


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.В.14 Альфа-бета-гамма-спектроскопия**

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

физич 03.03.02 Физика

**2. Профиль подготовки:**

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

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

**6. Составители программы:** к.ф.м.н., доц., Иванков Юрий Владимирович

---

**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, протокол  
№6.отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2022/2023

**Семестр(ы):** 8

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

Целью данного спецкурса является Изучение основных закономерностей наиболее распространенных видов радиоактивного распада атомных ядер, а также основ теории ядерных реакций, связанных с этими видами распадов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Альфа, бета, гамма- спектроскопия» – обязательная дисциплина вариативной части Профессионального цикла основной образовательной программы направления 03.03.02 Физика подготовки бакалавров по профилю «Медицинская физика».

Для освоения дисциплины студент должен овладеть следующим курсом «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Дисциплина является предшествующей для курсов: «Моделирование ядерно-физических процессов», «Автоматизированные системы научных исследований».

## 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		
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p>Знать: основные закономерности радиоактивного распада атомных ядер и современных методов описания этих процессов.</p> <p>Владеть: знаниями в области теории радиоактивных распадов, достаточными не только для работы с р/а веществами в промышленных объектах и научно-исследовательских лабораториях, но и получить представления о проблемах, связанных с изучением новых закономерностей радиоактивных распадов атомных ядер.</p>

## 12. Объем дисциплины в Экзаменных единицах/час.(в соответствии с учебным планом)

2 /72. Форма промежуточной аттестации Экзамен

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			8		.....
Аудиторные занятия	48		48		
в том числе:					
лекции					
практические					
лабораторные	48		48		
контроль самостоятельной работы					
Самостоятельная работа	24		24		
Контроль					
Итого:	72		72		
Форма промежуточной аттестации	зачет		зачет		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Лабораторные работы</b>		
1	Альфа-распад.	Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада. Закон Гейгера – Неттола. Одночастичный вариант теории альфа-распада (теория Гамова). Систематика альфа – переходов. Правила отбора в альфа-распаде. Квазистационарные состояния в квантовой механике. Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Формула Манга. Ширины альфа-распада в простой оболочечной модели. Теоретические и экспериментальные коэффициенты усиления альфа-распада и сверхтекучая модель. Классификация альфа-переходов по степени облегченности. Роль кластерной области в формировании ширин альфа-распада. Альфа-распад деформированных ядер. Учет связи каналов. R-матричный вариант теории альфа-распада деформированных ядер. Не R- матричный вариант. Альфа-гамма корреляции. Альфа-распад ориентированных ядер.
2	Бета – спектроскопия.	Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада. Общие формулы для вероятности бета переходов. Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины $\log(ft)$ . Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов. Запрещенные бета-переходы. Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета. Форма спектров и полная вероятность не уникальных переходов первого и второго порядков запрета. Теория электронного захвата. Теория бета-гамма корреляций.
3	Гамма – спектроскопия.	Электрическое и магнитное мультипольное излучение. Векторные сферические функции. Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах. Длинноволновое приближение. Приведенные вероятности электромагнитных переходов. Теория электромагнитных переходов, связанных с изменением состояния одного нуклона. Единицы Вайскопфа. Электромагнитные переходы в обобщенной модели ядра. Вероятности коллективных электромагнитных переходов. Теория внутренней конверсии. Ядерная изомерия и ее связь со структурой атомного ядра. Угловое распределение излучения. Теория гамма-гамма корреляций. Кулоновское возбуждение ядер.

		Рассеяние гамма-квантов на атомных ядрах. Фотоядерные реакции. Гигантский дипольный и квадрупольный резонансы.
--	--	--

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)							
		Лекции	Практические	Лабораторные	Контроль	Самостоятельная работа	Подготовка	Всего	
1	Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада.			2			1		3
2	Закон Гейгера – Неттола. Одночастичный вариант теории альфа-распада (теория Гамова). Систематика альфа – переходов.			2			1		3
3	Правила отбора в альфа-распаде. Квазистационарные состояния в квантовой механике.			2			1		3
4	Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Формула Манга. Ширины альфа-распада в простой оболочечной модели.			2			1		3
5	Теоретические и экспериментальные коэффициенты усиления альфа-распада и сверхтекучая модель. Классификация альфа-переходов по степени облегченности. Роль кластерной области в формировании ширин альфа-распада. Альфа-распад деформированных ядер.			2			1		3

6	Учет связи каналов. R-матричный вариант теории альфа-распада деформированных ядер.			2		1		3
7	Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Альфа-гамма корреляции. Альфа-распад ориентированных ядер.			2		1		3
8	Гамма – спектроскопия. Электрическое и магнитное мультипольное излучение. Векторные сферические функции.			2		1		3
9	Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах. Длинноволновое приближение. Приведенные вероятности электромагнитных переходов.			2		1		3
10	Электромагнитные переходы в обобщенной модели ядра. Вероятности коллективных электромагнитных переходов.			2		1		3
11 12	Ядерная изомерия и ее связь со структурой атомного ядра. Теория гамма-гамма корреляций.			2		1		3
13	Кулоновское возбуждение ядер. Рассеяние гамма-квантов на атомных ядрах. Фотоядерные реакции. Гигантский дипольный и квадрупольный резонансы.			2		1		2

14	Теория внутренней конверсии.							
15	Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада. Общие формулы для вероятности бета переходов. Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины $\log(ft)$ .			4		2		6
16	Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов. Запрещенные бета-переходы.			4		2		6
17	Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета. Форма спектров и полная вероятность неуникальных переходов первого и второго порядков запрета.			4		2		6
18	Теория электронного захвата.			4		2		6
19	Теория бета-гамма корреляций.			4		2		6
				48		24		72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. выполнение практических заданий, тестов

2. 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	Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов] : [в 5 т.] / Д.В. Сивухин .— М. : Физматлит, 2010. Т. 1: Механика .— Изд. 5-е, стер. — 2010 .— 560 с.
2	Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: в 3 т. / К.Н. Мухин.— Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2009- .— (Классическая учебная литература / ред. совет: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Сивухин Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д.В. Сивухин .— М. : ФИЗМАТЛИТ : Изд-во МФТИ, 2002. — Т.5: Атомная и ядерная физика .— 2002 .— 782 с.
4	Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учеб. для вузов : в 2 кн. / К.Н. Мухин .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1993.
5	Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия / под. Ред. К. Зигбана. — М. : Атомиздат, 1969.
6	Кадменский С.Г. Альфа-распад и родственные ядерные реакции / С.Г. Кадменский, В.И. Фурман. — М. : Энергоатомиздат, 1985.
7	Соловьев В.Г. Теория атомного ядра: в 2 т. / В.Г. Соловьев. — М. : Энергоиздат, 1982 .
8.	Вальтер А.К. Ядерная физика / А.К. Вальтер. — Харьков: Основа, 1991.
9	Кужир П. Г. Прикладная ядерная физика : учебное пособие для студентов инженерно-технических специальностей вузов / П.Г. Кужир .— Минск : Технопринт, 2003 .— 112 с.
10	Бор О. Структура атомного ядра: в 2 Т. / О.Бор, Б.Моттelson.— МИР, 1982 г.
11	Варшалолич Д.А. Квантовая теория углового момента / Д.А. Варшалолич, А.Н.Москалев, В.К.Херсонский. — Л.: Наука, 1975 г.
12	Слив Л.А. Гамма-лучи / Л.А.Слив. — Л. : Наука, 1962.
13	Джелепов Б.С Бета-процессы / Б.С. Джелепов, Н.Н. Зырянова, Ю.П. Суслов. — М. : Наука, 1972 .
14	Ву Ц.С. Бета-распад / Ц.С.Ву, С.А. Мошковский.— М.: Атомиздат. 1984.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
15	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
16	<a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e039.htm">http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e039.htm</a>

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
17	Альфа-распад. Взаимодействие альфа-излучения с веществом [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [для аудитор. подготовки и самостоят. работы студентов для направления 010700 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: В.Б. Бруданин и др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-153.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-153.pdf</a> >.
18	Газоразрядный детектор ионизирующих излучений - счетчик Гейгера-Мюллера [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [для аудиторной подготовки и самостоят. работы студ. направления 010700 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : В.Б. Бруданин др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012 .— Загл. с титул.

	экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-154.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-154.pdf</a> >.
19	Мессбауэровская спектроскопия [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для направлений: 03.03.02 -Физика (бакалавриат), 03.04.02 - Физика (магистратура), 14.03.02 - Ядерная физика и технологии, 06.03.01 - Биофизика] / Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-206.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-206.pdf</a> >. [ <a href="#">Детальная информация</a> ]

*Методическое обеспечение самостоятельной работы:* учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

*Методическое обеспечение самостоятельной работы:* учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д. Методические указания к лабораторным работам.

## **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)*

### Учебная лаборатория

*Методическое обеспечение аудиторной работы:* учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

*Методическое обеспечение самостоятельной работы:*

учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

## **Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать: основные закономерности радиоактивного распада атомных ядер и современных методов описания этих процессов. Владеть: знаниями в области теории радиоактивных распадов, достаточными не только для работы с р/а веществами в промышленных	П.1-19	Комплект КИМ



	объектах и научно-исследовательских лабораториях, но и получить представления о проблемах, связанных с изучением новых закономерностей радиоактивных распадов атомных ядер.		
--	---	--	--

\* 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

Для оценивания результатов обучения на экзамене/Экзамене используются следующие показатели (ЗУНЫ из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины;;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами,
- 4) умение решать задачи, связанные теорией ядра.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется – качественная шкала оценок.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен применять теоретические знания для решения практических задач в области дисциплины.	Достаточный уровень	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в физических понятиях.	–	Не зачтено

### 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

20 Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада.

21 Гигантский дипольный и квадрупольный резонансы.

22 Закон Гейгера - Неттола. Одночастичный вариант теории альфа-распада (теория Гамова).

23 Фотоядерные реакции.

24 Систематика альфа - переходов. Правила отбора в альфа-распаде. Рассеяние гамма-квантов на атомных ядрах.

25 Квазистационарные состояния в квантовой механике

26 Угловое распределение излучения. Теория гамма-гамма корреляций. Кулоновское возбуждение ядер.

27 Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Формула Манга.

28 Ядерная изомерия и ее связь со структурой атомного ядра.

- 29 Ширины альфа-распада в простой оболочечной модели.
- 30 Теория внутренней конверсии.
- 31 Теоретические и экспериментальные коэффициенты усиления альфа-распада и сверхтекучая модель.
- 32 Вероятности коллективных электромагнитных переходов.
- 33 Классификация альфа-переходов по степени облегченности.
- 34 Электромагнитные переходы в обобщенной модели ядра.
- 35 Роль кластерной области в формировании ширины альфа-распада.
- 36 Теория электромагнитных переходов, связанных с изменением состояния одного нуклона. Единицы Вайскопфа.
- 37 Альфа-распад деформированных ядер. Учет связи каналов.
- 38 Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах.
- 39 Длинноволновое приближение. Приведенные вероятности электромагнитных переходов.
- 40 R-матричный вариант теории альфа-распада деформированных ядер.
- 41 Векторные сферические функции.
- 42 Не R- матричный вариант.
- 43 Электрическое и магнитное мультипольное излучение.
- 44 Альфа-гамма корреляции.
- 45 Гамма - спектроскопия
- 46 Альфа-распад ориентированных ядер<sup>^</sup>
- 47 Теория бета-гамма корреляций
- 48 Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада.
- 49 Форма спектров и полная вероятность неуникальных переходов первого и
- 50 второго порядков запрета.
- 51 Общие формулы для вероятности бета переходов.
- 52 Запрещенные бета-переходы. Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета.
- 53 Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины  $\log(ft)$ .
- 54 Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов

#### **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 формах: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); выполнение практико-ориентированных заданий, лабораторные работы, тестирование)*

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

При оценивании используется качественная шкала оценок

Критерии оценивания приведены выше.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Б1.В.14 Альфа-бета-гамма-спектроскопия**

Направление 03.03.02 Физика

Профиль подготовки

Форма обучения: очная

Учебный год 2022/2023

---

Ответственный исполнитель

Заведующий кафедрой

ядерной физики, д.ф.м.н., профессор \_\_\_\_\_ С.Г.Кадменский \_\_. \_\_ 20\_\_

Исполнители

Доцент, к.ф.м.н. \_\_\_\_\_ Иванков Ю.В. \_\_. \_\_ 20\_\_

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП

по направлению

К.ф.м.н.,

доц. кафедры ядерной физики \_\_\_\_\_ Д.Е.Любашевский \_\_. \_\_ 20\_\_

Начальник отдела

обслуживания ЗНБ \_\_\_\_\_ \_\_. \_\_ 20\_\_

---

Программа рекомендована НМС физического факультета

протокол № 6 \_от 26.06. 2019г.