

ТЕХНИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАБОТА С ГАЗАМ

Лабораторный практикум



№ 3513 МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

ИНСТИТУТ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра функциональных наносистем
и высокотемпературных материалов

ТЕХНИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАБОТА С ГАЗАМИ

Лабораторный практикум

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2020

УДК 620.183

Т38

Рецензент

канд. техн. наук, доц. *И.В. Смарыгина*

Авторы:

Е.Н. Сидорова, И.В. Блинков, Ю.В. Конюхов, В.М. Нгуен, А.О. Волхонский

Т38 Техника физико-химического эксперимента : измерение температуры, работа с га-зами : лаб. практикум / Е.Н. Сидорова [и др.]. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2020. – 96 с.

Лабораторный практикум по курсу «Техника физико-химического эксперимента», раздел «Измерение температуры, работа с газами» включает описания и методические рекомендации по выполнению четырех лабораторных работ, посвященных изучению методов измерения температуры термомпарами, термометрами сопротивления и пирометрами, а также методов регулирования и контроля расхода малых потоков газа.

Предназначен для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 28.03.03 «Наноматериалы», 03.03.02 «Физика».

УДК 620.183

© Е.Н. Сидорова, И.В. Блинков,
Ю.В. Конюхов, В.М. Нгуен,
А.О. Волхонский, 2020
© НИТУ «МИСиС», 2020

Содержание

Введение.....	5
Лабораторная работа 1. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОМЕТРАМИ И УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ПЕЧИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ	6
1.1. Цели работы.....	6
1.2. Теоретическое введение	6
1.2.1. Измерение температуры термодарами.....	8
1.2.2. Измерение температуры термисторами, термометрами сопротивления.....	18
1.3. Экспериментальная часть	21
1.3.1. Описание лабораторной установки и экспериментальных схем измерения.....	21
1.3.2. Техника безопасности при выполнении работы	24
1.3.3. Порядок выполнения	24
1.3.4. Обработка результатов эксперимента	37
1.4. Требования к отчету о работе	38
1.6. Библиографический список.....	40
Лабораторная работа 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА ИНФРАКРАСНЫМИ ТЕРМОМЕТРАМИ	41
2.1. Цели работы.....	41
2.2. Теоретическое введение	41
2.2.1. Характеристики теплового излучения	41
2.2.2. Абсолютно черное тело и законы излучения.....	44
2.2.3. Оптическая пирометрия.....	49
2.3. Экспериментальная часть	51
2.3.1. Описание лабораторной установки	51
2.3.2. Техника безопасности при выполнении работы	56
2.3.3. Порядок выполнения.....	56
2.3.4. Обработка результатов эксперимента	59
2.4. Требования к отчету о работе	60
2.5. Контрольные вопросы	60
2.6. Библиографический список.....	61
Лабораторная работа 3. ПОВЕРКА ПИРОМЕТРА ПО ОБРАЗЦОВОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЛАМПЕ НАКАЛИВАНИЯ	63

3.1. Цели работы.....	63
3.2. Теоретическое введение	63
3.2.1. Измерительные приборы и их поверка	63
3.2.2. Поверка ИК-термометра с помощью образцовой лампы накаливания.....	66
3.3. Экспериментальная часть	69
3.3.1. Описание лабораторной установки	69
3.3.2. Техника безопасности при выполнении работы	71
3.3.3. Порядок выполнения	72
3.3.4. Обработка результатов эксперимента	73
3.4. Требования к отчету о работе	73
3.5. Контрольные вопросы	73
3.6. Библиографический список.....	74
Лабораторная работа 4. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА	77
4.1. Цель работы.....	77
4.2. Теоретическое введение	77
4.3. Экспериментальная часть	85
4.3.1. Описание лабораторной установки	85
4.3.2. Требования безопасности при выполнении работы.....	87
4.3.3. Порядок выполнения лабораторной работы	87
4.3.4. Обработка результатов эксперимента	93
3.4. Требования к отчету о работе	94
3.5. Контрольные вопросы	94
3.6. Библиографический список.....	95

Лабораторная работа 1

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОМЕТРАМИ И УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ПЕЧИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ

1.1. Цели работы

1. Изучить устройство и принцип работы термопар и термометров сопротивлений.
2. Определить характеристики термопар и термометров сопротивлений.
3. Получить практические навыки измерения температуры термометрами и управления работой печи электросопротивления.

1.2. Теоретическое введение

Температура – физическая величина, характеризующая термодинамическую систему в состоянии равновесия и количественно выражающая интуитивное понятие о различной степени нагретости тел. Численно она пропорциональна средней кинетической энергии молекул в веществе, приходящейся на одну степень свободы. Понятие температуры применимо только к макроскопическим телам и не имеет смысла для систем, состоящих из нескольких молекул.

Каждому равновесному состоянию тела можно поставить в соответствие некоторый параметр, характеризующий температуру этого тела, причем, чем выше температура, тем больше значение этого параметра. Величина указанного параметра называется *значением температуры*.

Однако непосредственно измерить температуру нельзя. Ее значение определяют по каким-либо другим физическим параметрам тела, которые однозначно изменяются в зависимости от нее. Причем измеряемые параметры должны быть просты и легко воспроизводимы, например, объем, длина, электрическое сопротивление, термоэлектродвижущая сила, энергетическая яркость излучения и др.

Для определения значения температуры какого-либо тела необходимо выбрать ее *этalon*, т.е. найти такое тело, кото-

рое при заданных условиях, равновесных и достаточно легко воспроизводимых, имело бы определенное значение температуры. Это значение является *реперной точкой* соответствующей *шкалы температур*. Последняя представляет собой последовательность значений температуры. В настоящее время существуют несколько температурных шкал, в частности, Кельвина, Цельсия, Фаренгейта и Реомюра. Все они построены на измерении какого-либо термодинамического свойства вещества между двумя выбранными реперными точками. Как правило, это точки фазового равновесия чистых веществ. Изменение термометрического свойства в этом интервале аппроксимируется линейной зависимостью от температуры. В России допускается применение двух температурных шкал: абсолютной термодинамической в кельвинах (К) и международной практической в градусах Цельсия (°С). Абсолютную температуру обозначают буквой T , а температуру по шкале Цельсия – t :

$$T = t + T_0; t = T - T_0, \text{ где } T_0 = 273,15 \text{ К.} \quad (1.1)$$

В Англии, США, а также в некоторых других европейских странах до сих пор употребляется шкала Фаренгейта и используются термометры на ее основе. Реперными точками для такой шкалы служат равновесия в смесях некоторых солей – NaCl, NH₄Cl, льда и точка кипения воды. Нормальная температура человеческого тела по Фаренгейту считается равной 98,5 °F (примерно 37 °С).

Связь между температурами, выраженными в градусах Цельсия и Фаренгейта, имеет вид

$$\frac{t^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{t^{\circ}\text{F} - 32}{180}. \quad (1.2)$$

Диапазон температур можно разделить на ряд характерных поддиапазонов (в кельвинах):

- 1) сверхнизкие температуры – 0...4,2 К;
- 2) низкие – 4,2...273 К;
- 3) средние – 273...1300 К;
- 4) высокие – 1300...5000 К;
- 5) сверхвысокие – от 5000 К и выше.