



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Наименование дисциплины (модуля):** Б1.В.ДВ.02.01 Методы исследования материалов и структур электроники

**Направление подготовки:** 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

**Направленность (профиль) подготовки:** Электроника и микроэлектроника

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Форма обучения:** очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
Протокол № 7  
от «26» марта 2024 г.  
**Зав. кафедрой** д.ф.-м.н., профессор  
А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....</b>	<b>3</b>
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3. Содержание учебного материала .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....</b>	<b>10</b>
<b>4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....</b>	<b>10</b>
<b>4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....</b>	<b>11</b>
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>12</b>
<i>а) перечень литературы.....</i>	<i>12</i>
<i>б) список авторских методических разработок .....</i>	<i>12</i>
<i>в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....</i>	<i>13</i>
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>13</b>
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....</b>	<b>14</b>

## **I. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

**Целями** освоения дисциплины «Методы исследования материалов и структур электроники» являются:

- расширение фундаментальных знаний в области физики полупроводников и диэлектриков.

- ознакомление с основными физическими и физико-химическими методами исследования состава полупроводников и диэлектриков

- формирование личности, подготовленной к профессиональной деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки (в том числе к научно-исследовательской работе) в области фундаментальной и прикладной физики полупроводников и диэлектриков.

**Задачами** дисциплины являются следующие:

- 1) Развитие мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять физические явления;
- 2) Ознакомление студентов с представлениями о современных методах исследования состава полупроводников и диэлектриков;
- 3) изучение основных принципов работы современных измерительных комплексов для исследования физико-химических свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов;
- 4) Развитие навыков делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований.

## **II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Методы исследования материалов и структур электроники» является дисциплиной профессионального цикла и относится к базовой части образовательной программы по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Курс предполагает наличие у студентов первичных знаний в области физики, химии, спектроскопии полупроводников и диэлектриков.

Дисциплина связана с курсами «Физика конденсированного состояния», «Физическая химия материалов», «Физика диэлектриков», «Физика полупроводников».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц.

## **III. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Осознанно выбирать пути решения научных задач на основе анализа знаний из области физического материаловедения (ПК-2):

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	<p>1.1 Знать основные направления развития современного физического материаловедения.</p> <p>1.2 Уметь осуществить выбор экспериментального исследования и модификации материалов и структур электроники и наноэлектроники методами современного материаловедения.</p> <p>1.3 Владеть навыками решения задач исследования, модификации и контроля материалов и структур электроники и наноэлектроники на основе анализа знаний из области физического материаловедения.</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные современные методы измерения параметров материалов, понимать физические процессы, лежащие в основе этих методов, уметь объяснить влияние контролируемых параметров материалов на характеристики приборов и структур на их основе</li> <li>• физические принципы построения и работы оборудования для исследования полупроводников и диэлектриков;</li> <li>• современный научно-технический уровень производства и исследований полупроводниковых и диэлектрических материалов.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывать выбор методов исследования для определения характеристик полупроводниковых и диэлектрических материалов при решении конкретной практической задачи;</li> <li>• применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований;</li> <li>• участвовать в научных исследованиях, направленных на изучение структуры, состава и свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• информацией о современных тенденциях в развитии методов исследования материалов и структур электроники, их аппаратного оформления;</li> <li>• навыками интерпретации результатов исследований, полученных отдельными методами.</li> <li>• методами обработки полученных экспериментальных данных на основе современных информационных технологий.</li> </ul>

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов, в том числе 52 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
				Лекции	практические	Консультации		
1	Введение в физико-химические методы исследований материалов.	8	12	4	4	1	7	Опрос
2	Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники	8	12	4	4	1	7	Опрос
3	Спектроскопические методы анализа материалов	8	12	4	4	1	7	Опрос
4	Оптические методы исследования материалов	8	12	2	2	1	7	Опрос
5	Методы рентгеновского анализа материалов.	8	12	2	2	1	7	Опрос
6	Хроматографические методы анализа.	8	12	2	2	1	7	Опрос
7	Резонансные методы исследования	8	12	2	2	1	7	Опрос
8	Основные задачи диагностики состава полупроводников.	8	12	2	2	1	5	Опрос
	Зачет с оценкой	8	12				2	Тестирование
	<b>Итого часов</b>		<b>108</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>56</b>	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Введение в физико-химические методы исследований материалов.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Спектроскопические методы анализа материалов	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Оптические методы исследования материалов	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Методы рентгеновского анализа материалов.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Хроматографические методы анализа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	20	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Резонансные методы исследования	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	Основные задачи диагностики состава полупроводников.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	После завершения лекций по данному разделу	12	Опрос	Вся рекомендуемая литература
1	<b>Подготовка к зачёту</b>	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра	12	Тест	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				56		

### **4.3. Содержание учебного материала**

#### ***Тема 1. Введение в физико-химические методы исследований материалов.***

Общая характеристика физико-химических методов исследований материалов. Достоинства и недостатки физико-химических методов исследований полупроводников и диэлектриков. Основные приемы, используемые в физико-химических методах анализа.

#### ***Тема 2. Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники.***

Измерения удельного сопротивления и концентрации носителей заряда. Методы исследования концентрации и подвижности носителей заряда: Эффект Холла, метод вольт-фарадных характеристик барьера Шоттки, определение концентрации носителей заряда методом плазменного резонанса, определение концентрации по эффекту Фарадея. Методы измерения параметров неравновесных носителей заряда: Измерение дрейфовой подвижности; Определение времени жизни носителей заряда. Методы исследования зонной структуры материалов: Циклотронный резонанс; методы измерения ширины запрещенной зоны.

#### ***Тема 3. Спектроскопические методы анализа материалов***

Основы спектроскопических методов анализа. Классификация спектроскопических методов. Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный анализ. Происхождение спектров испускания. Источники возбуждения и способы регистрации спектров. Качественный и количественный анализ по спектрам испускания. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Источники излучения, атомизаторы, приемники излучения. Масс-спектрометрия, основные принципы ИСП-МС. Особенности схемы и типы масс-спектрографов. Преимущества и проблемы ИСП-МС.

#### ***Тема 4. Оптические методы исследования материалов***

Контроль качества поверхности пластин и прозрачных пленок по интенсивности отраженного монохроматического излучения. Эллипсометрические методы исследования оптических свойств структур диэлектрик-полупроводник. Методы оптической спектроскопии: Молекулярные спектры; Фурье-спектроскопия; Аналитическое использование электронных спектров поглощения; Оптическая электронная спектроскопия в отраженном диффузно-рассеянном свете. Люминесцентные методы анализа веществ.

#### ***Тема 5. Методы рентгеновского анализа материалов.***

Общие сведения о рентгеновском излучении. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгенофлуорисцентный анализ. Рентгеноструктурный анализ. Рентгенофазовый анализ. Тонкопленочная рентгеновская дифрактометрия. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ.

### **Тема 6. Хроматографические методы анализа.**

Принципы хроматографического разделения веществ. Классификация хроматографических методов анализа по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по аппаратному оформлению, по способу проведения процесса. Области применения хроматографических методов. Хроматографический пик и его параметры. Газовая хроматография: классификация методов. Принципиальная схема хроматографа. Неподвижные фазы, подвижные фазы, требования к ним. Детекторы, их классификация. Методы жидкостной хроматографии. Особенности хроматографического процесса и аппаратуры.

### **Тема 7. Резонансные методы исследования**

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса: Теоретические основы метода; Эффект Зеемана; условие простого резонанса, g-фактор; электрон-ядерное взаимодействие, сверхтонкая структура спектров ЭПР. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса: Магнитный момент ядра и его взаимосвязь с магнитным полем; условие простого ядерного резонанса; спин-спиновое взаимодействие и мультиплетность сигналов ЯМР.

### **Тема 8. Основные задачи диагностики состава полупроводников.**

Простые и сложные полупроводники, полупроводниковые структуры- проблемы получения и диагностики состава (анализа). Влияние макросостава на свойства сложных полупроводников. Примеси, политропия примесей в полупроводниках; примесно-чувствительные свойства. Основные единицы измерения содержания компонентов. Качественный и количественный анализ: Элементным и молекулярный анализ. Определение примесей и основных компонентов. Определение среднего содержания примесей, послойный и локальный анализ. Определение общего содержания примесей в полупроводнике и диагностика электроактивных примесей.

#### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	<b>Тема 1</b>	<b>Введение в физико-химические методы исследований материалов.</b>	2	Контрольные вопросы	ПК - 2
2.	<b>Тема 2</b>	<b>Электрические измерения и методы диагностирования электрических параметров полупроводников и структур электроники</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2

3.	<b>Тема 3</b>	<b>Спектроскопические методы анализа материалов</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
4.	<b>Тема 4</b>	<b>Оптические методы исследования материалов</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
5.	<b>Тема 5</b>	<b>Методы рентгеновского анализа материалов.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
6.	<b>Тема 6</b>	<b>Хроматографические методы анализа.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
7	<b>Тема 7</b>	<b>Резонансные методы исследования</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2
8	<b>Тема 8</b>	<b>Основные задачи диагностики состава полупроводников.</b>	4	Контрольные вопросы	ПК - 2

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Вся рекомендуемая литература	70
2.	Все темы	Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях	Вопросы для текущего контроля	Вся рекомендуемая литература	30

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

##### 1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

## **2) закреплять и систематизировать знания:**

- работа с конспектом лекции;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных литературных источников;
- тестирование и др.;

## **3. формировать умения:**

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к курсовым работам.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- Осознанно выбирать пути решения научных задач на основе анализа знаний из области физического материаловедения (ПК-2):
  - Знать основные направления развития современного физического материаловедения.
  - Уметь осуществить выбор экспериментального исследования и модификации материалов и структур электроники и наноэлектроники методами современного материаловедения.
  - Владеть навыками решения задач исследования, модификации и контроля материалов и структур электроники и наноэлектроники на основе анализа знаний из области физического материаловедения.

## **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

*Курсовые работы не предусматриваются*

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) перечень литературы

#### Основная литература:

1. Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк ; Иркут. гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 - . - (Методы экспериментальной физики конденсированного состояния). Ч. 1. - 2013. - 159 с. (10 экз.)
2. Шалаев, Алексей Александрович (канд. физ.-мат. наук, снс) Основы физического материаловедения [Текст]: учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 . Ч. 2. - 2014. - 175 с. (10 экз.)
3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - Москва: Лань, 2011. - 288 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 282-283. - ISBN 978-5-8114-1001-9 :ББК В37я73
4. Методы выращивания и исследования кристаллических материалов [Текст] : лаб. практикум / Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. ; ред. Е. А. Раджабов ; рец. В. В. Акимов. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 82 с. (10 экз.)

#### Дополнительная:

1. Технологии материалов для микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Скоробогатова, Зубрицкий, Петров, Семёнов - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
2. Егранов А. В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Егранов. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884
3. Шендрик, Р. Ю. Введение в физику сцинтилляторов - 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Ю. Шендрик. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884-2
4. Щука, Александр Александрович. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки "Прикл. математика и физика" / А. А. Щука. - 2-е изд. - ЭВК. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. - (Нанотехнологии). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 15 доступ. - ISBN 978-5-9963-1055-5
5. Павлинский, Гелий Вениаминович. Рентгеновская флуоресценция [Электронный ресурс] : научное издание / Г. В. Павлинский. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0895-8
6. Павлинский, Гелий Вениаминович. Физика рентгеновского излучения [Электронный ресурс] : сб. задач / Г. В. Павлинский ; Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. - Электрон.

### б) список авторских методических разработок

1. Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк ; Иркут. гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 - . - (Методы экспериментальной физики конденсированного состояния). Ч. 1. - 2013. - 159 с. (10 экз.)
2. Шалаев, Алексей Александрович (канд. физ.-мат. наук, снс) Основы физического материаловедения [Текст]: учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 . Ч. 2. - 2014. - 175 с. (10 экз.)
3. Методы выращивания и исследования кристаллических материалов [Текст] : лаб. практикум / Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. ; ред. Е. А. Раджабов ; рец. В. В. Акимов. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 82 с. (10 экз.)

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru> Архив научных журналов
- JSTOR <http://www.jstor.org>
- Сайт кафедры экспериментальной физики <http://medphysics-irk.ru>

*Сверено с №Б 4159*

## VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

### 6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

### 6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области астрономии.

## VII. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятель-

ности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Проводится опрос на первом занятии.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

*Типы контроля успешности освоения программы студентом:*

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация (зачет);

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

Промежуточная аттестация (зачет) - это оценка совокупности знаний, умений, навыков по дисциплине в целом или по ее разделам.

К видам контроля относятся:

- устные формы контроля;
- письменные формы контроля;
- контроль с помощью технических средств и информационных систем.

*К традиционным формам контроля относятся:*

- проверка выполнения домашнего задания
- зачет
- тест
- контрольная работа

### **8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость аудиторных занятий, активность студентов на занятиях, уровень подготовки к семинарам, выполнение домашних работ.

**Промежуточная аттестация (зачет)** проводится в устной форме по билетам, которые содержат одно задание с теоретическими и практическими элементами.

**При оценке знаний и умений учитывается:**

понимание изученного содержания, самостоятельность суждений, степень систематизации и глубины знаний;

содержание умения и возможность его применения в практической деятельности;

наличие ошибок, их количество, характер и влияние на качество выполненной работы, временной норматив.

В процессе контроля проверяется сформированность следующих профессиональных компетенций:  
Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

Способен проводить научные исследования как самостоятельно, так и в коллективе.

Владеет современными технологиями проведения экспериментальных и теоретических научных исследований с использованием, в том числе, сложного физического оборудования. Умеет пользоваться при проведении научных исследований современными информационными технологиями. Обобщает отечественный и зарубежный опыт проведения научных исследований в своей области исследований.

**Разработчик:**



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Физический факультет**  
**Кафедра Общей и экспериментальной физики**

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Методы исследования материалов и структур электроники**  
**направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
**направленность (профиль) Электроника и нанoeлектроника**

Иркутск, 2024

Одобен  
УМК физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.  
**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом от 19 сентября 2017 г. № 927 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 электроника и нанoeлектроника

**Разработчик:**

д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Наименование дисциплины (модуля)** Б1.В.ДВ.02.01 Методы исследования материалов и структур электроники

**Направления подготовки** 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

**Направленности (профили) подготовки** Электроника и наноэлектроника

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Форма обучения** очная

**1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 3 семестр б):**

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-2, ПК-4, ПК-5).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур	<p>Знать: современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Уметь: Использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Владеть: способностью использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p>
ПК-4 Проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	ПК-4.1 Знает категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге	<p>Знать: категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге</p> <p>Уметь: Использовать категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге.</p>

		<p>Владеть:</p> <p>Навыками использования категорий (типов), видов стандартов и их особенностей; видов измерений, средств измерений, погрешностей; процедур и нормативных актов для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге</p>
	<p>ПК-4.2 Владеет навыками и методами расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>	<p>Знать:</p> <p>методы расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить расчёт параметров и характеристик, моделирование и проектирование</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>
	<p>ПК-4.3 Знаком с основными этапами сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>	<p>Знать:</p> <p>основные этапы сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции.</p> <p>Уметь:</p> <p>Ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p> <p>Владеть:</p> <p>Способностью ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>
<p>ПК-5 Аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.</p>	<p>ПК-5.1 Знать эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур</p>	<p>Знать:</p> <p>эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Уметь:</p> <p>Использовать эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками использования эффективных</p>

		методик экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур
	ПК-5.2 Уметь выбирать приборы и устройства для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники	Знать: правила выбора приборов и устройств для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники. Уметь: выбирать приборы и устройства для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники Владеть: Навыками подбора приборов и устройств для контроля характеристик материалов электроники и нанoeлектроники
	ПК-5.3 Владеть методиками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Знать: методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов для проведения измерений и модификации поверхности наноматериалов и наноструктур. Уметь: Использовать современные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Владеть: методиками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

## 2. Текущий контроль

### Программа оценивания контролируемых компетенций ПК–2, ПК-4, ПК-5

Тема или раздел дисциплины	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1-8	ПК–2, ПК-4, ПК-5	<b>Знает:</b> о физических процессах, лежащих в основе принципов действия приборов и устройств микро- и	См. «Тестовые задания»	собеседование, тестирование, экзамен	Тест 1

		<p>наноэлектроники, методах их аналитического описания; факторах, определяющих параметры и характеристики, конструкции и области применения этих устройств;</p> <p><b>Умеет:</b> использовать базовые знания в области математики и естественных наук в процессе изучения физических явлений, принципов построения и функционирования устройств микро- и наноэлектроники; ориентироваться в физических размерностях и величинах при решении практических задач; применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств микро- и наноэлектроники.</p> <p><b>Владеет:</b> методами и средствами решения задач микро- и наноэлектроники на основе базовых знаний из области квантовой физики, физики твердого тела и физики полупроводников, привлекая справочный материал.</p>			
--	--	---	--	--	--

### **3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)**

*В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.*

*Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.*



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Иркутский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Физический факультет

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Что такое сканирующая электронная микроскопия (SEM) и в чем ее преимущество перед обычной оптической микроскопией?
2. Какие методы могут быть использованы для анализа кристаллической структуры материалов?
3. Что представляет собой метод атомно-точечной спектроскопии (AES) и какие элементы можно исследовать с его помощью?

Педагогический работник \_\_\_\_\_ (подпись) А.А. Гаврилюк

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) А.А. Гаврилюк

«26» марта 2024 г.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

*«Иркутский государственный  
университет»*

**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Физический факультет**

### **Вопросы для собеседования**

1. Что такое сканирующая электронная микроскопия (SEM) и в чем ее преимущество перед обычной оптической микроскопией?
2. Какие основные характеристики атомно-силового микроскопа (AFM), делающие его важным инструментом для исследования поверхности материалов?
3. В чем заключается принцип работы рентгеновской дифракции и какие информации о материале можно получить с ее помощью?
4. Что такое спектроскопия фотоэлектронов (XPS) и какие сведения о химическом составе поверхности материала она предоставляет?
5. Как работает ядерное магнитное резонансное (NMR) исследование в контексте материаловедения?
6. Какие методы могут быть использованы для анализа кристаллической структуры материалов?
7. В чем заключается метод преломления электронов (TEM) и какую информацию он предоставляет о структуре материалов?
8. Какой метод позволяет измерять оптические свойства материалов, такие как пропускание, отражение и поглощение света?
9. Какие принципы лежат в основе метода электронной спектроскопии (EELS) и в каких областях он может быть применен?
10. Каким образом методы исследования материалов и структур электроники способствуют разработке новых технологий и улучшению существующих материалов?
11. Что такое спектроскопия рассеянного рентгеновского излучения (X-ray scattering) и какие типы информации о структуре материалов она предоставляет?
12. Какие методы могут использоваться для анализа электронных свойств материалов, таких как проводимость и диэлектрическая проницаемость?

13. Что представляет собой метод атомно-точечной спектроскопии (AES) и какие элементы можно исследовать с его помощью?
14. Как работает метод рассеяния нейтронов (neutron scattering) и какие виды информации он может предоставить о внутренней структуре материалов?
15. Какие современные методы исследования используются для анализа наноматериалов и наноструктур в электронике?

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

(подпись)

«26» марта 2024 г.

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

*«Иркутский государственный университет»*

**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

**Физический факультет**

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

**Тест №1 (пример)**

Тестовое комплексное задание для контроля знаний

*Инструкция:*

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

**БЛОК А.**

*Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:*

Вопрос: Какой метод используется для анализа структуры кристаллических материалов?

- a) Рентгеновская дифракция
- b) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- c) Инфракрасная спектроскопия

Ответ: a) Рентгеновская дифракция

Вопрос: Какой прибор измеряет электронную структуру материала?

- a) Масс-спектрометр
- b) Спектрофотометр
- c) Электронный спектрометр

Ответ: c) Электронный спектрометр

Вопрос: Какая техника используется для анализа поверхности материала с высоким разрешением?

- a) Электронная микроскопия
- b) Инфракрасная спектроскопия
- c) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия

Ответ: a) Электронная микроскопия

Вопрос: Что измеряет методы Электронной спектроскопии?

- a) Спектральные линии звезд
- b) Электронную структуру материала
- c) Концентрацию химических элементов в материале

Ответ: b) Электронную структуру материала

Вопрос: Какие из следующих методов используются для анализа химического состава материала?

- a) Масс-спектрометрия
  - b) Электронная микроскопия
  - c) Рентгеновская дифракция
- Ответ: a) Масс-спектрометрия

Вопрос: Какой метод используется для изучения магнитных свойств материалов?

- a) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- b) Масс-спектрометрия
- c) Магнитометр

Ответ: a) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия

Вопрос: Какой метод анализа основан на измерении изменений частоты и амплитуды колебаний атомов в молекуле?

- a) Инфракрасная спектроскопия
- b) Рентгеновская дифракция
- c) Электронная микроскопия

Ответ: a) Инфракрасная спектроскопия

Вопрос: Какой из методов позволяет изучать внутреннюю структуру материалов без их разрушения?

- a) Рентгеновская дифракция
- b) Электронная микроскопия
- c) Инфракрасная спектроскопия

Ответ: a) Рентгеновская дифракция

Вопрос: Какой метод изучает распределение химических элементов в материале?

- a) Электронная спектроскопия
- b) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Ответ: c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Вопрос: Какой метод основан на взаимодействии рентгеновских лучей с атомами в материале?

- a) Масс-спектрометрия
  - b) Инфракрасная спектроскопия
  - c) Рентгеновская дифракция
- Ответ: c) Рентгеновская дифракция

Вопрос: Какой метод используется для исследования магнитных свойств материалов в зависимости от температуры?

- a) Электронная спектроскопия
- b) Магнитометр
- c) Метод Холла

Ответ: b) Магнитометр

Вопрос: Какая техника позволяет измерить проводимость материала и подвижность носителей заряда?

- a) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- b) Метод Холла
- c) Электронная микроскопия

Ответ: b) Метод Холла

Вопрос: Какой метод основан на изучении спектра энергетических уровней электронов в материале?

- a) Инфракрасная спектроскопия
- b) Электронная спектроскопия
- c) Масс-спектрометрия

Ответ: b) Электронная спектроскопия

Вопрос: Какая техника анализа используется для определения структуры полимерных материалов?

- a) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- b) Рентгеновская дифракция
- c) Магнитометр

Ответ: a) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия

Вопрос: Какой метод позволяет изучать молекулярные связи и функциональные группы в органических соединениях?

- a) Инфракрасная спектроскопия
- b) Масс-спектрометрия
- c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Ответ: a) Инфракрасная спектроскопия

Вопрос: Какой метод позволяет определить концентрацию элементов на поверхности материала?

- a) Электронная микроскопия
- b) Масс-спектрометрия
- c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Ответ: c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Вопрос: Какой метод используется для анализа структуры и свойств жидких материалов?

- a) Электронная спектроскопия
- b) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия
- c) Ядерный реактор

Ответ: b) Ядерная магнитная резонансная спектроскопия

Вопрос: Какие методы изучают электронные, оптические и магнитные свойства материалов?

- a) Электронная спектроскопия
- b) Инфракрасная спектроскопия
- c) Рентгеновская дифракция

Ответ: a) Электронная спектроскопия

Вопрос: Какой метод используется для изучения магнитных свойств материалов на макроскопическом уровне?

- a) Электронная микроскопия
- b) Ядерный реактор
- c) Магнитометр

Ответ: c) Магнитометр

Вопрос: Какой метод позволяет изучать оптические свойства материалов, такие как поглощение света и люминесценцию?

- a) Инфракрасная спектроскопия
- b) Спектрофотометр
- c) Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

Ответ: b) Спектрофотометр

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

(подпись)

«26» марта 2024 г.