

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики
 Кадменский С.Г.
28.08.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.05.06 Физика атомного ядра и элементарных частиц

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки: Физика, бакалавриат

3. Квалификация выпускника: бакалавр физики

4. Форма обучения: очная

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

6. Составители программы: д.ф.м.н., проф. Кадменский С. Г, к.ф.м.н., доцент
Титова Л. В, к.ф.м.н., доцент Любашевский Д.Е., асс. Работкин В.А.

7. Рекомендована:

Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от
26.06.2019

РП продлена на 2022-2023 учебный год НМС физического факультета 14.06.2022.

8. Учебный год: 2021/2022

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

ознакомление с современными представлениями физики атомного ядра и элементарных частиц, получение базовых знаний по теории атомного ядра и частиц, привитие навыков решения прикладных задач, в том числе с использованием ЭВМ.

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» и «Информатика», дисциплинах модуля "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».

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
профессиональные		
ОПК-1	Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	<p>Знать: историю и фундаментальные понятия, используемые при формулировании физики, формы связи физики с математикой, фундаментальную роль физики для развития всех естественных наук, включая биологию, базовые принципы физики -познаваемость мира, принцип соответствия, условия повторяемости и проверяемости любых экспериментальных результатов;</p> <p>Уметь: выделять конкретное «физическое» содержание физике атомного ядра и элементарных частиц;</p> <p>Владеть: основными методами, используемыми в физике атомного ядра и элементарных частиц, базирующихся на представлениях Общей физики, Высшей математики, Информатики, Философии, Классической механики</p>
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p>Знать: базовые принципы физики -познаваемость мира, принцип соответствия, условия повторяемости и проверяемости любых экспериментальных результатов;</p> <p>Уметь: использовать теоретические и экспериментальные методы исследований в физике атомного ядра и элементарных частиц;</p> <p>Владеть: основными методами, используемыми в физике атомного ядра и элементарных частиц, базирующихся на представлениях Высшей математики, Математической статистики, Классической и Квантовой механики, Электродинамики.</p>

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

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 6	№ семестра	...
Аудиторные занятия	144	144		
в том числе: лекции	48	48		
практические	32	32		
лабораторные	64	64		
Самостоятельная работа	36	36		
Контроль	36	36		
Форма промежуточной аттестации (зачет-1час, экзамен – 1 час)				
Итого:	216	216		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1	Введение	Сохранение качества. Квантовая лестница Вайскопфа. Характерные размерные параметры ядерной физики.
2	Основные свойства атомных ядер	Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размеры атомных ядер. Опыты Хофштадтера.
3	Капельная модель атомного ядра	Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.
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.
5	Вращение ядер.	Моменты инерции.
6	Модели атомного ядра.	Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра. Коллективные колебания в атомных ядрах. Спаривание нуклонов в атомных ядрах. Сверхтекучесть.
7	Взаимодействие излучения с веществом.	Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.
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.
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.
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.
11	Основы ядерной энергетики.	Цепная реакция деления. Замедление и диффузия нейтронов в веществе. Ядерные реакторы.
2. Практические		
1	Основные свойства атомных ядер. Капельная модель атомного ядра	Характерные размерные параметры ядерной физики. Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размеры атомных ядер. Энергия связи атомного ядра. Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.

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.
3	Взаимодействие излучения с веществом.	Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.
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.
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.
6	Основы ядерной энергетики.	Цепная реакция деления. Замедление и диффузия нейтронов в веществе. Ядерные реакторы.
3.Лабораторные		
1	Статистические характеристики потока излучения	Радиоактивный распад. Законы превращения.
2	Космическое излучение	Мюон. Время жизни. Изучение статистических ошибок, возникающих при измерении интенсивности космического излучения в лаборатории
3	Взаимодействие гамма - излучения с веществом	Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Виды взаимодействия. Зависимость взаимодействия от энергии гамма-квантов и параметров среды. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Характеристики гамм-переходов.
4	Определение периода полураспада долгоживущего изотопа калия	Искусственная радиоактивность. Определение периодов полураспада. Ядерные реакции. Активация.
5	Определение максимальной энергии бета - спектра	Слабое взаимодействие. Определение верхней границы бета-спектра методом поглощения; удельные потери энергии; связь длины пробега частицы с энергией. Характеристики бета-распада.
6	Альфа распад. Взаимодействие альфа - излучения с веществом	Определение энергии альфа-частицы по экстрополюционному и среднему пробегу в воздухе. Оценка точности полученных экспериментальных результатов. Туннельный эффект. Характеристики альфа-распада.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Введение	1			3	3	4
2	Основные свойства атомных ядер	1	2		3	3	16
3	Капельная модель атомного ядра	4	2		3	3	16

4	Статические свойства атомных ядер	4	2	12	3	3	28
5	Вращение ядер	4	2		3	3	18
6	Модели атомного ядра	4	4		3	3	18
7	Взаимодействие излучения с веществом.	6	4	12	3	3	34
8	Радиоактивные распады атомных ядер.	6	4	12	3	3	34
9	Понятие о ядерных силах и их основные свойства	6	4	14	4	4	34
10	Основы физики элементарных частиц.	6	4	14	4	4	34
11	Основы ядерной энергетики.	6	4		4	4	20
		48	32	64	36	36	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

1. работа с конспектами лекций,
2. выполнение практических заданий, тестов
3. выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

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. вузов] / 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
3	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.
4	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»: электронно-библиотечная система.— URL: https://e.lanbook.com/book/2189#book_name .
5	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»: электронно-библиотечная система.— URL: https://e.lanbook.com/book/277#book_name .
6	Современная философия науки. Хрестоматия. М: Логос, 1996.
7	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физических

	специальностей университетов: В 10 т.
8	Ю. М. Широков, Н. П.Юдин. Ядерная физика. М: Наука, 1972
9	М. Боулер. Гравитация и относительность. М: Мир, 1979.
10	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.
11	Пайерлс П.Е. Квантовая теория твердых тел / П.Е. Пайерлс.– М. : Изд.-во иностр. лит., 1956. – 258 с.
12	В. В. Свиридов. Эволюция естественнонаучной картины мира. Издат. Воронежского Пед. Инст. 1994.
13	В. С. Барашенков. Вселенная в электроде. М: Детская литература, 1988.
14	П. Л. Капица. Эксперимент, теория, практика. М: Наука, 1974.
15	Д. Гудинг и Д. Леннокс. Мировоззрение. Изд. «Норд», Ярославль, 2001.

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

№ п/п	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ Источник
18	www.lib.vsu.ru
19	Электронные ресурсы по физике American Physical Society. – <URL: http://publish.aps.org >
20	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

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

№ п/п	Источник
21	Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Михайлов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 94 с. — 978-5-4263-0048-4. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/8306.html
22	Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 2. Элементарные частицы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Михайлов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2013. — 28 с. — 978-5-7042-2471-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58212.html

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Требования к аудиториям для проведения лекционных и практических занятий: наличие доски и средств письма на ней, оснащение проекционной техникой и компьютером.

Требования к аудиторному оборудованию для проведения лабораторных занятий: наличие компьютерных классов с современной компьютерной техникой.

Лаборатория Общефизического практикума (30):

1. Установка для изучения космических лучей ФПК 01
2. Установка для изучения взаимодействия альфа-излучения с веществом

предусилитель ПУ-Г-1К;
 пульт спектрометрический СЭС-13;
 пересчетный прибор ПСО2-4;
 3. Установка для изучения взаимодействия бета-излучения с веществом УДНС-01П;
 детектор СИ-8Б;
 блок питания ПСО2-08А;
 пересчетный прибор ПСО2-4;
 4. Установка дозиметрического контроля УИМ2-2 с блоками детектирования БДМГ-08Р и БДБ2-03;
 5. Установка по определению периода полураспада:
 детектор СИ-8Б;
 счетчик СЧМ16\1;
 компьютер
 6. полупроводниковый гамма-спектрометр:
 детектор ДГДК-80;
 предусилитель ПУ-Г-1К;
 усилитель КАМАК 1101;
 высоковольтный блок КАМАК 1904;
 анализатор импульсов АИ-4К;
 РС IBM;
 осциллограф С1-72;

Лаборатория Общефизического практикума (32):

1. Установка для изучения космических лучей ФПК 01
 2. Установка для изучения взаимодействия альфа-излучения с веществом
 предусилитель ПУ-Г-1К;
 пульт спектрометрический СЭС-13;
 пересчетный прибор ПСО2-4;
 3. Установка для изучения взаимодействия бета-излучения с веществом УДНС-01П;
 детектор СИ-8Б;
 блок питания ПСО2-08А;
 пересчетный прибор ПСО2-4;
 4. Установка дозиметрического контроля УИМ2-2 с блоками детектирования БДМГ-08Р и БДБ2-03;
 5. Установка по определению периода полураспада:
 детектор СИ-8Б;
 счетчик СЧМ16\1;
 компьютер
 6. полупроводниковый гамма-спектрометр:
 детектор ДГДК-80;
 предусилитель ПУ-Г-1К;
 усилитель КАМАК 1101;
 высоковольтный блок КАМАК 1904;
 анализатор импульсов АИ-4К;
 РС IBM;
 осциллограф С1-72;

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного)	Этапы формирования	ФОС*
---------------------------------------	---	--------------------	------

части)	уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	(средства оценивания)
ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Знать: историю и фундаментальные понятия, используемые при формулировании физики, формы связи физики с математикой, фундаментальную роль физики для развития всех естественных наук, включая биологию, базовые принципы физики -познаваемость мира, принцип соответствия, условия повторяемости и проверяемости любых экспериментальных результатов; Уметь: выделять конкретное «физическое» содержание физике атомного ядра и элементарных частиц; Владеть: основными методами, используемыми в физике атомного ядра и элементарных частиц, базирующихся на представлениях Общей физики, Высшей математики, Информатики, Философии, Классической механики	П.1-11	
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знать: базовые принципы физики - познаваемость мира, принцип соответствия, условия повторяемости и проверяемости любых экспериментальных результатов; Уметь: использовать теоретические и экспериментальные методы исследований в физике атомного ядра и элементарных частиц; Владеть: основными методами, используемыми в физике атомного ядра и элементарных частиц, базирующихся на представлениях Высшей математики, Математической статистики, Классической и Квантовой механики, Электродинамики.	П.1-11	Контрольные работы
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

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

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 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 Вайцеккера.
- 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.

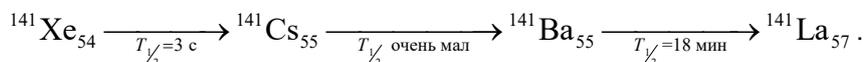
- 26 Вращательные полосы ядер.
- 27 Взаимодействие протонов с веществом.
- 28 Ядерная изомерия.
- 29 Оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие.
- 30 Эффект Мессбауэра. Проверка общей теории относительности.
- 31 Классификация элементарных частиц.
- 32 Взаимодействия в природе.

19.3.4 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 α -частицы. Удельные энергии связи $\epsilon_{\text{св}}(\text{C})=7,68$ МэВ, $\epsilon_{\text{св}}(\alpha)=7,06$ 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.

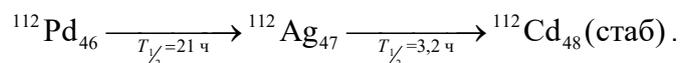
5. β -Распад ядра ${}^{27}\text{Mg}$ происходит на возбужденные состояния дочернего ядра ${}^{27}\text{Al}$ с энергиями 1,013 и 0,842 МэВ. Найти максимальные энергии вылетающих при распаде электронов.
6. Найти энергию отдачи ядра свинца ${}^{206}\text{Pb}$, полученного при α -распаде ${}^{210}\text{Po}$, 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 T 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 ${}^7\text{Li}$, образующегося при К-захвате в ядре ${}^7\text{Be}$. Даны энергии связи ядер $E_{\text{св}}(\text{Be})=37,6$ МэВ, $E_{\text{св}}(\text{Li})=39,3$ МэВ.
6. Распад ядер ${}^{226}\text{Th}$ 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 ${}^{197}\text{Au}$.
2. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра ${}^9\text{Be}$ на 2 α -частицы и нейтрон. Энергии связи, приходящиеся на 1 нуклон, в ядрах ${}^9\text{Be}$ и ${}^4\text{He}$ равны 6,45 МэВ и 7,06 МэВ, соответственно.
3. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного йода ${}^{131}\text{I}$ в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ${}^{131}\text{I}$ 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 ${}^{114}\text{In}$ 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)

1. 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.
2. 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.
3. 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)

1. Сравнить удельные ионизационные потери энергии альфа-частиц с энергией 4,7 МэВ и дейтронов той же энергии при прохождении через алюминий, плотность которого равна 2,7 г/см³.
2. Во сколько раз удельные радиационные потери энергии для электронов в висмуте больше, чем в железе?
3. 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)

1. 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.
2. 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).
3. Вычислить толщину слоя половинного ослабления пучка рентгеновского излучения с энергией 200 кэВ для воздуха.

Контрольная работа № 3

Вариант 1

1. Каков максимальный угол рассеяния α -частиц на ядрах дейтерия?
2. 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.
3. 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.
4. При исследовании реакции $^{27}\text{Al}(p,d)^{26}\text{Al}$ под действием протонов с энергией 62 МэВ в спектре дейтронов, 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.
5. 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 дейтрона на протоне?
- Протоны, налетающие на неподвижную литиевую мишень, вызывают реакцию $^{10}\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$. При какой кинетической энергии протона возникший нейтрон может оказаться покоящимся?
- α -частицы с энергией 5,3 МэВ вызывают реакцию $^9\text{Be}(\alpha,n)^{12}\text{C}$, 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 $^{14}\text{C}(p,n)^{14}\text{N}$, 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?
- Дейтронами с энергией 2,0 МэВ бомбардируются ядра кислорода. Написать уравнение реакции (d, α) и определить энергию α -частиц, движущихся в направлении падающих дейтронов.
- α -частицы с энергией 7,68 МэВ вызывают реакцию $^9\text{Be}(\alpha,n)^{12}\text{C}$, 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 $^{11}\text{B}(\alpha,n)^{14}\text{N}$, 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.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) письменных Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности (указываете реальную структуру).

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок (нужное выбрать). Критерии оценивания приведены выше.