

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.08 Спектрометрия ядерных излучений

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 24.06.2021,
РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022,
протокол №6.

8. Учебный год: 2021/2022

Семестр(ы): 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными методами и методиками спектрометрии излучений, основ физики взаимодействия излучений с веществом, методов регистрации излучений спектрометрами и практического их применения.

Задачи учебной дисциплины:

- дать знания о физических явлениях, на которых основано определение элементного и изотопного состава вещества, основах исследования характеристик материалов методами резерфордовского рассеяния, каналирования, альфа- и бета-спектрометрии
- научить выбирать метод измерений и обработки экспериментальных результатов при планировании эксперимента для проведения исследований излучений различных радиоактивных источников и частиц высокой энергии
- дать навыки практического применения спектрометрии: осуществлять градуировку спектрометров, определять относительную активность источников излучений, проводить идентификацию типа заряженных частиц по удельной ионизации.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Обязательная дисциплина вариативной части цикла Б1 (Часть, формируемая участниками образовательных отношений).

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 оптимизированными методами исследования.	ПК-6.5	Знает физические явления, на которых основано определение элементного и изотопного состава вещества, основы исследования структурных характеристик материалов методами масс-спектрометрии, резерфордовского рассеяния, каналирования, мессбау-эровской спектроскопии	Знать: физические явления, на которых основано определение элементного и изотопного состава вещества, основы исследования характеристик материалов методами резерфордовского рассеяния, каналирования, альфа- и бета-спектрометрии Уметь: выбирать метод измерений и обработки экспериментальных результатов при планировании эксперимента для проведения исследований излучений различных радиоактивных источников и частиц высокой энергии Владеть: навыками практического применения спектрометрии: осуществлять градуировку спектрометров, определять относительную активность источников излучений, проводить идентификацию типа заряженных частиц по удельной ионизации
		ПКВ-6.6	Выбирает метод измерений и обработки экспериментальных результатов при планировании эксперимента для проведения исследований излучений	

			различных радио-активных источников и частиц высокой энергии	
		ПКВ-6.7	Владеет навыками практического применения спектрометрии: осуществлять градуировку спектрометров энергий гамма-излучений, определять относительную активность источников излучений, проводить идентификацию типа заряженных частиц по удельной ионизации.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		36	
в том числе:	лекции	18	18
	практические		
	лабораторные	18	18
Самостоятельная работа		72	72
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации		Зачет	Зачет
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Характеристики частиц и потоков	Характеристики заряженных частиц и потоков излучений. Источники излучений. Радиоизотопные источники. Ускорители заряженных частиц. Ядерные реакции.	-
2	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Удельные потери энергии. Распределения потерь при низких и средних	-

		энергиях. Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом. Удельные потери. Тормозное излучение. Черенковское излучение. Каналирование.	
3	Ионизационные газонаполненные детекторы	Ионизационный эффект флуктуации ионизации. Газонаполненные детекторы в импульсном режиме для тяжелых частиц. Детекторы с газовым усилением. Эффективность регистрации. Энергетическая калибровка. Нелинейность. Спектрометрия легких заряженных частиц. Мертвое время. Временные спектрометры. Детекторы с самостоятельным разрядом. Старение детекторов. Идентификация частиц.	-
4	Полупроводниковые детекторы заряженных частиц	Полупроводниковые детекторы. Типы и области применения детекторов. Ориентационный и плазменный эффекты. Энергетическое и временное разрешение. Спектрометрия заряженных частиц. Спектрометрия легких частиц.	-
5	Сцинтилляционная спектрометрия	Радиолюминисцентный эффект. Механизм сцинтилляции. Типы сцинтилляторов. Области применения. Аппаратурные спектры. Обработка спектров. Временная спектрометрия. Многодетекторные системы. Оптимизация ФЭУ.	-
6	Спектрометры и спектрометрия	Энергетическая спектрометрия. Идентификация излучений. Временная спектрометрия.	-
7	Спектрометрия высоких энергий	Черенковские детекторы и спектрометры заряженных частиц	-

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	Характеристики частиц и потоков	2		2	10	14
2	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	3		3	10	16
3	Ионизационные газонаполненные детекторы	3		3	10	16
4	Полупроводниковые детекторы заряженных частиц	3		3	11	17
5	Сцинтилляционная спектрометрия	3		3	11	17
6	Спектрометры и спектрометрия	2		2	10	14
7	Спектрометрия высоких энергий	2		2	10	14
	Итого:	18		18	72	108

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. 2-е, испр. и доп. — М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2007 .— 581 с.
2	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.
3	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
4	Лабораторный практикум по экспериментальным методам ядерной физики: Учебное пособие для инж.-физ. специальностей вузов / ; Под ред. К. Г. Финогенова.— М. : Энергоатомиздат, 1986 .— 429 с.
5	Введение в физику тяжелых ионов: Учебное пособие. Гангрский Ю.П., Григорьев В.А., Емельянов В.М., Липидус К.О., Оганесян Ю.Ц, Пенионжкевич Ю.Э., Пятков Ю.В. М.: МИФИ, 2008. 424 с.
6	Абрамов А.И. Основы экспериментальных методов ядерной физики : учебное пособие для студ. вузов / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Атомиздат, 1977 .— 524,[1] с. : ил., табл.
7	Абрамов, Александр Иванович. Основы экспериментальных методов ядерной физики : учебное пособие для студ. вузов / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич .— М. : Атомиздат, 1970 .— 558,[1] с.
8	Абрамов, Александр Иванович. Основы экспериментальных методов ядерной физики : учебное пособие для студ. вузов / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1985 .— 487,[1]с.
9	Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.] / К.Н. Мухин .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009
10	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.
11	Абрамов, Александр Иванович. Основы экспериментальных методов ядерной физики : учебное пособие для студ. вузов / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич .— М. : Атомиздат, 1970
12	Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физика" : [в 2 т.] / К.Н. Мухин .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Атомиздат, 1974.-Т. 1: Физика атомного ядра .— 1974

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

№ п/п	Ресурс
13	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:

<p>Лаборатория (для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 32</p>	<p>Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOK 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/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)</p>
<p>Лаборатория (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 37</p>	<p>Специализированная мебель, мессбауэровский спектрометр CM1101, мессбауэровский спектрометр MSI 104Em, альфа-спектрометр СЭА-13П Univem MS 9.01 РТЦК 350000.000 ПС. лицензия бессрочная MossFit (версия 3.06) ДШИ 2.851.003 ПС. лицензия бессрочная LSRMAльфа (LSRMSpectralLineADA, версия 1.1.959). лицензия бессрочная</p>
<p>Лаборатория (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1,</p>	<p>Специализированная мебель, сцинтилляционный гамма-спектрометр: блок детектирования БЛБД7Г - 20Р; высоковольтный блок БНВ-30-01 (стандарт "Вектор"); усилитель БУИ-3К "Вектор"; анализатор пом.1, ауд. 38) импульсов АИ; 4К</p>
<p>Лаборатория (для проведения лабораторных занятий) г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 32</p>	<p>Установка спектрометрическая МКС-01.А. "Мультирад" в составе: гамма-спектрометрический тракт "Мультирад-гамма", ПО "Прогресс". Установка спектрометрическая МКС-01.А "Мультирад" в составе: альфа-спектрометрический тракт - А.С." ПО "Прогресс".</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 31</p>	<p>Ноутбук ASUS VIVOBOK 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/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО</p>

	(лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)
Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5	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: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses) Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия: https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/)

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-6.5 ПК-6.6 ПК-6.7	Отчет по лабораторным занятиям
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:

Отчет к лабораторным занятиям

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	<i>Базовый уровень</i>	
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах	<i>Пороговый уровень</i>	

показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач		
Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	–	<i>Незачтено</i>

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. Характеристики заряженных частиц и потоков излучений.
2. Источники излучений. Радиоизотопные источники.
3. Ускорители заряженных частиц. Ядерные реакции.
4. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом.
5. Удельные потери энергии. Распределения потерь при низких и средних энергиях.
6. Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом.
7. Удельные потери. Тормозное излучение. Черенковское излучение.
8. Каналирование. Ионизационный эффект флуктуации ионизации.
9. Газонаполненные детекторы в импульсном режиме для тяжелых частиц.
10. Детекторы с газовым усилением.
11. Эффективность регистрации. Энергетическая калибровка. Нелинейность.
12. Спектрометрия легких заряженных частиц. Мертвое время.
13. Временные спектрометры. Детекторы с самостоятельным разрядом. Старение детекторов. Идентификация частиц.
14. Полупроводниковые детекторы.
15. Типы и области применения детекторов.
16. Ориентационный и плазменный эффекты.
17. Энергетическое и временное разрешение.
18. Спектрометрия заряженных частиц. Спектрометрия легких частиц.
19. Радиолюминисцентный эффект. Механизм сцинтилляции.
20. Типы сцинтилляторов. Области применения.
21. Аппаратурные спектры. Обработка спектров. Временная спектрометрия.
22. Многодетекторные системы.
23. Оптимизация ФЭУ.
24. Энергетическая спектрометрия. Идентификация излучений.

25. Временная спектрометрия.

26. Черенковские детекторы и спектрометры заряженных частиц

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	<i>Базовый уровень</i>	
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач	<i>Пороговый уровень</i>	
Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	–	<i>Незачтено</i>