

Государственное высшее учебное заведение  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ  
по лабораторной работе №104

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОПАРЫ

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_  
Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа №104

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОПАРЫ

Цель работы – произвести градуировку термопары и определить температуру плавления парафина.

Приборы и принадлежности: термопара, гальванометр, миллиамперметр, магазин сопротивлений, реостат, источник напряжения; два сосуда с водой и крышки с отверстиями; пробирка с парафином, термометр, электроплитка, штатив.

## Описание экспериментальной установки

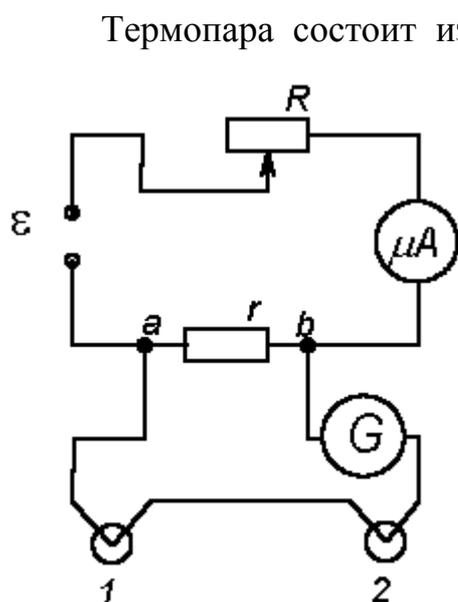


Рисунок 1

Термопара состоит из двух разнородных проволок диаметром 1–2 мм, концы которых спаяны. Термопара укреплена на держателе. Один спай опускается в сосуд с водой комнатной температуры; другой – в сосуд с водой, находящийся на нагревателе. Электрическая цепь собрана в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1. Она состоит из контура внешней цепи и контура термопары. Контур внешней цепи включает в себя источник  $\varepsilon$ , реостат  $R$  и миллиамперметр. Контур термопары включает в себя магазин сопротивлений  $r$ , гальванометр и термопару 1, 2.

## Общие положения

Если спаи двух разнородных металлов, образующих замкнутую цепь, имеют разные температуры, то в такой цепи возникает электрический ток. Это явление было открыто в 1821 г. Зеебеком. Возникшая электродвижущая сила называется термоэлектродвижущей силой (термо-эдс). Содержащая два спая цепь называется термопарой.

Для некоторых пар материалов величина термо-эдс пропорциональна разности температур между горячим и холодным спаями:

$$\varepsilon_{\text{термо}} = \alpha(T_1 - T_2), \quad (1)$$

где  $T_1$  – температура горячего спая;  $T_2$  – температура холодного спая;  
 $\alpha$  – удельная термо-эдс.

Удельная термо-эдс – это термо-эдс, возникающая между спаями при разности температур 1 К. Она зависит от материала спаев и температуры. Для большинства пар металлов удельная термо-эдс имеет значения ( $10^{-5} \div 10^{-4}$ ) В/К, для полупроводниковых материалов до  $10^{-3}$  В/К.

Термопары используют для измерения температур. Один спай термопары поддерживают при постоянной температуре (например, комнатной, или при  $0^\circ\text{C}$ ), другой помещают в среду, температуру которой хотят измерить. При использовании термопар для точных измерений температуры лучше измерять

возникающую в цепи электродвижущую силу, а не текущий в ней ток. Это связано с тем, что электродвижущая сила зависит только от рода образующих термопару металлов и температуры спаев. А сила текущего в цепи тока определяется, кроме того, сопротивлением измерительного прибора, соединительных проводов и внутренним сопротивлением спаев. Внутреннее сопротивление спаев сильно зависит от состояния спая и поэтому меняется со временем.

Для получения правильных результатов измерений, термопару необходимо предварительно градуировать или использовать стандартные пары с табулированными значениями термо-эдс. Градуировка термопары заключается в установлении зависимости величины термо-эдс от разности температур спаев.

В данной работе термо-эдс измеряется компенсационным методом, основанном на правилах Кирхгофа.

*Первое правило:* алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю. Для узла  $b$  (см. рис. 1) это запишется следующим образом:

$$I_1 + I_2 = I, \quad (2)$$

где  $I_1$  – ток, текущий через гальванометр;  $I_2$  – ток, текущий через сопротивление  $r$ ;  $I$  – ток, текущий через миллиамперметр.

*Второе правило:* в замкнутом контуре алгебраическая сумма напряжений на всех участках контура равна алгебраической сумме электродвижущих сил. Для контура термопары это правило запишется следующим образом:

$$\varepsilon_{\text{термо}} = I_1 R_1 + I_2 r, \quad (3)$$

где  $r$  – сопротивление участка  $ab$  (на магазине сопротивлений);

$R_1$  – сопротивление остальной части контура (без участка  $ab$ ).

Если в контуре внешней цепи эдс источника  $\varepsilon$  включить навстречу термо-эдс  $\varepsilon_{\text{термо}}$ , то, изменяя сопротивление  $R$ , можно добиться исчезновения тока через гальванометр, т.е.  $I_1=0$ . Из уравнений (2) и (3) получим:

$$\varepsilon_{\text{термо}} = I r. \quad (4)$$

Удельная термо-эдс выражается из формулы (1)

$$\alpha = \frac{\varepsilon_{\text{термо}}}{T_1 - T_2}. \quad (5)$$

### Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. В чём заключается градуировка термопары?
3. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
4. Запишите формулы, по которым рассчитываются термо-эдс и удельная термо-эдс. Поясните смысл обозначений.

### Выполнение работы

#### Задание 1. Градуировка термопары

1. Определить цену деления миллиамперметра.
2. На магазине сопротивлений установить  $r = 0,2$  Ом.

3. Налить воду в сосуды. Опустить спаи термопары в воду.
4. Измерить термометром температуру  $t_2$  воды в сосуде, который не будет нагреваться. Она равна температуре холодного спая.
5. Поместить термометр в отверстие крышки сосуда, стоящего на нагревателе. Концы спая и термометра должны быть в воде на одном уровне и не должны касаться дна сосуда.
6. Включить в сеть компенсационную схему и гальванометр. Установить зайчик гальванометра на нуль.
7. Включить в сеть нагреватель.
8. С увеличением температуры  $t_1$  воды (горячего спая) зайчик гальванометра будет отклоняться от нуля. Через каждые  $5 - 6$  °С регулятором  $R$  реостата, возвращать зайчик на нуль шкалы и записывать значения  $t_1$  и тока  $I$ , текущего через миллиамперметр. Нагрев произвести до  $70$ °С.
9. Нагреватель выключить и вынуть термометр из крышки сосуда. Перейти к выполнению упражнения 2.

### Задание 2. Определение температуры плавления парафина

1. Поднять спаи термопар из воды. Вылить горячую воду и налить в этот сосуд воду комнатной температуры.
2. Установить пробирку с парафином в сосуд, стоящий на нагревателе. Опустить спаи термопар в сосуды с водой.
3. Включить нагреватель. В момент начала плавления парафина измерить миллиамперметром компенсационный ток, вернув зайчик гальванометра на нуль.

## Оформление отчёта

### 1. Расчёты

1. Рассчитать разность температур спаев для каждого опыта:
$$T_1 - T_2 = t_1 - t_2 = \Delta t.$$
2. Рассчитать термо-эдс по формуле (4) для каждого опыта.
3. Построить градуировочный график термопары  $\varepsilon_{\text{термо}} = f(\Delta t)$ . Рассчитать среднее значение удельной термо-эдс для исследуемого интервала температур как тангенс угла наклона прямой.
4. Рассчитать значение термо-эдс по формуле (4).
5. По градуировочному графику найти разность температур  $\Delta t$ , соответствующую этой термо-эдс.
6. Определить температуру плавления парафина  $t_{\text{плав}} = t_2 + \Delta t$

### 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. Какое явление лежит в основе работы термопары? В чём оно заключается?
2. От чего зависит величина термо-эдс? Запишите соответствующую формулу.
3. Какие правила лежат в основе компенсационного метода определения эдс? Сформулируйте их.
4. Сравните полученное значение температуры плавления с табличными данными. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ  
измерений к лабораторной работе №104

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Миллиамперметр			

Сопротивление, выставленное на магазине сопротивлений  $r =$  \_\_\_\_\_Температура холодного спая  $t_2 =$  \_\_\_\_\_

Упражнение 1

№ п/п	$t$ , °C	$I$ , мА	$\Delta t$ , °C	$\varepsilon$ , мВ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Упражнение 2

Компенсационный ток  $I =$  \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_