

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Ядерной физики

 Кадменский С.Г.  
30.08.21

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.08 Практикум по бета- и гамма-радиометрии спектроскопии

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.04.02 Физика
2. Профиль подготовки: Физика ядра и элементарных частиц
3. Квалификация выпускника: магистр физики
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики
6. Составители программы: к.ф.м.н., доцент Вахтель Виктор Матвеевич

---

7. Рекомендована: *НМС физического факультета Протокол № 6 от 17.06..2021.*

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

8. Учебный год: 2021/2022, 2022/2023, Семестр(ы): 2, 3

#### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения дисциплины являются: приобретение базовых знаний и навыков в области практических радиометрических и ядерно-спектрометрических методов измерения активности естественных и техногенных радионуклидов в жидких, твердых и сыпучих средах. В результате изучения магистры физики должны получить практические навыки работы с современными измерительными системами и комплексами, применяемыми для радиационного контроля, освоить программное обеспечение и методики измерения.

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

ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов	ПК-1.2;	Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	<p>Знать: принципы регистрации бета- и гамма излучения, основные составляющие спектрометрических комплексов.</p> <p>Уметь: определять основные характеристики излучения по схеме распада нуклида</p> <p>Владеть: навыками в области практических радиометрических и ядерно-спектрометрических методов измерения активности</p>
		ПК-1.4;	Применяет современные методы статистической обработки результатов измерений, а также методы проведения сравнительного и математического анализа, обработки, обобщения результатов	<p>Знать: современные методы статистической обработки результатов измерений</p> <p>Уметь: находить основные характеристики бета- и гамма-спектров.</p> <p>Владеть: навыками обработки бета- и гамма- спектров с использованием специализированного программного обеспечения</p>
		ПК-1.5	Обрабатывает результаты экспериментальных исследований на стендах и установках с учетом погрешностей измерительных систем	<p>Знать: основные методики измерения активности естественных и техногенных нуклидов в жидких, твердых и сыпучих средах, программное обеспечение, используемое для спектрометрии.</p> <p>Уметь: подготавливать счетные образцы, проводить измерения с использованием современных спектрометров, получать и обрабатывать спектрометрическую информацию.</p> <p>Владеть: навыками работы с современными измерительными системами и комплексами, применяемыми для радиационного контроля,</p>

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 6/216

Форма промежуточной аттестации зачет (семестр 2), зачет с оценкой (семестр 3)

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 2	№ семестра 3	...
Аудиторные занятия	140	80	60	
в том числе: лекции	16	16	0	
практические				
лабораторные	124	64	60	
Самостоятельная работа	76	28	48	
Форма промежуточной аттестации		зачет	Зачет с оценкой	
Итого:	216	108	108	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1	Переходы в атомных ядрах	Типы переходов в атомных ядрах и энергетика бета-распада.
2	Вероятности бета-переходов	Общие формулы для вероятности бета переходов. Классификация бета-переходов по степени запрещенности и правила отбора величины $\log(fl)$ .
3	Бета-спектры	Форма разрешенных бета-спектров, учет кулоновского поля атомов. Запрещенные бета-переходы. Форма уникальных бета-спектров, вероятность уникальных переходов первого и второго порядков запрета. Форма спектров и полная вероятность неуникальных переходов первого и второго порядков запрета.
4	Электронный захват.	Теория электронного захвата.
5	Бета-гамма корреляции.	Теория бета-гамма корреляций.
6	Гамма - спектроскопия.	Электрическое и магнитное мультипольное излучение. Векторные сферические функции.
7		Вероятности электромагнитных переходов в атомных ядрах.
8		Длинноволновое приближение.

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.Лабораторные		
1	Программы обработки гамма-спектров	Программы обработки гамма-спектров LRSM, SpectraLine. Изучение функциональных возможностей программы. Настройка подключения к спектрометру. Управление спектрометром. Получение спектров. Сохранение и загрузка спектров. Обработка спектров.
2	Калибровка	Калибровка полупроводникового гамма-спектрометра по энергии и эффективности. Измерение спектров образцовых источников. Обработка пиков, нахождение их площадей и положения центра. Проведение энергетической калибровки построение кривой эффективности
3	Определение абсолютной активности	Определение абсолютной активности точечных источников на полупроводниковом гамма-спектрометре
4	Определение абсолютной активности	Определение абсолютной активности естественных радионуклидов в образцах почвы на полупроводниковом гамма-спектрометре.
5	Калибровка рентгеновского спектрометра	Калибровка рентгеновского спектрометра по энергии и эффективности регистрации. Определение химического состав образцов по характеристическому спектру.
6	TRIATHEL – многозадачный радиометр	TRIATHEL – многозадачный радиометр. Настройка прибора, управление прибором, передача данных на компьютер. Счетный режим. Получение спектра трития.
7	Определение чувствительности радиометра	Определение чувствительности радиометра TRIATHEL по образцовым источникам трития. Выбор оптимального режима измерений. Проведение измерений, обработка результатов.
8	Приготовление счетных образцов	Приготовление счетных образцов из природной воды для жидкосцинтилляционной спектрометрии
9	Определение удельной активности	Определение удельной активности трития в пробах воды на радиометре TRIATHER

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лек-ции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Все-го
1	Программы обработки гамма-спектров	1		16	7	24
2	Калибровка	1		16	7	24
3	Определение абсолютной активности	2		16	7	25
4	Определение абсолютной активности	2		16	7	25
5	Калибровка ренгеновского спектрометра	2		8	9	19
6	TRIATHNEL - многозадачный радиометр	2		16	10	28
7	Определение чувствительности радиометра	2		8	10	20
8	Приготовление счетных образцов	2		16	10	28
9	Определение удельной активности	2		12	9	23
		16		124	76	216

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины):

работа с методическими указаниями к лабораторным работам, методические пособия.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

№ п/п	Источник
1	Зельдович Я. Б. Избранные труды : в 2 кн. / Я.Б. Зельдович ; Рос. акад. наук, Отд-ние физ. наук. Отделение химии и наук о материалах, Отд-ние энергетики, машиностроения, механики и процессов управления ; [под ред. Ю.Б. Харитона].— Москва : Наука. 2014.— ISBN 978-5-02-039073-7. Кн. 2: Частицы, ядра. Вселенная .— 2-е изд., репр. — 463 с.
2	Трофимова Т. И. Курс физики / Т.И. Трофимова .— 20-е изд., стер. — Москва : Academia. 2014 .— 557 с.
3	Барсуков О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии / О.А. Барсуков .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Ишханов Б.С. Частицы и атомные ядра / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов Н.М. Юдин. - М.: URSS: Изд.-во ЛКИ, 2007
5	Методы измерения трития: Рекомендации Национального комитета по радиационной защите и измерениям / Пер. с англ. М.И. Рохлина. Под.ред. Ю.В.Сивинцева - М.: Атомиздат, 1978. - М. : АТОМИЗДАТ, 1978.
6	Методика выполнения измерений объемной активности трития в воде на радиометре TRIATHLER, - Воронеж, 2008. (ЛОП)
7	«TRIATHNEL - многозадачный радиометр». Руководство пользователя. (ЛОП).
8	Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 2 ч. / Д.В. Сивухин. - М.: Наука. 1989. - Ч. 2 Ядерная физика. —1989.— 415с.
9	Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач / И.В. Иродов.- СПб. : Лань, 2002.
10	Борог В.В. Сборник лабораторных работ по ядерной физике : учебное пособие для студ. физ. спец. вузов /А.В. Бушуев, В.Г. Варламов и др.; под ред. К.Н. Мухина .— 2-е

	изд., перераб. и доп. — М.: Атомиздат, 1979 .— 270, (32 экз.)
11	«Радиометры портативные спектрометрические TRIATHLER» : Методика поверки МП 2101-0002-2006.-СПб., 2006.
12	Электронная спектроскопия / К. Зигбан, К. Нордлинг, А. Фальман и др. ; пер. с англ. под ред. И.Б. Боровского .— М. : Мир, 1971 .— 493 с.

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

№ п/п	Ресурс
13	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www/lib.vsu.ru</a> - ЗНБ ВГУ
14	Методика выполнения измерений "Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-,бета-спектрометрах с использованием программного обеспечения "LSRM". - ( <a href="http://www.lsrn.ru">http://www.lsrn.ru</a> )
15	Программа обработки гамма-спектров LRSM, SpectraLine. Руководство пользователя. -( <a href="http://www.lsrn.ru">http://www.lsrn.ru</a> ) .

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
16	Бета-распад. Определение максимальной энергии бета-спектра [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : учебное пособие : [для аудиторной подготовки студентов 3-5 -го курсов, для специальностей: 03.03.02 - Физика, 03.03.03 - Радиофизика, 14.03.02 - Ядерная физика и технологии, 14.05.02 - Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, 05.03.01 - Геология (профиль "Геофизика")] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: А.Г. Бабенко и др.] .— 2-е изд., стер. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— Загл. с титула экрана .— Для зарегистрированных читателей ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-61.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-61.pdf</a> >.
17	Бета-распад. Определение максимальной энергии бета-спектра : лабораторный практикум для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост. : А.Г. Бабенко [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 .— 47 с. : ил .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-06.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-06.pdf</a> >.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лаборатория №37

- 1) Альфа-спектрометр СЭА-13 П (2008г.);
- 2) Жидкосцинтилляционный радиометр TRIATHLER-425-004 (2007);
- 3) Бета-спектрометр "Бета-1С" (2001);
- 4) Рентгеновский полупроводниковый спектрометр SLP-36/250 (2005).

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Программы обработки гамма-спектров	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
2.	Калибровка	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
3	Определение абсолютной активности	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
4	Определение абсолютной активности	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
5	Калибровка ренгеновского спектрометра	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
6	TRIATHHEL - многозадачный радиометр	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
7	Определение чувствительности радиометра	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
8	Приготовление счетных образцов	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
9	Определение удельной активности	ПК-1	ПК-1.2; ПК-1.4; ПК-1.5	<i>Устный опрос, вопросы к лабораторным работам</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – _____				Вопросы для зачета

## 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: Вопросы к лабораторным работам, устный опрос по теме лекций и лабораторных работ.

Описание технологии проведения

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач и выполнения лабораторных работ

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачету:

1. Освоение методик контроля и градуировки рабочих мер электронных преобразователей.
2. Методики и методы спектрометрии излучений средней энергии.
3. Освоение методик измерения нелинейных энергетических градуировок.
4. Методы и методики спектрометрии протонов, тяжелых ионов.
5. Методики измерения и контроля стабильности и воспроизводимости параметров
6. Методы и методики разделения и идентификации излучений.
7. Спектрометрия заряженных частиц низкой энергии. Детекторы, методики.
8. Уравнение Дайсона.
9. Методики калибровки.
10. Низкофоновые измерения.
11. Методы и методики разделения и идентификации излучений.

### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете, зачете с оценкой) качественная шкала (зачтено, не зачтено) и используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

### 2 семестр

#### Зачет:

Зачтено	Выполненная и оформленная работа. Ответы на все контрольные вопросы.
Не зачтено	Ошибки в расчетах. Неправильно оформленная работа. Отсутствие ответов на вопросы.



## 3 семестр Зачет с оценкой

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики нейтронов.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки..	–	<i>Неудовлетворительно</i>