорители протонов. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон и синхрофазотрон. Циклические ускорители электронов. Бетатрон. Микротрон. Линейные ускорители. Ускорители на встречных пучках.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Атомная физика

Тема 1.1. Развитие квантовых представлений

Вопросы к теме:

Очная форма

Фотоэлектрический эффект. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона.

Тема 1.2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда

Вопросы к теме:

Очная форма

Квантование действия. Частица в потенциальной яме бесконечной глубины. Квантовый осциллятор.

Тема 1.3. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Основные положения квантовой механики

Тема 1.4. Атомы с одним валентным электроном

Тема 1.5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле

Тема 1.6. Механические и магнитные моменты многоэлектронных атомов

Тема 1.7. Теория периодической системы элементов

Тема 1.8. Строение и свойства молекул

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 1.9. Квантовые свойства твердого тела

Раздел 2. Ядерная физика

Тема 2.1. Основные характеристики атомных ядер

Тема 2.2. Радиоактивность

Тема 2.3. Ядерные реакции

Тема 2.4. Ядерные силы и модели атомных ядер

Тема 2.5. Деление и синтез ядер

Тема 2.6. Элементарные частицы

Тема 2.7. Радиационные воздействия ядерных частиц

Тема 2.8. Детекторы ядерных излучений

Тема 2.9. Ускорители заряженных частиц

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Изучение внешнего фотоэффекта. Измерение постоянной Планка

Цели: Изучение законов внешнего фотоэффекта; определение работы выхода электронов и красной границы для материала, определение постоянной Планка.

Содержание: Снятие зависимости задерживающего потенциала от длины волны (частоты) падающего излучения. Аппроксимация прямой начального участка снятой зависимости.

Результаты: Определение постоянной Планка и работы выхода электрода.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Измерение размеров атома ксенона в эффекте Рамзауэра

Цели: Исследование проявления волновых свойств электронов при рассеянии на атомах тяжелых благородных газов

Содержание: Снятие вольт-амперной характеристики ксенонового тиратрона. Определение координат экстремумов.

Результаты: Определение размера атома ксенона

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Изучение спектра атомов натрия

Цели: Освоение общих принципов систематики состояний атомов. Измерение длин волн и оценка дублетного расщепления наиболее ярких линий в спектре излучения атома натрия. Определение уровней энергии, энергии ионизации и значений квантового дефекта.

Содержание: Снятие спектров излучения натриевой лампы, определение положения длин волн соответствующих максимуму интенсивности. Построение энергетической диаграммы.

Результаты: Приобретение навыков в построении спектров атома, анализе схемы уровней энергии.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Измерение ширины запрещенной зоны в кристаллах CdS по краю собственного поглощения

Цели: Определение поглощения кристалла CdS в видимой части спектра

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Содержание: Снятие спектров поглощения кристалла CdS.

Результаты: Расчетное значение ширины запрещенной зоны в кристаллах CdS

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Статистический анализ распределения числа частиц, зарегистрированных прибором.

Цели: Ознакомление с простыми математическими методами обработки результатов измерений, исследование статистического распределения числа импульсов от счетчика Гейгера-Мюллера.

Содержание: Снятие количества частиц зарегистрированных прибором за время 10 с. Повторение измерений 250-300 раз. Проведение статистического анализа полученных измерений.

Результаты: Освоение статистического анализа распределения числа частиц, зарегистрированных прибором

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Измерение пробегов альфа-частиц в веществе

Цели: Ознакомление студентов с процессами взаимодействия заряженных частиц с веществом; измерение пробегов альфа-частиц в воздухе

Содержание: Снятие зависимости количества частиц, зарегистрированных прибором, от расстояния до детектора.

Результаты: Нахождение среднего пробега альфа-частиц в веществе, определение толщины защитной пленки источника альфа-частиц

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Определение верхней границы бета-спектра

Цели: Ознакомление с теорией и основными характеристиками бета-распада и бета-источников; исследование поглощения электронов в различных материалах путем измерения зависимости интенсивности потока электронов от толщины поглотителей; определение по кривой поглощения максимальной энергии электронов бета-распада.

Содержание: Снятие зависимости количества частиц, зарегистрированных прибором, от толщины поглотителя (пластины Al).

Результаты: Нахождение верхней границы бета-спектра

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Определение удельной активности бета-препарата. Определение периода полураспада долгоживущего изотопа

Цели: Ознакомление с явлением радиоактивности, типами распадов и законом радиоактивного распада. Ознакомление с методами измерения бета-активных препаратов и периода полураспада.

Определение активности бета-источника и периода полураспада изотопа K40

Содержание: Снятие количества частиц зарегистрированных прибором с источником и без. Расчет периода полураспада.

Результаты: Определение периода полураспада изотопа K40

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6362>

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классическая теория излучения черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Квантовый характер

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта с волновой точки зрения. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотон. Рассеяние электромагнитных волн на электронах. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона.

2. Квантование действия. Спектры энергии квантовых систем. Частица в потенциальной яме бесконечной глубины. Квантовый осциллятор. Экспериментальные основания квантовой теории атомов. Атомные спектры. Планетарная модель атома и её несостоятельность. Круговые орбиты водородоподобных атомов. Спектр их энергий. Спектры излучения и поглощения света атомом водорода. Постоянная Ридберга. Изотопический сдвиг. Недостатки старой квантовой теории.

3. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов. Амплитуда вероятности. Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные требования. Решение уравнения Шредингера для свободно движущейся частицы. Нормировка плоских волн. Локализованная частица. Принцип суперпозиции. Вероятность найти определённое значение импульса. Соотношение неопределённостей. Основной постулат квантовой механики. Решение уравнения Шредингера в задаче о частице в потенциальной яме бесконечной глубины. Спектр энергий частицы. Набор волновых функций. Туннельный эффект. Барьер произвольной формы.

4. Уравнение Шредингера для частицы в центрально-симметричном поле. Орбитальное и магнитное квантовые числа. Понятие о решении радиальной части уравнения Шредингера для частицы в кулоновском поле. Квантовые числа. Вырождение состояний. Радиальная зависимость плотности электронного облака в атоме водорода. Уровни энергии атомов щелочных металлов. Разрешенные переходы. Спектры излучения атомов щелочных металлов.

5. Орбитальный магнитный момент электрона. Квантование магнитного момента и его проекции. Магнетон Бора. Магнитный момент во внешнем магнитном поле. Микрочастица во внешнем магнитном поле. Объяснение простого эффекта Зеемана. Гипотеза о спине. Опыт Штерна и Герлаха. Полный момент импульса электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий.

6. Механические моменты атомов. Правила сложения моментов. Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде. Объяснение аномального эффекта Зеемана. Сильное поле. Эффект Пашена-Бака. Экспериментальное измерение магнитных моментов атомов. Магнитный резонанс.

7. Теория периодической системы элементов. Классификация электронных состояний. Идеальная таблица элементов. Основные термы атомов. Правила Хунда. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Определение рентгеновских уровней энергии атома. Определение длин волн рентгеновских лучей.

8. Строение и свойства молекул. Молекула водорода. Природа химических сил. Валентность. Объяснения насыщения и направленности химического взаимодействия. Энергетические уровни двухатомной молекулы. Электронные, колебательные и вращательные движения. Спектры излучения.

9. Проблема определения энергетического спектра электронов в твердом теле. Приближение свободных электронов. Спектр энергий электронов. Энергия Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний. Энергетические зоны. Зонные модели проводников, диэлектриков и полупроводников. Примесные полупроводники. Проводимость в полупроводниках.

10. Опыты Резерфорда. Сечение упругого рассеяния альфа-частиц. Формула Резерфорда. Состав ядра. Массовое число масса ядра. Изотопы, изобары. Заряды ядер. Энергия связи и устойчивость ядер. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент ядра. Ядерный магнетон. Гиромагнитное соотношение. Сверхтонкая структура уровней энергии атомов.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

11. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды радиоактивности. Радиоактивные семейства. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада. Активность. Единицы измерения активности. Среднее время жизни ядра. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Свойства альфа-распада. Теория альфа-распада. Туннельный эффект. Размеры ядра. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Условия электронного, позитронного превращений и К-захвата. Характер бета-спектра. Гипотеза нейтрино. Слабое взаимодействие. Гамма-излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора и понятие о мультипольности излучения. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия электронов. Эффект Мессбауэра и его применение.
12. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения. Энергии реакции. Эндотермические и экзотермические реакции. Порог реакций. Механизмы реакции. Прямые ядерные реакции. Составное ядро. Энергетическая диаграмма реакций, протекающих через составное ядро.
13. Виды взаимодействия в природе. Основные характеристики ядерных сил. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил. Изотопический спин. Мезонная теория ядерных сил. Мю-мезоны. Пи-мезоны. Модель атомных ядер. Капельная модель ядра. Формула Вайцзекера. Модель ядерных оболочек. Коллективные свойства ядер.
14. Общее описание процесса деления. Деление ядер под действием нейтронов. Нейтроны деления. Цепная реакция деления. Коэффициент размножения нейтронов. Критическая масса. Отражатели нейтронов. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах. Роль замедлителей. Ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Гетерогенные реакторы. Управление реактором. Роль запаздывающих нейтронов. Ядерная энергетика. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Ядерные реакции на звездах. Термоядерная бомба. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
15. Основные характеристики элементарных частиц. Собственная масса. Электрический заряд. Магнитный момент. Спин. Время жизни. Барийонный заряд. Сохранение электрического и барийонного заряда. Античастицы. Изотопический спин. Сохранение изотопического спина и его проекции. Странность. Сохранение странности. Механизмы взаимодействия элементарных частиц. Виртуальные частицы. Электромагнитные взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Упругое рассеяние электронов. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барийоны и мезоны. Мультиплеты и супермультиплеты. Кварки и глюоны. Кварковая модель адронов. Новые квантовые числа элементарных частиц. Цвет, очарование и истина. Слабые взаимодействия. Мю-мезоны и тау-мезоны. Калибровочные бозоны. Нейтрино и антинейтрино. Спиральность. Лептонный заряд. Сохранение лептонных зарядов. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий.
16. Единицы измерения излучений и их воздействий на вещество. Активность. Поток. Поглощенная доза. Эквивалентная доза. Взаимодействие ионов с веществом. Неупругое (электронное) взаимодействие. Формула Бете-Блоха. Упругое (ядерное) взаимодействие. Радиационные дефекты. Пробеги ионов в веществе. Взаимодействие электронов с веществом. Взаимодействие гамма-излучения с веществом.
17. Основные характеристики детекторов. Трековые детекторы. Камера Вильсона, пузырьковая и искровая камеры. Газонаполненные детекторы. Ионизационная камера. Пропорциональный счетчик. Счетчик Гейгера. Твердотельные детекторы. Сцинтилляционный детектор гамма-излучений. Полупроводниковые детекторы частиц.
18. Электростатический ускоритель ионов. Циклические ускорители протонов. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон и синхрофазотрон. Циклические ускорители электронов. Бетатрон. Микротрон. Линейные ускорители. Ускорители на встречных пучках.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. Атомная физика			
Тема 1.1. Развитие квантовых представлений	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.3. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Основные положения квантовой механики	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.4. Атомы с одним валентным электроном	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 1.6. Механические и магнитные моменты многоэлектронных атомов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.7. Теория периодической системы элементов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.8. Строение и свойства молекул	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 1.9. Квантовые свойства твердого тела	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Раздел 2. Ядерная физика			
Тема 2.1. Основные характеристики атомных ядер	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.2. Радиоактивность	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.3. Ядерные реакции	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.4. Ядерные силы и модели атомных ядер	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.5. Деление и синтез ядер	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и	4	Тестирование

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
	информационного обеспечения дисциплины.		
Тема 2.6. Элементарные частицы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.7. Радиационные воздействия ядерных частиц	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.8. Детекторы ядерных излучений	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование
Тема 2.9. Ускорители заряженных частиц	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика : учебное пособие / Д.В. Сивухин ; Сивухин Д.В. - Москва : Физматлит, 2008. - 784 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-9221-0645-0. / .— ISBN 0_242247
2. Калашников Евгений Гаврилович. Ядерная физика твердого тела : учеб. пособие / Е.Г. Калашников, Э. Т. Шипатов. - Ульяновск : УлГУ, 2000. - 505 с. : ил. - ISBN 5-88866-072-8 (в пер.) (в суперобл.). / .— ISBN 1_43094
3. Савельев Игорь Владимирович. Курс физики : учебник для вузов : в 3 т. Т. 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. - Москва : Наука, 1989. - 301 с. : ил. - ISBN 5-02-014432-0 (в пер.). / .— ISBN 1_114317

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

дополнительная

1. Иродов Игорь Евгеньевич. Задачи по общей физике : учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. - 7-е изд., стер. - Москва : БИНОМ : Лаборатория знаний, 2007. - 431 с. : ил. - (Общая физика). - ISBN 5-94774-614-X (в пер.). / .— ISBN 1_153719
2. Курс общей физики в задачах. : задачник / В.Ф. Козлов, Ю.В. Маношкин, А.Б. Миллер [и др.] ; Козлов В.Ф.; Маношкин Ю.В.; Миллер А.Б.; Петров Ю.В.; Ромишевский Е.А.; Стасенко А.Л. - Москва : Физматлит, 2010. - 264 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112192.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-9221-1219-2. / .— ISBN 0_235849
3. Матвеев Алексей Николаевич. Атомная физика : учеб. пособие для физ. спец. вузов / А.Н. Матвеев. - Москва : Высшая школа, 1989. - 439 с. : ил. / .— ISBN 1_75527

учебно-методическая

1. Калашников Е. Г. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физика атомов и молекул» : для обучающихся по направлениям бакалавриата: 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов", 28.03.02 "Наноинженерия", 03.03.03 "Радиофизика", 03.03.02 "Физика" / Е. Г. Калашников ; УлГУ, ИФФВТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 15,2 МБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_39928.
2. Калашников Е. Г. Ядерная физика : методические указания к работам практикума по ядерной физике для обучающихся по направлениям бакалавриата: 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов", 28.03.02 "Наноинженерия", 03.03.03 "Радиофизика" / Е. Г. Калашников ; УлГУ, ИФФВТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,87 МБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_39929.
3. Василевская Т. М. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Атомная и ядерная физика» для студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 «Радиофизика» / Т. М. Василевская ; УлГУ, ИФФВТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 910 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_39701.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

- 1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Кандидат физико-математических наук	Махмуд-Ахунов Марат Юсупович
	Должность, ученая степень, звание	ФИО

