

добыл

Условие

Задача 3. Изучение закона Ома

Вопросы, на которые Вы должны ответить в отдельных рамках – их всего 10!

Молодой, но талантливый физик Федя решил экспериментально проверить закон Ома. Для этого он «добыл» отличный современный источник электрического тока, цифровой вольтметр, три постоянных резистора с сопротивлениями $R_1 = 1,0 \text{ Ом}$, $R_2 = 2,0 \text{ Ом}$, $R_3 = 3,0 \text{ Ом}$ и старенький школьный стрелочный амперметр, рассчитанный на измерения силы тока до 2 Ампер. Качественные соединительные провода в домашней лаборатории Феди были в избытке.

Далее Федя занялся теоретической подготовкой. Он подсчитал, что, комбинируя имеющиеся резисторы, он сможет провести измерения при 17 различных значениях сопротивлений цепи.

1. Как Феде удалось насчитать 17 возможных комбинаций? Укажите их и Вы! Рассчитывать сопротивления всех комбинаций не надо, просто приведите все возможные типы соединений.
2. Сколько в действительности различных сопротивлений можно собрать из имеющегося набора?

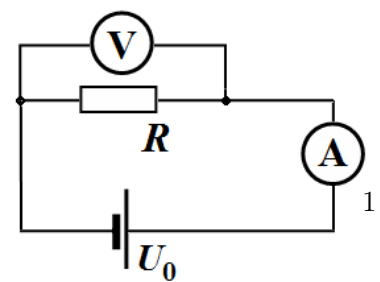
Однако Федя решил ограничиться (для простоты расчетов) только комбинациями, сопротивления, которых равны целому числу Ом. Тем более, что по его разумному мнению при малых сопротивлениях амперметр может выйти из строя.

Далее Федор собрал электрическую цепь, схема которой показана на рисунке и провел измерения, результаты которых привел в Таблице 1.

Таблица 1.

R, Ом	**U, В**	**I, А**
1,0	1,600	1,6
2,0	2,286	1,1
3,0	2,667	0,9
4,0	2,909	0,7
5,0	3,077	0,6
6,0	3,200	0,5

Результаты крайне удивили Федю: почему меняется напряжение? Неужели источник забарахлил? Но это не страшно – ведь закон Ома гласит, что сила тока пропорциональна напряжению! Для проверки этого Федя построил график зависимости силы тока от напряжения! Результат поверг Федю в полное недоумение, он



даже решил начать учить шведский язык, чтобы поехать в Швецию за Нобелевской премией, ведь, как известно: «Чем дальше эксперимент от теории, тем ближе он к Нобелевской премии!»

3. Постройте и Вы график зависимости силы тока от напряжения по данным Фединых измерений. 4. Какую ошибку допустил Федя в формулировке закона Ома?

Но, поразмыслив, Федор решил видоизменить схему эксперимента и собрал другую схему (см. рис.) И провел новые измерения, результаты которых представил в Таблице 2.

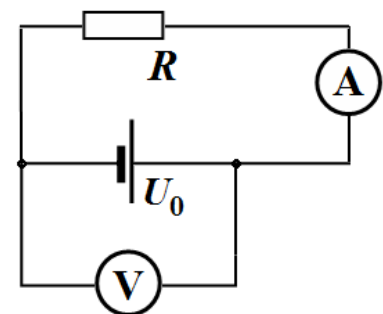
Таблица 2.

R, Ом	**U, В**	**I, А**
1,0	4,000	1,6
2,0	4,000	1,1
3,0	4,000	0,9
4,0	4,000	0,7
5,0	4,000	0,6
6,0	4,000	0,5

Нет, источник в порядке, выдает указанное в его описании напряжение с высокой точностью!

Вот теперь можно проверить и закон Ома. Напряжение постоянно, следовательно, сила тока обратно пропорциональна сопротивлению – но лучше проверить «наоборот»: построить зависимость величины, обратной току $\frac{1}{I}$ от сопротивления. Результат обнадежил, но полной ясности не внес!

5. Постройте график зависимости величины $\frac{1}{I}$ от сопротивления R . 6. Подтверждает ли этот график закон Ома?



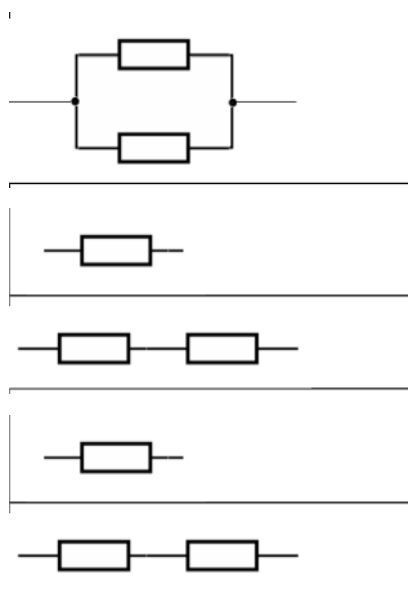
После длительных размышлений Федор понял, в чем заключалась его главная ошибка – он не учел важной характеристики одного из своих приборов! Ему даже не пришлось проводить новых измерений! Используя данные Таблицы 1, после небольших расчетов он построил график зависимости силы тока от напряжения, который полностью подтвердил закон Ома: «Все-таки, сила тока прямо пропорциональна напряжению!»

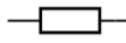
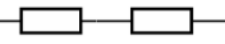
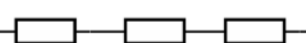
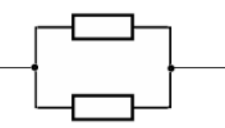
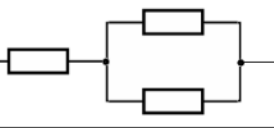
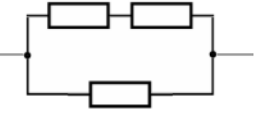
7. Какую характеристику не учел Федор при проведении своих исследований? 8. На основании данных Таблиц 1 и 2 покажите, что закон Ома выполняется, постройте график, на котором сила тока прямо пропорциональна напряжению. 9. Определите численное значение не учтенной заранее характеристики. 10. Приведите формулы, которые правильно описывают построенные вами графики.

Решение

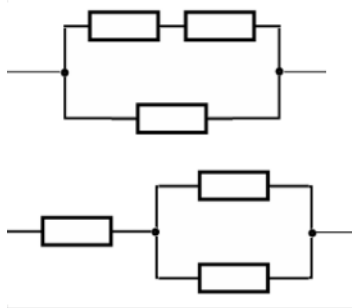
Задача 9-3. Изучение закона Ома

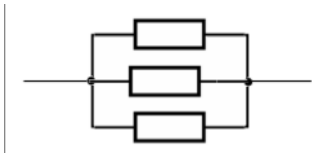
1. Действительно, можно собрать 17 различных комбинаций из 3 различных резисторов – они указаны в таблице



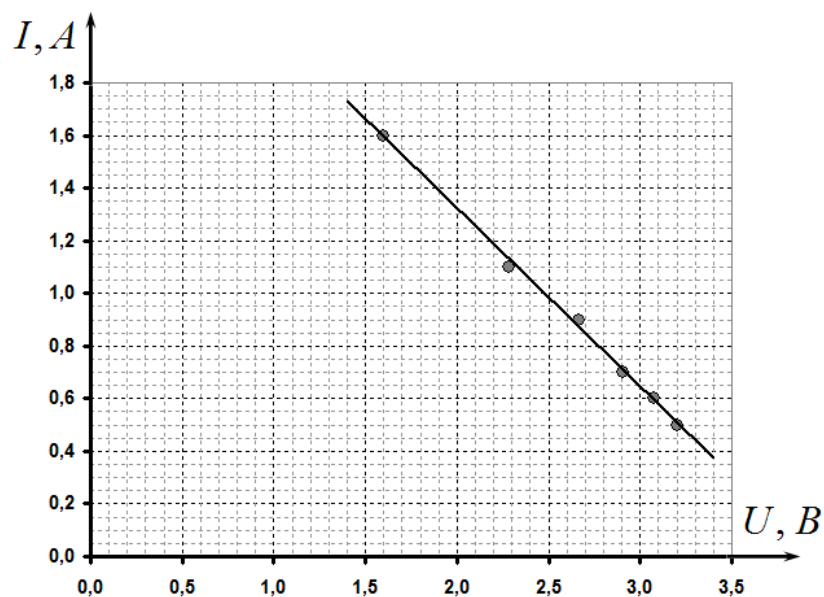
№	Схема соединения	Описание	Число комбинаций
1		Один резистор	3
2		Два резистора последовательно	3
3		Три резистора последовательно	1
4		Два резистора параллельно	3
5		Три резистора параллельно	3
6		Два резистора параллельно, один последовательно	3
7		Два резистора последовательно, один параллельно	3
ВСЕГО			17

№	Схема соединения	Описание	Число комбинаций
1		Один резистор	3
2		Два резистора последовательно	3
3		Три резистора последовательно	1
4		Два резистора параллельно	3
5		Три резистора параллельно	3
6		Два резистора параллельно, один последовательно	3
7		Два резистора последовательно, один параллельно	3
		ВСЕГО	17



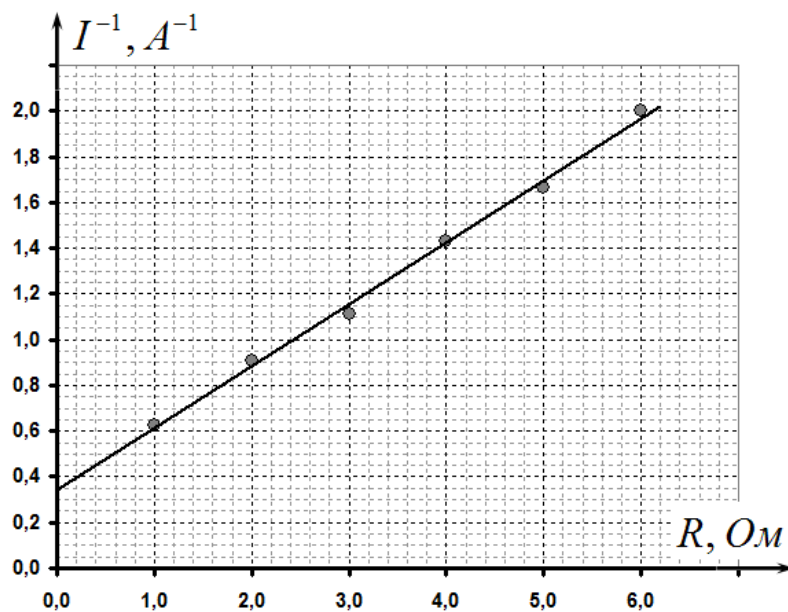


2. При заданном наборе резисторов сопротивление резисторов $R_1 = 1,0 \text{ Ом}$, $R_2 = 2,0 \text{ Ом}$, соединенных последовательно, равно сопротивлению третьего резистора $R_3 = 3,0 \text{ Ом}$, поэтому число комбинаций с различными сопротивлениями равно 16.



3. График полученной зависимости показан на рисунке 1.

4. Ошибка Федора в том, что сила тока пропорциональна напряжению при постоянном сопротивлении! А в данном случае сопротивление изменяется.



5. График зависимости I^{-1} от сопротивления показан на рисунке 2.

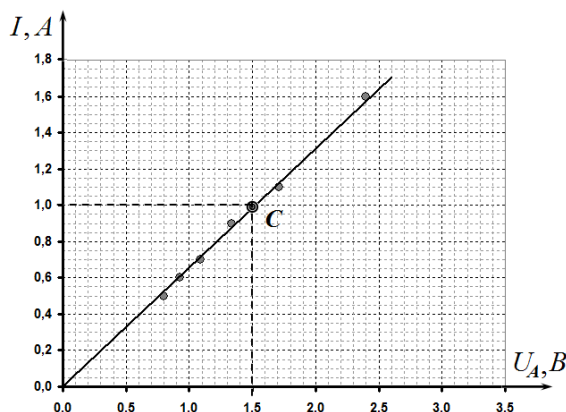
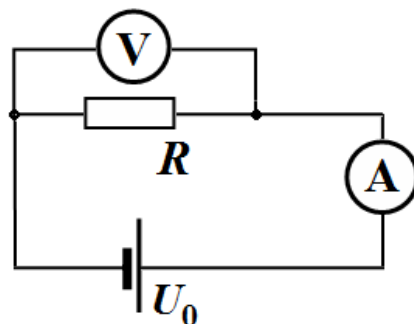
6. Однако этот график не подтверждает закон Ома! Так как по закону Ома данная зависимость должна иметь вид

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{U} R, \quad (1)$$

При постоянном напряжении между данными величинами должна существовать прямо пропорциональная зависимость – прямая должна проходить через начало координат, чего не наблюдается по измерениям Федора.

7. Полученные результаты однозначно указывают, что амперметр (старенький) обладает заметным сопротивлением.

8. В первом эксперименте, проведенном по схеме рис. 3, неизменным остается сопротивление амперметра (!). Поэтому имеет смысл построить зависимость силы тока через амперметр от напряжения на нем. Напряжение на амперметре $U_A = U_0 - U$ равно разности между напряжением источника $U_0 = 4,000$ В (которое действительно постоянно, что показывают результаты второй серии экспериментов) и измеренным напряжением на резисторе. Расчет этих величин приведен в таблице, а соответствующий график показан на рис. 4.



** R , Ом**	** U , В**	** I , А**	** U_A , В**
1,0	1,600	1,6	2,400
2,0	2,286	1,1	1,714
3,0	2,667	0,9	1,333
4,0	2,909	0,7	1,091
5,0	3,077	0,6	0,923
6,0	3,200	0,5	0,800

9. Сопротивление амперметра точнее всего можно найти по графику рис. 4. Следует выбрать некоторую точку на сглаживающей прямой (на рисунке она обозначена, как C) и ее координатам определить

$$R_A = \frac{U}{I} \approx 1,5 \text{ Ом.} \quad (2)$$

10. Теперь не сложно записать формулы, описывающие построенные графики:

Рис. 1:

$$I(U) = \frac{U_0 - U}{R_A}; \quad (3)$$

Рис. 2

$$\frac{1}{I}(R) = \frac{R + R_A}{U_0}; \quad (4)$$

Рис. 4

$$I(U_A) = \frac{U_A}{R_A}. \quad (5)$$