

Условие

Задание 2. Вольтметр – гальванометр?

Приборы и оборудование: вольтметр школьный, источник 4,5 В, реостат школьный 6 Ом, два резистора с известными сопротивлениями, конденсатор емкостью 20 мкФ, ключ, соединительные провода.

При подключении вольтметра, или при протекании через некое короткого импульса тока стрелка резко отклоняется на большой угол (который мы далее будем называть *отбросом*), а затем переходит в стационарное состояние при подключенном напряжении, или возвращается в нулевое положение. Отброс следует измерять в делениях шкалы (то есть в вольтах) – далее эта величина обозначается $U_{\max}$.

В некоторых книгах утверждается, что отброс стрелки школьного вольтметра при протекании короткого импульса тока пропорционален электрическому заряду, прошедшему через вольтметр. В данной работе Вам необходимо проверить это утверждение.

1. Используя резистор с известным сопротивлением, определите сопротивление вольтметра.

Примите во внимание, что сопротивление вольтметра около 10 кОм.

2. Экспериментально исследуйте величину отброса стрелки вольтметра $U_{\max}$ при его подключении к источнику постоянного регулируемого напряжения U_0 .

Постройте график полученной зависимости. Покажите, что величина отброса пропорциональна приложенному напряжению. Определите коэффициент пропорциональности между величиной отброса $U_{\max}$ и приложенным напряжением U_0

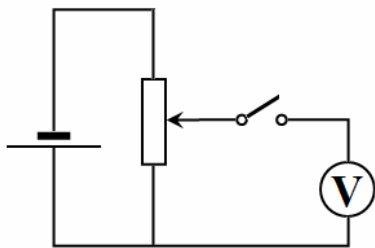


Схема 1

Рекомендуем для измерений использовать следующую схему 1.

Кратковременный импульс тока возникает при зарядке конденсатора. Его можно получить (и изменять) с помощью простой схемы 2. Не забывайте после измерения отброса стрелки разряжать конденсатор (подсоедините к его выводам еще один проводник для разрядки)

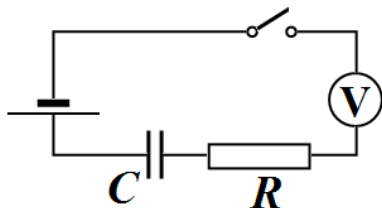


Схема 2

Схема 2

3. При изменении сопротивления дополнительного резистора R (в схеме 2) заряд, протекающий через конденсатор при его зарядке, остается неизменным и равным $q = CU_0$. Используя различные комбинации подключения резисторов (возможно 5 вариантов), измерьте зависимость величины отброса от полного сопротивления цепи зарядки. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.

4. При подключении резисторов параллельно к вольтметру (в схеме 2), заряд, протекший

через вольтметр при его зарядке, будет изменяться. Исследуйте зависимость отброса стрелки вольтметра $U_{\max}$ в такой схеме от заряда, протекшего через вольтметр. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.

5. Сделайте окончательный вывод — можно ли использовать вольтметр в качестве гальванометра, то есть для измерения протекшего заряда.

Решение

Задание 2. Вольтметр – гальванометр?

1. Для измерения сопротивления вольтметра необходимо сначала измерить напряжение U_0 при его непосредственном подключении к источнику. После этого следует последовательно соединить вольтметр и резистор с известным сопротивлением и измерить его показание U_V . Так как сопротивление вольтметра значительно больше внутреннего сопротивления источника, то напряжение на внешней цепи будет неизменным. Во втором случае измеренные значения напряжений будут связаны с сопротивлениями очевидным соотношением (условие постоянства силы тока):

$$\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_0 - U_V}{R}.$$

Из которого следует формула для определения сопротивления вольтметра

$$R_V = \frac{U_V}{U_0 - U_V} R. \quad (1)$$

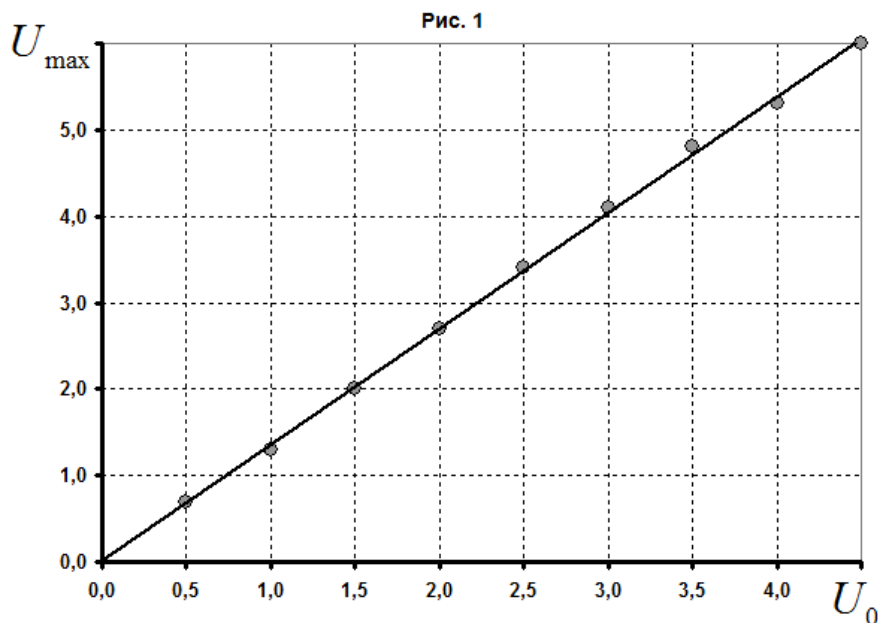
Измерения показывают, что сопротивление школьного вольтметра равно

$$R_V \approx 6,0 \text{ кОм}.$$

2. Результаты измерений величины отброса $U_{\max}$ от приложенного напряжения U_0 приведены в таблице 1 и на графике рис.1

Таблица 1.

$U_0, \text{ В}$	$U_{\max}, \text{ В}$
4,5	6,0
4,0	5,3
3,5	4,8
3,0	4,1
2,5	3,4
2,0	2,7
1,5	2,0
1,0	1,3
0,5	0,7



Эти данные показывают, что величина отброса пропорциональна приложенному напряжению $U_{\max} = KU_0$. Значение коэффициента пропорциональности в этой формуле $K \approx 1,4$.

*Заметим, что и во всех последующих схемах также выполняется пропорциональность между величиной отброса и приложенным напряжением.

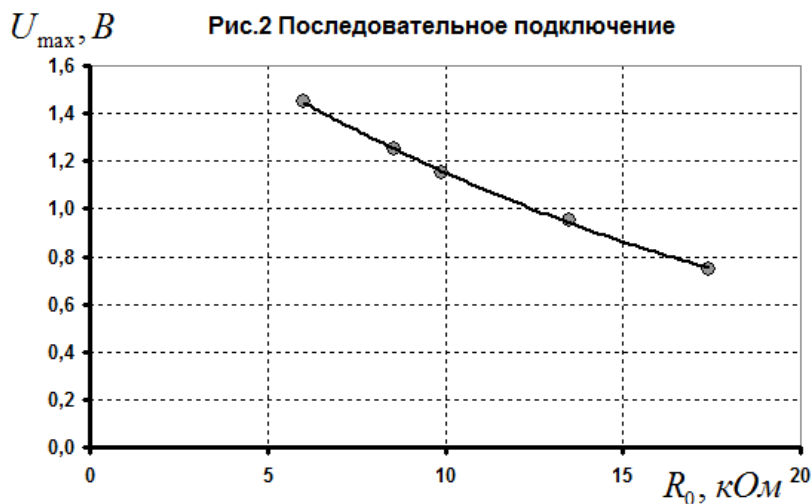
От учеников проверки этого не требуется.*

3. Последовательное подключение. К вольтметру последовательно можно подключить каждый резистор, два резистора последовательно, два резистора параллельно, не подключать ничего (итого 5 вариантов).

Результаты измерений представлены в таблице 2 и на графике.

Таблица 2.

R_0 , кОм	$U_{\max}$, В
6,0	1,45
9,9	1,15
13,5	0,95
8,6	1,25
17,4	0,75



Не смотря на то, что в данном случае через вольтметр протекает один и тот же заряд, величина отброса зависит от сопротивления цепи, следовательно, величина отброса определяется не только зарядом, протекшим через вольтметр, но и силой тока.

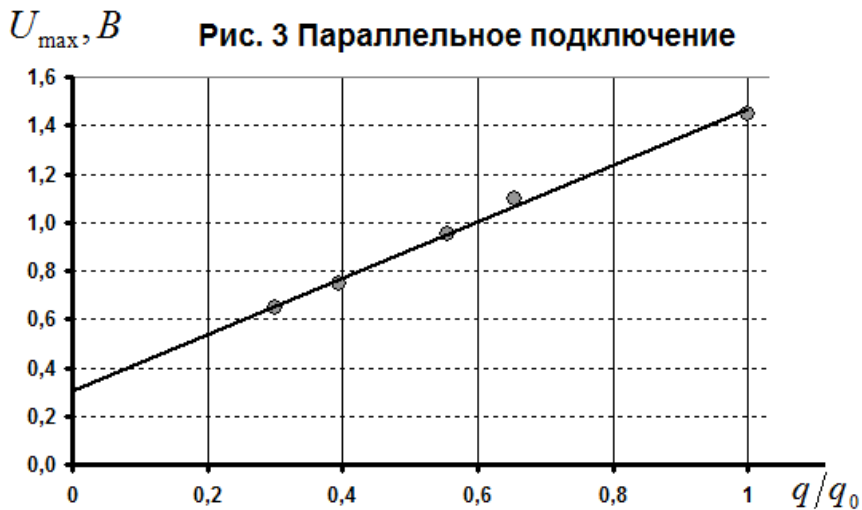
4. Параллельное подключение. В этом случае также можно использовать 5 различных вариантов подключения. Распределение зарядов, протекших через вольтметр и резистор, будет таким же, как и распределение токов, поэтому при зарядке конденсатора заряд, прошедший через вольтметр, рассчитывается по формуле

$$q = q_0 \frac{R}{R + R_V}. \quad (2)$$

В таблице 2 приведены результаты измерений зависимости величины отброса от заряда, прошедшего через вольтметр (в относительных единицах q/q_0). График требуемой зависимости показан на рис. 3.

Таблица 2.

R , кОм	q/q_0	$U_{\max}$, В
0	1,00	1,45
3,9	0,39	0,75
7,5	0,56	0,95
2,57	0,30	0,65
11,4	0,66	1,10



Как следует из полученного графика зависимость отброса от величины заряда линейная, но не прямо пропорциональная! Следовательно, на величину отброса также влияют сила тока и длительность импульса.

5. Таким образом, в данных условиях использовать вольтметр в качестве измерителя электрического заряда **нельзя!**

