


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики

 / С.Г. Кадменский
30.06.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Экспериментальные методы ядерной и медицинской физики

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: Вахтель В.М., к.ф.-м.н., доцент

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

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Сформировать основы знаний и навыков, на которых базируются экспериментальные методы исследований в области ядерной физики. Задачами дисциплины являются изучение основных механизмов взаимодействий излучения с веществом, принципов работы детекторов излучений и основных методов исследования характеристик радиоактивных излучений, распада частиц и сечений реакций

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Экспериментальные методы ядерной физики в медицине» относится к базовой части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 03.03.02 Физика. Она базируется на курсах дисциплин, изучаемых в образовательных программах бакалавриата: «Физика», «Математический анализ», «Атомная физика». Дисциплина является предшествующей для таких курсов как: «Ускорители заряженных частиц в ядерной и медицинской физике», «Моделирование физических процессов».

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-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p>Знать: основные понятия и характеристики взаимодействия излучений с веществом, механизмы работы детекторов излучений, характеристики детекторов и основные методы измерения излучений</p> <p>Уметь: применять методы экспериментальной ядерной физики для решения фундаментальных и прикладных задач ядерной физики, оценивать параметры процессов взаимодействий излучений с веществом, выбирать способ регистрации излучений.</p> <p>Владеть: методами определения характеристик излучений, параметров распада ядер и частиц и оптимального выбора режима детекторов.</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 3/108.

Форма промежуточной аттестации *зачет*

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ 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	Введение	Исторический обзор развития экспериментальных методов ядерной физики. Цели и задачи курса. Источники ионизирующих излучений. Виды излучений и их характеристики. Взаимодействие излучений с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом. Взаимодействие гамма-излучения и нейтронов с веществом.	
1.2	Принципы регистрации ионизирующих излучений.	Ионизационный эффект. Измерение зарядов и токов. Сцинтилляционные процессы. Образование дефектов в кристаллических и аморфных образцах. Калометрия.	
1.3	Сцинтилляционный метод регистрации ионизирующих излучений.	Генерация светового излучения в веществе под действием ионизирующих излучений. Типы сцинтилляторов. Механизмы сцинтилляции. Смесители спектров светового излучения. Характеристика сцинтилляторов. Фотоэлектронные умножители. Принцип работы. Типы ФЭУ, их характеристики и параметры. Согласование сцинтиллятора и ФЭУ. Сцинтилляционные детекторы. Аппаратурные спектры гамма-лучей и заряженных частиц. Эффективность, энергетическое и временное разрешение, линейность, стабильность. Детекторы на основе одноканальных умножителей, микроканальные пластины. Детекторы на основе рыхлых детекторов.	
1.4	Детекторы релятивистских частиц на основе излучения Вавилова-Черенкова.	Излучение Вавилова-Черенкова. Детекторы.	
1.5	Детекторы на основе ионизационного эффекта с газовым наполнением.	Ионизационный эффект в газах. Дрейф и рекомбинация ионов и электронов в газе при электрическом поле. Форма импульса тока и заряда на электродах ионизационной камеры. Характеристики и параметры ионизационных камер. Эффективность, энергетическое и временное разрешение, линейность ионизационных камер.	
1.6	Детекторы на основе эффекта газового усиления.	Процесс газового усиления, коэффициент газового усиления. Режимы пропорционального и ограниченно-пропорционального усиления. Режим самостоятельного разряда. Самогасящиеся счетчики. Формирование импульсов тока и заряда на электродах счетчиков с газовым усилением. Ложные импульсы. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации. Однотяжные и многотяжные (многоэлектродные) счетчики. Области их применения. Конструктивные особенности. Искровые счетчики и камеры. Стриммерные камеры. Направление дальнейшего развития.	

1.7	Детекторы на основе ионизационного эффекта в полупроводниковых структурах.	Основные положения зонной теории полупроводников. Электрофизические характеристики полупроводниковых материалов. Ионизационный эффект в полупроводниках при воздействии ионизирующих излучений. Принцип работы полупроводникового детектора в сопоставлении с ионизационными камерами. Детекторы на основе инверсионного слоя, p-n-перехода и с p-i-n-структурой. Типы и основные характеристики полупроводниковых детекторов. Особенности спектрометрии тяжелых заряженных частиц, электронов и гамма-квантов. Особенности применения. Направление дальнейшего развития.	
1.8	Координатно-чувствительные детекторы.	Принципы определения координат воздействия заряженных частиц или гамма-квантов в рабочем объеме детектора. Газонаполненные и твердотельные детекторы. Детекторы на основе временных и амплитудных соотношений сигналов. Характеристик, конструктивные особенности, области применения. Направление дальнейшего развития.	
1.9	Магнитные и электрические анализаторы спектров заряженных частиц.	Магнитные спектрометры с продольным и поперечным магнитным полем. Магнитные спектрометры электронов и тяжелых заряженных частиц. Электростатические спектрометры электронов. Характеристики спектрометров, особенности применения. Направления развития.	
1.10	Погрешности измерений и статистические флуктуации измеряемых величин и процессов в детекторах ионизирующих излучений.	Статистические флуктуации в энергетических, временных и угловых спектрах ионизирующих излучений. Статистические флуктуации в ионизационном эффекте. Характеристики шумов детекторов.	
	Введение	Исторический обзор развития экспериментальных методов ядерной физики. Цели и задачи курса. Источники ионизирующих излучений. Виды излучений и их характеристики. Взаимодействие излучений с веществом. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом. Взаимодействие гамма-излучения и нейтронов с веществом.	

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	Введение.	1		3	6	10
2	Принципы регистрации ионизирующих излучений.	1		3	6	10
3	Сцинтилляционный метод регистрации ионизирующих излучений.	1		3	6	10
4	Детекторы релятивистских частиц на основе излучения Вавилова-Черенкова.	1		3	6	10

5	Детекторы на основе ионизационного эффекта с газовым наполнением.	1		3	6	10
6	Детекторы на основе эффекта газового усиления.	2		3	6	11
7	Детекторы на основе ионизационного эффекта в полупроводниковых структурах.	2		3	6	11
8	Координатно-чувствительные детекторы.	2		3	6	11
9	Магнитные и электрические анализаторы спектров заряженных частиц.	2		4	6	12
10	Погрешности измерений и статистические флуктуации измеряемых величин и процессов в детекторах ионизирующих излучений.	2		4	6	12
	Итого:	16		32	60	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации;
- подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.

Данная программа реализуется с учетом следующих принципов: современной научной целесообразности, нелинейности, учебной и исследовательской автономии студентов.

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	Болоздыня А. И. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения: учеб. пособие / А.И. Болоздыня, И.М. Ободовский .— Долгопрудный : Интеллект, 2012 .— 204 с.
2	Родненков В. Г. Основы радиационной безопасности : для студентов инженерно-технических специальностей: учебное пособие/ В. Г. Родненков. — Минск: ТетраСистемс , 2011.— 208 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.— URL: http:// biblioclub.ru » .
3	Малышев Л. Г., Повзнер А. А. Физика атома и ядра/ Л. Г.Малышев. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014.— 145 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http:// biblioclub.ru »
4	В. А. Григорьев, Ю. Э. Пенионжкевич, В. М. Вахтель Современные детекторы ядерных излучений: учебное пособие/ Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Воронежский государственный университет, 2019 – 180 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

4	Черняев А. П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям 010400 "Физика" и 014000 "Мед. физика" / А. П. Черняев. — М.: Физматлит, 2004.— 151 с. (56)
5	Ишханов Б. С. Частицы и атомные ядра : учебник по дисциплине "Физика атом. ядра" для студ. вузов, обуч. по специальностям 010701 - "Физика", 010705 - "Физика атом. ядра и частиц" и направлению 010700 - "Физика" / 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.
6	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.
7	Газоразрядный детектор ионизирующих излучений - счетчик Гейгера-Мюллера: учеб. пособие для вузов: [для аудитор. подготовки и самостоят. работы студ. направления 010700 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т; сост.: В.Б. Бруданини др.. — Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012.— 23 с.
8	Полупроводниковые детекторы в дозиметрии ионизирующих излучений / А. Н. Кронгауз, В. К. Ляпидевский, Ю. Б. Мандельцвайг и др.; под ред. В. К. Ляпидевского. — М.: Атомиздат, 1973.— 177, [2] с.
9	Ляпидевский В. К. Методы детектирования излучений: учебное пособие для студ. физ. и инж.-физ. спец. вузов / В. К. Ляпидевский .— М. : Энергоатомиздат, 1987 .— 404 с.
10	Физика микромира: Маленькая энциклопедия / гл. ред. Д.В. Ширков .— М. : Советская энциклопедия, 1980 .— 527 с.
11	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 с.
12	Экспериментальные методы ядерной физики: Учебное пособие для физ. и инженер.-физ. фак. вузов / Под ред. М.С. Козодаева. — М.: Наука: Физматлит, 1966
13	Сборник задач по общему курсу физики: в 5 кн. — М.: Физматлит : Лань, 2006-. [Кн.] 5: Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / В.Л. Гинзбург и др.; под ред. Д.В. Сивухина. — Изд. 5-е, стер. — 2006.— 183 с.
14	<i>Акимов Ю. К. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике / Ю. К. Акимов и др.; Под ред. Ю. К. Акимова. — М. : Энергоатомиздат, 1967 .— 252 с.</i>

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

№ п/п	Ресурс
15	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
16	Бруданин В.Б. Газоразрядный детектор ионизирующих излучений - счетчик Гейгера-Мюллера учебное пособие для вузов Скачать документ: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-154.pdf
17	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

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	Матышев, А.А. Атомная физика: учебное пособие: в 2-х т. / А.А. Матышев. - Санкт-Петербург.: Издательство Политехнического университета, 2014. - Т. 1. - 531 с.: схем., ил., табл. - (Физика в технических университетах). - ISBN 978-5-7422-4209-3; то же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362983 (23.01.2018).

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:

Аудитория, компьютер, проектор, экран, маркерная доска.

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)	Оценочные средства
1.	Взаимодействие излучения с веществом	ПК-4	<i>Вопросы КИМ</i>
2.	Газонаполненные детекторы		<i>Вопросы КИМ</i>
3	Полупроводниковые детекторы		<i>Вопросы КИМ</i>
4	Сцинтилляционные детекторы и координатные детекторы		<i>Вопросы КИМ</i>
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:

Реферат

Сообщение/доклад/презентация

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Для оценивания результатов обучения на зачете 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, фактами, данными научных исследований;
 4) умение применять полученные знания на практике решать;

Для оценивания результатов обучения на зачете используется две оценки – «зачтено», «не зачтено»

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знать теоретические основы и уметь принимать рассматриваемые в курсе методы для анализа данных и результатов измерений.	<i>Достаточный</i>	<i>Зачтено</i>
Отсутствие вышеназванных знаний.	<i>Не достаточный</i>	<i>Не зачтено</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- Реферат
- Доклад/презентация

Описание технологии проведения

Перечень вопросов к зачету:

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. Индификация 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

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

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 форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ; 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 используются количественная шкала оценок.