

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики

 / С.Г. Кадменский

28.08.2019

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:

Ядерная физика

3. Квалификация (степень) 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:

Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2019

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

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

сформулировать 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.

Основные задачи курса:

- Дать студентам широкое представление о физических принципах наиболее общих методов измерений ионизирующих излучений;
 - Рассмотреть физические процессы в детекторах при прохождении через них ионизирующих излучений;
 - Обратить внимание на принципиальные конструктивные особенности детекторов и их применения;
 - Дать представление о специфике методик ядерно-физического эксперимента вследствие статистического характера процессов образования элементарных частиц и их взаимодействия с веществом.
 - Дать углубленные знания о наиболее эффективных экспериментальных методах исследований физики атомного ядра;
- Показать взаимосвязь различных методов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

– Дисциплина «Экспериментальные методы ядерной физики» 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: «Ядерные реакции», «Моделирование ядерно-физических процессов».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать: основные понятия и характеристики взаимодействия излучений с веществом, механизмы работы детекторов излучений, характеристики детекторов и основные методы измерения излучений 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. Владеть: методами определения характеристик излучений, параметров распада ядер и частиц и оптимального выбора режима детекторов.

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

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		6 семестр
Аудиторные занятия	17	17
в том числе:	17	17
лекции		
практические		
лабораторные		
Самостоятельная работа	55	55
Форма промежуточной аттестации	Зачет – 0 час	Зачет – 0 час
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
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 газо-

		вым усилением. Ложные импульсы. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации. Однонитяные и многонитяные (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, р-п-перехода и с р-і-п-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.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Введение.	1		1	2	4
1.2	Принципы регистрации ионизирующих излучений.	1		1	2	4
1.3	Сцинтилляционный метод регистрации ионизирующих излучений .	1		2	4	7
1.4	Детекторы релятивистских частиц на основе излучения Вавилова-Черенкова.	1		4	4	9
1.5	Детекторы на основе ионизационного эффекта с газовым наполнением.	2		4	4	10
1.6	Детекторы на основе эффекта газового усиления.	2		4	4	10
1.7	Детекторы на основе ионизационного эффекта в полупроводниковых структурах.	1		2	4	7
1.8	Координатно-чувствительные детекторы.	1		2	4	7
1.9	Магнитные и электри-	1		2	4	7

	ческие анализаторы спектров заряженных частиц.				
1.10	Погрешности измерений и статистические флуктуации измеряемых величин и процессов в детекторах ионизирующих излучений.	1	4	4	9
	Итого:	12	24	36	72

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

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 »

б) дополнительная литература:

№ п/п	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)
4	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.
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	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.
7	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.
8	Ляпидевский В. К. Методы детектирования излучений : учебное пособие для студ. физ. и инж.-физ. спец. вузов / В. К. Ляпидевский .— М. : Энергоатомиздат, 1987 .— 404 с.
9	Физика микромира : Маленькая энциклопедия / гл. ред. Д.В. Ширков .— М. : Советская энциклопедия, 1980 .— 527 с.
10	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.
11	Экспериментальные методы ядерной физики : Учебное пособие для физ. и инженер.-физ. фак. вузов / Под ред. М.С. Козодаева .— М. : Наука : Физматлит, 1966
12	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.
13	Акимов Ю. К. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике / Ю. К. Акимов и др.; Под ред. Ю. К. Акимова. — М. : Энергоатомиздат, 1967. — 252 с.

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

№ п/п	Источник
14	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
15	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

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
16	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. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория, компьютер, проектор, экран, маркерная доска.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать: основные понятия и характеристики взаимодействия излучений с веществом, механизмы работы детекторов излучений, характеристики детекторов и основные методы измерения излучений	1.1 – 1.10	Вопросы КИМ
	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.	1.1 – 1.10	Вопросы КИМ
	Владеть: методами определения характеристик излучений, параметров распада ядер и частиц, оптимального выбора режима детекторов.	1.1 – 1.10	Вопросы КИМ
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

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

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>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену (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

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

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

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Б1.В.03 Экспериментальные методы ядерной физики**

Направление 03.03.02 Физика

Профиль подготовки Физика ядра и элементарных частиц (ФГОС3плюс)

Форма обучения: очная

Учебный год 2022/2023

Ответственный исполнитель

Заведующий кафедрой

ядерной физики, д.ф.м.н., профессор _____ С.Г.Кадменский __. __ 20__

Исполнители

К..м.н., доцент

_____ В.М. Вахтель __. __ 20__

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП

по направлению

К.ф.м.н.,

доц. кафедры ядерной физики _____ Д.Е.Любашевский __. __ 20__

Начальник отдела

обслуживания ЗНБ

_____ Белодедова В.М. __. __ 20__

Программа рекомендована НМС физического факультета

№ 6 от 26.06.2019