

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) | | | | |
|-------|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 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.