

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

 / Кадменский С. Г./  
30.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.12.06 Физика атомного ядра и элементарных частиц**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

д.ф.м.н., проф. Кадменский Станислав Георгиевич, к.ф.-м.н, доц. Титова Лариса Витальевна.

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021, РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022, протокол №6.

**8. Учебный год:** 2023/2024

**Семестр(ы):** 6

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины**

**Целями освоения учебной дисциплины являются:**

- ознакомление с современными представлениями физики атомного ядра, получение знаний теории атомного ядра.

**Задачи учебной дисциплины:**

- освоить законы и теоремы, знания основных методов решения практических и модельных задач по ядерной физике;
- приобретение умений практически применять соответствующий математический аппарат к решению задач ядерной физики;
- овладение системой понятий и основных положений ядерной физики; знаниями, необходимыми для решения различных задач ядерной физики.

## **10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Обязательная дисциплина вариативной части цикла Б1 (Физика).

**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 использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.1	Знает основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Знать: теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц: связь явлений в микромире исходя из характеристик типичных масштабов; основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер, основные модели ядер, законы сохранения; свойства ядерных сил; связь законов сохранения со свойствами симметрии; основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер; основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц - сечения и пороги реакций, диаграммы Фейнмана, законы сохранения и взаимодействия;
			Составляет математические модели ядерно-физических процессов.	Уметь: решать задачи по курсу физики атомного ядра и частиц по определению основных характеристик атомного ядра и частиц, расчету энергии и порогов реакций, кинематических характеристик продуктов реакций; пользоватьсяся основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц
		ОПК-1.3	Владеет навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и	Владеть: методами расчета сечений процессов рассеяния, энергии связи, масс ядер, основных характеристик распада ядер; методами измерения статистических характеристик потоков излучения, определение периода полураспада изотопов

			экспериментальног о исследования.	
--	--	--	--------------------------------------	--

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час —5/180.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		6 семестр	
Аудиторные занятия	74	74	
в том числе:	лекции	30	30
	практические	14	14
	лабораторные	30	30
Самостоятельная работа	70	70	
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль	36	36	
Форма промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен	
Итого:	180	180	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
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 Хоффстадтера.	-
1.3	К. модель ат. 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. Магнические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра. Коллективные колебания 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 Мессбауэра. 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.	-

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.	2	2	1	5	2	12
2	Сохранение качества. Квантовая лестница Вайскопфа. Характерные размерные параметры ядерной физики.	2	2	1	5	2	12
3	Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размер атомных ядер. Опыты Хоффштадтера.	2	2	1	5	2	12
4	Электрические и магнитные моменты ядер. Квадрупольные	2	2	1	5	3	13

	моменты атомных ядер. Форма ядер						
5	Дипольные моменты ядер. Магнитные дипольные моменты ядер. Ядерный магнитный резонанс и его применение.	2	2	1	5	3	13
6	Четность. Несохранение четности. Статистика атомных ядер.	2	2	1	5	3	13

7	Вращение ядер. Моменты инерции.	2	2	1	5	3	13
8	Взаимодействие излучения с веществом. Классификация элементарных частиц. Кварки и глюоны. Виды взаимодействий в природе. Цвет.	3	3	1	5	3	15
9	Альфа-распад атомных ядер. Законы сохранения при альфа-распаде ядер. Теории альфа-распада.	3	3	1	5	3	15
10	Бета-распад атомных ядер. Классификация. Законы сохранения при бета-распаде ядер. Электронные спектры.	2	2	1	5	3	13
11	Гамма-распад атомных ядер. Законы сохранения при гамма-распаде ядер. Длинноволновое приближение. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра	2	2	1	5	3	13
12	Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра.	2	2	1	5	2	13
13	Коллективные колебания в атомных ядрах. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Сечение ядерной реакции. Классификация ядерных реакций.	2	2	1	5	2	12
14	Ядерные силы. Теория Юкавы.	2	2	1	5	2	12
Итого:		30	30	14	70	36	180

#### **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.

**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	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
2	Капитонов И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебное пособие для студ. физ. фак. класс. ун-тов и других вузов, обуч. по специальности "Ядер. физика" и направлению "Физика" / И. М. Капитонов .— Изд. 3-е, испр. и доп. — М. : КомКнига, 2006 .— 327с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика : Сборник задач : Учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов / И.Е. Иродов .— 8-е изд., испр. — СПб. : Лань, 2002 .— 287 с.
5	Сивухин Д. В.. Общий курс физики : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д.В. Сивухин .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006 .— Т.5: Атомная и ядерная физика .— 2002 .— 782 с.
6	Детлаф А.А., Курс физики/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский.— М.: Высш. шк.,2000.
7	Ишханов Б.С. Физика ядра и частиц XX век / Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.
8	Грибков Л.А. Основы физики: учебник для ст. естеств. научн. Факультетов/ Л.А. Грибков - М.: Физматлит, 1995
9	Бланк А.Я. Физика: учеб. пособие для ст. нефизич. спец. Вузов/ А.Я. Бланк.— Харьков: Каравелла,1996.
10	Савельев И.В. Курс физики: Учебник для втузов/ И.В.Савельев. – М.: Физматлит, 1998. Т.3

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

№ п/п	Ресурс
11	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
12	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ

**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
1	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.04.02. Ядерные физика и технологии, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ. 2018. – 17 с.

**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](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Большая физическая аудитория им. М.А. Левитской (для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 428	Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apollo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/</a> )
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 31	Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apollo-T
Лаборатория (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 30, 33	1) лаб.30 Установка для регистрации альфа-излучения различных источников (измерений скорости счета альфа-частиц в воздухе лаборатории при нормальных условиях). 2) лаб.33Устройство для наблюдения распада мезонов космического излучения и оценки их средней энергии на поверхности Земли.
Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 40/5	Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/</a> ) Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/">https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/</a> )

## **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)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Темы 1-14	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Контрольные работы, собеседование по билетам к экзамену
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Пункт 20.2.1 Вопросы к экзамену

## 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:

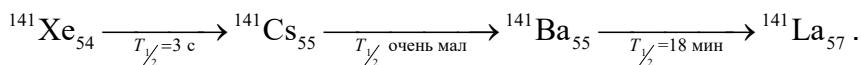
Контрольные работы

---

#### Контрольная работа 1

Вариант 1.

- Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре  ${}^4\text{He}$ .
- Вычислить минимальную энергию, необходимую для разделения  ${}^{12}\text{C}$  на три а-частицы. Удельные энергии связи  $\epsilon_{\text{св}}(\text{C})=7,68 \text{ МэВ}$ ,  $\epsilon_{\text{св}}(\alpha)=7,06 \text{ МэВ}$ .
- 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.
- 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.

- $\beta$ -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.
- Найти энергию отдачи ядра свинца  ${}^{206}\text{Pb}$ , полученного при  $\alpha$ -распаде  ${}^{210}\text{Po}$ , находящегося в основном состоянии.

Вариант 2.

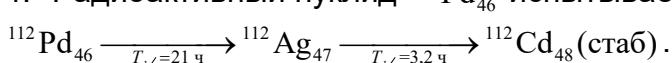
- Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре  ${}^9\text{Be}$ .
- Найти энергию, необходимую для разделения ядра  ${}^{16}\text{O}$  на 4 альфа-частицы, если известно, что энергия связи ядер  ${}^{16}\text{O}$  и  ${}^4\text{He}$  равны 127,62 и 28,3 МэВ соответственно.
- Активность радиоактивного 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?
- Радионуклид  ${}^{138}\text{Xe}_{54}$ , образующийся с постоянной скоростью  $q=10^{10} \text{ ядро/с}$ , 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  ${}^{138}\text{Xe}_{54}$ .

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

6. Распад ядер  $^{226}\text{Th}$  происходит из основного состояния и сопровождается испусканием  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\beta^+$ -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  $^{210}\text{Po}$  происходит из основного состояния и сопровождается испусканием двух групп  $\alpha$ -частиц: основной - с энергией 5,3 МэВ, и слабой с энергией 4,5 МэВ. Найти энергию  $\alpha$ -распада этих ядер и энергию  $\gamma$ -квантов, испускаемых дочерними ядрами.

Вариант 4.

1. Вычислить энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон, в ядре  $^{27}\text{Al}$ .
2. Определить энергию, выделяющуюся при образовании двух  $\alpha$ -частиц в результате синтеза ядер  $^2\text{H}$  и  $^6\text{Li}$ , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах  $^2\text{H}$ ,  $^4\text{He}$  и  $^6\text{Li}$  равны 1,11; 7,08; 5,33 МэВ соответственно.
3. Вычислить активность 1 г изотопа  $^{226}\text{Ra}$  и время, через которое активность упадет на 10 %, если известно, что период полураспада радия составляет 1620 лет.
4. Радионуклид  $^{27}\text{Mg}$  образуется с постоянной скоростью  $q=5*10^5$  ядро/с и испытывает  $\beta^-$ -распад. Определить активность препарата через 30 мин, если период полураспада  $^{27}\text{Mg}$  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  $\gamma$ -кванта с энергией 0,09 МэВ. Найти скорость  $\alpha$ -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/см<sup>3</sup> 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  $13,8 \text{ г/см}^2$ . Плотность железа  $7,9 \text{ г/см}^3$ .

3. Монохроматическое гамма-излучение с энергией  $0,411 \text{ МэВ}$  исследуется с помощью медного фильтра толщиной  $2 \text{ см}$ . Рассчитать линейный коэффициент ослабления, если известно, что фильтр уменьшает интенсивность первоначального потока в  $5$  раз. Плотность меди  $8,9 \text{ г/см}^3$ .

### 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  $4,7 \text{ МэВ}$  и дейtronов той же энергии при прохождении через алюминий, плотность которого равна  $2,7 \text{ г/см}^3$ .
- Во сколько раз удельные радиационные потери энергии для электронов в висмуте больше, чем в железе?
- Поток монохроматического гамма-излучения с энергией  $1 \text{ МэВ}$  проходит через алюминиевый рассеиватель толщиной  $12 \text{ г/см}^2$ . Найти толщину (в  $\text{г/см}^2$ ) 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  $5,3 \text{ МэВ}$  и протонов той же энергии при прохождении через алюминий, плотность которого равна  $2,7 \text{ г/см}^3$ .
- 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  $9,8 \text{ г/см}^3$ , алюминия –  $2,7 \text{ г/см}^3$ ).
- Вычислить толщину слоя половинного ослабления пучка рентгеновского излучения с энергией  $200 \text{ кэВ}$  для воздуха.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное и глубокое знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики, владение основными понятиями дисциплины. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	Повышенный уровень	Отлично
Полное знание учебно-программного материала на основе качественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	Базовый уровень	Хорошо
Знание основных понятий, рассматриваемых в рамках данного курса.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Знание основного программного материала на основе феноменологической характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к экзамену

---

### **20.2.1. Перечень вопросов к экзамену:**

1. Сохранение качества. Квантовая лестница Вайскопфа. Характерные размерные параметры ядерной физики.
2. Статические свойства атомных ядер. Состав атомных ядер. Изотопии. Спины ядер. Размеры атомных ядер. Опыты Хоффстадтера.
3. Капельная модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.
4. Электрические и магнитные моменты ядер.
5. Квадрупольные моменты атомных ядер. Форма ядер.
6. Дипольные моменты ядер. Магнитные дипольные моменты ядер. Ядерный магнитный резонанс и его применение. Четность. Несохранение четности. Статистика атомных ядер.
7. Моменты инерции.
8. Оболочечная модель атомного ядра. Магические числа. Обобщенная модель ядра. Пределы сильной и слабой связи в обобщенной модели ядра. Коллективные колебания, а атомных ядрах.
9. Спаривание нуклонов в атомных ядрах. Сверхтекучесть.
10. Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Потери энергии. Длина пробега частицы в веществе.
11. Альфа-распад. Законы сохранения при альфа-распаде ядер. Теории альфа-распада.
12. Бета-распад атомных ядер. Классификация. Законы сохранения при бета-распаде ядер. Электронные спектры.
13. Гамма-распад атомных ядер. Законы сохранения при гамма-распаде ядер. Длинноволновое приближение.
14. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра.
15. Деление атомных ядер.
16. Изомеры формы.
17. 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.
18. Теория Юкавы, взаимопревращаемость нуклонов. Нейтрино. Мезоны. Обменное взаимодействие нуклонов в ядре. Основные схемы обмена виртуальными мезонами между нуклонами в ядре.
19. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада, период полураспада, время жизни радиоактивного вещества.
20. Частицы и античастицы. Характеристики и свойства лептонов. Основные пути распада нестабильных лептонов. Кварки, их физические характеристики.
21. Адроны, кварковая модель адронов.
22. Некоторые современные научные данные об истории развития Вселенной и возможных механизмах рождения ядер различных химических элементов.
23. Цепная реакция деления.
24. Замедление и диффузия нейтронов в веществе.
25. Ядерные реакторы.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное и глубокое знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики, владение основными понятиями дисциплины. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Полное знание учебно-программного материала на основе качественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Знание основных понятий, рассматриваемых в рамках данного курса.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Знание основного программного материала на основе феноменологической характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## **Тема курсовой работы**

- 1 Характерные параметры ядерной физики
- 2 Сохранение качеств и квантовая лестница Вайскопфа
- 3 Состав атомных ядер
- 4 Капельная модель ядра. Формула Вайцзекера
- 5 Энергии связи ядер
- 6 Спины ядер
- 7 Тождественность частиц и статистика атомных ядер
- 8 Сохранение чётности
- 9 Доказательство несохранения чётности в бета-распаде
- 10 Сверхтекучая модель ядра
- 11 Размеры ядер
- 12 Электрические мультипольные моменты ядер
- 13 Электрические дипольные моменты ядер
- 14 Квадрупольные электрические моменты ядер
- 15 Формы ядер
- 16 Магнитные дипольные моменты ядер
- 17 Ларморовская прецессия
- 18 Ядерный магнитный резонанс
- 19 Теория ядерных сил Юкавы. π-мезоны
- 20 Гамма-распад ядер
- 21 Законы сохранения при гамма-распаде
- 22 Правило отбора при гамма-распаде
- 23 Резонансное поглощение гамма-квантов. Эффект Мёссбауэра
- 24 Эксперименты по проверке общей теории относительности с гамма-квантами
- 27 Взаимодействие гамма-квантов с веществом
- 28 Классификация бета-переходов
- 29 Виды взаимодействия в природе
- 30 Оболочечная модель ядра. Магические числа