

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

ядерной физики



Кадменский С.Г.

01.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.23 Физика атомного ядра и элементарных частиц

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация: Базовая часть (все профили)

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики

6. Составители программы: к.ф.м.н., доцент Титова Лариса Витальевна

7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол № 5 от 25.05.2023г.

8. Учебный год: 2025-2026

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- Ознакомление с современными представлениями физики атомного ядра и элементарных частиц.
- получение базовых знаний по теории атомного ядра и частиц.
- привитие навыков решения прикладных задач.

Задачи учебной дисциплины:

- научить студента принципам научного мышления в ведущей науке естествознания - физике, в которой открываются и используются в прикладных исследованиях фундаментальные законы природы.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к базовой части блока Б1, входит в состав предметного модуля «Общая физика». Она базируется на предшествующих предметных модулях «Математика», "Общая физика". Для освоения курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц» особенно необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении таких дисциплин, как «Теоретическая механика и механика сплошных сред», «Электродинамика». Дисциплина является предшествующей для дисциплин «Ядерные модели», «Моделирование ядерно-физических процессов», «Альфа-, бета-, гамма-спектроскопия».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.4	Решает типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированных в рамках базовых дисциплин естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	Знать: основы физико-математических и естественных наук Уметь: применять полученные знания в своей профессиональной деятельности
		ОПК-1.5	Умеет использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Владеть: базовыми экспериментальными и теоретическими методами исследований
		ОПК-1.6	Владеет навыками использования знаний о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук при решении практических задач, структурирования естественно- научной информации	
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1	Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	Знать: принципы проведения научных исследований физических объектов, систем и процессов Уметь: представлять результаты научных исследований
		ОПК-2.2	Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные	Владеть: методами обработки

			данные для получения обоснованных выводов	экспериментальных данных	
--	--	--	---	--------------------------	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 6/216.

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		6	
Аудиторные занятия			
в том числе:			
лекции	42	42	
практические	28	28	
лабораторные	56	56	
Самостоятельная работа	40	40	
Форма промежуточной аттестации			
зачет	15	15	
экзамен	25	25	
Итого:	216	216	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение	Сохранение качества. Квантовая лестница Вайскопфа. Характерные размерные параметры ядерной физики.	
1.2	Основные свойства атомных ядер	Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размеры атомных ядер. Опыты Хоффштадтера.	
1.3	Капельная модель атомного ядра	Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.	
1.4	Статические свойства атомных ядер	Электрические и магнитные моменты ядер. Квадрупольные моменты атомных ядер. Форма ядер. Дипольные моменты ядер. Магнитные дипольные моменты ядер. Ядерный магнитный резонанс и его применение. Четность. Несохранение четности. Статистика атомных ядер.	

1.5	Вращение ядер.	Моменты инерции.	
1.6	Модели атомного ядра.	Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра. Коллективные колебания, а атомных ядрах. Спаривание нуклонов в атомных ядрах. Сверхтекучесть.	
1.7	Взаимодействие излучения с веществом.	Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.	
1.8	Радиоактивные распады атомных ядер.	Альфа-распад. Законы сохранения при альфа-распаде ядер. Теории альфа-распада. Бета-распад атомных ядер. Классификация. Законы сохранения при бета-распаде ядер. Электронные спектры. Гамма-распад атомных ядер. Законы сохранения при гамма-распаде ядер. Длинноволновое приближение. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра. Деление атомных ядер. Изомеры формы.	
1.9	Понятие о ядерных силах и их основные свойства	Понятие о ядерных силах и их основные свойства: короткодействие, зарядовая независимость, зависимость от ориентации спинов и орбитальных моментов нуклонов, свойство насыщения, нецентральный и обменный характер. Теория Юкавы, взаимопревращаемость нуклонов. Нейтрино. Мезоны. Обменное взаимодействие нуклонов в ядре. Основные схемы обмена виртуальными мезонами между нуклонами в ядре. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада, период полураспада, время жизни радиоактивного вещества.	
1.10	Основы физики элементарных частиц.	Частицы и античастицы. Характеристики и свойства лептонов. Основные пути распада нестабильных лептонов. Кварки, их физические характеристики, Адроны, кварковая модель адронов. Заключение. Некоторые современные научные данные об истории развития Вселенной и возможных механизмах рождения ядер различных химических элементов.	
1.11	Основы ядерной энергетики.	Цепная реакция деления. Замедление и диффузия нейтронов в веществе. Ядерные реакторы.	
2. Практические занятия			
2.1	Основные свойства атомных ядер.	Характерные размерные параметры ядерной физики.	

	Капельная модель атомного ядра	Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размеры атомных ядер. Энергия связи атомного ядра. Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.	
2.2	Модели атомного ядра.	Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра. Коллективные колебания, а атомных ядрах. Спаривание нуклонов в атомных ядрах. Сверхтекучесть.	
2.3	Взаимодействие излучения с веществом.	Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.	
2.4	Радиоактивные распады атомных ядер.	Закон радиоактивного распада. Активность. Альфа-распад. Законы сохранения при альфа-распаде ядер. Теории альфа-распада. Бета-распад атомных ядер. Классификация. Законы сохранения при бета-распаде ядер. Электронные спектры. Гамма-распад атомных ядер. Законы сохранения при гамма-распаде ядер.	
2.5	Ядерные реакции	Экзогенные и эндогенные ядерные реакции. Упругие столкновения ядер. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Диаграммы импульсов в ядерных реакциях. Расчет сечений ядерных реакций.	
2.6	Основы ядерной энергетики.	Цепная реакция деления. Замедление и диффузия нейтронов в веществе. Ядерные реакторы.	

3. Лабораторные занятия

3.1	Статистические характеристики потока	
3.2	Излучения	
3.3	Космическое излучение	
3.4	Взаимодействие гамма - излучения с веществом	
3.5	Определение периода полураспада долгоживущего изотопа калия	
3.6	Определение максимальной энергии бета - спектра	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практи- ческие	Лабо- ратор- ные	Самосто- тельная ра- бота	Все го
1	Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.	1	1		1	3
2	Сохранение качества. Квантовая лестница Вайскопфа. Характерные размерные параметры ядерной физики.	2	1	2	2	7
3	Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер.	2	1	4	1	8
4	Размер атомных ядер. Опыты Хофштадтера.	1	1	3	1	6
5	Электрические и магнитные моменты ядер. Квадрупольные моменты атомных ядер. Форма ядер. Дипольные моменты ядер. Магнитные дипольные моменты ядер. Ядерный магнитный резонанс и его применение.	2	1	4	2	9
6	Четность. Несохранение четности.	1	1	4	1	7
7	Статистика атомных ядер.	2	1	4	1	8
8	Вращение ядер. Моменты инерции.	2	1	2	1	6
9	Взаимодействие излучения с веществом. Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.	3	2	4	2	11
10	Классификация элементарных частиц. Кварки и глюоны. Виды взаимодействий в природе. Цвет.	2	1	4	2	9
11	Альфа-распад атомных ядер. Законы сохранения при альфа-распаде ядер. Теории альфа-распада.	2	2	5	3	12
12	Спаривание нуклонов в атомных ядрах. Сверхтекучесть.	2	2		2	6
13	Бета-распад атомных ядер. Классификация. Законы сохранения при бета-распаде ядер. Электронные спектры.	2	2	5	2	11

14	Гамма-распад атомных ядер. Законы сохранения при гамма-распаде ядер. Длинноволновое приближение. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра.	3	2	5	3	13
15	Деление атомных ядер. Изомеры формы.	2	1		2	5
16	Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа.	2	1		1	4
17	Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра.	2	2		2	6
18	Коллективные колебания атомных ядрах.	2	1		2	5
19	Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Сечение ядерной реакции. Классификация ядерных реакций.	3	2	5	3	13
20	Ядерные силы. Теория Юкавы.	2	1		3	6
21	Основы ядерной энергетики. Замедление нейтронов в веществе. Ядерные реакторы.	2	1	5	3	11
	Итого:	42	28	56	40	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

На практических занятиях необходимо уметь решать задачи и анализировать решение, на устных опросах обучаемый должен уметь демонстрировать полученные на лекциях и практических занятиях знания, умения и навыки, отвечать на поставленные вопросы, поддерживать дискуссию по существу вопроса.

Подготовку к лабораторным занятиям следует проводить с использованием учебнометодических пособий по лабораторным работам, перед проведением измерений ознакомиться с методами их проведения, представить результаты измерений в наглядной форме, сделать выводы по результатам выполнения лабораторной работы, оформить отчет.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины <https://edu.vsu.ru>**а) основная литература:**

№ п/п	Источник
1	И.В. Ракобольская. Ядерная физика — Изд. 3-е, перераб. — Москва: URSS, 2014.— 241 с.
2	Детлаф А. А. Курс физики: [учеб. пособие для студ. втузов] / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. — 10-е изд., стер. — Москва: Издательский центр "Академия", 2015.— 719, [1] с. (20 шт.)
3	Михайлов М. А. Ядерная физика и физика элементарных частиц: учебное пособие : в 2-х ч, Ч. 1. Физика атомного ядра/ М. А.Михайлов .— М.: Прометей, 2011.— 94 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru »

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Ишханов Б. С. Частицы и атомные ядра : учебник по дисциплине "Физика атом. ядра" для студ. вузов, обуч. по специальностям 010701 - "Физика", 010705 - "Физика атом. ядра и частиц" и направлению 010700 - "Физика" / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— Изд. 2-е, испр. и доп. — М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2007 .— 581 с.
5	Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц/ И.М.Капитонов.— Издательство "Физматлит", ISBN: 978-5-9221-1250-5, 2010.— 512 с. // Издательство «Лань»: электроннобиблиотечная система.— URL: https://e.lanbook.com/book/2189#book_name .
6	Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. 7-е изд, стер./ К.Н. Мухин.— Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-0739-2. // Издательство «Лань»: электроннобиблиотечная система.— URL: https://e.lanbook.com/book/277#book_name .
7	Современная философия науки. Христоматия. М: Логос, 1996.
8	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т.
9	Ю. М. Широков, Н. П.Юдин. Ядерная физика. М: Наука, 1972
10	М. Боулер. Гравитация и относительность. М: Мир, 1979.
11	Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер / А.Б. Мигдал .— 2-е изд., перераб. и допол. — М. : Наука, 1983 .— 429, с.
12	Пайерлс П.Е. Квантовая теория твердых тел / П.Е. Пайерлс.— М. : Изд.-во иностр. лит., 1956. — 258 с.
13	В. В. Свиридов. Эволюция естественнонаучной картины мира. Издат. Воронежского Пед. Инст. 1994.
14	В. С. Барашенков. Вселенная в электроне. М: Детская литература, 1988.
15	П. Л. Капица. Эксперимент, теория, практика. М: Наука, 1974.
16	Д. Гудинг и Д. Леннокс. Мировоззрение. Изд. «Норд», Ярославль, 2001.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет) *:

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru
2.	Электронные ресурсы по физике American Physical Society. – <URL: http://publish.aps.org >
3.	Ишханов, Э.И. Кэбин "Физика ядра и частиц. XX век" М., Изд-во Московского университета. 2000. В Web-версии учтены современные ядерные данные. Публикацию подготовил Э.Кэбин. http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 03.03.02, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий:
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины - Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla Firefox.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 428
Учебная аудитория для проведения семинарских, практических занятий, лаборатория физики атомного ядра и элементарных частиц: Установка для регистрации альфа-излучения различных источников (измерений скорости счета альфа-частиц в воздухе лаборатории при нормальных условиях); Устройство для наблюдения распада мезонов космического излучения и оценки их средней энергии на поверхности Земли.	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 30, 33
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 313а

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Ком-петен-ция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Лекции. Раздел 111 Практические занятия. Раздел 16 Лабораторные занятия. Раздел 16	ОПК-1	ОПК-1.4 ОПК-1.5 ОПК-1.6	Устный опрос Контрольная работа № 1,2 Отчет по лабораторным работам
2.	Лекции. Раздел 111 Практические занятия. Раздел 16 Лабораторные занятия. Раздел 16	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	Устный опрос Контрольная работа № 2 Отчет по лабораторным работам
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

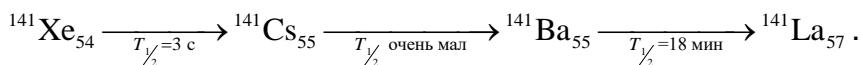
Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень заданий для контрольных работ

Контрольная работа 1

Вариант 1.

1. Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре ${}^4\text{He}$.
2. Вычислить минимальную энергию, необходимую для разделения ${}^{12}\text{C}$ на три а-частицы. Удельные энергии связи $\varepsilon_{\text{св}}(\text{C})=7,68$ МэВ, $\varepsilon_{\text{св}}(\alpha)=7,06$ МэВ.
3. Определить постоянную распада радиоактивного изотопа ${}^{55}\text{Co}$, если известно, что число атомов этого изотопа уменьшается в час на 3,8 %. Продукт распада не радиоактивен.
4. Распаде нуклида ${}^{141}\text{Xe}_{54}$ происходит по схеме:



Найти количество ядер бария, которые образуются за 1 час в 1 г ксенона, если в начальный момент времени препарат содержит только ксенон.

5. β -Распад ядра ${}^{27}\text{Mg}$ происходит на возбужденные состояния дочернего ядра ${}^{27}\text{Al}$ с энергиями 1,013 и 0,842 МэВ. Найти максимальные энергии вылетающих при распаде электронов.
6. Найти энергию отдачи ядра свинца ${}^{206}\text{Pb}$, полученного при α -распаде ${}^{210}\text{Po}$, находящегося в основном состоянии.

Вариант 2.

1. Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре ${}^9\text{Be}$.
2. Найти энергию, необходимую для разделения ядра ${}^{16}\text{O}$ на 4 альфа-частицы, если известно, что энергия связи ядер ${}^{16}\text{O}$ и ${}^4\text{He}$ равны 127,62 и 28,3 МэВ соответственно.

3. Активность радиоактивного препарата за 24 часа уменьшилась в 8 раз. Найти период полураспада Т препарата. Определить, какая часть радиоактивных ядер этого препарата распадется за время, равное четвертой части периода полураспада?

4. Радионуклид $^{138}\text{Xe}_{54}$, образующийся с постоянной скоростью $q=10^{10}$ ядро/с, испытывает превращение по схеме: $^{138}\text{Xe}_{54} \xrightarrow{T_{1/2}=17\text{ мин}} ^{138}\text{Cs}_{55} \xrightarrow{T_{1/2}=32\text{ мин}} ^{138}\text{Ba}_{55}$. Вычислить активность $^{138}\text{Cs}_{55}$ через 60 мин после начала распада $^{138}\text{Xe}_{54}$.

5. Определить энергию отдачи ядра ^7Li , образующегося при К-захвате в ядре ^7Be . Даны энергии связи ядер $E_{\text{св}}(\text{Be})=37,6$ МэВ, $E_{\text{св}}(\text{Li})=39,3$ МэВ.

6. Распад ядер ^{226}Th происходит из основного состояния и сопровождается испусканием α -частиц с энергиями 6,33; 6,23; 6,10; 6,03 МэВ. Рассчитать и построить схему уровней дочернего ядра.

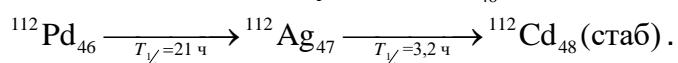
Вариант 3.

1. Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре ^{197}Au .

2. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра ^9Be на 2 α -частицы и нейтрон. Энергии связи, приходящиеся на 1 нуклон, в ядрах ^9Be и ^4He равны 6,45 МэВ и 7,06 МэВ, соответственно.

3. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного йода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам.

4. Радиоактивный нуклид $^{112}\text{Pd}_{46}$ испытывает распад по схеме:



Найти отношение активности серебра через 2 часа к первоначальной активности препарата, если в начальный момент препарат содержал только нуклид Pd.

5. а) Может ли ядро ^{114}In испытывать β^+ -распад? Избытки масс $\Delta(^{114}\text{Cd})=-90,021$ МэВ, $\Delta(^{114}\text{In})=-88,379$ МэВ; $\Delta(^{114}\text{Sn})=-90,558$ МэВ.

б) Может ли возникнуть ядро $^{36}\text{Cl}_{17}$ путем позитронного распада $^{36}\text{Ar}_{18}$?

6. Распад ядра ^{210}Po происходит из основного состояния и сопровождается испусканием двух групп α -частиц: основной - с энергией 5,3 МэВ, и слабой с энергией 4,5 МэВ. Найти энергию α -распада этих ядер и энергию γ -квантов, испускаемых дочерними ядрами.

Вариант 4.

1. Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре ^{27}Al .

2. Определить энергию, выделяющуюся при образовании двух α -частиц в результате синтеза ядер ^2H и ^6Li , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах ^2H , ^4He и ^6Li равны 1,11; 7,08; 5,33 МэВ соответственно.

3. Вычислить активность 1 г изотопа ^{226}Ra и время, через которое активность упадет на 10 %, если известно, что период полураспада радия составляет 1620 лет.

4. Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q=5 \cdot 10^5$ ядро/с и испытывает

β^- -распад. Определить активность препарата через 30 мин, если период полураспада ^{27}Mg равен 8,5 мин.

5. Рассчитать энергию электронов, вылетающих при распаде основного состояния ядра $^{34}\text{P}_{15}$ на основное и возбужденные состояния ядра $^{34}\text{S}_{16}$ с энергиями 2,13 и 4,07 МэВ. Избыток массы $^{34}\text{P} = (-0,026638)$ а.е.м.

6. Альфа-радиоактивный изотоп плутония $^{239}\text{Pu}_{94}$ распадается по схеме $^{239}\text{Pu}_{94} \rightarrow ^{235}\text{U}_{92}^* + \alpha$, дочернее ядро $^{235}\text{U}_{92}^*$ переходит в основное состояние путем

испускания γ -кванта с энергией 0,09 МэВ. Найти скорость α -частиц, вылетающих при распаде плутония.

Контрольная работа 2

Вариант 1

Задачи из Сборника задач «Атомная и ядерная физика», Иродов И.Е. (12.10; 12.18; 12.37)

Сравнить удельные ионизационные потери энергии альфа-частиц с энергией 5,3 МэВ при прохождении через алюминий и свинец, плотности которых равны 2,7 и 11,3 г/см³ соответственно.

Поток электронов с энергией 100 МэВ падает на железную пластинку толщиной 1 см. Посчитать энергию электронов после прохождения пластинки, если радиационная длина электрона в железе равна 13,8 г/см². Плотность железа 7,9 г/см³.

Монохроматическое гамма-излучение с энергией 0,411 МэВ исследуется с помощью медного фильтра толщиной 2 см. Рассчитать линейный коэффициент ослабления, если известно, что фильтр уменьшает интенсивность первоначального потока в 5 раз. Плотность меди 8,9 г/см³.

Вариант 2

Задачи из Сборника задач «Атомная и ядерная физика», Иродов И.Е. (12.11; 12.19; 12.39)

- Сравнить удельные ионизационные потери энергии альфа-частиц с энергией 4,7 МэВ и дейtronов той же энергии при прохождении через алюминий, плотность которого равна 2,7 г/см³.
- Во сколько раз удельные радиационные потери энергии для электронов в висмуте больше, чем в железе?
- Поток монохроматического гамма-излучения с энергией 1 МэВ проходит через алюминиевый рассеиватель толщиной 12 г/см². Найти толщину (в г/см²) пластинки из свинца, дающей такое ослабление пучка гамма-квантов.

Вариант 3

Задачи из Сборника задач «Атомная и ядерная физика», Иродов И.Е. (12.14; 12.22; 12.49)

- Сравнить удельные ионизационные потери энергии альфа-частиц с энергией 5,3 МэВ и протонов той же энергии при прохождении через алюминий, плотность которого равна 2,7 г/см³.
- Во сколько раз удельные потери энергии для электронов с кинетической энергией много большей энергии покоя на тормозное излучение в висмуте больше, чем в железе? (Плотность висмута 9,8 г/см³, алюминия – 2,7 г/см³).
- Вычислить толщину слоя половинного ослабления пучка рентгеновского излучения с энергией 200 кэВ для воздуха.

Контрольная работа № 3

Вариант 1

- Каков максимальный угол рассеяния α -частиц на ядрах дейтерия?
- α -частицами с энергией 8,8 МэВ бомбардируются ядра азота $^{14}\text{N}_7$. Написать уравнение реакции (α, p) и определить энергию протонов, движущихся в направлении α -частиц.
- α -частицы с энергией 4,0 МэВ вызывают реакцию $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$.

А) Найти энергию реакции, если протон, вылетевший под углом 60° к направлению движения α -частицы, имеет кинетическую энергию 2,09 МэВ.

Б) Определить минимальную энергию ядер кислорода.

- При исследовании реакции $^{27}\text{Al}(\text{p},\text{d})^{26}\text{Al}$ под действием протонов с энергией 62 МэВ в спектре дейtronов, измеренном под углом 90° к пучку протонов, наблюдались максимумы с энергиями 45,3; 44,32; 40,91 МэВ. Определить энергии уровней ядра ^{26}Al , возбуждение которых наблюдалось в реакции.
- Дифференциальное сечение реакции $d\sigma/d\Omega$ под углом 45° составляет 10 мб/ср. Рассчитать величину интегрального сечения, если угловая зависимость дифференциального сечения имеет вид $d\sigma/d\Omega \propto (1 + \sin 2\theta)$.

Вариант 2

- Каков максимальный угол рассеяния дейтрана на протоне?
- Протоны, налетающие на неподвижную литиевую мишень, вызывают реакцию $^{10}\text{Li}(\text{p},\text{n})^{7}\text{Be}$. При какой кинетической энергии протона возникший нейтрон может оказаться покоящимся?
- α -частицы с энергией 5,3 МэВ вызывают реакцию $^{9}\text{Be}(\alpha,\text{n})^{12}\text{C}$, имеющую энергию реакции 5,75 МэВ.
 - Определить минимальную энергию нейтронов.
 - Чему равен угол между направлениями разлета продуктов реакции, если они разлетаются симметрично?
- Установить схему энергетических уровней промежуточного ядра ^{15}N , через которое идет реакция (p,n) , на основании максимумов в выходах ядерной реакции $^{14}\text{C}(\text{p},\text{n})^{14}\text{N}$, наблюдаемых при кинетических энергиях протонов 0,664; 1,144; 1,300; 1,47; 2,06; 2,22 МэВ. Энергия связи протона в ядре ^{15}N равна 10,15 МэВ.
- Выход реакции (p,n) при бомбардировке железной пластины толщиной 0,5 мм протонами с энергией 20 МэВ равен 10^{-5} . Найти сечение этой реакции.

Вариант 3

- Каков максимальный угол рассеяния ядер $^{6}\text{Li}_3$ на ядрах гелия?
- Дейтранами с энергией 2,0 МэВ бомбардируются ядра кислорода. Написать уравнение реакции (d, α) и определить энергию α -частиц, движущихся в направлении падающих дейтранов.
- α -частицы с энергией 7,68 МэВ вызывают реакцию $^{9}\text{Be}(\alpha,\text{n})^{12}\text{C}$, имеющую энергию реакции 5,75 МэВ.
 - Определить максимальную энергию нейтронов.
 - Чему равен угол между направлениями разлета продуктов реакции, если нейтрон вылетает под углом 60° к направлению налетающих α -частиц?
- Установить схему энергетических уровней промежуточного ядра ^{15}N , через которое идет реакция (α,n) , на основании максимумов в выходах ядерной реакции $^{11}\text{B}(\alpha,\text{n})^{14}\text{N}$, наблюдаемых при кинетических энергиях α -частиц 2,0; 2,75; 3,29; 3,82 МэВ. Энергия связи α -частицы в ядре ^{15}N равна 11,03 МэВ.
- Выход реакции (γ,n) при облучении золотой пластины толщиной 1 мм фотонами с энергией 10 МэВ равен $2 \cdot 10^{-3}$. Найти сечение этой реакции.

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Отлично	Знание основных понятий ядерной физики, типы распада и ядерных реакций. Умение определить тип энергии распада, определить энергию и тип ядерных реакций
Хорошо	Знание основных понятий ядерной физики, типы распада и ядерных реакций. Умение определить тип ядер и тип распада.
Удовлетворительно	Знание основных понятий ядерной физики,

Не удовлетворительно	Отсутствие вышеназванных знаний и умений.
----------------------	---

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к экзамену:

- 01 Статические свойства ядер.
- 02 Взаимодействие гамма-излучения с веществом.
- 03 Размеры ядер.
- 04 Взаимодействие электронов с веществом.
- 05 Мультипольные электрические моменты ядер.
- 06 Гамма-радиоактивность.
- 07 Мультипольные магнитные моменты ядер.
- 08 Квадрупольные электрические моменты ядер.
- 09 Классификация бета-распадов.
- 10 Четность. Несохранения четности при бета-распаде.
- 11 Альфа-распад. Теория Гамова.
- 12 Статистика ядер.
- 13 Альфа-распад. Классификация альфа-переходов.
- 14 Магнитные дипольные моменты ядер.
- 15 Резонансное поглощение гамма-квантов.
- 16 Ядерный магнитный резонанс.
- 17 Энергия связи ядер. Формула Вайцзеккера.
- 18 Оболочечная модель ядер. Магические числа.
- 19 Взаимодействие гамма-квантов с веществом.
- 20 Типы взаимодействий в природе.
- 21 Взаимодействие альфа-частиц с веществом.
- 22 Ядерные силы и их свойства.
- 23 Бета-распад. Спектры электронов.
- 24 Теория ядерных сил Юкавы.
- 25 Альфа-распад. Законы сохранения.
- 26 Вращательные полосы ядер.
- 27 Взаимодействие протонов с веществом.
- 28 Ядерная изомерия.
- 29 Оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие.
- 30 Эффект Мессбауэра. Проверка общей теории относительности.
- 31 Классификация элементарных частиц.
- 32 Взаимодействия в природе.

Перечень заданий, тем рефератов, тем презентаций, курсовых, докладов, требования к представлению портфолио, вопросов к экзамену (зачету) и порядок формирования КИМ

Описание технологии проведения

Зачтено	Решены задачи по разделам курса физики. Продемонстрированы знания и понимание формул, используемых для описания физических явлений.
Не зачтено	Не решены задачи по разделам курса физики.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области дисциплины.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом теоретическими основами дисциплины, способен неполно демонстрировать ответ фактами, допускает ошибки при решении практических задач	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен пояснить ответ, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области дисциплины	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в физических понятиях.	–	Неудовлетворительно