

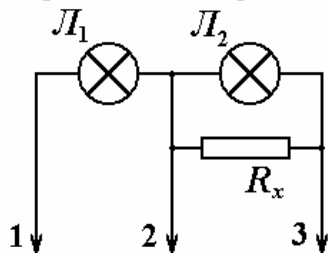
Желтый ящик

Условие

Задача 2. «Желтый ящик»

Внимание! В ходе проведения эксперимента батарейка может быстро разрядиться. Подключайте батарейку к цепи только во время проведения измерений!

Оборудование: коробка с двумя лампочками и резистором; вольтметры школьные, амперметр школьный, реостат, батарейка 4,5 В, соединительные провода, ключ электрический.



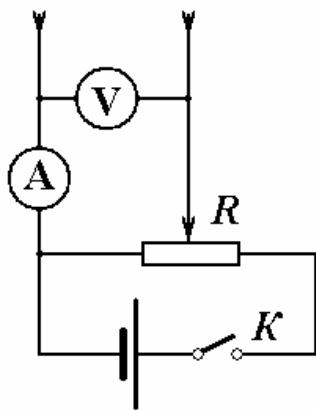
В выданном вам секретном желтом ящике находятся две одинаковые электрические лампочки L_1 и L_2 , соединенные последовательно, параллельно к одной из лампочек подключен резистор R_x , сопротивление которого вам предстоит определить. От схемы наружу сделано три вывода – от концов и середины схемы. На схеме они пронумерованы 1-2-3. На коробке выводы обозначены «А», «В», «С» (последовательность выводов может быть иной, чем показана на схеме).

Задание 0. Перед началом работы запишите в тетрадь номер выданной вам батарейки и номер «желтого ящика».

Задание 1. Используя предоставленное оборудование, определите, какой из проводов какому выводу схемы соответствует. Иными словами, установите соответствие между номерами выводов на схеме «1», «2», «3» и обозначениями на коробке. Ответ обоснуйте проведенными опытами. *Не забывайте – сопротивление лампочки зависит от силы протекающего тока!*

Задание 2. Получите вольтамперные характеристики (то есть зависимости силы тока от напряжения) лампочки накаливания и резистора. Постройте графики полученных зависимостей. Приведите электрические схемы, использованные вами при проведении исследований.

Обязательно укажите, между какими выводами «желтого ящика» вы проводили измерения! Определите сопротивление резистора (не забудьте указать погрешность этого значения).



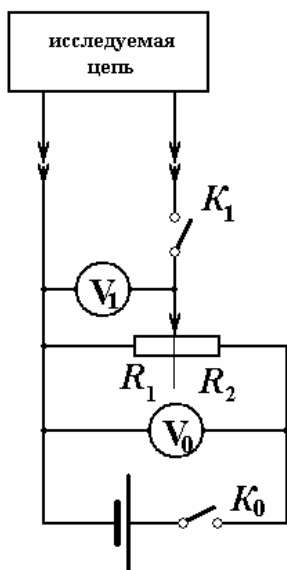
На этом можно было бы и закончить формулировку условия, но мы решили вам помочь!

Вам необходимо измерить зависимость силы от приложенного напряжения – нет проблем!?

Можно собрать схему измерительного устройства, позволяющую изменять напряжение, измерять его и измерять силу тока. Но в нашем (следовательно, и в вашем) распоряжении имеется только школьный амперметр. Цена его деления 0,1 А. Силы измеряемых токов не превышают 0,2А, то есть не более двух делений. Поэтому от использования амперметра пришлось отказаться!

Поэтому мы решили вам помочь!

Силу тока можно определить, измеряя напряжение на резисторе с известным сопротивлением, например, 1,0 Ом. Но и эти напряжения не велики, и школьный вольтметр (6,0 В с ценой деления 0,2 В).



Поэтому мы решили вам помочь!

Почему бы не измерять напряжения непосредственно на реостате? Дадим вам два вольтметра! Рекомендуем (но не настаиваем) использовать для измерений следующее измерительное устройство.

При замкнутом ключе K_1 измеренные значения напряжений U_1 и U_0 позволяют определить напряжение и силу тока в исследуемой цепи, при условии, что вам известны значения сопротивлений частей реостата R_1 и R_2 . Но, к сожалению, они не известны, *поэтому мы решили вам помочь!*

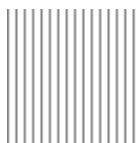
И предлагаем, не меняя положения движка реостата, разомкнуть ключ K_1 и еще раз измерить напряжения на вольтметрах U_{10} и U_{00} . Этих четырех значений достаточно, чтобы рассчитать силу тока и напряжение на исследуемой цепи!

Итак, соберите измерительную цепь, подключите к ней нужные вам выводы из «желтого ящика» (еще раз напоминаем – обязательно укажите, какие выводы вы подключаете!). Изменяя положения движка реостата, измерьте значения четырех напряжений, проведите расчеты сопротивлений R_1 и R_2 (запишите формулы, по которым вы проводите эти расчеты – полное сопротивление реостата R_0 указано на нем), рассчитайте значение силы тока I через исследуемую цепь (приведите формулу, по которой вы проводите расчет).

Результаты измерений предлагаем представлять в виде таблиц

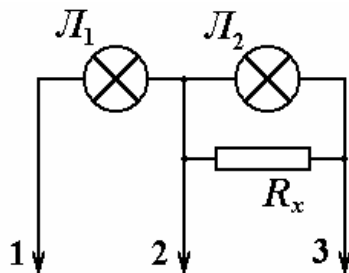
$U_1, \text{В}$	$U_0, \text{В}$	$U_{10}, \text{В}$	$U_{00}, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$I, \text{А}$
-----------------	-----------------	--------------------	--------------------	------------------	------------------	---------------

И последнее, разрешаем, рекомендуем, настаиваем проводить измерения напряжений с точностью до четверти деления шкалы, хотя это не позволительно, согласно инструкциям!

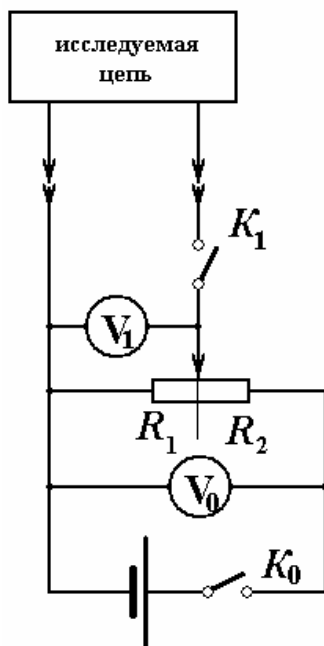


Решение

Задача 2. «Желтый ящик»



1. Самое поразительное в данном ящике, что при подключении батарейки к любым двум выводам, горит только одна лампочка. При подключении к выводам 1-3 вторая лампочка не светится потому, что силы тока не хватает, чтобы раскалить ее спираль – она шунтируется резистором. Для определения соответствия между выводами необходимо объединять выводы и определить при каком подключении начинают светиться обе лампочки. Это произойдет, если батарейка подключена к выводам 2 и соединенным вместе 1 и 3. Таким образом можно определить центральный вывод 2. Чтобы различить выводы 1 и 3 необходимо использовать амперметр – при подключении к батарейке выводов 2 и 3 сила тока будет больше, чем при подключении к выводам 1 и 2. Схема собрана таким образом, что «А»= 2; «В»=1; «С»=3.



2. Реально провести измерения по предложенной схеме, только подключая к измерительному устройству выводы 2 и 3, в этом случае измеряется вольтамперная характеристика лампочки и параллельно подключенного резистора; а также 2 и соединенных выводов 1 и 3 – в этом случае измеряется вольтамперная характеристика параллельно соединенных двух лампочек и резистора. При подключении одной лампочки (выводы 1,2) изменения напряжения при размыкании ключа K_1 незначительны (не более одного деления). Расчеты необходимых

величин проводятся по следующим формулам: Сопротивление части резистора, к которому подключается исследуемая цепь

$$R_1 = R_0 \frac{U_{10}}{U_{00}}, \quad (1)$$

сопротивление второй части

$$R_2 = R_0 - R_1. \quad (2)$$

Сила тока в исследуемой цепи рассчитывается по формуле

$$I = \frac{V_0 - V_1}{R_2} - \frac{V_1}{R_1}. \quad (3)$$

Результаты измерений и расчетов при подключении выводов 2 и 3, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

** U_1 , В**	** U_0 , В**	** U_{10} , В**	** U_{00} , В**	** R_1 , Ом**	** R_2 , Ом**	** I , А**
0,40	4,00	0,55	4,00	0,89	5,61	0,19
0,60	4,00	0,85	4,00	1,38	5,12	0,23
0,80	4,00	1,20	4,00	1,95	4,55	0,29
1,00	4,00	1,60	4,00	2,60	3,90	0,38
1,20	4,00	1,90	4,00	3,09	3,41	0,43
1,40	4,00	2,15	4,00	3,49	3,01	0,46
1,60	4,00	2,45	4,00	3,98	2,52	0,55
1,80	3,95	2,70	4,00	4,39	2,11	0,61
2,00	3,85	2,95	4,00	4,79	1,71	0,67
2,20	3,50	3,30	4,00	5,36	1,14	0,73

При подключении выводов 2 и соединенных 1 и 3 получаются следующие результаты.

Таблица 2.

** U_1 , В**	** U_0 , В**	** U_{10} , В**	** U_{00} , В**	** R_1 , Ом**	** R_2 , Ом**	** I , А**
0,40	4,00	0,60	4,00	0,98	5,53	0,24
0,60	4,00	0,95	4,00	1,54	4,96	0,30
0,80	4,00	1,35	4,00	2,19	4,31	0,38
1,00	4,00	1,70	4,00	2,76	3,74	0,44
1,20	4,00	2,00	4,00	3,25	3,25	0,49
1,40	3,95	2,30	4,00	3,74	2,76	0,55
1,60	3,95	2,60	4,00	4,23	2,28	0,65
1,80	3,85	2,85	4,00	4,63	1,87	0,71
2,00	3,25	3,35	4,00	5,44	1,06	0,82

При заданном напряжении на входе исследуемой цепи силы токов определяются по формулам: в первом случае

$$I_1 = I_{\text{лам.}} + I_R, \quad (4)$$

во втором

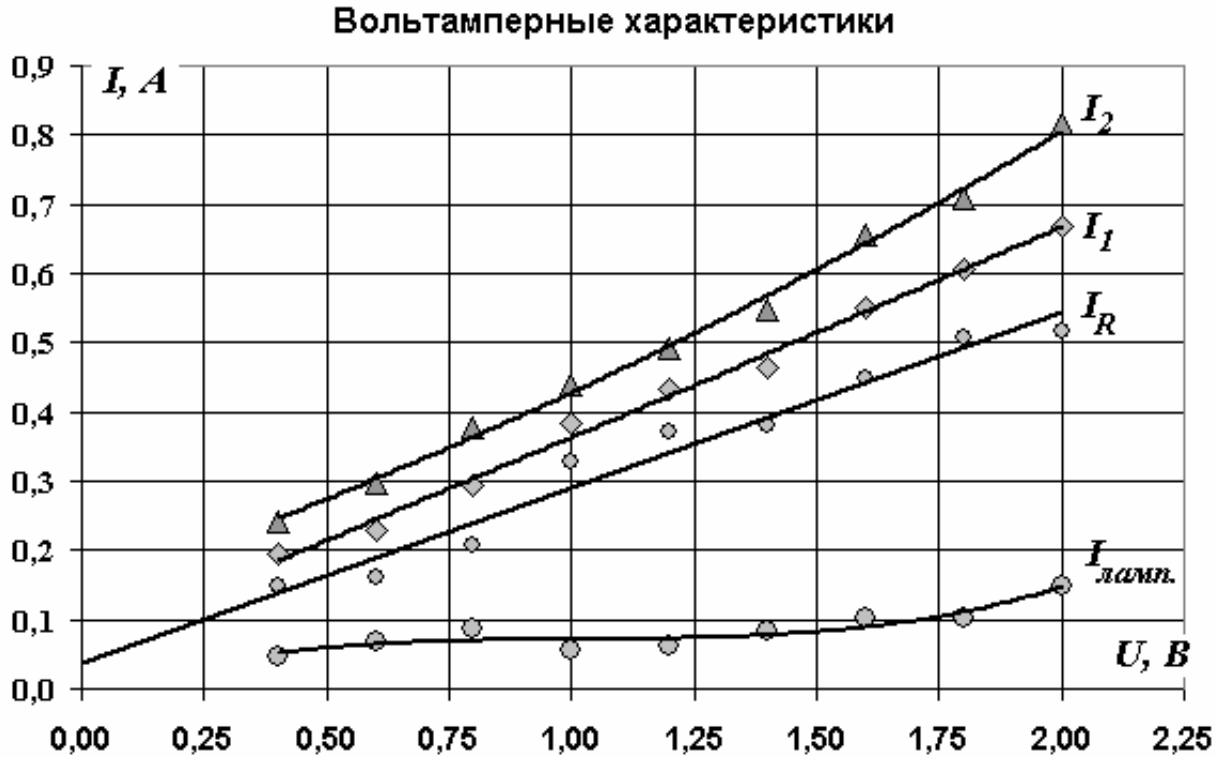
$$I_2 = 2I_{\text{лам.}} + I_R, \quad (5)$$

Из этих формул следует, что силы токов через лампочку и резистор могут быть пересчитаны следующим образом:

$$\begin{aligned} I_{\text{лам.}} &= I_2 - I_1 \\ I_R &= 2I_1 - I_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Результаты расчетов приведены на графиках.

Вольтамперные характеристики



Как видно точность измерений не высока, но, тем не менее, зависимость между токов и напряжением на резисторе может быть признана пропорциональной. По наклону графика определяется сопротивление резистора $R = 3,9 \text{ Ом}$. Отметим, что точное значения сопротивления равно $R = 3,6 \text{ Ом}$.

Дополнение.

Точность измерений можно сделать существенно выше, используя для измерений цифровой мультиметр. Графики, построенные по измерениям с помощью мультиметра, показаны ниже.

