


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 / Кадменский С. Г./
30.06.2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.08.01 Резонансные методы исследований вещества

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:

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

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): 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- ознакомление студентов с физическими явлениями, на которых основан элементный и изотопный состав вещества, исследование структурных характеристик материалов методами масс-спектрометрии, Резерфордского рассеяния, каналирования, мессбауэровской спектроскопии.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ спектрометрии, принципов работы спектрометров;
- изучение процессов рассеяния частиц, обратного Резерфордского рассеяния, возникновения характеристического рентгеновского излучения, методов исследования структуры вещества, явления ядерного гамма-резонанса, взаимодействия гамма- и рентгеновского излучений с веществом, резонансное поглощение гамма-квантов;
- приобретение умений применять методы мессбауэровской спектроскопии, обработка, анализ и интерпретация спектров.

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-3	Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов.	ПК-3.1	Знает методы экспериментального исследования физических процессов, создания экспериментальных установок.	<p>Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин и в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального; основные понятия теории информации, выбор оптимальной дискретизации по информационным параметрам и времени, характеристики интерфейсов, программирование элементов систем автоматизации.</p> <p>Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования; оценивать параметры дискретизации, программировать простые системы автоматизации.</p> <p>Владеть: методами оптимальной оценки дискретизации и выбора интерфейса, технологией программного управления элементами системы автоматизации.</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2/72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			5 семестр
Аудиторные занятия		16	16
в том числе:	лекции	16	16
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа		56	56
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль			
Форма промежуточной аттестации		Зачет	Зачет
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение	Цели и задачи курса. Основные характеристики вещества. Характеристики атомов и ядер. Массы атомов и ядер. Энергия связи. Движение частиц в электрических и магнитных полях.	-
1.2	Основы спектрометрии, спектрометры	Основы масс-спектрометрии и типы характеристики масс-спектрометров. Статические масс-спектрометры. Спектрометры с однородным магнитным полем. Секторные масс-спектрометры. Спектрометры с электрическим последовательным полем. Методы и средства регистрации ионного тока и спектра масс. Методы ионизации. Источники ионов. Электронная ионизация, фотоионизация, химическая ионизация, поверхностная ионизация, индуктивно связанная плазма. Динамические масс-спектрометры. Спектрометрия ион-циклотронного резонанса (омегатрон). Уравнение движения иона. Условие резонанса. Аппаратурные спектры. Время-пролетная спектрометрия. Хронотрон. Основные характеристики.	-
1.3	Рассеяние частиц	Упругое рассеяние тяжелых заряженных частиц. Обратное резерфордовское рассеяние.	-
1.4	Обратное резерфордовское рассеяние	Удельные ионизационные потери энергии тяжелых заряженных частиц, формулы Бора, Бете-Блоха. Спектрометрия обратного резерфордовского рассеяния.	-
1.5	Характеристическое рентгеновское излучение	Возбуждение ионами характеристического рентгеновского излучения. Электростатические ускорители и генераторы. Глубинный элементный	-

		профиль поверхности.	
1.6	Исследование структуры вещества	Ориентационные эффекты при прохождении заряженных частиц через кристаллы. Явление каналирования частиц, потенциал Линдхарда. Эффект теней. Исследование структуры вещества методами ориентационных эффектов.	-
1.7	Ядерный гамма-резонанс	Ядерный гамма-резонанс, эффект Мёссбауэра. Возбужденные состояния ядер, гамма-излучение, ядерная конверсия, ядерная изомерия.	-
1.8	Взаимодействие и гамма- и рентгеновского излучений с веществом.	Взаимодействие и гамма- и рентгеновского излучений с веществом.	
1.9	Резонансное поглощение гамма-квантов.	Резонансное поглощение гамма-квантов. Доплеровское уширение. Расщепление уровней, изотопический сдвиг.	-
1.10	Мессбауэровской спектроскопия.	Мессбауэровской спектроскопия. Спектрометрия с постоянным ускорением. Методы регистрации излучений.	-
1.11	Обработка, анализ и интерпретация спектров.	Обработка, анализ и интерпретация спектров.	-

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	Введение	1			4		5
2	Основы спектрометрии, спектрометры	1			4		5
3	Рассеяние частиц	1			4		5
4	Обратное резерфордское рассеяние	1			4		5
5	Характеристическое рентгеновское излучение	1			4		5
6	Исследование структуры вещества	1			6		7
7	Ядерный гамма-резонанс	2			6		8
8	Взаимодействие и гамма- и рентгеновского излучений с веществом.	2			6		8
9	Резонансное поглощение гамма-квантов.	2			6		8
10	Мессбауэровской спектроскопия.	2			6		8
11	Обработка, анализ и интерпретация спектров.	2			6		8
	Итого:	16			56		72

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	Блюмх Бернард. Основы ЯМР. Для ученых и инженеров / Б. Блюмх ; пер. с англ. П.А. Белякова ; под ред. В.П. Ананикова .— Москва : Техносфера, 2011 .— 252 с.
2	Шпольский Э. В. Атомная физика : учебник : в 2 т. / Э.В. Шпольский .— СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— (Классическая учебная литература по физике / ред. совет: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]) (Учебники для вузов. Специальная литература).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Черняев А. П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям 010400 "Физика" и 014000 "Мед. физика" / А. П. Черняев .— М. : Физматлит, 2004 .— 151 с.
4	Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности 011000 "Химия" и направлению подгот. 510500 "Химия" / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков .— М. : Мир, 2006 .— 683 с.
5	Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика : Сборник задач : учеб. пособие для студ. физ. специальностей вузов / И.Е. Иродов .— 8-е изд., испр. — СПб. : Лань, 2002 .— 287 с.
6	Взаимодействие импульсных пучков заряженных частиц с веществом / В.И. Бойко, В.А. Скворцов, В.Е. Фортов, И.В. Шаманин .— М. : Физматлит , 2003 .— 287 с.
7	Машкова Е. С. Рассеяние ионов средних энергий поверхностями твердых тел / Е.С. Машкова, В.А. Молчанов .— М. : Атомиздат, 1980 .— 254 с.
8	Арцимович Л. А. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях : Учебное пособие для студ. физич. спец. ун-тов / Л.А. Арцимович, С.Ю. Лукьянов .— М. : Наука, Физматлит, 1972 .— 224 с.
9	Атомная физика : Введение в атомную физику: учеб. пособие для студ. вузов / Э.В. Шпольский. Т.1 .— 1984 .— 552 с.
10	Сысоев А. А. Введение в масс-спектрометрию / А.А. Сысоев, М.С. Чупахин .— М. : Атомиздат, 1977 .— 302 с.
11	Леман Т. Спектрометрия ионного циклотронного резонанса / Т. Леман, М. Бёрси ; пер. с англ. Д.Н. Трубникова; под ред. Ю.В. Филиппова .— М. : Мир, 1980 .— 215 с.
12	Кельман В. М. Статические масс-спектрометры / В.М. Кельман, И.В. Родникова, Л.М. Секунова ; АН Каз ССР. Ин-т ядерной физики; [отв. ред. Д.К. Каипов] .— Алма-Ата : Наука, 1985 .— 260, [3] с.
13	Физические основы масс-спектрометрии: (Методы ионизации) / [В.И. Хвостенко, В.А. Мазунов, М.Е. Акопян и др.] ; АН СССР. Башкирский фил.; Отдел физики и математики; [Отв. ред. Г.А. Толстиков] .— Уфа : БФАН СССР, 1985 .— 119 с.

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

№ п/п	Ресурс
	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 14.03.02. 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:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-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/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 224
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 31
Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы 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: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5

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.	Введение	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос, собеседование по билетам к зачету
2.	Основы спектрометрии, спектрометры			
3.	Рассеяние частиц			
4.	Обратное резерфордское рассеяние			
5.	Характеристическое рентгеновское излучение			
6.	Исследование структуры вещества			
7.	Ядерный гамма-резонанс			
8.	Взаимодействие и гамма- и рентгеновского излучений с веществом.			
9.	Резонансное поглощение гамма-квантов.			
10.	Мессбауэровской спектроскопия.			
11.	Обработка, анализ и интерпретация спектров.			
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

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:

Устный опрос

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок

Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. Основные методы радиоспектроскопии.
2. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).
3. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)
4. Циклотронный резонанс, двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР)
5. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР).
6. Резонансное поглощение гамма-излучения.
7. Влияние структуры вещества на ширину и сдвиг резонансных линий.
8. Анализ мессбауэровских спектров
9. Методы описания ЯМР.
10. Продольное и поперечное время затухания.
11. Возможности ЯМР и аппаратная реализация ЯМР – спектроскопии
12. Методы описания ЭПР.
13. Время затухания.
14. Возможности ЭПР и аппаратная реализация ЭПР - спектроскопии
15. Принцип осуществления ЦР.
16. Использование ЦР для исследования структуры полупроводников и поверхностей металла.
17. Принципы ДЭЯР.
18. Экспериментальное наблюдение спектров ДЭЯР.
19. Применение ДЭЯР для изучения сверхтонких взаимодействий в кристаллах.

20. Спиновый гамильтониан и спектр ЯКР.

21. Спектр ЯКР в магнитном поле (случай аксиальной симметрии градиента кристаллического поля).

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом дисциплины (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики.	Достаточный уровень	Зачтено
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.	–	Не зачтено