


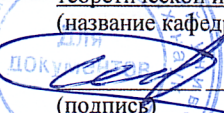


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
Ширмовский С.Э.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
«08» сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
теоретической и ядерной физики  
(название кафедры)  
  
Ширмовский С.Э.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
«08» сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Позитронная аннигиляционная спектроскопия

Направление – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

«Физика атомного ядра и частиц»

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 8  
лекции 21 час.  
практические занятия 0 час.  
лабораторные работы 28 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 49 час.  
в том числе с использованием МАО 0 час.  
самостоятельная работа 95 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 45 час.  
контрольные работы 1 шт.  
зачет не предусмотрен  
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол № 19 от «8» сентября 2018 г.

Заведующий кафедрой доцент, к.ф.-м.н. С.Э. Ширмовский  
Составитель (ли): к. ф.-м. н. Разов В.И.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Specialist's/Master's degree in 14.03.02 Nuclear physics and technologies.**

**Course title:** Positron annihilation spectroscopy.

**Variable part of block, 4 credits.**

**Instructor:** Razov V.I.

**At the beginning of the course a student should be able to:** the ability to use scientific and technical information, domestic and foreign experience in the field of research, modern computer technologies and information resources in their subject area.

**Learning outcomes:** willingness to conduct physical experiments according to a given methodology, compiling descriptions of the conducted research and analysis of the results; ability to use technical means to measure the main parameters of research objects, to prepare data for the compilation of reviews, reports and scientific publications

**Course description:** The course covers a range of issues related to the occurrence and annihilation of a positron ( $e^+$ ), its interaction with the substance, the formation and physicochemical properties of positronium (Ps), processes occurring in condensed media with the participation of the positron ( $e^+$ ) and positronium (Ps) and spectrometric methods analysis of the properties of substances based on these processes.

**Main course literature:**

1. Experimental nuclear physics: a textbook [in 3 tons.]: Vol. 3. Elementary Particle Physics / K. N. Mukhin. St. Petersburg: Lan, 2008. 412 p.

EK NB FEFU: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281586&theme=FEFU>

2. Physics of slow positrons. Annihilation of positrons in matter, positrons in atomic systems, two-photon angular correlation [Text] / UA Arifov, P. U. Arifov - Tashkent: Fan, 1971. - 244 p.

EK NB FEFU: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81841&theme=FEFU>

3. Solovyov, P. V. Fortran for a personal computer [Text] / Solovyov, P. V. - M.: ARIST, 1991. - 223 p.

EK NB FEFU: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:30287&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control:** exam

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» разработана для студентов 4 курса направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Курс «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» относится к разделу Б1.В.ДВ.1 вариативной части учебного плана (дисциплины по выбору).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (21 час.) и

практические занятия (28 часов), самостоятельная работа (95 часов, из них 45 часов отведены на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 8 семестре 4 курса.

Данный курс базируется на материале курсов «Механика, электричество и магнетизм», «Теоретическая механика», «Математический анализ», «Алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление».

При освоении данной дисциплины необходимы знания, умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Физический практикум», «Экспериментальные методы ядерной физики», «Ядерная электроника», «Спектрометрия и радиометрия ядерных излучений», «Методы и устройства регистрации излучений», «Статистические методы обработки информации в ядерной физике».

Курс охватывает спектр вопросов связанных с возникновением и аннигиляцией позитрона ( $e^+$ ), его взаимодействием с веществом, образованием и физико-химическими свойствами позитрония ( $Ps$ ), процессами, протекающими в конденсированных средах при участии позитрона ( $e^+$ ) и позитрония ( $Ps$ ) и спектрометрическими методами анализа свойств вещества, основанными на этих процессах.

**Цель** курса «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» заключается в ознакомление с основными положениями современного метода анализа химико-физического, структурного состояния вещества, нанокластеров и наноструктур в конденсированном состоянии.

**Задачи:**

- ознакомление с основными физическими и химическими свойствами позитрона и позитрония и их особенностями взаимодействия с веществом;
- ознакомление с основными понятиями и методами позитронной аннигиляционной спектроскопии;
- ознакомление с основными понятиями и методами временной спектроскопии;
- изучение и применение методов исследования физико-химических свойств веществ, основанных на аннигиляционной спектроскопии.

Для успешного изучения дисциплины «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» у обучающихся должны быть сформирована следующая предварительная компетенция:

ПК-1 – способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Раздел I. Физика и химия позитрона и позитрония (12 час.)

#### Тема 1. Позитрон и позитроний (2 час.)

История открытия позитрона ( $e^+$ ) и позитрония (Ps). Поведение позитрона ( $e^+$ ) и позитрония (Ps) в среде.

### **Тема 2. Аннигиляция (2 час.)**

Процессы аннигиляции и взаимодействия позитронов ( $e^+$ ) и позитрония ( $Ps$ ) с веществом. Образование позитрония.

### **Тема 3. Позитрон и позитроний в конденсированных средах (2 час.)**

Позитрон ( $e^+$ ). Свойства и характеристики. Позитроний ( $Ps$ ). Свойства и характеристики. Специфические свойства аннигиляции позитрония.

### **Тема 4. Химическая физика позитрония (3 час.)**

Модель Оре. Позитроний в жидкостях. «Пузырьковая» модель.

### **Тема 5. Позитроний в твёрдом теле (3 час.)**

Модель «свободного объема». Модель «ловушек». Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС).

## **Раздел II. Экспериментальные методы ПАС (9 час.)**

### **Тема 6. Экспериментальные методы ПАС (3 час.)**

Метод тройных совпадений. Метод угловой корреляции аннигиляционных квантов. Метод доплеровского смещения аннигиляционной гамма-линии.

### **Тема 7. Измерения времени жизни $e^+$ и $Ps$ (3 час.)**

Основы метода измерения времени жизни ( $e^+$ ) и позитрония ( $Ps$ ). Спектрометр быстро-быстрых совпадений.

### **Тема 8. Методы обработки спектров времени жизни (3 час.)**

Обработка результатов эксперимента. Программы “GEXFIT”, TIMEFIT” “POSITRONFIT”.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лабораторные работы (28 час.)**

**Лабораторная работа № 1. Измерение малых активностей (6 час.)**

**Лабораторная работа № 2. Спектрометрия бета-распада и электронов. (6 час.)**

**Лабораторная работа № 3. Изучение гамма-гамма совпадений. (4 час.)**

**Лабораторная работа № 4. Изучение спектрометра на базе ORTEC. (4 час.)**

**Лабораторная работа № 5. Спектрометр задержанных гамма-гамма совпадений. (4 час.)**

**Лабораторная работа № 6. Спектрометр быстро-быстрых совпадений. (4 час.)**

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Физика и химия позитрона и позитрония	ПК-3	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 1-8
			умеет		
			владеет		
2	Раздел II. Экспериментальные методы ПАС	ПК-3	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 9-10
			умеет	Выполнение лабораторной работы № 1-3. (ПР-6)	
			владеет	Защита отчёта по лабораторной работе № 1-3. (ПР-6)	
		ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 11-

			умеет	Выполнение лабораторной работы № 4-6. (ПР-6)	14,
			владеет	Защита отчёта по лабораторной работе № 4-6. (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Экспериментальная ядерная физика : учебник [в 3 т.] : т. 3 . Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 412 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281586&theme=FEFU>

ЭБС Лань:

<https://e.lanbook.com/reader/book/280/#1>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Физика медленных позитронов. Аннигиляция позитронов в веществе, позитроны в атомных системах, двухфотонная угловая корреляция [Текст] / У. А. Арифов, П. У. Арифов – Ташкент : Фан, 1971. – 244 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81841&theme=FEFU>



2. Соловьёв, П. В. Fortran для персонального компьютера [Текст] / Соловьёв П. В. – М. : ARIST, 1991. – 223 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:30287&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Не предусмотрены.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В рамках данной дисциплины предусмотрено 95 часов самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекции, подготовке к лабораторным работам, к написанию контрольной работы, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов практических работ, написание отчётов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите отчетов;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью и подготовку отчетов к лабораторным работам, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала и оформления отчётов. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в приложении 1.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» на лекциях используется мультимедийное оборудование: ноутбук, проектор, экран.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в учебно-научной лаборатории «Позитронной аннигиляционной спектроскопии» кафедры теоретической и ядерной физики



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия»  
Направление – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Специализация «Физика атомного ядра и частиц»  
Форма подготовки очная

**Владивосток  
2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Устный опрос
2	2	Подготовка к выполнению лабораторной работы № 1.	4	Отчёт по лабораторной работе № 1.
3	3	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Устный опрос
4	4	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Устный опрос
5	5	Написание отчета лабораторной работы № 2.	4	Отчёт по лабораторной работе № 2.
6	6	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Устный опрос
7	7	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Опрос
8	8	Написание отчета лабораторной работы № 3.	4	Отчёт по лабораторной работе № 3.
9	9	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Опрос
10	10	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Опрос
11	11	Написание отчета лабораторной работы № 4	4	Отчёт по лабораторной работе № 4.
12	12	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Опрос
13	13	Работа с конспектами лекций и литературой.	3	Опрос
14	14	Написание отчета лабораторной работы № 5.	4	Отчёт по лабораторной работе № 5.
15	15	Работа с конспектами лекций и литературой.	4	Устный опрос
16	16	Работа с конспектами лекций и литературой.	4	Устный опрос
17	17	Написание отчета лабораторной работы № 6.	4	Отчёт по лабораторной работе № 6.
18	18	Работа с конспектами лекций и литературой.	10	Контрольная работа
19	15-18	Подготовка к экзамену.	27	Экзамен

## **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа необходима при проработке материала лекции, подготовке к лабораторным работам, контрольной работе, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, ему в течение курса выдаётся 6 лабораторных заданий. Лабораторные работы закрепляют навыки текущей темы занятий.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью и подготовку отчетов к лабораторным работам, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала и оформления отчетов. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

### ***Вопросы к лабораторным работам***

*Лабораторная работа № 1. Измерение малых активностей.*

1. Активность.
2. Время жизни радионуклида.
3. Период полураспада.
4. Закон радиоактивного распада.
5. Перечислить радионуклиды.

*Лабораторная работа № 2. Спектрометрия бета-распада и электронов.*

1. Бетта-распад. Виды.
2. Выполнение законов сохранения массы и заряда.
3. Спектр энергий бета-частиц.
4. Взаимодействие бета-излучения с веществом.
5. Устройство спектрометра.

*Лабораторная работа № 3. Изучение гамма-гамма совпадений.*

1. Каскадный гамма распад.
2. Схема распада.
3. Угол разлета гамма-квантов.
4. Выполнение закона сохранения энергии при каскадном распаде.

5. Устройство прибора.

*Лабораторная работа № 4. Изучение спектрометра на базе ORTEC.*

1. Временные спектрометры.
2. Принцип действия спектрометра.
3. Блок схема спектрометра.
4. «Ворота». Назначение и принцип действия.
5. АЦП.

*Лабораторная работа № 5. Спектрометр задержанных гамма-гамма совпадений.*

1. Многокомпонентный распад.
2. Принцип действия спектрометра задержанных совпадений.
3. Устройство спектрометра задержанных совпадений.
4. Вид временного спектра.
5. «Нормальное» распределение Гаусса.

*Лабораторная работа № 6. Спектрометр быстро-быстрых совпадений.*

1. Временное разрешение.
2. Принцип действия спектрометра.
3. Отличие от спектрометра с «медленным» трактом.
4. Принцип действия время амплитудного конвектора.
5. Время-амплитудный конвектор с обратной шкалой.

*Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы по подготовке отчетов лабораторных работ*

Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие части: цель работы, сущность метода; ход работы; таблицу с полученными экспериментальными данными; формулы и расчет (при необходимости); вывод, содержащий результаты эксперимента и сравнительную характеристику полученных данных. При подготовке теоретической части необходимо изучение теоретического материала лекций.

*Критерии оценки выполнения самостоятельной работы по подготовке отчетов к лабораторным работам*

*Зачтено* : работа выполнена, правильно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы.

*Не зачтено* : работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине **«Позитронная аннигиляционная спектроскопия»**  
**Направление – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»**  
Специализация **«Физика атомного ядра и частиц»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов</p>	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.
<p>ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций</p>	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Физика и химия позитрона и позитрония	ПК-3	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 1-8
			умеет		
			владеет		
2	Раздел II. Экспериментальные методы ПАС	ПК-3	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 9-10
			умеет	Выполнение лабораторной работы № 1-3. (ПР-6)	
			владеет	Защита отчёта по лабораторной работе № 1-3. (ПР-6)	
		ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к экзамену № 11-14,
			умеет	Выполнение лабораторной работы № 4-6. (ПР-6)	
			владеет	Защита отчёта по лабораторной работе № 4-6. (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике,	знает (пороговый уровень)	как организовать экспериментальные исследования и получить результат	получает результаты, самостоятельно организовыв экспериментальные исследования	количество самостоятельно организованных экспериментальных исследований
	умеет (продвинутый)	организовать эксперимен-	самостоятельно организует иссле-	самостоятельно полученные и обработанные результаты ис-



составлению описания проводимых исследований и анализу результатов		тальные исследования, получить и обработать результаты	дования, получает результаты и обрабатывает их	следования, представленные руководителю
	владеет (высокий)	способность организовать исследование, получить, обработать и проанализировать полученные результаты	способность проанализировать полученные и обработанные результаты собственных исследований	самостоятельно полученные и обработанные результаты исследований, которые можно представить в виде доклада или иной публикации
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчётов и научных публикаций	знает (пороговый уровень)	как организовать экспериментальные исследования и получить результат	получает результаты, самостоятельно организовыв экспериментальные исследования	количество самостоятельно организованных экспериментальных исследований
	умеет (продвинутый)	организовать экспериментальные исследования, получить и обработать результаты	самостоятельно организует исследования, получает результаты и обрабатывает их	самостоятельно полученные и обработанные результаты исследования, представленные руководителю
	владеет (высокий)	способность организовать исследование, получить, обработать и проанализировать полученные результаты	способность проанализировать полученные и обработанные результаты собственных исследований	самостоятельно полученные и обработанные результаты исследований, которые можно представить в виде доклада или иной публикации

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По результатам выполнения всех лабораторных работ, сдачи всех отчетов и теоретического материала по теме лабораторных работ студент получает допуск к экзамену.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **1. Вопросы к экзамену**

1. Позитрон ( $e^+$ ) и позитроний (Ps) в конденсированных средах.
2. Позитрон. Свойства и характеристики.

3. Позитроний (Ps). Свойства и характеристики.
4. Специфические свойства и аннигиляция позитрония.
5. Процессы аннигиляции и взаимодействия позитронов и позитрония с веществом. Образование позитрония.
6. Химическая физика позитрония. Модель Оре.
7. Позитроний в жидкостях. «Пузырьковая» модель.
8. Позитронная аннигиляционная спектроскопия твердого тела. Модель «свободного объема». Модель «ловушек».
9. Экспериментальный метод тройных совпадений.
10. Экспериментальный метод угловой корреляции аннигиляционных квантов.
11. Экспериментальный метод доплеровского смещения аннигиляционной гамма-линии.
12. Измерения времени жизни ( $e^+$ ) и позитрония (Ps).
13. Спектрометр быстро-быстрых совпадений. Основы метода измерения времени жизни позитронов и позитрония (Ps).
14. Методы обработки спектров времени жизни. Обработка результатов эксперимента. Программы "GEXFIT", "TIMEFIT", "POSITRONFIT".

## **2. Пример экзаменационного билета**

---

### Билет №1

1. Позитрон. Свойства и характеристики.
  2. Позитроний в жидкостях. «Пузырьковая» модель.
  3. Измерения времени жизни позитрона ( $e^+$ ) и позитрония (Ps).
- 

## **Критерии оценки к экзамену**

### **Отметка "Отлично"**

1. Дан полный и правильный ответ изученного материала.
2. Материал изучен и понят.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком с использованием специализированной терминологии.
4. Ответ самостоятельный.

### **Отметка "Хорошо"**

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

#### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### **Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация по дисциплине «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» проводится в форме контрольных мероприятий (выполнения лабораторной работы, защиты отчета по лабораторной работе, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем. Контрольные вопросы к лабораторным работам представлены в приложении 1.

#### ***1. Устный опрос по темам лабораторных работ***

Устный опрос (собеседование) проводится по теории, вынесенной на самостоятельное изучение в соответствии с темой лабораторной работы темы (приложение 1).

#### ***Критерии оценки устного опроса при сдаче отчетов лабораторных работ***

*Зачтено:* работа выполнена, правильно и грамотно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы, владение терминологией.

*Не зачтено:* работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

## Контрольная работа

Вариант 1

Используя систему кинетических уравнений, описывающую процессы аннигиляции позитрона в среде:

$$\begin{cases} \frac{dn_{e_f^+}}{dt} = -(\lambda_f^+ + \lambda_{e^+})n_{e_f^+} \\ \frac{dn_{e_d^+}}{dt} = \lambda_{e^+}n_{e_f^+} - \gamma_{e^+}n_{e_d^+} \\ \frac{d^s n_{Ps_f}}{dt} = -(^s\lambda_f + \lambda_{Ps})^s n_{Ps_f} \\ \frac{d^s n_{Ps_d}}{dt} = \lambda_{Ps}^s n_{Ps_f} - (^s\lambda_f + \lambda_{Ps})^s n_{Ps_d} \\ \frac{d^t n_{Ps_f}}{dt} = -(^t\lambda_f + \lambda_{Ps})^t n_{Ps_f} \\ \frac{d^t n_{Ps_d}}{dt} = \lambda_{Ps}^t n_{Ps_f} - \gamma_{Ps}^t n_{Ps_d} \end{cases}$$

Вывести времена жизни позитрона и позитрония при трехкомпонентном распаде. Объяснить все входящие переменные, и процесс, описываемый каждым из приведенных уравнений.

### Критерии оценки контрольных работ

Оценка	Описание схемы оценивания
5	Демонстрирует полное понимание вопроса. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены. Задачи решены полностью, приведены все этапы решения задачи.
4	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены. Задачи решены полностью, не все этапы решения задачи приведены, может содержать незначительные ошибки.
3	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены. Задачи в большей степени решены.
2	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу.