

-2. Выполняется ли закон Ома?

Условие

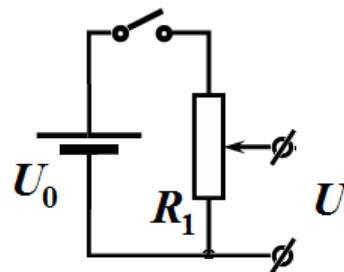
Задача 9-2. Выполняется ли закон Ома?

Если Вы не умеете пользоваться мультиметром (измерять напряжение, силу тока, сопротивление), то обращайтесь за консультацией к организаторам олимпиады!

Оборудование: Источник постоянного напряжения, реостат, переменный проволочный резистор с 6 выводами, мультиметр, соединительные провода.

Во многих экспериментальных задачах требуется изменять напряжения питания цепи. Для этого часто рекомендуют использовать схему делителя напряжения с реостатом (далее мы будем называть ее регулятор напряжения). Регулируя положение движка, реостата можно изменять напряжение U на выходе при постоянном напряжении U_0 источника.

Однако следует быть осторожным при использовании этой схемы! В данной задаче вам предстоит изучить работу такого регулятора напряжения.



Включайте источник только на время проведения измерений, не разряжайте напрасно батарейку!

Задание 1.

Соберите цепь, схема которой показана на рисунке 1.

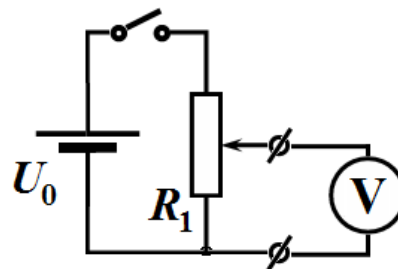
1.1 Измерьте зависимость напряжения на выходе регулятора U_1 от сопротивления участка реостата R_1 .

**Для измерения R_1 используйте тот же мультиметр в режиме измерения сопротивления. При измерении сопротивления источник должен быть отключен!*

1.2 Постройте график полученной зависимости.

Должна получиться прямая пропорциональная зависимость.

Схема 1.



Задание 2.

2.1 Измерьте сопротивления проволочного резистора в зависимости от числа подключаемых

участков: R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 .

2.2 Можно ли на основании ваших измерений утверждать, что сопротивление проволоки пропорционально ее длине? Ответ обоснуйте.

Задание 3.

Используя Схему 1 установить напряжение на выходе регулятора $U_1 = 1,0$ В. Положение движка реостата (в этой части работы) после этого не изменяйте.

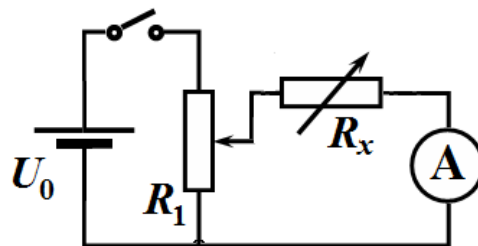


Схема 2.

Подключите к регулятору внешнюю нагрузку – проволочный резистор, сопротивления которого вы измерили. Подключите амперметр (мультиметр в режиме измерения силы тока), как показано на схеме 2.

3.1 Измерьте зависимость силы тока I от сопротивления нагрузки R_x (пять измеренных значений).

3.2 Запишите теоретическую формулу, описывающую зависимость силы тока от сопротивления при постоянном напряжении U_1 .

3.3 Постройте график полученной экспериментальной зависимости в таких координатах, чтобы теоретическая зависимость была линейной (проведите линеаризацию). Можно ли на основании ваших экспериментальных данных утверждать, что закон Ома для участка цепи выполняется? Объясните причины возможных отклонений результатов от теоретических значений.

Задание 4.

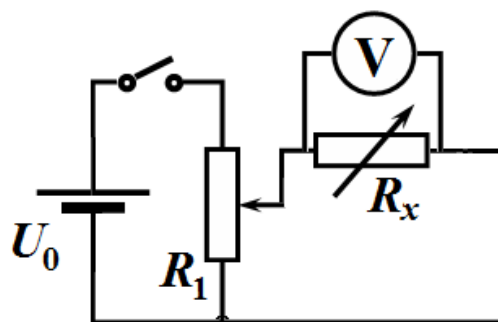
4.1 Измерьте зависимости напряжения на нагрузке R_x от сопротивления рабочего участка реостата R_1 при трех значениях сопротивления R_x (подключены соответственно 1, 3, 5 участков проволочного резистора. Кратко опишите, как вы проводили измерения.

4.2 Постройте на одном бланке графики полученных зависимостей $U(R_1)$.

4.3 Сравните полученные графики, с графиком, полученным в Задании 1. Объясните причины их различий.

4.4 Объясните почему «не выполняется» закон Ома в Задании 3.

4.5 Предложите правильную методику проверки закона Ома. Укажите, что необходимо было учитывать при проведении измерений в задании 3.



Дополнительные измерения в этом пункте проводить не требуется.

Решение

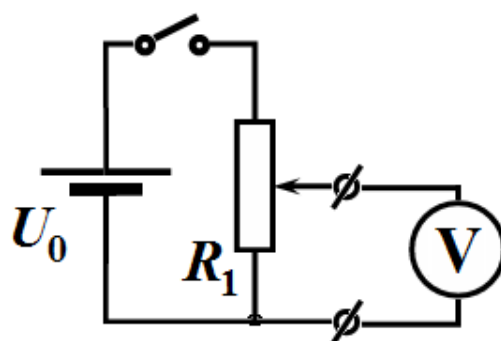
Задача 9-2. Выполняется ли закон Ома?

Задание 1.

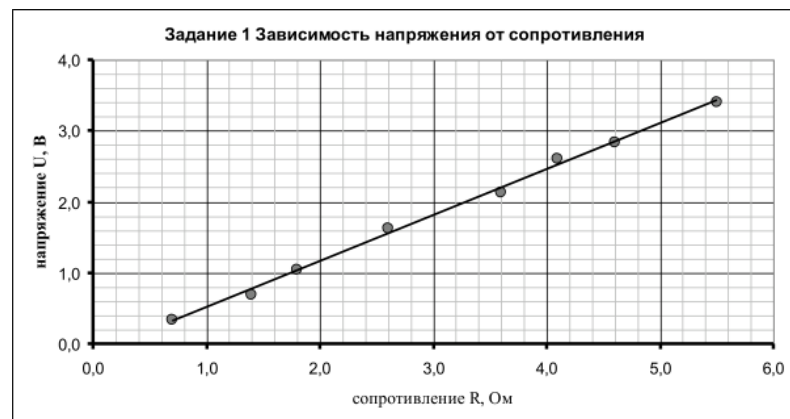
1.1 Результаты измерений зависимости напряжения на выходе регулятора U_1 от сопротивления участка реостата R_1 приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

R_1 , Ом	U_1 , В
5,5	3,40
4,6	2,84
4,1	2,60
3,6	2,13
2,6	1,62
1,8	1,04
1,4	0,69
0,7	0,34



1.2 График полученной зависимости показан на рисунке. Как и следовало ожидать, получена прямо пропорциональная зависимость.



Задание 2.

2.1. Значения измеренных значений сопротивлений проволоочного резистора приведены в таблице 2.



Таблица 2.

N	R_x , Ом
1	2,9
2	5,8
3	8,4
4	11,3
5	14,0

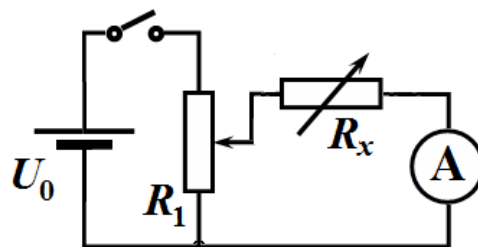
2.2 На рисунке показан график зависимости этих сопротивлений от числа подключаемых участков. Полученная зависимость является линейной. Небольшой сдвиг может быть объяснен сопротивлением контактов. Можно утверждать, что сопротивление проволоки пропорциональное длине.

Задание 3.

3.1 Результаты измерений зависимости силы тока I от сопротивления нагрузки R_x приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

N	R_x , Ом	I , мА	R_x^{-1} , Ом ⁻¹	U_x
1	2,9	140,0	0,345	0,406
2	5,8	98,4	0,172	0,571
3	8,4	76,4	0,119	0,642
4	11,3	61,7	0,088	0,697
5	14,0	52,0	0,071	0,728

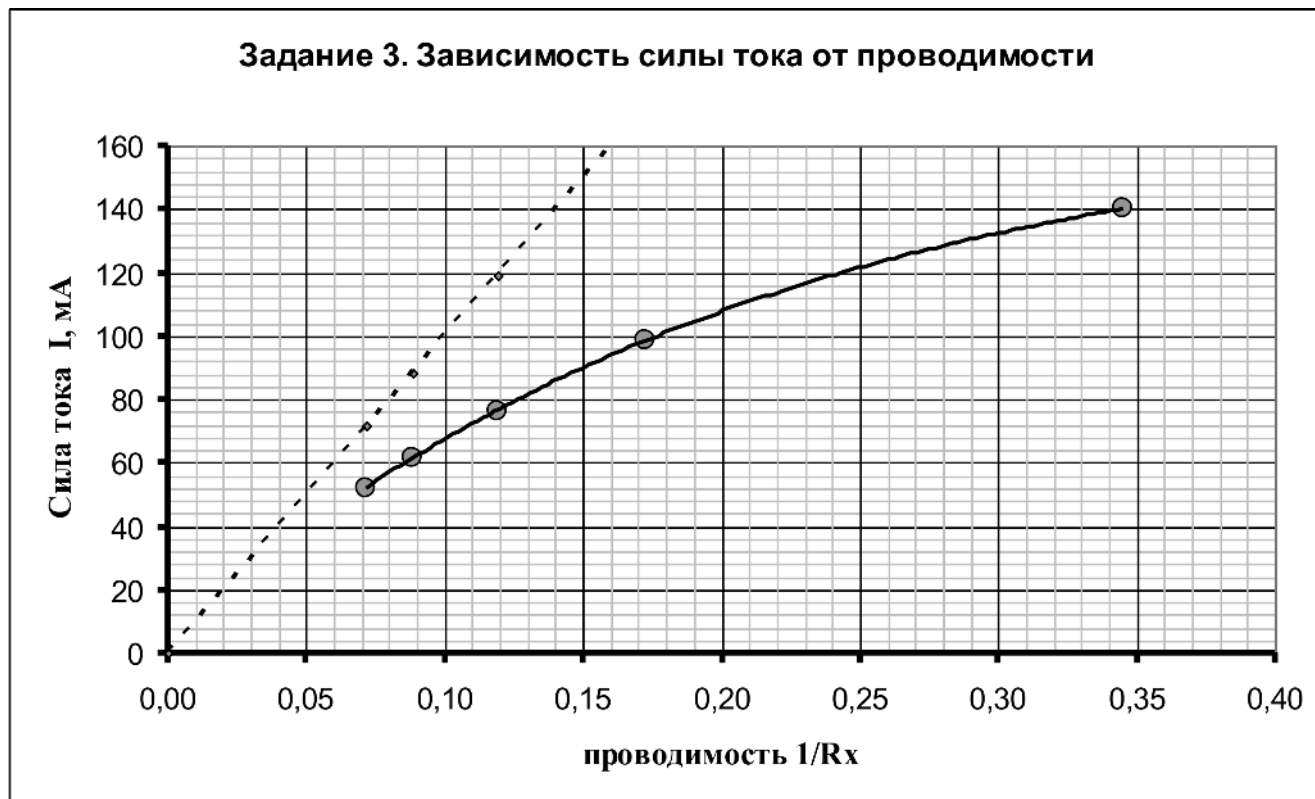


3.2 Теоретическая зависимость силы от сопротивления (при постоянном напряжении) определяется законом Ома

$$I = \frac{U}{R_x}. \quad (1)$$

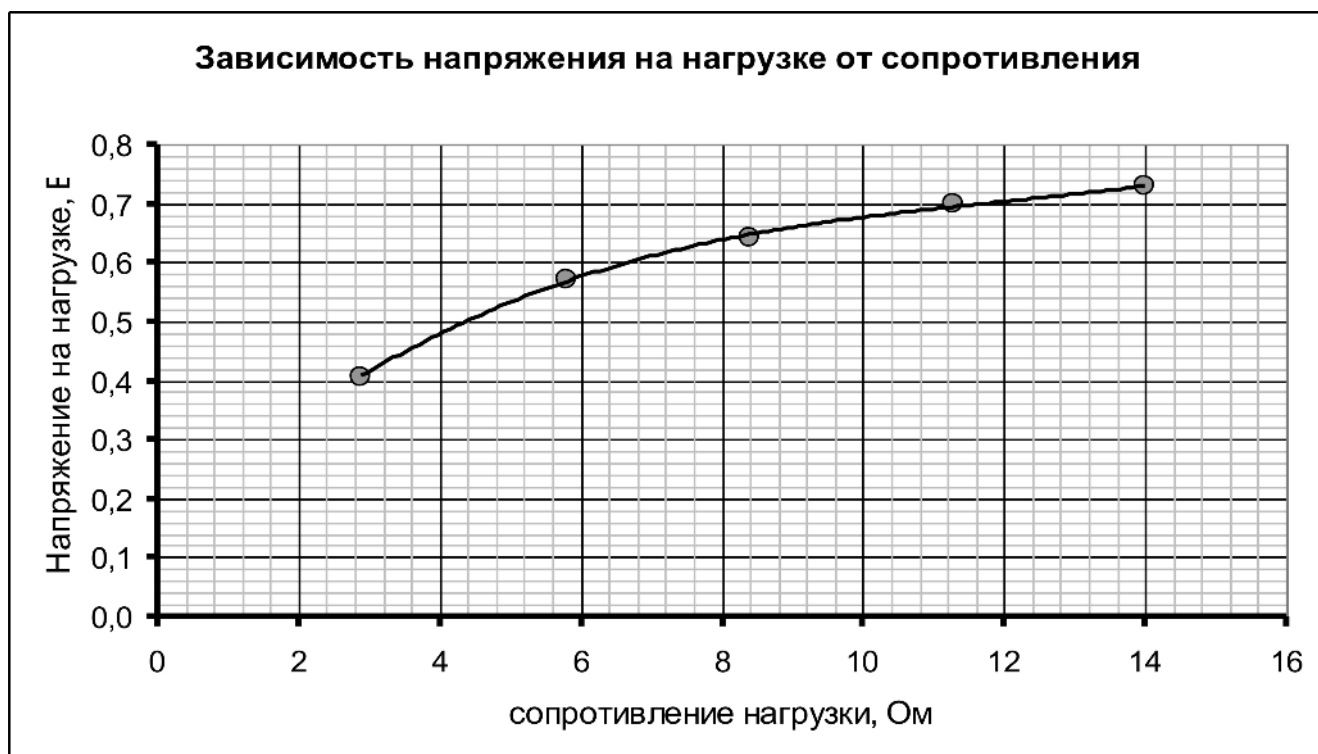
Поэтому для линеаризации этой зависимости следует построить зависимость силы тока I от проводимости (величины обратной сопротивлению) R_x^{-1} .

График этой зависимости показан на рисунке. Пунктиром показана прямая линия, следующая из закона Ома.



Как следует из полученных данных, формула (1), выражающая закон Ома, в данном случае не выполняется! Основная причина заключается в том, что напряжение на резисторе R_x не остается постоянным. Иными словами, в использованной схеме напряжение на нагрузке зависит от ее сопротивления.

Эту идею можно подтвердить, построив график зависимости напряжения от сопротивления (от участников не требуется).



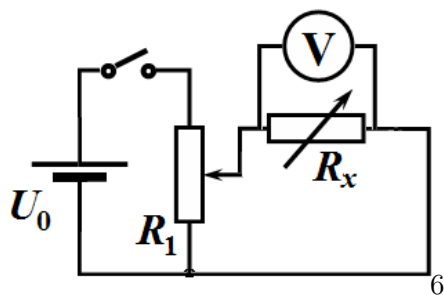
Задание 4.

4.1 Для проведения измерений необходимо при отключенных внешней цепи и источника установить сопротивление R_1 и только после этого проводить дальнейшие измерения (удобно изменять сопротивление R_x при заданном значении R_1). Результаты измерений приведены в таблице 4. По условию задачи требуется проводить измерения только при 3 значениях R_x

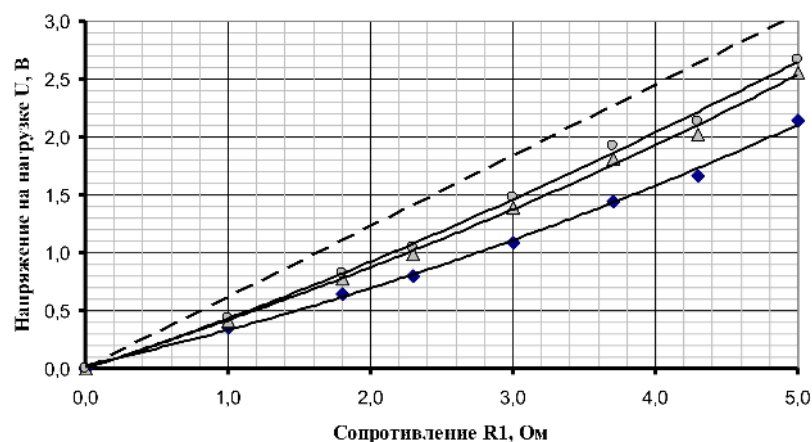
Таблица 4. Зависимость напряжения от сопротивлений

R_1 , Ом	R_x Ом				
	2,9	5,8	8,4	11,3	14,0
5,0	2,14	2,45	2,56	2,63	2,67
4,3	1,67	1,89	2,02	2,09	2,13
3,7	1,44	1,70	1,81	1,81	1,92
3,0	1,09	1,30	1,39	1,44	1,48
2,3	0,80	0,93	0,99	1,02	1,04
1,8	0,64	0,71	0,78	0,80	0,82
1,0	0,36	0,40	0,41	0,42	0,43

4.2 Графики полученных зависимостей показаны на рисунке, пунктиром показана зависимость, полученная в части 1.



Задание 4. Зависимость напряжения от сопротивления



Полученные зависимости еще раз демонстрируют основную идею – напряжение на нагрузке зависит от ее сопротивления. В части 1 получена зависимость при бесконечно большой нагрузке.

4.5 Для проверки закона Ома следует контролировать напряжение на нагрузке. При изменении сопротивления нагрузки, регулируя сопротивление R_1 , следует устанавливать нужное сопротивление.