

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета  
инженерно-физического факультета  
и высоких технологий,  
от «16» июня 2020 г., протокол № 11  
Председатель \_\_\_\_\_ / А.М.Хусаинов /  
(подпись, расшифровка подписи)  
«16» июня 2020 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Физика ядра</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Кафедра	<b>Кафедра физического материаловедения</b>
Курс	<b>3</b>

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия» (бакалавриат)**  
*(код направления (специальности), полное наименование)*

Направленность (профиль/специализация): **Наноинженерия в машиностроении**  
*(полное наименование)*

Форма обучения: **очная**  
*(очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются))*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2020 г.**

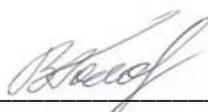
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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
Калашников Е.Г.	Кафедра физического материала- ловедения	к.ф.-м.н., доцент кафедры

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий выпускающей кафедрой физи- ческого материаловедения
 _____ / В.Н.Голованов / Подпись <span style="float: right;">ФИО</span>
« 5 » июня 2020г.

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

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цели освоения дисциплины:** Цель модуля «Общая физика» и курса «Физика ядра», в частности, состоит в формировании у студента целостной системы знаний по основам классической и современной физики, выработке навыков построения физических моделей и решения физических задач.

**Задачи освоения дисциплины:** Формирование компетенций ОПК-1, ОПК-3, ПК-3.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина "Физика ядра" (Б1.В.ОД.11) относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению 28.03.02 «Наноинженерия». Она читается во 2-ом семестре 3-ого курса и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

- Механика;
- Термодинамика и молекулярная физика;
- Электричество и магнетизм;
- Оптика;
- Математический анализ.

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- владеть методами математического анализа и векторной алгебры;
- владеть основными понятиями и законами предыдущих разделов общей физики;
- уметь пользоваться глобальными информационными ресурсами,
- владеть современными средствами телекоммуникаций,
- использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения образовательных задач.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин и блоков:

- Квантовая теория;
- Физика конденсированного состояния;
- Кристаллография, рентгенография.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<b>ОПК-1</b> Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных	<b>Знать:</b> формы и методы профессиональной коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. <b>Уметь:</b> осуществлять профессиональную коммуникацию в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.

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

знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>Владеть:</b> профессиональной коммуникацией в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.
<b>ОПК-3</b> Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<b>Знать:</b> формы и методы взаимодействия с участниками образовательного процесса и социальными партнерами. <b>Уметь:</b> взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия. <b>Владеть:</b> готовностью взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия.
<b>ПК-3</b> Проведение испытаний изделий из наноструктурированных композиционных материалов с целью выявления показателей уровня качества, функциональных потребительских свойств, брака и путей его устранения	<b>Знать:</b> основные методы наноизмерений <b>Уметь:</b> определять контролируемые параметры нанобъектов <b>Владеть:</b> методиками оценки погрешности и неопределенности измерений параметров нанобъектов

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 6 ЗЕТ

##### 4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения- очная)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		6	7	8
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	90/90	90/90		
Аудиторные занятия:	90/90	90/90		
лекции	30/30	30/30		
Семинары и практические занятия	30/30	30/30		
Лабораторные работы, практикумы	30/30	30/30		
Самостоятельная работа	90/90	90/90		
Форма текущего контроля знаний и контроля	Контрольные работы (2), допуск к выпол-	Контрольные работы (2), допуск к выполне-		

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

самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др.(не менее 2 видов)	нению лаб. работы.	нию лаб. работы.		
Курсовая работа	Не предусмотр.	Не предусмотр.		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачёт по лаб практикуму; Экзамен (36/36)	Зачёт по лаб практикуму; Экзамен (36/36)		
Всего часов по дисциплине	216/216	216/216		

\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) 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	
<i>Раздел 1. Основные характеристики атомных ядер</i>							
1.1.Размеры ядер. Методы определения размеров ядра.	6	2	2			2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
1. 2. Заряды ядер. Опыты Чедвика по определению заряда ядра.	4	1	1			2	
1.3.Методы определения масс ядер. Состав ядра	3	1	1			1	
1.4.Энергия связи и устойчивость ядер.	3	1	1			1	
1.5. Спин и магнитный	2,25	0,25	1			1	

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

момент ядра.							
1.6. Электрический квадрупольный момент ядра.	2,5	0,25	0,25			2	
1.7. Четность состояний.	2,25	0,25				2	
<i>Раздел 2. Радиоактивность.</i>							
2.1. Виды радиоактивности. Закон радиоактивного распада	12	2	2	6		2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
2.2. Альфа-распад ядер.	12	1	1	8		2	
2.3. Бета-распад ядер.	10	1	1	6		2	
2.4. Гамма-излучение ядер. Эффект Мессбауэра	14	1,25	1,75	8		4	
<i>Раздел 3. Ядерные реакции.</i>							
3.1. Законы сохранения. Энергии реакции.	5	1	2			2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
3.2. Механизмы реакции.	3	1				2	
3.3. Сечение реакции.	3	1				2	
3.4. Реакции под действием протонов и др. частиц.	4	1				4	
3.5. Получение трансурановых элементов.	3	1				2	
<i>Раздел 4. Ядерные силы и модели атомных ядер.</i>							
4.1. Изотопический спин. Мезонная теория ядерных сил.	3	1				2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
4.2. Модели атомных ядер. Капельная мо-	6	1	1			4	

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

дель ядра. Модель Ферми-газа.							
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

**Раздел 5. Деление и синтез ядер.**

5.1.Цепная реакция деления. Коэффициент размножения нейтронов. Критическая масса.	6	1	1			4	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
5.2.Ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Гетерогенные реакторы.	6	1	1			4	
5.3.Синтез легких ядер. Термоядерные реакции.	6	1	1			4	

**Раздел 6. Элементарные частицы.**

6.1.Основные характеристики элементарных частиц.	5	1	2			2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, экзамен
6.2.Механизмы взаимодействия элементарных частиц.	6	1	1			4	
6.3.Электромагнитные взаимодействия.	3		1			2	
6.4.Сильные взаимодействия	4	1	1			2	
6.5.Слабые взаимодействия	6	1	1			4	
6.6.Объединение взаимодействий.	4	1	1			2	

**Раздел 7. Радиационные воздействия ядерных части**

7.1. Единицы измерения излучений	3		1			2	Контрольные работы (2), допуск к
7.2. Взаимодействие ионов	7		1	2		4	

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

с веществом.							выполнению лаб. работ, экзаменов
7.3. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.	3		1			2	

**Раздел 8. Ускорители заряженных частиц.**

8.1. Электростатический ускоритель ионов.	4	1	1			2	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работ, экзаменов
8.2. Циклические ускорители протонов.	6	1	1			4	
8.3. Циклические ускорители электронов.	6	1	1			4	
8.4. Линейные ускорители..	1		1				
8.5. Ускорители на встречных пучках.	6	1	1			4	
Итого:	180	30	30	30		90	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Раздел 1. Основные характеристики атомных ядер.

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

### Раздел 2. Радиоактивность.

- 2.1. Естественная и искусственная радиоактивность. Виды радиоактивности. Радиоактивные семейства. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада. Активность. Единицы измерения активности. Среднее время жизни ядра.
- 2.2. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Свойства альфа-распада. Теория альфа-распада. Туннельный эффект. Размеры ядра.
- 2.3. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Условия электронного, позитронного превращений и К-захвата. Характер бета-спектра. Гипотеза нейтрино. Слабое взаимодействие.

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

стве. Несохранение четности при бета-распаде. CP-инвариантность. Законы сохранения и правила отбора в бета-распаде.

2.4. Гамма-излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора и понятие о мультипольности излучения. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия электронов. Эффект Мессбауэра и его применение.

### **Раздел 3. Ядерные реакции.**

3.1. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения. Энергии реакции. Эндотермические и экзотермические реакции. Порог реакций.

3.2. Механизмы реакции. Прямые ядерные реакции. Составное ядро. Энергетическая диаграмма реакций, протекающих через составное ядро. Порог реакции.

3.3. Сечение реакции. Функция возбуждения реакции. Уровни составного ядра. Резонансные реакции. Формула Брейта-Вигнера.

3.4. Реакции под действием альфа-частиц, протонов, дейтронов, нейтронов. Фото-ядерные реакции. Особенности реакции под действием легких ионов.

3.5. Получение трансурановых элементов.

### **Раздел 4. Ядерные силы и модели атомных ядер.**

4.1. Виды взаимодействия в природе. Основные характеристики ядерных сил. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил. Изотопический спин. Мезонная теория ядерных сил. Мю-мезоны. Пи-мезоны.

4.2. Модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера. Модель ядерных оболочек. Коллективные свойства ядер.

### **Раздел 5. Деление и синтез ядер.**

5.1. 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.

5.2. Роль замедлителей. Ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Гетерогенные реакторы. Управление реактором. Роль запаздывающих нейтронов. Ядерная энергетика.

5.3. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Ядерные реакции на звездах. Термоядерная бомба. Проблема управляемого термоядерного синтеза.

### **Раздел 6. Элементарные частицы.**

6.1. 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.

6.2 Механизмы взаимодействия элементарных частиц. Виртуальные частицы.

6.3. Электромагнитные взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Упругое рассеяние электронов.

6.4. 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.

6.5. Слабые взаимодействия. Мю-мезоны и тау-мезоны. Калибровочные бозоны. Нейтрино и антинейтрино. Спиральность. Лептонный заряд. Сохранение лептонных зарядов. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.

6.6. Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант

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

взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий.

### **Раздел 7. Радиационные воздействия ядерных частиц**

7.1. Единицы измерения излучений и их воздействий на вещество. Активность. Поток. Поглощенная доза. Эквивалентная доза.

7.2. Взаимодействие ионов с веществом. Неупругое (электронное) взаимодействие. Формула Бете-Блоха. Упругое (ядерное) взаимодействие. Радиационные дефекты. Пробеги ионов в веществе. Взаимодействие электронов с веществом.

7.3. Взаимодействие гамма-излучения с веществом.

### **Раздел 8. Детекторы ядерных излучений**

8.1. Основные характеристики детекторов. Трековые детекторы. Камера Вильсона, пузырьковая и искровая камеры.

8.2. Газонаполненные детекторы. Ионизационная камера. Пропорциональный счетчик. Счетчик Гейгера.

8.3. Твердотельные детекторы. Сцинтилляционный детектор гамма-излучений. Полупроводниковые детекторы частиц.

### **Раздел 9. Ускорители заряженных частиц.**

9.1. Электростатический ускоритель ионов.

9.2. Циклические ускорители протонов. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон и синхрофазотрон.

9.3. Циклические ускорители электронов. Бетатрон. Микротрон.

9.4. Линейные ускорители.

9.5. Ускорители на встречных пучках.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Рассеяние частиц на ядрах. Формула Резерфорда.

2. Закон радиоактивного распада. Активность.

3. Альфа-распад.

4.  $\beta^-$  и  $\beta^+$ -распады. К-захват.

5. Гамма-излучение ядер.

6. Ядерные реакции.

7. Активация образцов под действием нейтронов.

8. Деление ядер под действием нейтронов.

9. Термоядерный синтез.

Задачи берутся из соответствующих разделов сб. задач И.Е. Иродова.

## **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **Работа 1. ИОНИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ**

### **ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. СНЯТИЕ РАБОЧЕЙ**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЕТЧИКА ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА**

Цель работы: Изучение процессов, происходящих в газе под действием ионизирующего излучения в присутствии постоянного электрического поля; принципов действия газонаполненных счетчиков частиц; снятие рабочей (счетной) характеристики счетчика Гейгера-

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

Мюллера.

Оборудование: 1. Блок детектирования БЛБДБ2-02; 2. Прибор счетный ПС02-5; 3. Источник высоковольтный БНВ-30-01; 4. Источник низковольтный 591-89; 5. Источник бета-излучения.

**Работа 2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ЧАСТИЦ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПРИБОРОМ**

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

Оборудование: 1. Блок детектирования БЛБДБ2-02; 2. Прибор счетный ПС02-5; 3. Источник высоковольтный БНВ-30-01; 4. Источник низковольтный 591-89; 5. Источник бета-излучения.

**Работа 3. ИЗМЕРЕНИЕ ПРОБЕГОВ АЛЬФА-ЧАСТИЦ В ВЕЩЕСТВЕ**

Цель работы: Ознакомление с процессами взаимодействия заряженных частиц с веществом; измерение пробегов альфа-частиц в воздухе.

Приборы и принадлежности: 1. Блок детектирования типа БДБСЗ-1еМ с детектором альфа-излучения; 2. Блок высокого напряжения БНВ-30-01; пересчетный прибор ПС02-5. 3. альфа-источник.

**Работа 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ БЕТА-СПЕКТРА**

Цель работы: 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.

Приборы и принадлежности: 1. Сцинтилляционный измерительный зонд 72013; 2. Радиометр Robotron 20046; 3. Набор поглотителей из Al различной толщины; 4. Радиоактивный препарат  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ .

**Работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ МЕТОДОМ ПОГЛОЩЕНИЯ**

Цель работы: Ознакомление с процессами взаимодействия гамма-квантов с веществом. Экспериментальное исследование процесса ослабления интенсивности пучка гамма-квантов после прохождения через поглотители различного состава и толщины. Определение энергии монохроматического гамма-излучения по коэффициенту поглощения в Al, Cu, Pb.

Приборы и принадлежности: 1. Блок детектирования типа БДБСЗ-1еМ со сцинтилляционным счетчиком гамма-излучения; 2. Радиометр «Robotron 20046»; 3. Свинцовый блок – коллиматор; 4. Набор поглотителей из Al, Cu и Pb различной толщины; 5. Источник гамма-излучения.

**Работа 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ БЕТА-ПРЕПАРАТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ПОЛУРАСПАДА ДОЛГОЖИВУЩЕГО ИЗОТОПА**

Цель работы: Ознакомление с явлением радиоактивности, типами распадов и законом радиоактивного распада. Ознакомление с методами измерения активности бета-активных препаратов и периода полураспада. Определение активности бета-источника и периода полураспада изотопа  $^{40}\text{K}$ .

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

Приборы и принадлежности: 1. Бета-радиометр РУБ-01П; 2. Поглотитель из алюминия; 3. Радиоактивный препарат (соль калия КВr).

### **Работа 7. ДОЗИМЕТРИЯ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ/**

Цель работы: ознакомление с основными понятиями, определениями и единицами измерения, используемыми в дозиметрии ядерных излучений; ознакомление с дозиметрическими приборами; оценка активности радиоактивного препарата по мощности дозы.

Оборудование: 1. Радиометр-дозиметр МКС-01Р-01; 2. Дозиметр ДРГ-05М; 3. Дозиметр носимый ДКС-0,4; 4. Источник ионизирующего излучения  $^{137}\text{Cs}$  или  $^{60}\text{Co}$ ; 5. Линейка.

Описание работ и методические рекомендации по их выполнению содержатся в методических пособиях:

1. Е.Г. Калашников. Ядерная физика. УлГУ, 2000. – 98с.
2. К.Н. Андреевский, Е.Г. Калашников. Методы детектирования ионизирующих излучений. УлГУ, 2004. – 83с.

## **8.ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

Курсовые работы и рефераты по курсу Физика ядра не предусмотрены.

### **Контрольные вопросы (к работе 1):**

1. Какие элементарные процессы происходят в газе под действием заряженных частиц при наличии электрического поля?
2. Из каких соображений выбирают газ для газовых счетчиков?
3. Как объясняется характер ВАХ газовых счетчиков?
4. Для каких целей применяют ионизационные камеры, пропорциональные и гейгеровские счетчики?
5. Что дает счетная характеристика? Чем определяется величина порогового напряжения?
6. Что такое «мертвое время» счетчика и разрешающая способность?
7. Как восстанавливается чувствительность рабочего объема счетчика?

### **Контрольные вопросы (к работе 2):**

1. Охарактеризуйте биномиальное распределение.
2. В каких ситуациях применимо распределение Пуассона? Какие параметры характеризуют это распределение? Чем определяется среднеквадратичная ошибка этого распределения?
3. Охарактеризуйте нормальное распределение. Какова вероятность попадания значения измеряемой величины в интервал  $(m-\sigma, m+\sigma)$  ?
4. Как определяется доверительный интервал измерений?
5. Что такое коэффициент надежности?
6. Чем определяется уровень значимости?

### **Контрольные вопросы (к работе 3):**

1. На какое расстояние приблизится  $\alpha$ -частица с кинетической энергией 4 МэВ к ядру

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

при лобовом соударении?

2. Как выводится формула Бете-Блоха?
3. Чем определяется разброс энергетических потерь ионов в веществе?
4. Чем определяется величина пробега  $\alpha$ -частицы в веществе? Что такое средний и экстраполированный пробег?
5. В чем особенность понятия массового пробега?

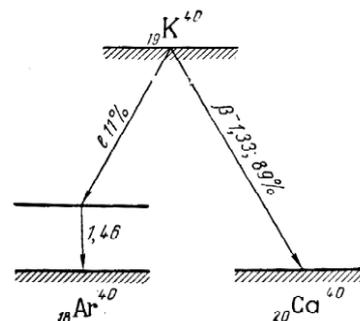
#### Контрольные вопросы и задачи (к работе 4):

1. Вычислите верхнюю границу  $\beta$ -спектра распада  $^{137}_{55}\text{Cs}$ , учитывая, что дочернее ядро  $^{137}_{56}\text{Ba}$  образуется в возбужденном состоянии и энергия излучаемых им  $\gamma$ -квантов равна 0,67 МэВ.

2. Электрон с энергией 1 МэВ имеет в алюминии пробег 1,5мм. Оценить его пробеги в воздухе, воде и свинце.

3. Найти верхнюю границу возраста Земли, исходя из предположения, что весь присутствующий на Земле аргон произошел из калия путем  $e$ -захвата (см. схему распада калия-40). В настоящее время на 300 атомов аргона приходится один атом калия.

4. Определить энергию отдачи ядра лития, образующегося в основном состоянии в результате  $e$ -захвата из ядра  $^7_4\text{Be}$ .



#### Контрольные вопросы и задачи (к работе 5):

1. После  $\beta$ -распада  $^{60}_{27}\text{Co}$  испускаются два каскадных  $\gamma$ -кванта с энергиями 1,17 и 1,33 МэВ. Определите соотношение интенсивностей этих  $\gamma$ -квантов после прохождения слоя свинца толщиной 5 см.

2. Пучок монохроматических  $\gamma$ -квантов, проходя через слой свинца толщиной 5 см, ослабляется в 20 раз. Найдите толщину слоев: а) алюминия, б) меди, дающую такое же ослабление интенсивности  $\gamma$ -излучения.

3. Массовый коэффициент поглощения фотонов с энергией 50 кэВ в свинце равен 8 см<sup>2</sup>/г. Сечение комптоновского рассеяния фотонов этой энергии на электроны  $6,4 \cdot 10^{-25}$  см<sup>2</sup>. Найдите сечение фотоэлектрического поглощения.

4. Линейный коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения с энергией 0,5 МэВ в свинце 1,65 см<sup>-1</sup>, в алюминии – 0,223 см<sup>-1</sup>. Найдите эффективное сечение фотоэлектрического поглощения в свинце.

#### Контрольные вопросы (к работе 6):

1. Охарактеризуйте известные Вам виды радиоактивности.
2. Расскажите о законе радиоактивного распада.
3. Что такое активность и удельная активность?
4. В чем смысл поправок: на разрешающее время счетчика; на телесный угол; на фон; на самопоглощение в препарате?
5. Как обеспечить заданную статистическую погрешность измерений?
6. Как определить удельную активность радиоизотопа, если измерена активность препарата?
7. Как определить период полураспада радиоизотопа, если измерена активность препа-

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

рата.

8. Вычислите активность тела человека массой 70 кг, если известно, что массовая доля природного калия в организме человека составляет 0,002.

### Контрольные вопросы (к работе 7):

1. Каковы механизмы передачи энергии веществу от потока заряженных частиц; от потока  $\gamma$ -квантов?
2. Что такое активность источника ИИ, плотность потока и интенсивность излучения?
3. Дайте определения экспозиционной, поглощенной, эквивалентной и эффективной доз и единиц их измерения.

### Тексты контрольных работ. Билеты контрольной работы (примеры):

#### Билет N 4

1. Скорость образования радиоизотопа  $^{124}\text{Sb}$   $\lambda = 10^9$  ядер в секунду. С периодом полураспада  $T = 60$  дней он превращается в стабильный изотоп  $^{124}\text{Te}$ . Определить, какая масса изотопа  $^{124}\text{Te}$  накопится в препарате через  $t = 4$  мес. после начала его образования.

2. Считая, что средняя энергия электронов бета-распада ядер  $^{206}\text{Tl}$  равна приблизительно  $1/3$  энергии распада, оценить среднюю энергию антинейтрино в данном процессе. Масса атома  $^{206}\text{Tl}$  равна 205,97608 а.е.м.

3. Относительная ширина гамма-линии Мессбауэра для Fe равна  $3 \cdot 10^{-13}$ . На какую высоту от поверхности Земли необходимо поднять источник, чтобы при регистрации на уровне поверхности Земли «красное смещение» линии Мессбауэра превосходила ширину этой линии.

4. Вычислить пороговую кинетическую энергию нейтрона в реакции  $^{170}\text{O}(n, \alpha)^{14}\text{C}$ .

#### Билет N 5

1. Радиоизотоп  $^{32}\text{P}$ , период полураспада которого  $T = 14,3$  суток, образуется в ядерном реакторе со скоростью  $\lambda = 2,7 \cdot 10^9$  ядер/с. Через сколько времени его активность станет  $A = 7,0 \cdot 10^9$  Бк?

2. Найти кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра  $^{13}\text{N}$ , если энергия позитрона максимальна.

3. Известно, что резонансное поглощение гамма-квантов с энергией 129 кэВ, испускаемых ядрами  $^{191}\text{Ir}$ , практически полностью исчезает при относительной скорости источника и поглотителя, равной 2 см/с. Оценить ширину и время их жизни в этом состоянии.

4. Вычислить пороговую кинетическую энергию альфа-частиц в реакции  $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$ .

#### Билет N 6

1. При изучении бета-распада  $^{23}\text{Mg}$  в момент  $t = 2,0$  с счетчик зарегистрировал  $N_1$  бета-частиц, а к моменту  $t_2 = 3t_1$  в 2,66 раз больше. Найти среднее время жизни данных ядер.

2. Найти кинетическую энергию протона, возникающего при бета-распаде нейтрона, если энергия электрона максимальна.

3. На какую высоту необходимо поднять источник гамма-квантов с ядрами  $^{67}\text{Zn}^*$  чтобы при регистрации на поверхности Земли гравитационное смещение линии превзошло ее ширину? Энергия гамма-квантов 93 КэВ, а среднее время жизни возбужденного состояния  $\tau = 14$  мкс.

4. Вычислить пороговую кинетическую энергию нейтрона в реакции  $^{12}\text{C}(n, \alpha)^9\text{Be}$ .

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

### Билет N 5

1. Радиоизотоп  $^{32}\text{P}$ , период полураспада которого  $T=14,3$  суток, образуется в ядерном реакторе со скоростью  $q=2,7 \cdot 10^9$  ядер/с. Через сколько времени его активность станет  $A=7,0 \cdot 10^9$  Бк?

2. Найти кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра  $^{13}\text{N}$ , если энергия позитрона максимальна.

3. Известно, что резонансное поглощение гамма-квантов с энергией 129 кэВ, испускаемых ядрами  $^{191}\text{Ir}$ , практически полностью исчезает при относительной скорости источника и поглотителя, равной 2 см/с. Оценить ширину и время их жизни в этом состоянии.

4. Вычислить пороговую кинетическую энергию альфа-частиц в реакции  $^7\text{Li}(a,n)^{10}\text{B}$ .

### 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ:

1. Опыты Резерфорда. Сечение упругого рассеяния альфа-частиц. Формула Резерфорда.

2. Сечения взаимодействия. Размеры ядер. Методы определения размеров ядер.

3. Заряды ядер. Опыты Чедвика по определению заряда ядра. Опыты Мозели.

4. Массы ядер. Методы измерения масс ядер.

5. Открытие нейтронов. Масса нейтрона. Состав ядра. Массовое число и масса ядра. Изотопы, изобары.

6. Энергия связи и устойчивость ядер. Удельная энергия связи и ее зависимость от атомного номера. Стабильные и радиоактивные ядра.

7. Спин и магнитный момент ядра. Ядерный магнетон. Гиромагнитное отношение. Методы определения спина ядра. Сверхтонкая структура уровней энергии атомов.

8. Измерение магнитного момента ядер методом ЯМР.

Электрический квадрупольный момент ядра. Форма ядер.

9. Четность состояний. Закон сохранения четности.

10. Виды радиоактивности. Радиоактивные семейства. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада.

Активность. Единицы измерения активности. Среднее время жизни ядра.

11. Альфа-распад. Спектры альфа-частиц. Теория альфа-распада. Туннельный эффект.

12. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Условия электронного и позитронного превращений и К-захвата. Характер бета-спектра. Гипотеза нейтрино. Законы сохранения при бета-распаде.

13. Гамма-излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора и понятие о мультипольности излучения. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия электронов.

14. Эффект Мессбауэра и его применение.

15. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения. Энергия реакции. Энергетическая диаграмма реакций, протекающих через составное ядро. Порог реакции.

16. Механизмы реакции. Прямые ядерные реакции и реакции, протекающие через составное ядро. Резонансные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Уровни составного ядра.

17. Реакции под действием альфа-частиц, протонов, дейтронов, нейтронов. Особенности реакций под действием лёгких ионов. Получение трансурановых элементов.

18. Фотоядерные реакции.

19. Реакции под действием нейтронов.

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

- Получение трансураниевых элементов.
20. Виды взаимодействий в природе. Основные характеристики ядерных сил. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил. Изотопический спин.
  21. Мезонная теория ядерных сил. Мю-мезоны. Пи-мезоны.
  22. Модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера.
  23. Модели ядер. Модель Ферми-газа.
  24. Общее описание процесса деления. Деление ядер под действием нейтронов. Нейтроны деления. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах. Коэффициент размножения нейтронов. Критическая масса. Отражатели нейтронов.
  25. Гомогенные ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Роль замедлителей. Зависимость критической массы от степени обогащения урана. Реакторы на природном уране. Гетерогенные реакторы.
  26. Управление реактором. Роль запаздывающих нейтронов. Ядерная энергетика.
  27. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Ядерные реакции в недрах звезд. Термоядерная бомба. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
  28. Элементарные частицы. Основные характеристики элементарных частиц. Типы частиц. Сохранение электрического и барионного заряда.
  29. Нейтрино и антинейтрино. Спиральность. Лептонный заряд. Сохранение лептонных зарядов.
  30. Изотопическая инвариантность. Мультиплеты. Формула Гелл-Манна-Нишиджиммы. Сохранение изотопического спина и его проекции. Странность. Сохранение странности. Супермультиплеты.
  31. Кварковая модель адронов. Цвет, очарование и истина.
  32. Циклические ускорители протонов. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон и синхрофазотрон.
  33. Циклические ускорители электронов. Бетатрон. Микротрон.
  34. Линейные ускорители.
  35. Ускорители на встречных пучках.

## 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.)
По всем темам семинарских занятий	Проработка учебного материала, решение задач, контрольная работа, подготовка к сдаче экзамена и др.)	36	КР и экзамен
По всем работам практику-	Подготовка к выполнению работы	36	Сдача допуска к выполнению

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

ма			работы
----	--	--	--------

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### Основная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики : учеб. пособие для физ. спец. вузов : в 5 т. Т. 5, ч. 2 : Атомная и ядерная физика. Ядерная физика / Сивухин Дмитрий Васильевич. - Москва : Наука, 1989. - 415 с.
2. Широков Ю.М. Ядерная физика : учеб. пособие для физ. спец. вузов / Широков Юрий Михайлович, Н. П. Юдин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Наука, 1980. - 727 с.
3. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : учеб. пособие для физ. спец. вузов / Иродов Игорь Евгеньевич. - Москва : Высшая школа, 1991. - 175 с

#### Дополнительная литература:

1. Калашников Е.Г. Ядерная физика твердого тела : учеб. пособие / Калашников Евгений Гаврилович, Э. Т. Шипатов. - Ульяновск : УлГУ, 2000. - 505 с. 2.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика : в 2 кн. Кн. 1 : Физика атомного ядра, ч. 1: Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений / Мухин Константин Никифорович. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1993. - 376 с.

#### Учебно-методическая литература:

1. 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. - Ульяновск : УлГУ, 2019. Режим доступа - <http://lib.ulsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/6362>
2. Андреевский К. Н. Методы детектирования ионизирующих излучений : метод. указания к работам лаб. практикума по курсу "Радиационная экология" / К. Н. Андреевский, Е. Г. Калашников. - Ульяновск : УлГУ, 2004. - 86 с.

Согласовано:

*И. И. Библиотечник* 0017 № 1 | *Чашкина С. Ф.* | *С. М.* |  
 Должность сотрудника научной библиотеки | ФИО | подпись | дата

### б) программное обеспечение:

Не предусмотрено

### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

#### 1. Электронно-библиотечные системы:

- 1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа

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

- компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.
- 1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
  - 1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.
  - 1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. – С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.
  - 1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.
  2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].
  3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.
  4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.
  5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека/ ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.
  6. **Федеральные информационно-образовательные порталы:**
    - 6.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru). Режим доступа: <http://window.edu.ru>.
    - 6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.
  7. **Образовательные ресурсы УлГУ:**
    - 7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.
    - 7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.
  8. **Профессиональные информационные ресурсы:**
    - 8.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eur.ru>.
    - 8.2. Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа: <http://www.stq.ru>.
    - 8.3. Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.
    - 8.4. Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.

Согласовано:

зам.кан. УИТиТ | Ключнев А.В. | [Подпись]

Должность сотрудника УИТиТ

ФИО

подпись

дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской.

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

Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления 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.

### **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

  
\_\_\_\_\_

подпись

доцент кафедры ФМ, к.ф.-м.н. Е.Г.Калашников

должность ФИО