

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 / Титова Л.В./
20.06.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.02 Ядерная спектроскопия

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.04.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

к.ф.- м.н., доцент Вахтель Виктор Матвеевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №5 от 20.05.2025г

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины:

- формирование у студентов профессиональных научно-исследовательских навыков по использованию метода ядерного магнитного резонанса для установления строения и идентификации соединений; формировании у студентов понимания принципиальных основ, практических возможностей и ограничений физических методов исследования спектроскопии; знакомство с аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента, привития навыков интерпретации и грамотной оценки экспериментальных данных, в том числе публикуемых в научной литературе.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить теоретические основы методов ИК, КР–спектроскопия, ЯМР, ЭПР, массспектрометрии, Мессбауэровской спектроскопии и др.; а также устройство и схемы современных приборов для всех выше перечисленных методов;
- научиться выбирать необходимый метод для анализа объектов различной природы;
- приобрести навыки по использованию современного физического оборудования для соответствующего метода.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1.В.ДВ (Дисциплины по выбору).

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
ПК-6	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования с оптимизированием методов исследования.	ПК-6.1	Применяет методы исследования вещества на современных спектрометрах и детекторах, в том числе методы альфа-, бета и гамма-спектроскопии для проведения исследований образцов.	<p>Знать: методы и средства моделирования физико-технических процессов в физических установках, методы и средства регистрации излучений, характеристики ядерных материалов</p> <p>Уметь: применять знания о методах и средствах спектрометров, уметь получать характеристики аппаратного спектра заряженных частиц уметь формулировать задачи и цели исследований, модифицировать методы расчета из измерений под поставленные задачи</p> <p>Владение: методами элементного и изотопного состава вещества, методами изучения структурных характеристик и кристаллических полей</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		56	56
в том числе:	лекции	18	18
	практические		
	лабораторные	38	38
Самостоятельная работа		52	52
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)		Экзамен 36 час.	Экзамен – 36 час.
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Характеристики потоков заряженных частиц. Источники заряженных частиц.	Характеристики заряженных частиц. Элементарные частицы. Атомные ядра. Поток частиц, плотность, распределения плотности. Источники частиц. Радиоактивные источники. Ускорители заряженных частиц. Ядерные реакции. Космическое излучение.	-
2	Принципы и основы методов определения характеристик заряженных частиц.	Ионизационный эффект. Радиolumинисцентный эффект. Радиоакустический эффект. Калориметрия. Радиохимический эффект. Стохастический характер эффектов.	-
3	Спектрометрия тяжелых частиц. Низких энергий.	Особенности эффектов взаимодействия при низких энергиях. Ионизационная спектрометрия газонаполненными детекторами. Электронное и аналитическое обеспечение. Сцинтилляционная спектрометрия. Жидкостная, твердотельная. Градуировка. Трековые детекторы и методы. Полупроводниковые детекторы и спектрометры. Идентификация частиц. Координатные спектрометры.	-
4	Исследования спектров легких частиц.	Спектрометрия газонаполненными детекторами. Детекторы с внутренним наполнением. Газовое усиление. Старение детекторов. Сцинтилляционная спектрометрия. Жидкосцинтилляционные спектрометры. Микроканальные системы. Полупроводниковые спектрометры. Непрерывные спектры, электроны конверсии. Спектрометрия спектров высоких энергий. Многодетекторные системы.	-
5	Угловые распределения	Методы исследований пространственных распределений потоков излучений. Многодетекторные спектрометры. Координатные детекторы и спектрометры с аналоговым считыванием информации. Угловые корреляции с временными совпадениями.	-

6	Исследования спектров гамма-излучения	Особенности взаимодействия гамма-излучения с веществом. Газонаполненные детекторы сцинтилляционные спектрометры. Полупроводниковая спектрометрия. Эффективность регистрации.	-
7	Идентификация нуклидов. Схемы распада	Энергетическая идентификация. Временной анализ. Спектрометрия совпадений. Коэффициенты конверсии. Магнитная фильтрация.	-

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Характеристики потоков заряженных частиц. Источники заряженных частиц.	2		5	7	5	19
2	Принципы и основы методов определения характеристик заряженных частиц.	2		5	7	5	19
3	Спектрометрия тяжелых частиц. Низких энергий.	3		6	8	5	22
4	Исследования спектров легких частиц.	3		6	8	6	23
5	Угловые распределения	3		6	8	5	22
6	Исследования спектров гаммаизлучения	3		5	7	5	20
7	Идентификация нуклидов. Схемы распада	2		5	7	5	19
	Итого:	18		38	52	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 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.

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" / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— Изд. 2е, испр. и доп. — М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2007 .— 581 с.
2	Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.] / К.Н. Мухин .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=277 >.
3	Черняев А. П. Ионизирующие излучения : [учебное пособие] / А.П. Черняев ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Физ. фак. — Изд. 3-е, испр. и доп. — Москва : КДУ, 2014 .— 313 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.311-313.

4	Черняев А. П. Ускорители в современном мире : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 011200 - "Физика" и по специальности 010701 - "Физика"] / А. П. Черняев .— Москва : Изд-во Московского университета, 2012 .— 367 с. : ил., табл. — Предм. указ.: с.362-365 .— Библиогр.: с.366-367.
---	--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Изотопы : свойства, получение, применение : т. 1 / Б.М. Андреев [и др.] ; под ред. В.Ю. Баранова .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005— 598 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 562 - 598.
6	Изотопы : свойства, получение, применение : Т.2 / Б.М. Андреев [и др.] ; под ред. В.Ю. Баранова .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005 — 727 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 585 - 624.
7	Альфа-, бета-, и гамма-спектроскопия : пер. с англ. : [в 4 вып.] / под ред. К. Зигбана .— М. : Атомиздат, 1969-.
8	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 .— Электрон. версия печ. публикации .— Свободный доступ из интранета ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader. Издание на др. носителе: Альфа-распад. Взаимодействие альфа-излучения с веществом : 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.] .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012 .— 39 с. : ил., табл. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-153.pdf >.
9	Бабенко А.Г. Бета-распад. Определение максимальной энергии бета-спектра. Лабораторный практикум для вузов./ А.В. Бабенко [и др.] . – Издательскополиграфический центр ВГУ. 2008,– 47 с.

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

№ п/п	Ресурс
10	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
	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
1	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.04.02. Ядерная 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 - 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:

Лаборатория им. Л.Н. Сухотина (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 30	Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран на штативе SceenMedia Apllo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31	Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран на штативе SceenMedia Apllo-T
15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/)	Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 301015/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)
Аудитория для самостоятельной работы. г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 507П	Специализированная мебель, компьютеры PentiumII, III (10 шт.), объединенные в локальную сеть с возможностью подключения к сети «Интернет».

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 1-7	ПК-6	ПК-6.1	Отчет по лабораторным занятиям, собеседование
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:

Отчет по лабораторным работам

Знать, уметь и владеть в полном объеме методами, методиками и средствами спектрометрии	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Знать, уметь и владеть в полном объеме методами, методиками и средствами спектрометрии с замечаниями	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Недостаточно полный объем знаний, умений, навыков спектрометрии	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Не владеет методами, средствами, методиками спектрометрии	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по экзаменационным билетам

20.2.1. Перечень вопросов к экзамену:

1. Характеристики аппаратного спектра заряженных частиц.
2. Градуировка спектрометров энергий гамма-излучения.
3. Спектрометрия гамма-излучения сцинтилляционной методикой.
4. Определение относительной активности источников излучений.
5. Определение коэффициента внутренней конверсии.
6. Альфа-спектрометрия с полупроводниковыми детекторами.
7. Идентификация типа заряженных частиц на удельной ионизации.
8. Особенности спектрометрии осколков делящихся ядер.
9. Спектрометрия электронов в присутствии позитронов.
10. Определение каскадности переходов.
11. Определение мультипольности гамма-переходов.
12. Жидкосцинтилляционная спектрометрия.
13. Многодетекторные методики спектрометрии излучений.
14. Спектрометрия низкоэнергетического излучения.

15. Спектрометрические методики определения активности.
16. Эффективность регистрации излучений – методы и средства определения.
17. Спектрометрия излучений объемных источников.
18. Спектрометрия короткоживущих нуклидов.
19. Газонаполненные спектрометры тяжелых заряженных частиц.
20. Метод спектрометрии ядер отдачи.
21. Основные характеристики амплитудно-энергетических спектрометров

Знать, уметь и владеть в полном объеме методами, методиками и средствами спектрометрии	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Знать, уметь и владеть в полном объеме методами, методиками и средствами спектрометрии с замечаниями	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Недостаточно полный объем знаний, умений, навыков спектрометрии	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Не владеет методами, средствами, методиками спектрометрии	–	<i>Неудовлетворительно</i>