

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики
Кадменский С.Г.
30.06.2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.12 Основы альфа-, бета-, гамма-спектроскопии

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация: Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

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

6. Составители программы: доц., к. ф.-м. н. Долгополов Михаил Анатольевич

7. Рекомендована: НМС Физического факультета ВГУ протокол № 6 от 26.06.2020 г.

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью данного спецкурса является изучение основных закономерностей наиболее распространенных видов радиоактивного распада атомных ядер, а также их теоретического описания на основе различных ядерных моделей.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Основы альфа-, бета-, гамма-спектроскопии» – обязательная дисциплина вариативной части. Для освоения дисциплины студент должен овладеть следующим курсом «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Дисциплина является предшествующей для курсов: «Моделирование физических процессов», «Ускорители заряженных частиц в ядерной и медицинской физике».

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	Планируемые результаты обучения
ПК-3	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	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 объектах и научно-исследовательских лабораториях, но и получить представления о проблемах, связанных с изучением новых закономерностей радиоактивных распадов атомных ядер.
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 4/144.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 7	№ семестра	...
Аудиторные занятия				
в том числе:	лекции			
	практические			
	лабораторные			
Самостоятельная работа				
Форма промежуточной аттестации <i>зачет</i>				
Итого:				

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	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 свертывающая модель. Классификация альфа-переходов по степени облегченности. Роль кластерной области в формировании ширины 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.	
1.2	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 неуникальных переходов первого и второго порядков запрета. Теория электронного захвата. Теория бета-гамма корреляций.	
	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.	
2. Лабораторные занятия			
2.1	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.	
2.2	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 неуникальных переходов первого и второго порядков запрета. Теория электронного захвата. Теория бета-гамма корреляций.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада.	1	1		4	6
2	Закон Гейгера – Неттола. Одночастичный вариант теории альфа-распада (теория Гамова). Систематика альфа – переходов.	1	1		4	6
3	Правила отбора в альфа-распаде. Квазистационарные состояния в квантовой механике.	1	1		4	6
4	Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Формула Манга. Ширины альфа-распада в простой оболочечной модели.	1	1		4	6
5	Теоретические и экспериментальные коэффициенты усиления альфа-распада и сверхтекучая модель. Классификация альфа-переходов по степени облегченности. Роль кластерной	2	2		4	8

	области в формировании ширины альфа-распада. Альфа-распад деформированных ядер.					
6	Учет связи каналов. R-матричный вариант теории альфа-распада деформированных ядер.	2	2		4	8
7	Не R- матричный вариант теории альфа-распада. Альфа-гамма корреляции. Альфа-распад ориентированных ядер.	2	2		4	8
8	Гамма – спектроскопия. Электрическое и магнитное мультипольное излучение. Векторные сферические функции.	2	2		4	8
9	Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах. Длинноволновое приближение. Приведенные вероятности электромагнитных переходов.	2	2		4	8
10	Электромагнитные переходы в обобщенной модели ядра. Вероятности коллективных электромагнитных переходов.	2	2		4	8
11	Ядерная изомерия и ее связь со структурой атомного ядра. Теория гамма-гамма корреляций.	2	2		4	8
12	Кулоновское возбуждение ядер. Рассеяние гамма-квантов на атомных ядрах. Фотоядерные реакции. Гигантский дипольный и квадрупольный резонансы.	2	2		4	8
13	Теория внутренней конверсии.	2	2		4	8
14	Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада. Общие формулы для вероятности бета	2	2		4	8

	переходов. Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины $\log(ft)$.					
15	Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов. Запрещенные бета-переходы.	2	2		4	8
16	Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета. Форма спектров и полная вероятность неуникальных переходов первого и второго порядков запрета.	2	2		4	8
17	Теория электронного захвата.	2	2		4	8
18	Теория бета-гамма корреляций.	2	2		4	8
19	Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада.	2	2		4	8
	Итого:	34	34		76	144

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	Варшавович Д.А. Квантовая теория углового момента / Д.А. Варшавович, 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 (официальные ресурсы интернет) *:

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2.	http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e039.htm
3.	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых 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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-153.pdf >.
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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-154.pdf >.
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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-206.pdf >. [Детальная информация]

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. 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 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.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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.

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.	1-9	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.3 ПК-3.4	Комплект КИМ
2.	10-19	ПК-4	ПК-4.3 ПК-4.6	Комплект КИМ
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>КИМ</i>

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:

Практико-ориентированные задания

1. Распространенность альфа-распадных ядер. Энергетика альфа-распада.
2. Гигантский дипольный и квадрупольный резонансы.
3. Закон Гейгера - Неттола. Одночастичный вариант теории альфа-распада (теория Гамова).
4. Фотоядерные реакции.
5. Систематика альфа - переходов. Правила отбора в альфа-распаде. Рассеяние гамма-квантов на атомных ядрах.
6. Квазистационарные состояния в квантовой механике
7. Угловое распределение излучения. Теория гамма-гамма корреляций. Кулоновское возбуждение ядер.
8. Не R-матричный вариант теории альфа-распада. Формула Манга.

9. Ядерная изомерия и ее связь со структурой атомного ядра.
10. Ширины альфа-распада в простой оболочечной модели.
11. Теория внутренней конверсии.
12. Теоретические и экспериментальные коэффициенты усиления альфа-распада и сверхтекучая модель.
13. Вероятности коллективных электромагнитных переходов.
14. Классификация альфа-переходов по степени облегченности.
15. Электромагнитные переходы в обобщенной модели ядра.
16. Роль кластерной области в формировании ширины альфа-распада.
17. Теория электромагнитных переходов, связанных с изменением состояния одного нуклона. Единицы Вайскопфа.
18. Альфа-распад деформированных ядер. Учет связи каналов.
19. Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах.
20. Длинноволновое приближение. Приведенные вероятности электромагнитных переходов.
21. R-матричный вариант теории альфа-распада деформированных ядер.
22. Векторные сферические функции.
23. Не R- матричный вариант.
24. Электрическое и магнитное мультипольное излучение.
25. Альфа-гамма корреляции.
26. Гамма - спектроскопия
27. Альфа-распад ориентированных ядер[^]
28. Теория бета-гамма корреляций
29. Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада.
30. Форма спектров и полная вероятность неуникальных переходов первого и
31. второго порядков запрета.
32. Общие формулы для вероятности бета переходов.
33. Запрещенные бета-переходы. Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета.
34. Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины $\log(ft)$.
35. Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

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.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

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

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.

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.