

**Занятия 2-го полугодия по экспериментальной физике
в 8-м классе Олимпиадной школы МФТИ
(преподаватель к.ф.-м.н., доцент А. Лукьянов)**

Занятия 11-й и 12-й недель (24-я и 25-я недели учебного года)

1. С помощью мультиметра оценить внутренне сопротивление батарейки r . Предлагается два метода измерения:

– измерение тока короткого замыкания $I_{KЗ}$ и далее по формуле

$$r = \frac{E}{I_{KЗ}}, \quad (1)$$

считая, что сопротивление R_A мультиметра в режиме амперметра мало $R_A \ll r$;

– измерение напряжения U на резисторе с сопротивлением R с последующим пересчетом по формуле

$$r = \left(\frac{E}{U} - 1 \right) R, \quad (2)$$

считая, что сопротивление R_V мультиметра в режиме вольтметра велико $R_V \gg R, r$. Вывести формулу (2).

Разброс внутренних сопротивлений батареек даже одного класса оказывается весьма значительным. Пример, при $R = 100$ Ом, полученный автором – в таблице.

Батарейка	ЭДС $E, В$	$U,$ В	$r, Ом$ (по формуле (2))	$I_{KЗ}, А$	$r, Ом$ (по формуле (1))
квадратная «Minamoto»	4,76	4,67	1,9	≈ 4	≈ 1
«Космос» (типа «Кроны»)	9,72	8,60	≈ 13	≈ 1	≈ 10
«Energizer» (типа «Кроны»)	8,88	8,75	$\approx 1,5$	$\approx 5,1$	$\approx 1,7$
«Kodak» (типа «Кроны»; батарежка заметно разряженная)	7,08	1,45	≈ 380	$\approx 0,02$	≈ 350

К вычислениям по формуле (1) нужно относиться просто, как к оценкам, т.к. при измерении тока короткого замыкания (в течение очень короткого времени) этот ток непрерывно изменяется (уменьшается): батарейка на глазах разряжается.

2. Экспериментально оцените сопротивление мультиметра, включенного в режиме вольтметра.

Указание, которое делалось учащимся НЕ СРАЗУ: воспользоваться двумя мультиметрами, один из которых включить как омметр (желтый), а другой (черный) как вольтметр, а затем – как амперметр.

Замечание. Кроме нюанса с двумя мультиметрами возник еще один. Работая с мультиметром в безопасных обстоятельствах, руки сами тянутся прижать щупы пальцами рук, например, к полюсам батарейки или к подводящим проводам резисторов, делая контакт контролируемо надежным (предполагается, что резистор не включен в сеть с высоким напряжением). Часто это бывает и безопасно, и не искажает измерений, хотя при этом в цепь включается человеческое тело между двумя руками. В случае измерения сопротивления мультиметра в режиме вольтметра учащиеся, однако, столкнулись со следующей неприятностью. Учащийся пальцами одной руки прижимал друг к другу отрицательные металлические щупы (к ним ведут черные провода), а пальцами другой – положительные щупы (с красными проводами). При этом мультиметр, который был включен в режиме омметра показывал странные колебания сопротивления вокруг примерно 550 кОм; размах колебаний была порядка десятков кОм. Ясно, что сопротивление мультиметра, включенного как вольтметр, не могло «гулять» так сильно. – В чем причина?

Задачи

1. При питании лампочки от элемента с ЭДС $E = 1,5$ В с внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом, сила тока в цепи $J = 0,2$ А. Чему равно сопротивление лампочки? **Ответ:** $E/J - r = 7$ Ом.
2. При питании лампочки от элемента с ЭДС $E = 1,5$ В с внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом, сила тока в цепи $J = 0,2$ А. Найти напряжение на лампочке. **Ответ:** $E - Jr = 1,4$ В.
3. При подключении лампочки к источнику с $E = 4,5$ В напряжение на лампочке $U = 4$ В, а ток в ней $J = 0,25$ А. Каково внутреннее сопротивление источника? **Ответ:** 2 Ом.
4. Гальванический элемент с ЭДС $E = 1,5$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом замкнут накоротко. Определить силу тока короткого замыкания? **Ответ:** $E/r = 3$ А.
5. Сколькими батарейками с ЭДС $E = 1,5$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом, включенными последовательно, нужно питать лампу мощностью $P = 100$ Вт, рассчитанную на напряжение в сети $U = 220$ В, чтобы лампа работала в нормальном режиме? **Решение:** $n = U/(E - Pr/U) \approx 173$. Наивное решение $n = U/E \approx 147$ не верно!