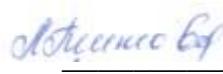


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 / Титова Л.В./  
13.06.2024г.

**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 №6 от 13.06.2024

**8. Учебный год: 2024/2025**

**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 оптимизированным методом 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<br/>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<br>(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 * |
|------------------|--|--|--|
| <b>1. Лекции</b> |  |  |  |
| 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. Радиолоюминисцентный 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<br><URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=277">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=277</a> >.                      |
| 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 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.<br>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.<br><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> >. |
| 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    | <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ                      |
|       | <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, 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](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:

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

#### 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. Жидкостинцилляционная 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> |