



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № ____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____

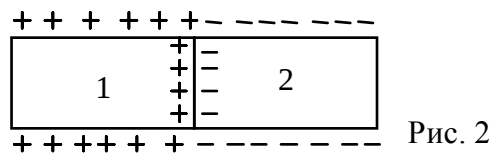
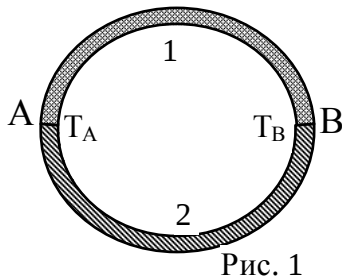
Лабораторная работа №23

Градуировка термопары

Цель работы: изучение зависимости электродвижущей силы термопары от разности температур между спаями термопары

Теоретическое введение.

Простейшая термопара представляет собой замкнутую цепь, состоящую из двух разнородных металлов, спай которых находится при разных температурах (см. рис.1). Чтобы разобраться в принципе работы этой термопары, рассмотрим, что происходит непосредственно в зоне контакта двух разнородных металлов с точки зрения зонной теории.



В общем случае два различных металла имеют различные значения работы выхода и уровня Ферми. Для определенности будем считать, что $E_{F1} > E_{F2}$ и $A_{\text{вых}1} < A_{\text{вых}2}$. Тогда между двумя металлами возникает разность потенциалов, условно имеющая две основные составляющие:

1) *Внутренняя контактная разность потенциалов*

Из-за разностей уровней Ферми происходит переход электронов из металла, где уровень Ферми выше, на более низкие энергетические уровни другого металла. Соответственно, в области контакта металл 1 будет заряжаться положительно, а металл 2 – отрицательно. На энергетической диаграмме (рис. 3) показано выравнивание уровней Ферми, что приводит к возникновению разности потенциальных энергий электронов внутри металлов $e\Delta\varphi_{\text{внутр}}$. Разность потенциалов, возникающая между внутренними точками металлов, называется *внутренней контактной разностью потенциалов* и равна

$$\Delta\varphi_{\text{внутр}} = \frac{E_{F1} - E_{F2}}{e}. \quad (1)$$

С точки зрения классической теории, внутренняя контактная разность потенциалов является следствием разности концентраций свободных электронов: возникает диффузионный поток электронов в область с меньшей концентрацией (в нашем случае в металл 2). Она равна:

$$\Delta\varphi_{\text{внутр}} = kT \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (2),$$

где n_1 и n_2 – концентрации свободных электронов в металлах, T – абсолютная температура данного контакта, k – постоянная Больцмана.

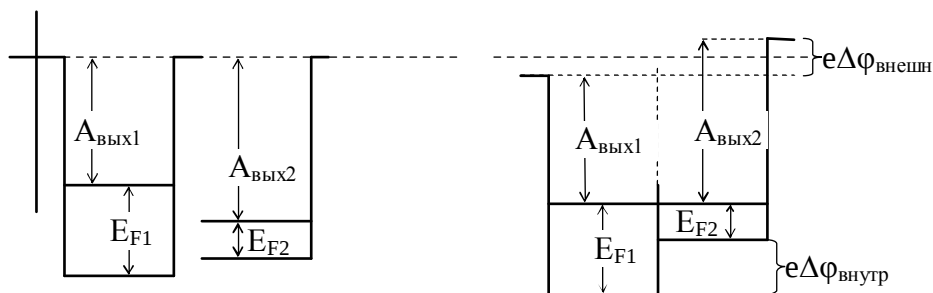


Рис. 3а. Энергии электронов в металлах до контакта

Рис. 3б. Энергии электронов в металлах после контакта

2) Внешняя контактная разность потенциалов

Вследствие разности работ выхода электронам во втором металле (там, где больше работа выхода) оказывается энергетически более затруднительно выходить на поверхность. Поэтому поверхность металла 2 будет заряжена положительно относительно поверхности металла 1 (рис. 2).

На энергетической диаграмме (рис. 3) наблюдается относительное смещение краев потенциальных ям для электронов в металлах, то есть у электронов на поверхностях теперь отличные друг от друга потенциальные энергии..

Разность потенциалов, возникающая на поверхности металлов, называется *внешней контактной разностью потенциалов* и может быть выражена

$$\Delta\varphi_{\text{внешн}} = (A_{\text{вых2}} - A_{\text{вых1}}) / e. \quad (3)$$

Так как уровень Ферми зависит от температуры, то внутренняя контактная разность потенциалов также зависит от температуры. В простейшей термопаре имеется два контакта при разных температурах, и в них сумма внутренних скачков потенциала оказывается отличной от нуля.

Внешняя контактная разность потенциалов практически не зависит от температуры, поэтому сумма внешних скачков потенциала для двух спаев термопары оказывается равной нулю.

Соответственно, ЭДС в замкнутой цепи из двух разнородных металлов обусловлена внутренними скачками потенциала в каждом из контактов. Чем больше температура контакта, тем больше разность уровней Ферми в металлах и больше внутренняя разность потенциалов в этом контакте.

Кроме контактных скачков потенциала, возникновение ЭДС в термопаре обусловлено также диффузией электронов от горячего конца одного металла к холодному концу того же металла. Это происходит вследствие отличия средней кинетической энергии электронов, которая больше на нагретом конце, в результате чего быстрые электроны диффундируют к холодному концу.

Рассмотрим вышеперечисленные составляющие термоЭДС на графиках распределения потенциала вдоль термопары.

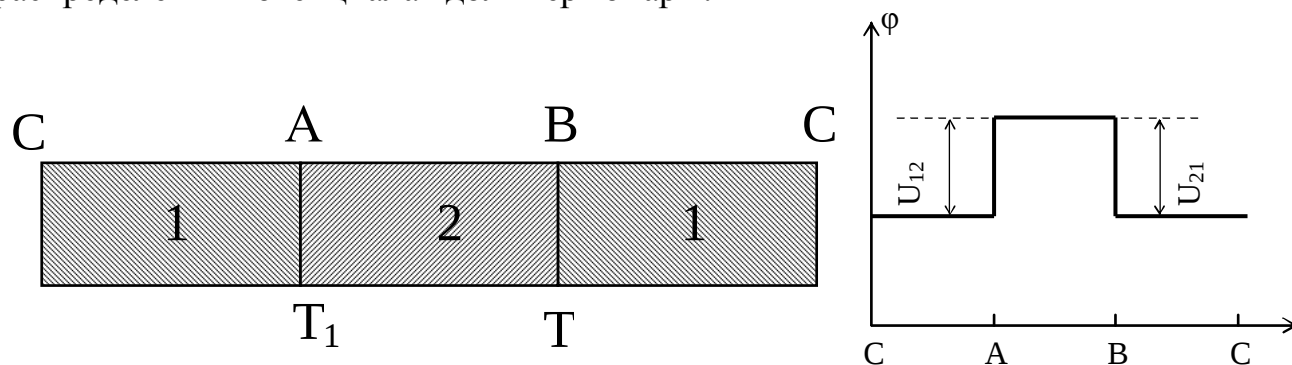


Рис 4. а) Термоэлектрическая цепь ($T_1 > T$),

б) Распределение потенциала в цепи при одинаковых температурах

Результирующая термоЭДС термопары будет приблизительно определяться выражением:

$$U = k \ln \frac{n_1}{n_2} (T_1 - T) = c (T_1 - T) \quad (4).$$

Коэффициент пропорциональности в этом выражении равен:

$$c = d\varepsilon/dT \quad (5)$$

Эта величина называется **дифференциальной термоЭДС** данного вещества и в случае линейной зависимости ЭДС от температуры она является постоянной величиной для данной пары металлов (называется **постоянной термопары**) и имеет простой физический смысл: постоянная термопары численно равна термоЭДС, возникающей в данной термопаре при разности температур контактов в 1К и для любого участка характеристики может быть найдена по формуле:

$$c = \Delta\varepsilon/\Delta T \quad (6)$$

Преимуществами термопары перед термометрами являются ее более высокая точность, больший диапазон измеряемых температур, возможность удаленного измерения, меньшая инерционность.

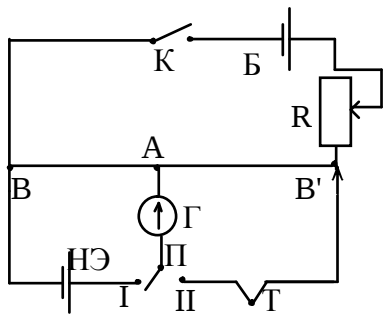
При использовании на практике чаще применяется цепь не из двух, а большего количества контактов между металлами, что обеспечивает большие значения термоЭДС и, следовательно, большую точность измерений.

Приборы и принадлежности.

Потенциометр постоянного тока Р37-1, гальванометр, батарея, две различных термопары, два термометра, две колбы с водой, электроплитка, штатив-держатель для термопар и термометров.

Компенсационный метод

ЭДС термопары измеряется при помощи потенциометра, работающего по методу компенсации. Принципиальная схема потенциометра дана на рис.5. В схеме П-переключатель, позволяющий включить в цепь нормальный элемент



или термопару или выключить потенциометр; Г - гальванометр, Б - батарея постоянного тока, НЭ - нормальный элемент, Т - термопара.

Поставим рукоятку переключателя в положение I и ключ К замкнем. Так будет включен в цепь нормальный элемент и подан ток от источника тока

Рис. 5 Б. Подберем такое сопротивление реостата R, при котором отсутствует ток через гальванометр.

В этом случае, пользуясь вторым правилом Кирхгофа для замкнутого контура

AB-НЭ-I-П-Г-А, можно записать:

$$E_N = I \cdot R_{AB}, \quad (7)$$

где I – ток в цепи AB-К-Б-R-В'-А, R_{AB} – сопротивление участка AB, E_N – ЭДС нормального элемента.

Затем включаем в цепь термопару, поставив переключатель "П" в положение 2, и подбираем такое положение подвижного контакта (точка В' на схеме), при котором ток через гальванометр станет нулевым. Тогда для замкнутого участка АВ'-Т- I-П-Г-А имеем:

$$E_T = I \cdot R_{AB'}, \quad (8)$$

где $R_{AB'}$ – сопротивление участка АВ', ток I – прежний.

Из уравнений (7) и (8) получим

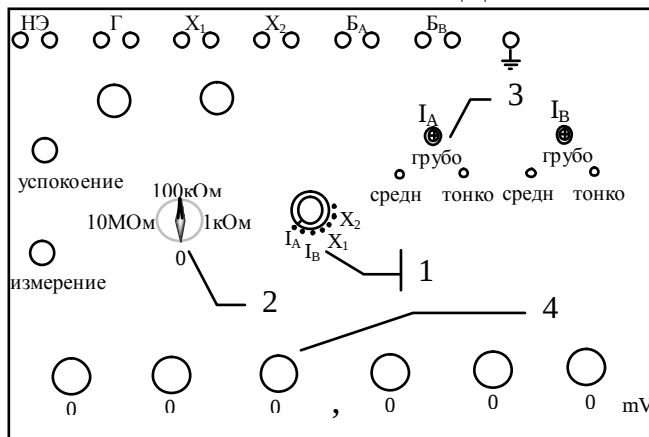
$$E_T = E_N \frac{R_{AB'}}{R_{AB}} \quad (9)$$

Величины E_N и R_{AB} за время измерений не меняется. Поэтому по величине сопротивления $R_{AB'}$ можно судить об ЭДС термопары.

Порядок выполнения работы:

1. Убедиться в том, что обе термопары, батарея, гальванометр, нормальный элемент подключены к потенциометру, а в подогреваемом сосуде находится вода комнатной температуры.
 2. Записать комнатную температуру.
 3. Подать питание от источника. Для этого нажать белую кнопку на щите и поставить переключатель «В» на столе в положение «включено».
 4. Подготовить к работе потенциометр:
 - Переключатель «1» поставить в положение «I_A».
 - Переключатель «2» поставить в положение «100кОм» и убедиться, что при нажатой кнопке «измерение» стрелка гальванометра остается на нуле; в противном случае произвести регулировку винтами «3».
 - Проверить также наличие положения «ноль» на гальванометре при положениях «1к Ом » и «0 » переключателя «2».
- Перевести переключатель «1» в положение «I_B» и также проверить наличие нуля на гальванометре при трех положениях переключателя «2».

Измерить ЭДС первой термопары при комнатной температуре: переключатель «1» поставить в положение « X_1 » и при нажатой кнопке «измерение» подобрать такие положения рукояток «4», при которых на гальванометре будет ноль. Записать значение ЭДС в милливольтках.



5. Аналогичным образом измерить ЭДС второй термопары, переведя переключатель «1» в положение « X_2 ».
6. Включить электроплитку.
7. Через каждые десять градусов повторять измерение ЭДС обеих термопар, не забывая менять положение переключателя «1», вплоть до кипения воды.
8. По окончании работы: выключить электроплитку, поставить переключатель «В» в положение «выключено», снять напряжение со щита нажатием красной кнопки.
9. Построить графики зависимости ЭДС от температуры для обеих термопар в одной системе координат, не забывая сглаживать экспериментальные кривые.
10. Для обеих термопар рассчитать значение постоянной «С» по формуле (6).

Контрольные вопросы:

1. Устройство простейшей термопары со схематическим изображением
2. Дать определение работы выхода электрона из металла
3. Назначение термопары
4. Природа возникновения контактной и диффузионной разности потенциалов
5. Пояснить возникновение контактной разности потенциалов на энергетических диаграммах
6. Пояснить сущность компенсационного метода

Литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т3 – М.:Наука, 1987, § 62-63
2. Калашников С.Г. Электричество. – М.:Наука, 1985, § 198-199
3. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.:Высш.шк., 1998, § 246-247