

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.02.02.04 ТЕПЛОФИЗИКА

Экспериментальные методы исследований

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

03.03.02.33 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

д-р физ.-мат. наук, профессор, Горе Михаил Васильевич

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными методами и приборами для измерений физических параметров, методами анализа и обработки экспериментальных данных, а также формирование у студентов навыков работы на установках.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности по направлению физика

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2: Способен к выполнению физических экспериментов и (или) теоретических исследований по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов</b>	
ПК-2.1: Выбирает методы проведения физических экспериментов и (или) теоретических исследований, обобщения и обработки информации	Знать: методы анализа и обработки экспериментальных данных, основы теории ошибок и математической статистики. Знать: физические принципы, положенные в основу методов исследования и работы измерительных приборов, основные методы измерений теплофизических параметров веществ, изучения поверхности твердых тел. Знать: характеристики и принцип действия измерительных установок, методы анализа и обработки экспериментальных данных. Уметь: пользоваться расчет-ными методами обработки результатов измерений и оценки случайных и систе-матических погрешностей. Уметь: пользоваться методами графического представления результатов измерений. Уметь: оценивать примени-мость тех или иных экспери-ментальных методов для изучения физических про-цессов в конкретных услови-ях; формулировать качест-венные теоретические моде-ли для оценки их примени-мости. Владеть: навыком использования расчетных методов и программных инструментов обработки результатов измерений и оценки случайных и систематических погрешностей Владеть: навыками графического представления результатов измерений Владеть: методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных

<p>ПК-2.2: Оформляет результаты научно-исследовательских и (или) опытно-конструкторских работ</p>	<p>исследований теплофизических свойств веществ.</p> <p>Знать: характеристики измерительной аппаратуры, от которых зависит возможность ее использования в условиях конкретного эксперимента.</p> <p>Знать: источники систематических и случайных погрешностей.</p> <p>Знать: общие подходы к снижению систематических и случайных погрешностей.</p> <p>Уметь: пользоваться обширным справочным материалом по методам, приборам и датчикам для измерений теплофизических параметров, микроскопического и спектроскопического анализа состава и свойств поверхности наноматериалов.</p> <p>Уметь: пользоваться обширным справочным материалом для использования его в конкретных экспериментальных условиях.</p> <p>Уметь: планировать измерительный эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели.</p> <p>Владеть: навыками работы с основными типами приборов для измерения физических параметров.</p> <p>Владеть: навыками работы с основными типами приборов для автоматической регистрации результатов измерений.</p> <p>Владеть: навыками работы с основными типами приборов для измерения теплофизических параметров и автоматической регистрации результатов измерений.</p>
<p>ПК-2.3: Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>	<p>Знать: физические принципы, положенные в основу методов исследования</p> <p>Знать: особенности работы измерительных приборов</p> <p>Знать: методы анализа и обработки экспериментальных данных</p> <p>Уметь: пользоваться источниками научно-технической информации по методам для измерений физических параметров.</p> <p>Уметь: пользоваться источниками научно-технической информации по приборам и датчикам для использования их в конкретных экспериментальных условиях.</p> <p>Уметь: обрабатывать и анализировать результаты измерений.</p> <p>Владеть: приемами решения основных метрологических задач.</p> <p>Владеть: навыками решения конкретных метрологических задач из разных научно-производственных областей.</p> <p>Владеть: приемами и навыками решения метрологических задач, помогающих в дальнейшем решать инженерно-производственные и научные задачи.</p>

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
лабораторные работы	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ</b>									

<p>1. Тема 2. Классификация ошибок - Классификация ошибок измерений. Почему так важно оценить ошибку измерений? Классификация ошибок. Грубые ошибки. Систематические ошибки. Причины возникновения систематических ошибок Случайные ошибки.</p> <p>Тема 3. Анализ и обработка экспериментальных данных– Обзор программного обеспечения для выполнения анализа и обработки экспериментальных данных.</p> <p>Тема 4. Анализ результатов измерений прямых измерений - -Анализ результатов измерений случайной величины. Распределение результатов измерений случайной величины. Распределение Гаусса. Среднеквадратичная ошибка отдельного измерения и среднего значения.</p> <p>Тема 5. Косвенные измерения - Ошибки косвенных измерений. Косвенные измерения. Функции случайных величин.</p> <p>Тема 6. Анализ результатов совместных измерений - Анализ результатов совместных измерений. Измерение функциональных зависимостей. Интерполяция и аппроксимация экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов.</p>	12							
---	----	--	--	--	--	--	--	--



2. Лабораторная работа №1. Основы работы в Matlab или Mathcad. Лабораторная работа №2. Использование Mathcad для обработки экспериментальных данных: ввод данных, построение и оформление графиков. Лабораторная работа №3. Обработка данных прямых измерений. Лабораторная работа №4. Обработка данных косвенных измерений.Лабораторная работа №5. Обработка данных совместных измерений. Интерполяция.Лабораторная работа №6. Обработка данных совместных измерений. Регрессия линейной функцией. Лабораторная работа №7. Обработка данных совместных измерений. Регрессия полиномом и линейной комбинацией функций.Лабораторная работа №8. Обработка данных совместных измерений. Регрессия нелинейными функциями.Лабораторная работа №9. Обработка данных совместных измерений. Сглаживание. Фильтрация.						12		
3. Темы 1-6. Лабораторные работы №1-№9.							12	
<b>2. РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЕРИМЕНТ и ЗДРАВЫЙ СМЫСЛ</b>								
1. Тема 7. Эксперимент – Роль эксперимента в физике. Логика эксперимента. Тема 8. Эксперимент и здравый смысл.	2							
2. Тема 7. Эксперимент – Роль эксперимента в физике. Логика эксперимента. Тема 8. Эксперимент и здравый смысл.							2	
3. Раздел 1. Раздел 2								
<b>3. РАЗДЕЛ 3. ТЕМПЕРАТУРА. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ. ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ</b>								

<p>1. Тема 9. Определение температуры – Температура. Определение температуры. Газовая и термодинамическая шкалы температуры. Международная шкала температур ITS-90. Реперные точки.</p> <p>Тема 10. Термометрия – Газовая термометрия: термометр Симона. Манометр, заполненный ртутью или маслом. Дифференциальный манометр. Поправки на неидеальность газа. Конденсационный термометр. Термометрия, основанная на эффектах теплового расширения жидкостей и твердых тел.</p> <p>Тема 11. Термометры – Термометры сопротивления: Электрическое сопротивление чистых металлов Платиновые и медные термометры. Полупроводниковые термометры сопротивления. Угольные термометры.</p> <p>Тема 12. Термоэлектрическая и оптическая термометрия – Термоэлектрическая термометрия. Термопары. Основные законы термоэлектричества. Основные типы и области применения термопар. Оптическая термометрия. Пирометры.</p>	8							
<p>2. Лабораторная работа №10. Измерение температуры термопарами. Лабораторная работа №11. Использование термометра сопротивления для измерения температуры.</p>					4			
<p>3. Темы 9; 10;11; 12. Лабораторные работы 10 и 11</p>							4	
<p><b>4. РАЗДЕЛ 4. КАЛОРИМЕТРИЯ</b></p>								

1. Тема 13. Теплоемкость - Теплоемкость. Определение теплоемкости. Температурная зависимость теплоемкости. Значение теплоемкости в науке и промышленности. Тема 14. Адиабатическая калориметрия - Адиабатическая калориметрия. Реализация метода на примере установки АК НИИФТРИ. Изотермическая калориметрия. Тема 15. Сканирующая калориметрия -Сканирующая калориметрия. Калориметрия переменного теплового потока. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Дифференциальный термический анализ. Основные типы промышленно выпускаемых калориметров.	6							
2. Лабораторная работа №12. Измерение теплоемкости и тепловых эффектов фазовых переходов методом сканирующей калориметрии. Лабораторная работа №13. Исследование температурного гистерезиса при структурных фазовых переходах методом дифференциального сканирующего калориметра. Лабораторная работа №14. Измерение теплоемкости методом адиабатической калориметрии.					6			
3. Лабораторные работы №12-№14							8	
<b>5. РАЗДЕЛ 5. ДИЛАТОМЕТРИЯ</b>								
1. Тема 16. Расширение твердых тел - Тепловое расширение твердых тел. Электрострикция. Магнетострикция.	4							
2. Лабораторная работа №15. Исследование теплового расширения твердых тел на установке NETZSCH DIL-402.					10			

3. Темы 16-18. Лабораторная работа №15.							2	
<b>6. РАЗДЕЛ 6. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ</b>								
1. Тема 19. Теплопроводность – Методы измерения теплопроводности твердых тел.	4							
2. Лабораторная работа №16. Измерение теплопроводности твердых тел.					4			
3. Тема 19. Лабораторная работа №16.							6	
4. Разделы 3-6.							2	
Всего	36				36		36	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Никольский А. Б., Баличева Т. Г., Безрукова Л. П., Зинчук Р. А. Физические методы исследования неорганических веществ: учебное пособие по специальности 020101 "Химия" направления подготовки 020100 "Химия"(Москва).
2. Флеров И. Н. Методы исследования теплофизических свойств веществ: методические указания по лабораторным работам №1-6 для студентов спец. 070700 "Теплофизика"(Красноярск).
3. Лямкин А. И., Михлин Ю. Л., Горев М. В., Флеров И. Н., Фокина В. Д. Экспериментальные методы исследований: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
4. Флеров И. Н., Горев М. В., Фокина В. Д., Погорельцев Е. И. Теория теплофизических свойств веществ: учебно-методическое пособие для лабораторных и самостоятельных работ [для студентов профиля подготовки 140700.62.02 «Теплофизика»](Красноярск: СФУ).
5. Флеров И. Н., Горев М. В., Фокина В. Д., Погорельцев Е. И. Спецпрактикум по теплофизическим свойствам веществ: учебно-методическое пособие для лабораторных и самостоятельных работ [для студентов программы подготовки 140700.68.01 «Теплофизика и молекулярная физика»](Красноярск: СФУ).
6. Горев М. В., Погорельцев Е. И. Специальные главы теории теплофизических свойств веществ: учебно-методическое пособие [для студентов программы подг. 140700.68.01 "Теплофизика и молекулярная физика"] (Красноярск: СФУ).
7. Сквайрс Д. Л., Лейкин Е. М. Практическая физика: перевод с английского(Москва: Мир).
8. Улыбин С. А. Низкотемпературная калориметрия: перевод с английского (Москва: Мир).
9. Бабкин В. Г., Абкарян А. К. Методы исследования, контроля и испытания материалов: учеб. пособие для вузов(Красноярск: СФУ).
10. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: учеб. пособие для вузов(Москва: Логос).
11. Новикова С. И. Тепловое расширение твердых тел: монография (Москва).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Офисный пакет (MS Office, Libre Office, Open Office).
2. Программное обеспечение для выполнения математических расчетов – MatLab, MathCad.

#### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. 1.Электронный каталог [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека, предоставляющая доступ к аннотациям научных журналов списков Web of Science, РИНЦ – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
2. 2.Электронный каталог [Электронный ресурс]: Федеральный портал «Российское образование» – Режим доступа: <http://www.edu.ru>
3. 3.Электронный каталог [Электронный ресурс]: «Образование в Рунете» – Режим доступа: <http://ict.edu.ru/konkurs>

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Методика проведения лекционных занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторские занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

Лекционные аудитории должны быть оборудованы современным видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и иметь выход в Интернет, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами.

Библиотека должна иметь рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных, локальную сеть университета и Интернет.

Лабораторные работы выполняются в компьютерном классе оснащенном компьютерами с установленным программным обеспечением для выполнения математических расчетов – MatLab, MathCad,

Экспериментальные лабораторные работы выполняются в Лаборатории Кристаллофизики Института Физики СО РАН, оснащенной необходимым лабораторным оборудованием, приборами и экспериментальными установками – Адиабатическим калориметром, дифференциальным сканирующим калориметром ДСМ-2М и ДСМ-10М, индукционным дилатометром NETZSCH DIL-402С, оптико-механическим дилатометром, установкой для измерения теплопроводности и другими.

Наглядные пособия:

- а) демонстрационные пособия (таблицы, схемы, графики, диаграммы, видеофрагменты);
- б) пособия на основе раздаточного материала (карточки с заданиями и задачами, ксерокопии фрагментов первоисточников);
- в) электронные презентации.