

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и  
инженерной механики



Могильная Е.П.

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ЯДЕРНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ»

По направлению подготовки 03.04.02 Физика  
Магистерская программа «Теоретическая и математическая физика»

Луганск 2023

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Ядерная спектрометрия» для магистров по направлению подготовки 03.04.02 Физика, магистерская программа «Теоретическая и математическая физика» – 14 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Ядерная спектрометрия» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

### СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики Воробьев С.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики  
«18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  Корсунов К.А.

Переутверждена: «  »    20   г., протокол №   

Директор института технологий и инженерной механики  Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии  
института технологий и инженерной механики  Ясуник С.Н.

© Воробьев С.Г., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Ядерная спектроскопия» – усвоение студентами особенностей методов спектроскопии различных типов ядерного излучения.

Задачи изучения дисциплины «Ядерная спектроскопия»:

сформировать у студентов профессиональные компетенции, связанные с использованием современных теоретических концепций в области ядерной спектроскопии;

сформировать у студентов представления о современных методах ядерной спектроскопии;

сформировать у студентов навыки самостоятельной работы, предполагающие изучение алгоритмов, инструментов и средств, необходимых для решения задач по ядерной спектроскопии.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Ядерная спектроскопия» относится к модулю обязательных профессиональных дисциплин. Для успешного освоения дисциплины необходимо владеть основными физическими теориями и законами в рамках общего курса физики и теоретической физики.

Содержание дисциплины является логическим продолжением таких дисциплин: «Современные проблемы физики», «Физика ускорителей», опирается на знание курсов общей и теоретической физики, программирования и математического моделирования.

Изучение дисциплины «Ядерная спектроскопия» позволяет обучаемым подготовиться к будущей профессиональной деятельности, овладеть практическими и теоретическими знаниями, необходимыми как при прохождении учебной практики, так и при дальнейшей самостоятельной работе по профилю.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                     | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                      | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и | ПК-1.1. Знает основные научные направления и концепции в области физики.<br>ПК-1.2. Знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований.<br>ПК-1.3. Умеет самостоятельно | Знать: основные научные направления в выбранной области физики; методы и способы постановки экспериментальных физических исследований; возможности современной физической аппаратуры.<br>Уметь: самостоятельно ставить и решать физические задачи научных исследований в конкретной области физики: использовать в физическом эксперименте современную аппаратуру и компьютерные технологии. |

|                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зарубежного опыта                                                                                                                                                                  | <p>ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области физики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий.</p> <p>ПК-1.4. Владеет навыками проведения научных исследований в области физики с помощью современных методов и средств, методами обработки и обобщения информации, представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.</p>                                                                                                                                    | <p>Владеть: навыками проведения научных исследований в конкретной области физики с помощью современных методов и средств; методами обработки и обобщения информации, полученной в результате эксперимента; представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>ПК-2.</p> <p>Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности</p> | <p>ПК-2.1. Знает новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности в области физики.</p> <p>ПК-2.2. Умет самостоятельно разрабатывать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.</p> <p>ПК-2.3. Умеет планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции.</p> <p>ПК-2.4. Владеет современными методами научно-инновационной и научно-исследовательской деятельности.</p> | <p>Знать: особенности взаимодействия заряженных частиц (в основном альфа-частиц и электронов) и гамма-излучения с веществом; устройство и принципы работы различного рода спектрометров ионизационных (включая полупроводниковые), магнитных, сцинтилляционных, и кристалл-дифракционных.</p> <p>Уметь: определять энергию и провести идентификацию частиц по их удельным ионизационным потерям, по пробегу или длине следа; измерять энергию рентгеновских и гамма-квантов различными методами, в том числе по коэффициентам ослабления в широком диапазоне энергий и атомных номеров поглощающих веществ;</p> <p>Владеть: навыками осуществлять расчет, связанный с статистической обработкой результатов эксперимента; навыками использовать современное программное обеспечение для определения удельной гамма активности вещества.</p> |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                       | Объем часов (зач. ед.)     |                             |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                                                                          | Очная форма                | Заочная форма               |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                    | <b>144<br/>(4 зач. ед)</b> | <b>Не<br/>предусмотрена</b> |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)<br/>в том числе:</b> | <b>56</b>                  | <b>-</b>                    |

|                                                                                                                                                                                                                                        |              |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 28           | - |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -            | - |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | 28           | - |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | -            | - |
| <b>Курсовая работа (курсовой проект)</b>                                                                                                                                                                                               |              | - |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -            | - |
| Самостоятельная работа студента / форма контактной работы                                                                                                                                                                              | <b>68/20</b> | - |
| Форма аттестации                                                                                                                                                                                                                       | экзамен      | - |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Семестр 3

**Тема 1.** Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц.

Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Пробег тяжелых заряженных частиц.

**Тема 2.** Взаимодействие электронов и гамма-квантов с веществом.

Прохождение электронов через вещество.

Ионизационные потери энергии. Радиационные потери. Взаимодействие гамма-квантов с веществом

**Тема 3.** Сцинтилляционный метод спектрометрии.

Сцинтилляционный метод спектрометрии заряженных частиц. Сцинтилляционный метод в гамма-спектрометрии. Факторы, влияющие на разрешение.

**Тема 4.** Газонаполненные детекторы в спектрометрии ядерных излучений.

Два класса газонаполненных детекторов в ядерной спектрометрии. Измерение энергии тяжелых заряженных частиц. Измерение энергии электронов.

**Тема 5.** Полупроводниковые спектрометры ядерных излучений.

Основные типы полупроводниковых детекторов (ППД). Аппаратура для работы с ППД. ППД в ядерной спектрометрии.

**Тема 6.** Взаимодействие нейтронов с веществом.

Основные реакции под действием нейтронов. Метод нейтронно-активационного анализа и его практическое использование.

**Тема 7.** Методы спектрометрии нейтронов.

Спектрометрия медленных нейтронов. Интегральные методы спектрометрии нейтронов. Спектрометрия быстрых нейтронов.

## 4.3. Лекции

| №<br>п/п | Название темы                                                | Объем часов    |                  |
|----------|--------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                              | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц.          | 4              | -                |
| 2        | Взаимодействие электронов и гамма-квантов с веществом        | 4              | -                |
| 3        | Сцинтилляционный метод спектрометрии                         | 4              | -                |
| 4        | Газонаполненные детекторы в спектрометрии ядерных излучений. | 4              | -                |

|        |                                                  |    |   |
|--------|--------------------------------------------------|----|---|
| 5      | Полупроводниковые спектрометры ядерных излучений | 4  | - |
| 6      | Взаимодействие нейтронов с веществом.            | 4  | - |
| 7      | Методы спектрометрии нейтронов.                  | 4  | - |
| Итого: |                                                  | 28 | - |

#### 4.4. Практические занятия

| №<br>п/п | Название темы                                                                                | Объем часов    |                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                              | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Определение верхней границы бета -спектра                                                    | 4              | -                |
| 2        | Изучение работы спектрометра с поверхностно-барьерным полупроводниковым детектором           | 4              | -                |
| 3        | Определение энергии гамма-лучей методом поглощения                                           | 4              | -                |
| 4        | Определение энергии альфа-частиц по пробегу                                                  | 4              | -                |
| 5        | Определение удельных ионизационных потерь альфа-частиц в воздухе и алюминии                  | 4              | -                |
| 6        | Определение энергии гамма-квантов с помощью однокристалльного сцинтилляционного спектрометра | 4              | -                |
| 7        | Однокристалльный сцинтилляционный спектрометр нейтронов                                      | 4              | -                |
| Итого:   |                                                                                              | 28             | -                |

#### 4.5. Лабораторные занятия. Не предусмотрены

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п | Название темы                                                                      | Вид СРС                      | Объем часов    |                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                    |                              | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Кристалл-дифракционные спектрометры гамма-излучения                                | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 2        | Полупроводниковые спектрометры гамма-излучения                                     | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 3        | Однокристалльные сцинтилляционные спектрометры нейтронов.                          | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 4        | Сцинтилляционный гамма-спектрометр                                                 | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 5        | Фотоэлектронные умножители и схемы их включения                                    | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 6        | Изучение работы спектрометра с поверхностно-барьерным полупроводниковым детектором | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 7        | Ионизационные спектрометры                                                         | Выполнение домашнего задания | 8              | -                |
| 8        | Ge -Li спектрометр $\gamma$ -излучения                                             | Выполнение домашнего задания | 6              | -                |
| 9        | Гамма-спектрометр с охраным сцинтиллятором антисовпадений                          | Выполнение домашнего задания | 6              | -                |
| Итого:   |                                                                                    |                              | 68             |                  |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты. Не предусмотрены

## **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Давыдов А.В., Исследования по физике гамма-лучей / Давыдов А.В. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 200 с. – ISBN 978-5-9221-1525-4 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115254.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Михайлов М.А., Ядерная физика и физика элементарных частиц. Ч. 2. Элементарные частицы: Учебное пособие / Михайлов М.А. – М.: Прометей, 2015. – 28 с. – ISBN 978-5-7042-2471-6 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704224716.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Лебедев А.Т., Масс-спектрометрия в органической химии Издание второе, переработанное и дополненное: учебное пособие / Лебедев А.Т. – М.: Техносфера, 2015. – 704 с. – ISBN 978-5-94836-409-4 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364094.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Алифанов О.В., Физика: Оптика. Атомная и ядерная физика. Ч. 1: лаб. практикум / О.В. Алифанов и др. – М.: МИСиС, 2016. – 139 с. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: [http://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_273.html](http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_273.html) (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

### **б) дополнительная литература:**

1. Лебедев А.Т., Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / Лебедев А.Т. – М.: Техносфера, 2013. – 632 с. – ISBN 978-5-94836-363-9 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363639.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Михайлов М.А., Ядерная физика и физика элементарных частиц. Ч.1 / Михайлов М.А. – М.: Прометей, 2011. – 94 с. – ISBN 978-5-4263-0048-4 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785426300484.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Капуткин Д.Е., Физика: Оптика. Атомная и ядерная физика: учеб. пособие для практ. занятий. Ч. 3 / Капуткин, Д.Е. – М.: МИСиС, 2014. – 103 с. – ISBN 978-5-87623-742-2 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876237422.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Валянский С.И., Физика. Оптика. Атомная и ядерная физика. Ч. 2: лаб. практикум / С.И. Валянский и др. – М.: МИСиС, 2016. – 131 с. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: [http://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_305.html](http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_305.html) (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика Учеб. пособие для вузов / Сивухин Д. В. – 3-е изд., стер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 784 с. – ISBN 978-5-9221-0645-0 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html> (дата обращения: 28.01.2020). – Режим доступа: по подписке.

#### **в) методические указания:**

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Ядерная спектрометрия» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика, магистерская программа «Теоретическая и математическая физика») / Сост. С.Г. Воробьев. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2020. – 48 с.

2. Конспект лекций по дисциплине «Ядерная спектрометрия» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», специальность «Теоретическая и математическая физика». / Сост. С.Г. Воробьев. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 64 с.

#### **г) Интернет-ресурсы:**

• Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

• Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

• Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

• Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

• Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

• Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

• Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

• Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

#### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

• Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

### Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## 7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются комплекты электронных презентаций / слайдов, раздаточный материал, наглядные пособия в аудиториях, оснащенных презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

### Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение    | Ссылки                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет             | Libre Office 6.3.1                    | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>                                                              |
| Операционная система      | UBUNTU 19.04                          | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                                                                                          |
| Браузер                   | Firefox Mozilla                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Браузер                   | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                                                                                   |
| Почтовый клиент           | Mozilla Thunderbird                   | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                                                                                 |
| Файл-менеджер             | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор                 | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Графический редактор      | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF              | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Аудиоплеер                | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |

## 8. Оценочные средства по дисциплине «Ядерная спектроскопия»

### Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Ядерная спектроскопия»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                                                                                                                                           | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики                        | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.    | ПК-1                           | способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта | ПК-1.1.,<br>ПК-1.2.,<br>ПК-1.3.,<br>ПК-1.4.                   | Тема 1.<br>Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц.          | 3                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                               | Тема 2.<br>Взаимодействие электронов и гамма-квантов с веществом        | 3                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                               | Тема 3.<br>Сцинтилляционный метод спектроскопии                         | 3                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                               | Тема 4.<br>Газонаполненные детекторы в спектроскопии ядерных излучений. | 3                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                               | Тема 5.<br>Полупроводниковые спектрометры ядерных излучений.            | 3                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                               | Тема 6.<br>Взаимодействие нейтронов с веществом.                        | 3                                     |

|    |      |                                                                                                                                                                |                                    |                                         |   |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|---|
|    |      |                                                                                                                                                                |                                    | Тема 7. Методы спектрометрии нейтронов. | 3 |
| 2. | ПК-2 | Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности | ПК-2.1., ПК-2.2., ПК-2.3., ПК-2.4. | Темы 1-7                                | 3 |

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции, индикаторы       | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства                   |
|-------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1.    | ПК-1,<br>ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-1.4 | <p><b>Знать:</b> особенности взаимодействия заряженных частиц (в основном альфа-частиц и электронов) и гамма-излучения с веществом, устройство и принципы работы различного рода спектрометров ионизационных (включая полупроводниковые), магнитных, сцинтилляционных, и кристалл-дифракционных.</p> <p><b>Уметь:</b> определять энергию и провести идентификацию частиц по их удельным ионизационным потерям, по пробегу или длине следа, измерять энергию рентгеновских и гамма-квантов различными методами, в том числе по коэффициентам ослабления в широком диапазоне энергий и атомных номеров поглощающих веществ, применять на практике методы спектрометрии нейтронов.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью осуществлять расчет, связанный с статистической обработкой результатов эксперимента</p> | Темы 1-7                               | Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы. |
| 2.    | ПК-2<br>ПК-2.1,<br>ПК-2.2,                       | <b>Знать:</b> разделы физики, необходимые для решения научно-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Темы 1-7                               | Вопросы экзаменационных                            |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                  |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| ПК-2.3,<br>ПК-2.4. | <p>инновационных задач.</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретические и экспериментальные навыки для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p> | работ,<br>контрольные<br>работы. |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|

### Фонды оценочных средств по дисциплине «Ядерная спектрометрия»

#### Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

##### Теоретические вопросы:

1. Предмет ядерной спектрометрии?
2. Ионизационные спектрометры?
3. Учет релятивистских эффектов и эффектов плотности?
4. Зависимость ионизационных потерь от среды?
5. Связь пробега с энергией?
6. Взаимодействие электронов и гамма-квантов с веществом?
7. Ионизационные потери легких заряженных частиц?
8. Упругое рассеяние электронов?
9. Радиационное торможение электронов?
10. Радиационная единица длины?
11. Механизмы потерь энергии гамма-излучения в веществе?
12. Основные характеристики гамма-спектрометров?
13. Методы спектрометрии, основанные на изучении поглощения фотонов.
14. Сцинтилляционный метод спектрометрии.
15. Рентгеновские и гамма-спектры?
16. Органические и неорганические сцинтилляторы?
17. Фотоэлектронные умножители и схемы их включения?
18. Сцинтилляционный метод спектрометрии альфа-частиц и электронов?
19. Однокристалльный сцинтилляционный гамма-спектрометр?
20. Гамма-спектрометр с охранным сцинтиллятором антисовпадений?
21. Комптоновские сцинтилляционные гамма-спектрометры?
22. Сцинтилляционные парные  $\gamma$  - спектрометры?
23. Ge – Li спектрометр  $\gamma$  - излучения?
24. Газонаполненные детекторы в спектрометрии ядерных излучений.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)                           | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)                            | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
| удовлетворительно (3)                 | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |
| неудовлетворительно (2)               | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                            |

## Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений | Дата и номер протокола<br>заседания кафедры<br>(кафедр), на котором были<br>рассмотрены и одобрены<br>изменения и дополнения | Подпись (с<br>расшифровкой)<br>заведующего кафедрой<br>(заведующих кафедрами) |
|----------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                               |