


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Промышленной электроники»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан факультета ФЭ

 / Н.М. Верещагин  
«\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г

Заведующий кафедрой ПЭЛ

 / С.А. Круглов  
«\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

 / А.В. Корячко  
«\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.11 «Аналитические приборы и методы в электронике»**

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) подготовки

Промышленная электроника

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань, 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Минобрнауки № 927 от 19.09.2017.

Разработчик  
д.ф.-м.н., профессор кафедры ПЭЛ



Трубицын А.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПЭл 28 мая 2020 г. (протокол № 10).

Заведующий кафедрой ПЭл



Круглов С.А.

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Целью освоения дисциплины «Аналитические приборы и методы в электронике» является изучение методов прикладной математики моделирования физических процессов.

Задачи дисциплины:

- получение теоретических знаний о методах прикладной математики;
- приобретение практических навыков в применении методов прикладной математики;
- разработка и применение компьютерных программ моделирования электронных устройств, физических процессов и явлений;
- реализация технических заданий на проведение моделирования приборов электроники.

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<p><u>Знать:</u> принципы построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.</p> <p><u>Уметь:</u> проводить моделирование работы основных процессов, происходящих в электронных приборах.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками по оценке адекватности полученных теоретических оценок.</p>
ПК-2	Способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	<p><u>Знать:</u> проблемы применения методов экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок;</p> <p><u>Уметь:</u> оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности предлагаемых методик экспериментального исследования параметров установок;</p> <p><u>Владеть:</u> навыками по оценке риска рекомендуемых методик.</p>
ПК-9	Готовность организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	<p><u>Знать:</u> основные проблемы, современные тенденции развития метрологии производства;</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно применять диагностические методы для анализа объектов электроники. Уверенно докладывать и защищать результаты.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками по оценке применимости различных методов для решения конкретных задач; эффективности инженерных решений в данной области.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Аналитические приборы и методы в электронике» является обязательной, относится к вариативной части блока №1 дисциплин основной профессиональной образовательной программы «Электронные приборы и устройства» направления подготовки академической магистратуры 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника" ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 4 курсе в 7 семестре.

*Пререквизиты дисциплины.* Для изучения дисциплины обучаемый должен знать:

- базовые понятия курса общей физики,
- основы твердотельной электроники,
- основы физики конденсированного состояния,
- основные положения курса «Материалы электронной техники».
- методы тестирования средств измерений.

*Взаимосвязь с другими дисциплинами.* Курс «Аналитические приборы и методы в электронике» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Нанoeлектроника», «Твердотельная электроника».

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистра для успешной профессиональной деятельности.

*Постреквизиты дисциплины.* Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Вакуумная техника и технология», «Физические основы методов анализа вещества», «Преддипломная практика», «Научно-исследовательская работа».

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

*Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы (ЗЕ), 108 часов.*

Вид учебной работы	Всего часов по формам обучения
	Очная
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48
Лекции	24
Практические занятия	24
Контроль	9
Самостоятельные занятия	51
Вид промежуточной аттестации обучающихся	зачет

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

#### Тема 1. Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий.

Ионная пушка. Физические основы метода. Составляющие тока рассеянных ионов. Сечение рассеяния. Нейтрализация ионов. Особенности спектра рассеянных ионов по энергиям. Характеристики метода.

## **Тема 2. Масс-спектрометрия вторичных ионов**

Сущность масс-спектрометрического метода и решаемые задачи. Принцип масс-анализа. Типы масс-анализаторов. Количественный анализ. Качественный анализ. Конструкция спектрометра Основные узлы спектрометра. Характеристики метода

## **Тема 3. Дифракция рентгеновских лучей.**

Дифракционные методы исследования. Типы кристаллических решеток. Индексы Миллера. Дифракция рентгеновских лучей. Условия Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга. Рентгеноструктурный анализ.

## **Тема 4. Дифракция медленных электронов.**

Электронная пушка. Дифрактометр медленных электронов. Физические основы метода. Уравнение дифракции медленных электронов. Методы расшифровки дифракционных картин.

## **Тема 5. Электронная оже-спектроскопия.**

Распределение вторичных электронов по энергиям. Типы энергоанализаторов электронов. Цилиндрический зеркальный анализатор. Физика Оже-процесса. Оже-спектрометр. Количественная Оже-спектроскопия.

## **Тема 6. Фотоэлектронная спектроскопия.**

История метода. Полусферический анализатор энергий электронов. Физические основы метода. Фотоэлектронный спектрометр. Обозначение фотоэлектронных линий. Ширина фотоэлектронной линии.

### **4.2. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).**

#### **Очная форма обучения**

Раздел дисциплины (модуля)	Общая трудоемкость, часы	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
		Всего	Лекции	Практические занятия	Контроль	
1. Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий	17	9	4	4	1	8
2. Масс-спектрометрия вторичных ионов	17	9	4	4	1	8
3. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеноструктурный анализ.	17	9	4	4	1	8
4. Дифракция медленных электронов	19	10	4	4	2	9
5. Электронная оже-спектроскопия	19	10	4	4	2	9
6. Фотоэлектронная спектроскопия	19	10	4	4	2	9
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>57</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>51</b>

### **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Г.Н. Шуппе. Диагностика поверхностей электронными, ионными и фотонными зондами. Часть 1, 2. Рязань: РИЦ РГРТИ, 1982. – 5 шт.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Аналитические приборы и методы в электронике»).

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### *7.1. Основная учебная литература:*

1. Методы анализа поверхностей, под ред. А. Зандерны, пер с англ., М.:Мир, 1979. – 5 шт.
2. Т. Карлсон. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия. Л.: Машиностроение, 1981. – 5 шт.
3. Г.Н. Шуппе. Диагностика поверхностей электронными, ионными и фотонными зондами. Часть 1, 2. Рязань: РИЦ РГРТИ, 1982. – 5 шт.

### *7.2. Дополнительная учебная литература:*

1. О.В. Рожков, А.А. Трубицын. Компьютерное моделирование электростатических линз. Методические указания к лабораторной работе. Рязань: РИЦ РГРТА, 2000. – 50 шт.
2. А.А. Трубицын, О.В.Рожков, С.С. Волков. Моделирование и исследование характеристик цилиндрического зеркального анализатора. Методические указания к лабораторной работе. Рязань: РИЦ РГРТА, 2008. – 50 шт.
3. А.А. Трубицын. Эмулятор работы оже-спектрометра. Электронный учебник. – 2015.

## **8. РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННО–ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ И ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ**

Наличие ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» при изучении данного курса не требуется.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.**

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

- Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.
- Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.
- Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

### **9.2. Описание последовательности действий обучающегося («сценарий изучения дисциплины»).**

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции не применялся на практическом и лабораторном занятии. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

- 1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной

сегодня (10-15 минут).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

В течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой по в библиотеке.

### **9.3. Рекомендации по работе с литературой.**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по данной тематике. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему.

### **9.4. Рекомендации по подготовке к экзамену.**

Дополнительно к изучению конспектов лекции необходимо пользоваться учебником по курсу. Кроме «заучивания» материала зачета, очень важно добиться состояния понимания изучаемых тем дисциплины. При изучении теоретического материала всегда нужно рисовать схемы или графики. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольку типовых задач из каждой темы.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ):**

### **Перечень лицензионного программного обеспечения:**

- 1) Операционная система Windows XP (корпоративная лицензия);
- 2) Среда разработки MATLAB Classroom, Simulink Classroom.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения практических занятий необходим класс персональных компьютеров с установленными операционными системами Microsoft Windows или Linux и установленным лицензионным программным обеспечением MATLAB Classroom;

3) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием.

Программу составил:  
д.ф.-м.н., профессор каф. ПЭЛ

А.А. Трубицын

Зав. кафедрой ПЭЛ  
к.т.н., доцент.

С.А. Круглов

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«Аналитические приборы и методы в электронике»**

Фонд оценочных средств – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков обучающихся: на занятиях; по результатам выполнения контрольной работы; по результатам выполнения обучающимися индивидуальных заданий; по результатам проверки качества конспектов лекций и иных материалов. При оценивании (определении) результатов освоения дисциплины применяется традиционная система (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

В случае, если студент не выполнил лабораторные работы, курсовой проект (работу), расчетные задания или контрольные работы, предусмотренные учебным графиком, выставляется оценка неудовлетворительно.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используется компьютерное тестирование.

По итогам курса обучающиеся сдают зачет. Форма проведения очная – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса по темам курса и одна практическая задача.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой	Наименование
-------	---	--------------------	--------------



п		компетенции (или её части)	оценочного средства
1	Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий.	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет
2	Масс-спектрометрия вторичных ионов.	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет
3	Дифракция рентгеновских лучей.	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет
4	Дифракция медленных электронов	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет
5	Электронная оже-спектроскопия.	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет
6	Фотоэлектронная спектроскопия.	ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-9	зачет

### Список вопросов к экзамену

№	Вопрос
1	Дифракция рентгеновских лучей. Дифракционные методы исследования.
2	Дифракция рентгеновских лучей. Типы кристаллических решеток. Индексы Миллера.
3	Дифракция рентгеновских лучей. Условия Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга.
4	Рентгеноструктурный анализ.
5	Электронная пушка.
6	Дифракция медленных электронов. Дифрактометр медленных электронов. Физические основы метода. Уравнение дифракции медленных электронов. Методы расшифровки дифракционных картин.
7	Дифракция медленных электронов. Физические основы метода. Уравнение дифракции медленных электронов. Методы расшифровки дифракционных картин.
8	Электронная оже-спектроскопия. Распределение вторичных электронов по энергиям. Типы энеоанализаторов электронов.
9	Электронная оже-спектроскопия. Цилиндрический зеркальный анализатор.
10	Электронная оже-спектроскопия. Физика Оже-процесса. Оже-спектрометр.
11	Фотоэлектронная спектроскопия. История метода. Полусферический анализатор энергий электронов.
12	Фотоэлектронная спектроскопия. Физические основы метода. Фотоэлектронный спектрометр. Обозначение фотоэлектронных линий. Ширина фотоэлектронной линии.
13	Фотоэлектронная спектроскопия. Обозначение фотоэлектронных линий. Ширина фотоэлектронной линии.
14	Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий. Ионная пушка.
15	Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий. Физические основы метода. Составляющие тока рассеянных ионов
16	Спектроскопия обратно рассеянных ионов низких энергий. Сечение рассеяния. Нейтрализация ионов. Особенности спектра рассеянных ионов по энергиям. Характеристики метода
17	Масс-спектрометрия вторичных ионов. Сущность масс-спектрометрического

	метода и решаемые задачи. Принцип масс-анализа.
18	Масс-спектрометрия вторичных ионов. Типы масс-анализаторов.
19	Масс-спектрометрия вторичных ионов. Количественный анализ. Качественный анализ.

### Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1). Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2). Умение анализировать материал, устанавливая причинно-следственные связи.
- 3). Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение
- 4). Качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция)
- 5). Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

### Шкала оценивания для оформления итоговой оценки по дисциплине

Оценка	Определение оценки
Отлично	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения
Хорошо	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения
Удовлетворительно	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения
Неудовлетворительно	Результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям

Составил:  
д.ф.-м.н., профессор каф. ПЭл

А.А. Трубицын

Зав. кафедрой ПЭл  
к.т.н., доцент.

С.А. Круглов