

2 Изучение термопары. Приборы и материалы

Условие

Задача 9.2 Изучение термопары.

Приборы и материалы: мультиметр с термопарой, переменный резистор сопротивлением 100 Ом, соединительные провода, алюминиевый стакан, спиртовка, вода, лед.

Для измерения температуры в современных мультиметрах используется термопара. Термопара устроена очень просто: последовательно спаяны три куска проволоки, причем крайние проволоки изготовлены из одного материала, центральная из другого. Если места спаев поддерживать при разных температурах, то на концах термопары возникает постоянное напряжение¹, пропорциональное разности температур спаев. В предоставленном оборудовании один из спаев находится внутри прибора.

Вам предстоит с помощью мультиметра измерять температуру, напряжение и электрическое сопротивление – внимательно ознакомьтесь с инструкцией по пользованию мультиметра.

Часть 1. Ознакомление с работой мультиметра.

Измерьте с помощью мультиметра: температуру, электрическое сопротивление термопары, напряжение на концах термопары при температуре тающего льда, комнатной температуре и температуре кипящей воды.

Результаты измерений занесите в таблицу. Не забудьте указать единицы измерения.

Условия	Истинная температура	Температура (измеренная)	Сопротивление	Напряжение
Тающий лед				
Комнатная температура				
Кипящая вода				

Часть 2. Термопара, как источник электроэнергии.

Соедините последовательно термопару, переменный резистор и выключатель. Термопару поместите в сосуд с кипящей водой. Мультиметр подключите к цепи, таким образом, чтобы можно было измерять сопротивление переменного резистора и напряжение на нем.

С выводами переменного резистора разберитесь самостоятельно: из трех клемм вам необходимо выбрать две, таким образом, чтобы сопротивление между ними изменялось при повороте ручки резистора.

2.1 На рисунке укажите к каким клеммам вы подключали переменный резистор.

2.2 Приведите электрическую схему, использованную вами для измерений сопротивления и напряжения. Кратко опишите, как вы проводили измерения.

Опустите термопару в кипящую воду. Спиртовку поджигайте только во время проведения измерений. Все измерения проводите при кипящей воде.

2.3 Проведите измерения зависимости напряжения на резисторе от его сопротивления.

— ¹ Точнее ЭДС.

2.4 Для каждого значения сопротивления резистора рассчитайте значения силы тока и мощности, выделяющейся на резисторе.

Не забудьте привести формулы, по которым вы проводили расчеты.

2.5 Постройте график зависимости напряжения на резисторе от силы тока через него.

Качественно объясните полученную зависимость. Выделите диапазон, в котором данная зависимость может быть приближена линейной зависимостью. Используя этот участок, определите сопротивление термопары.

2.6 Постройте график зависимости мощности, выделяющейся на резисторе от его сопротивления. Качественно объясните полученную зависимость.

Укажите, при каком сопротивлении резистора, эта мощность максимальна. Чему равна эта мощность? Чему равна стоимость электроэнергии (в белорусских рублях), полученной с помощью такого прибора в течение года?

Считайте, что 1 киловатт-час стоит 200 рублей.

Решение

Задача 9.2 Изучение термопары.

Часть 1. Ознакомление с работой мультиметра.

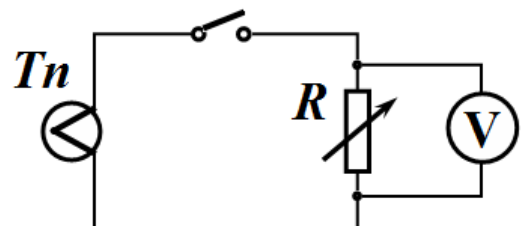
Результаты измерений приведены в таблице 1.

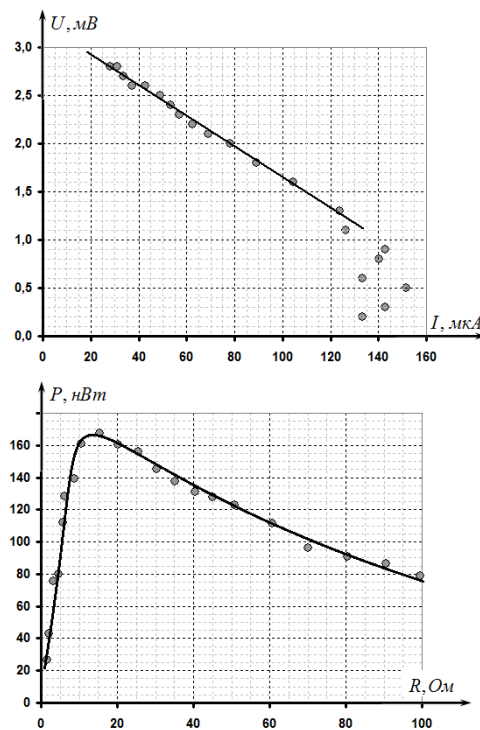
Таблица 1. Результаты измерений.

Условия	Истинная температура	Температура (измеренная)	Сопротивление	Напряжение
Тающий лед	$0^{\circ}C$	-3°	12,1 Ом	–60 мВ
Комнатная температура	$15^{\circ}C$	$11^{\circ}C$	14,1 Ом	0,0
Кипящая вода	$100^{\circ}C$	$97^{\circ}C$	25,3 Ом	3,3 мВ

Часть 2. Термопара, как источник электроэнергии.

2.1 Подключать резистор следует к центральной и одной из крайних клемм. 2.2 Электрическая схема для проведения измерений показана на рисунке (здесь обозначено Tn – термопара). При измерении сопротивления ключ следует отключить.





2.3 Результаты измерений зависимости напряжения на резисторе U от его сопротивления R приведены в Таблице 2. Также представлены результаты расчетов силы тока (по формуле $I = \frac{U}{R}$) и мощности (по формуле $P = IU$) **Таблица 2.**

R , Ом	U , мВ	I , мкА	P , нВт
99,6	2,8	28,1	78,7
90,6	2,8	30,9	86,5
80,4	2,7	33,6	90,7
70,1	2,6	37,1	96,4
60,6	2,6	42,9	111,6
50,9	2,5	49,1	122,8
45,0	2,4	53,3	128,0
40,4	2,3	56,9	130,9
35,2	2,2	62,5	137,5
30,4	2,1	69,1	145,1
25,6	2,0	78,1	156,3
20,2	1,8	89,1	160,4
15,3	1,6	104,6	167,3
10,5	1,3	123,8	161,0
8,7	1,1	126,4	139,1
6,3	0,9	142,9	128,6
5,7	0,8	140,4	112,3
4,5	0,6	133,3	80,0
3,3	0,5	151,5	75,8
2,1	0,3	142,9	42,9
1,5	0,2	133,3	26,7

Рядом с таблицей показаны графики зависимости напряжения на резисторе от силы тока и зависимости мощности на резисторе от его сопротивления.

Зависимость $U(I)$ линейна. При малых напряжениях полученный разброс объясняется малой точностью измерений. Эта зависимость может быть объяснена следующим образом. Пусть термопара создает напряжение U_0 , которое сумме напряжений на резисторе U и напряжения на термопаре (из-за ее сопротивления r) Ir . Следовательно, напряжение на резисторе

$$U = U_0 - Ir. \quad (1)$$

Таким образом, коэффициент наклона графика $U(I)$, взятый с противоположным знаком, равен сопротивлению термопары. По графику можно найти это значение

$$r \approx 16 \text{ Ом}. \quad (2)$$

График зависимости мощности от сопротивления $P(R)$ имеет четко выраженный максимум. Он объясняется следующим образом: ростом сопротивления спадает сила тока в цепи, но возрастает доля напряжения на резисторе. По графику можно определить, что максимальная мощность выделяется при сопротивлении резистора примерно равном $R \approx 15 \text{ Ом}$, что примерно совпадает с сопротивлением термопары. Эта максимальная мощность примерно равна $P_{\max} \approx 170 \text{ нВт} = 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$

Для расчета стоимости электроэнергии следует перевести эту энергию в киловатт-часы и умножить на стоимость одного киловатт-часа:

$$C = cPt = 200 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{час}} \cdot 0,17 \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \cdot 365 \cdot 24 \text{ час} \approx 300 \text{ руб.}$$

², , .1.2 1.3 Если вы сильно испугались этой задачи и выстрашно боитесь экспоненциальной функции то лучше пропустите, приступайте к выполнению Части 2. Результаты то п.1.2 и 1.3 в ней не используются.