

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(Технический университет)

Кафедра общей физики

Дудникова Т.А., Осташев В.Б.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НИТИ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Методические указания
к лабораторной работе

Санкт-Петербург

2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Определение сопротивления нити лампы накаливания при комнатной температуре при помощи мостика Уитстона	5
2. Определение сопротивления накаливаемой нити лампы при помощи вольтметра.....	8
3. Контрольные вопросы (вопросы для самопроверки).....	9
Литература	10

Введение

Сопротивление любого проводника зависит от внешних условий и в первую очередь от температуры. У металлов оно возрастает при нагревании, у электролитов и полупроводников – уменьшается. Уменьшение сопротивления с ростом температуры у полупроводников объясняется, в первую очередь, увеличением количества носителей зарядов (количество дырок в полупроводнике и ионов в растворе электролита растёт с ростом температуры, а общее их количество, всё же, мало по сравнению с количеством электронов в металле). В электролите, также, увеличивается подвижность ионов, что весьма важно для увеличения проводимости.

Что касается металлов, то с ростом температуры увеличивается скорость хаотического движения электронов, как электронного газа. При этом скорость их упорядоченного движения остаётся постоянной (*средняя скорость хаотического движения электронов при 300 К составляет приблизительно 10^5 м/с, а средняя скорость их упорядоченного движения 10^3 м/с – 8 порядков разницы!!!*). Как следствие, уменьшаются длина и время свободного пробега электрона. Частица не успевает разогнаться под действием электрического поля. Причём, здесь надо учесть, что, поскольку направление движения электрона после соударения произвольно, можно считать, что при этом он теряет всю свою скорость упорядоченного движения, как носителя заряда в процессе протекания электрического тока.

Опыт показывает, что электрическое сопротивление металлических проводников в первом приближении линейно возрастает с температурой по закону

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t), \quad (1)$$

где R_0 и R_t – значения сопротивления при 0°C и при температуре t , α – температурный коэффициент сопротивления, разный для различных металлов. Для чистых металлов α близок к $\frac{1}{273}$ 1/градус.

Обратите внимание, что, если подставить в данное выражение вместо температуры в $^\circ\text{C}$ термодинамическую температуру ($t \approx T - 273$), выражение примет вид прямой пропорциональности (если по оси абсцисс отложить термодинамическую температуру) – прямая, выходящая из абсолютного нуля.

Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры имеет большое значение для экспериментальной физики и техники.

Так, например, точные измерения температуры производятся в большинстве случаев при помощи термометров сопротивления (терморезисторов), представляющих собой металлические (обычно типовые) сопротивления с хорошо известной температурной зависимостью. После

тщательной градуировки измерение сопротивления такого термометра позволяет определить температуру среды, в которой находится термометр.

Для определения температуры нити лампы в нагретом состоянии следует измерить ее сопротивление при двух температурах, например, при комнатной температуре t_1 и в накаленном состоянии при температуре t_2 . Тогда

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1),$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2).$$

Исключив из этих выражений R_0 , получим формулу для расчёта температуры нити лампы накаливания в накаленном состоянии:

$$t_2 = \frac{R_2 t_1}{R_1} + \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} \quad (2)$$

1. Определение сопротивления нити лампы накаливания при комнатной температуре при помощи мостика Уитстона

Электрическая схема и метод измерения

Измерение сопротивления нити лампы накаливания при комнатной температуре производится при помощи мостика Уитстона (рисунок 1).

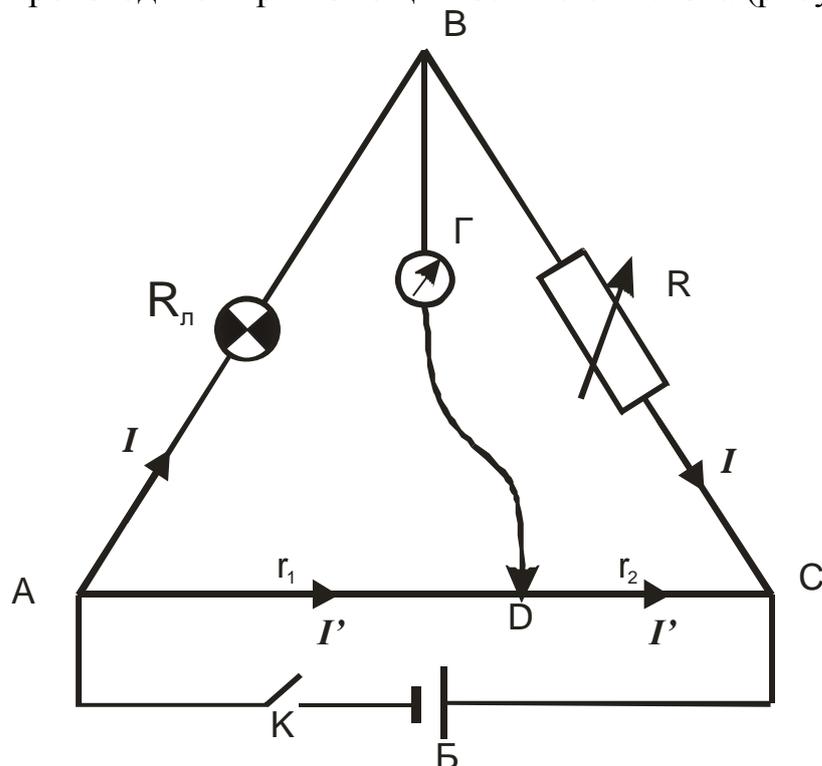


Рисунок 1 – Схема мостика Уитстона

В этой схеме ток, проходящий через лампу, очень мал, и, следовательно, температура нити лампы близка к комнатной. Схема мостика Уитстона представляет собой замкнутый контур из четырех сопротивлений: R_l , R , r_1 , и r_2 где R_l – сопротивление нити лампы, R – магазин сопротивлений, r_1 и r_2 – сопротивления участков **AD** и **DC** нихромовой проволоки, натянутой вдоль линейки с миллиметровыми делениями (такая линейка с натянутой проволокой и движком называется *реохордом*). В одну диагональ этого контура включён гальванометр G , в другую – источник электродвижущей силы B (*источник питания, аккумулятор, «батарея»*).

При произвольных сопротивлениях R_l , R , r_1 , r_2 в диагонали («*мостике*»), содержащей гальванометр, будет идти ток, вызывающий отклонение стрелки гальванометра в ту или другую сторону. Подбирая соответствующий образ сопротивлений, можно добиться, чтобы ток отсутствовал в гальванометре. В этом случае потенциалы точек **B** и **D** будут одинаковы и через сопротивления R_l и R будет протекать один и тот же ток I , а через сопротивления r_1 и r_2 один и тот же ток I' . Из равенства потенциалов точек **B** и **D** вытекает равенство разности потенциалов на участках **AB** и **BD** и на участках **BC** и **DC**

$$U_{AB} = U_{BD}$$

$$U_{BC} = U_{DC}$$

Тогда, по закону Ома $\left(I = \frac{U}{R} \right)$ имеем:

$$\begin{cases} I \cdot R_l = I' \cdot r_1 \\ I \cdot R = I' \cdot r_2 \end{cases} \quad (3)$$

Поделив одно уравнение системы (3) на другое, получим

$$\frac{R_l}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (4)$$

Учитывая, как зависит сопротивление от длины проводника, площади поперечного сечения и удельного сопротивления, получим

$$r_1 = \rho \frac{l_1}{S} \text{ и } r_2 = \rho \frac{l_2}{S},$$

где ρ – удельное сопротивление проволоки **AC** реохорда, а l_1 и l_2 – длина участков **AD** и **DC**, то можно записать:

$$R_l = R \frac{l_1}{l_2} \quad (5)$$

Таким образом, если найдено такое положение подвижного контакта **D**, при котором ток через гальванометр не проходит, то, зная включенное сопротивление **R** и отношение $\frac{l_1}{l_2}$ можно по формуле (1.5) вычислить неизвестное сопротивление **R_I** лампы при комнатной температуре.

Для включения в цепь сопротивления известной величины используют магазин сопротивлений. Магазин представляет собой набор сопротивлений, величины которых достаточно определены. Комбинацией имеющихся сопротивлений можно получить различные величины сопротивлений.

Измерения и вычисления

Собирают установку по схеме, приведенной на рисунке 1. Приступая к измерениям, подвижный контакт **D** ставят в средней части струны **СА** (посередине реохорды). В магазине сопротивлений вводят сопротивление в несколько десятков Ом и замыкают на короткое время цепь. Ток следует включать на короткое время для того, чтобы избежать нагревания током всех частей схемы, а, следовательно, и изменения сопротивления схемы. При этом стрелка гальванометра отклонится от нуля. Изменяя значения ведённого в магазине сопротивления, добиваются отсутствия тока в гальванометре грубо. Установить точно нулевое значение подбором сопротивления магазина невозможно.

Затем передвигают движок **D** по реохорду, добиваясь баланса мостика т.е. полного отсутствия тока в гальванометре. Если при этом баланс мостика будет наблюдаться при положении движка **D** далеко от середины реохорда, то необходимо изменить соответствующим образом сопротивление магазина и добиться баланса, при котором движок **D** будет в средней части реохорда.

Измерение сопротивления **R_I** на мостике производится не менее пяти раз при разных значениях **R**. Сопротивление **R** подбирается так, чтобы при отсутствии тока в гальванометре движок **D** находился в средней части шкалы. Точность измерения сопротивления **R_I** наибольшая при соотношении $l_1 = l_2$.

Затем измеряют температуру в помещении, и результаты, всех измерений и вычислений записываются в **таблицу 1**.

Таблица 1 – Результаты измерений по первой части работы

№ п/п	R	l_1	l_2	$R_1 = R \frac{l_1}{l_2}$	ΔR_1
1.					
2.					
3.					

2. Определение сопротивления накаленной нити лампы при помощи вольтметра

Электрическая схема и метод измерения

При определении сопротивления накаленной нити лампы в цепи лампы постоянного тока последовательно с лампой Л включают амперметр А (рисунок 2), а параллельно – вольтметр V.

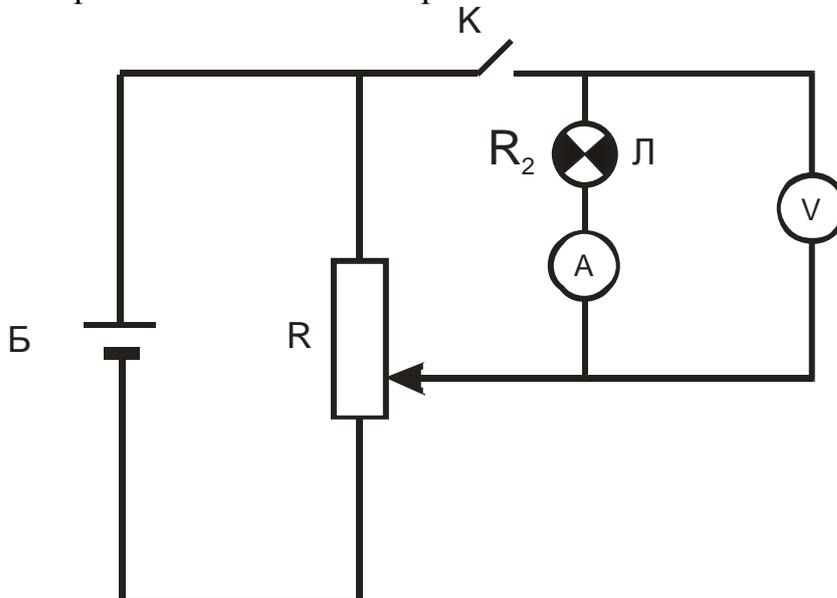


Рисунок 2 – Схема определения сопротивления лампы накаливания в рабочем состоянии

Если сила электрического тока, которую показывает амперметр, равна I , а разность потенциалов на зажимах лампы, показываемая вольтметром, равна U , то на основании закона Ома сопротивление нити R_2 будет равно

$$R_2 = \frac{U}{I} \quad (6)$$

Порядок выполнения второй части работы

Соберите установку по схеме, приведенной на рисунке 2 (амперметр и вольтметр всегда включаются в цепь так, чтобы клемма со знаком «+» прибора была присоединена к клемме «+» источником тока).

После проверки схемы лаборантом замыкают цепь и измеряют сопротивление лампы R_2 при нескольких значениях приложенного напряжения. Зная величину температурного коэффициента α и значения t_1 , R_1 и R_2 , определяют температуру t_2 по формуле (2). Результат измерений и вычислений записывают в *таблицу 2*.

Таблица 2 – Результаты измерений по второй части работы

U	I	R_2	t_2

Затем на основании полученных данных строят график зависимости сопротивления R_2 нити лампы от её температуры t_2

Для одного из значений температуры t_2 вычисляют абсолютную погрешность, оценивают точность измерения величина (относительную погрешность).

3. Контрольные вопросы (вопросы для самотестирования)

1. Покажите, что зависимость (1) в координатах R - T действительно является *прямой пропорциональностью*.
2. Выведите формулу (2).
3. Объясните, почему в первой части работы нельзя, также как и во второй, рассчитать сопротивление по закону Ома.
4. Запишите закон Ома для замкнутой цепи и закон Ома в дифференциальной форме.
5. Как получить закон Ома в дифференциальной форме из закона Ома для участка цепи и выражения для сопротивления через удельное сопротивление?

Литература

1. Савельев Н.В. Курс общей физики. — Книга 2. Электричество и магнетизм. — М.: АСТ, Астрель, 2008. — 336 с.
2. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. — М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 320 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. — Т. 3. Электричество. — М.: Физматлит, 2009. — 656 с.
4. Зисман Г.А., Годес О.М. Курс общей физики. — Т. 2. Электричество и магнетизм. — СПб., М., Краснодар: «Лань», 2007. — 352 с.
5. Фриш С.Э., Тимофеев А.В. Курс общей физики. — Т. 2. Электричество и электромагнитные явления. — СПб., М., Краснодар: «Лань», 2009. — 528 с.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. — М.: Академия, 2009. — 720 с.
7. Трафимова Т.И. Курс физики. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 560 с.
8. Калашников С.Г. Электричество. — М.: Физматлит, 2008. — 624 с.