

-1 Изучение источников тока. Приборы и оборудование

Условие

Задача 10-1 Изучение источников тока.

Приборы и оборудование: две батарейки, мультиметр, резистор с известным сопротивлением, переменный резистор, ключ двух полюсный, соединительные провода.

Как известно источники электрического тока характеризуются двумя параметрами – ЭДС ε и внутренним сопротивлением r . В данной работе Вам необходимо разработать методику измерения этих параметров и исследовать законы последовательного и параллельного соединения батареек.

Часть 1. Традиционная.

Для изучения источников электрического тока обычно исследуется их нагрузочная характеристика: зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$. Очевидно, что в этом случае сопротивление цепи должно изменяться.

1.1 Получите формулу, описывающую нагрузочную характеристику электрической батарейки с постоянным внутренним сопротивлением.

Электронный мультиметр лучше всего работает в режиме измерения напряжения (как вольтметр). В этом режиме его сопротивление превышает 1 Мом. Поэтому в данной части используйте мультиметр только как измеритель напряжения.

1.2 Предложите простую схему, позволяющую с помощью одного вольтметра измерять напряжение на внешней цепи и силу тока в ней.

1.3 Измерьте зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$ (нагрузочная характеристика) для плоской батарейки. Постройте график полученной зависимости.

1.4 Используя полученный график, рассчитайте ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

При подключении вольтметра к выводам батарейки, показываемое значение напряжения практически равно ЭДС батарейки. Объясните почему? Также объясните, почему нельзя измерить внутреннее сопротивление батарейки, используя мультиметр в режиме измерения сопротивления (как омметр), напрямую подключая его к выводам батарейки.

1.5 Измерьте прямую ЭДС плоской батарейки.

Если известна ЭДС источника, то для определения его внутреннего сопротивления экспериментально исследуется его нагрузочная характеристика $U(I)$, но строится зависимость величины $(\varepsilon - U)$ от силы тока. Эта зависимость содержит единственный параметр, который легко может быть найден. В дальнейшем используйте именно этот метод определения внутреннего сопротивления и ЭДС.

1.6 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивление второй батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

В последующих частях оценивать погрешности не требуется!

Часть 2. Последовательное соединение батареек.

2.1 Получите формулы для общей ЭДС и общего внутреннего сопротивления двух последовательно соединенных батареек. 2.2 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивление двух последовательно соединенных батареек. Сравните полученные результаты с расчетами по полученным Вами в п. 2.1 формулам.

Часть 3. Параллельное соединение батареек.

При параллельном соединении двух батареек суммарная ЭДС рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_2 + r_1} \quad (1)$$

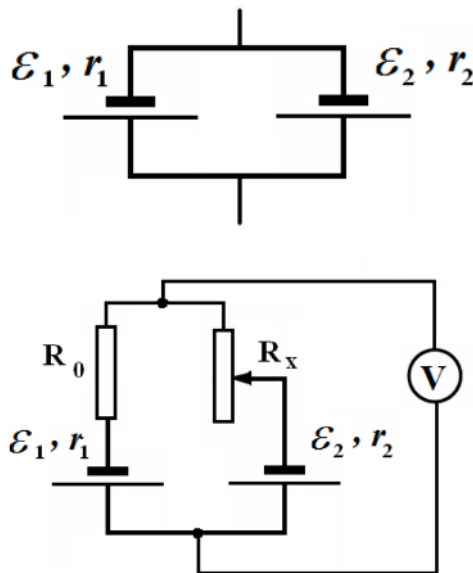
3.1 Докажите формулу (1).

Так как внутренние сопротивления батареек малы, то проверить полученную формулу затруднительно. Поэтому для ее экспериментальной проверки Вам предлагается «увеличить» внутренне сопротивление ваших источников, подключая к ним последовательно резисторы, как показано на схеме. Кроме того, эта схема позволяет изменять «внутреннее» сопротивление. Постоянный резистор подключайте к плоской батарейке.

3.2 Измерьте зависимость ЭДС составного источника, показанного на схеме от сопротивления переменного резистора. Постройте график полученной зависимости.

Сопротивление резистора можете измерять с помощью мультиметра в режиме омметра. Укажите, как Вы проводили эти измерения.

3.3 На этом же бланке приведите график теоретической зависимости, рассчитанной по формуле (1). При расчетах используйте данные, полученные в предыдущих частях работы. Сделайте вывод о применимости (или неприменимости) формулы (1).



Решение

Задача 10-1 Изучение источников тока.

1.1 Из закона Ома для полной цепи следует, что зависимость напряжения на внешней цепи зависит от силы тока по закону

$$U = \varepsilon - Ir \quad (1)$$

1.2 Требуемая схема является традиционной для проведения подобных измерений и показана на рисунке. В положении 1 вольтметр показывает напряжение U_0 на постоянном резисторе $R_0 = 2,0$ Ом, в положении 2 — напряжение U_x на переменном резисторе R_x . Тогда для построения нагрузочной характеристики следует провести расчеты по следующим формулам: Сила тока в цепи: $I = \frac{U_0}{R_0}$; Напряжение на внешнем участке $U = U_0 + U_x$.

1.3 Результаты измерений зависимости напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$ (нагрузочная характеристика) для плоской батарейки приведены в таблице 1. График полученной зависимости показан на рис.1

зависимость
от силы

(1)

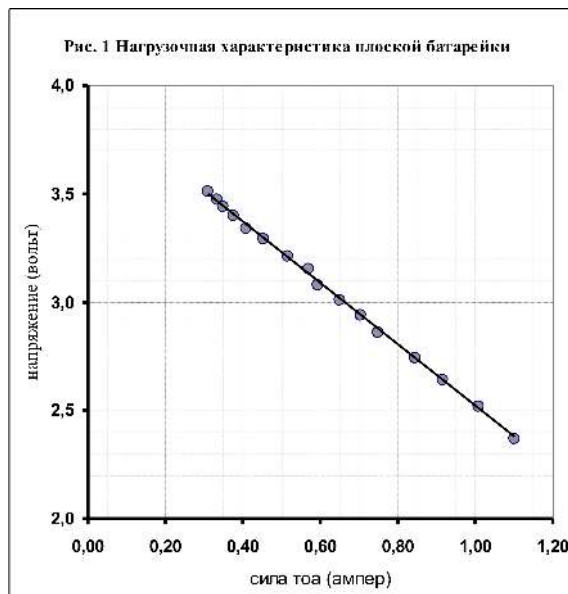
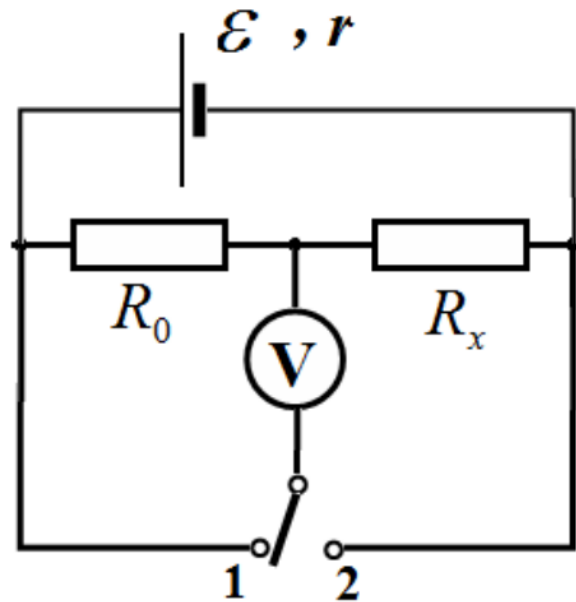
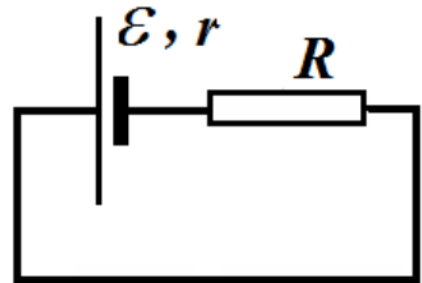


Таблица 1.

U_x	U_o	I_o	U
2,89	0,62	0,31	3,51
2,80	0,67	0,34	3,47
2,74	0,70	0,35	3,44
2,65	0,75	0,38	3,40
2,52	0,82	0,41	3,34
2,38	0,91	0,46	3,29
2,18	1,03	0,52	3,21
2,01	1,14	0,57	3,15
1,89	1,19	0,60	3,08
1,71	1,30	0,65	3,01
1,53	1,41	0,71	2,94
1,36	1,50	0,75	2,86
1,05	1,69	0,85	2,74
0,81	1,83	0,92	2,64
0,50	2,02	1,01	2,52
0,17	2,20	1,10	2,37

1.4 Как следует из формулы (1) коэффициент наклона данной прямой равен внутреннему сопротивлению батарейки, а величина сдвига — ее ЭДС. Расчет по методу наименьших квадратов приводит к следующим значениям этих параметров

$$\begin{aligned}\varepsilon &= (3,94 \pm 0,02) \text{ В} \\ r &= (1,42 \pm 0,02) \text{ Ом}\end{aligned}\tag{2}$$

1.5 Прямое измерение ЭДС плоской батарейки дало значение 4,18 В. Аналогичные измерения проведены для набора двух аккумуляторов. Результаты представлены в Таблице 2 и на графике рис. 2

Рис. 2 Нагрузочная характеристика аккумулятора

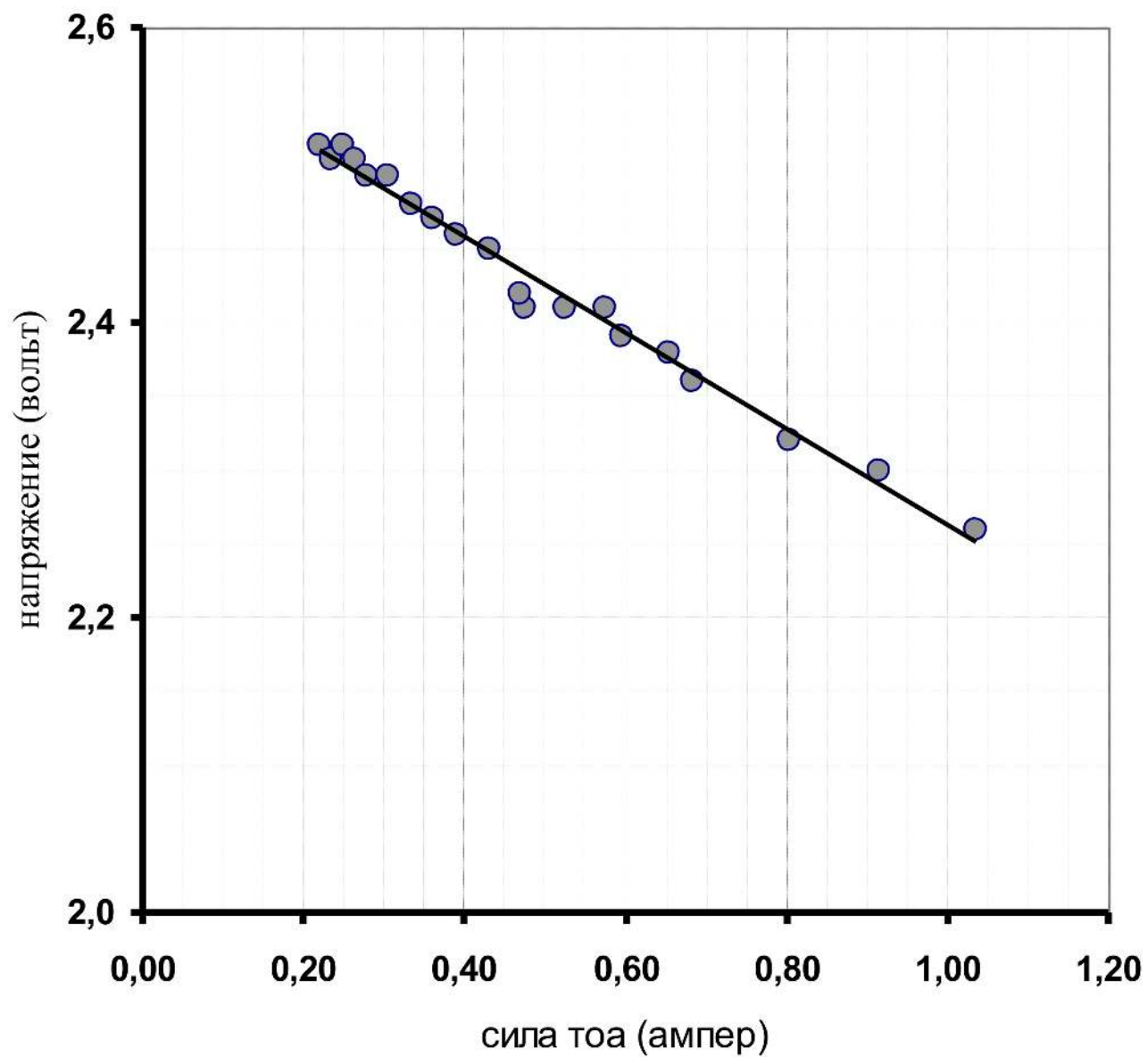


Таблица 2.

U_x	U_o	I_o	U
2,08	0,44	0,22	2,52
2,04	0,47	0,24	2,51
2,02	0,50	0,25	2,52
1,98	0,53	0,27	2,51
1,94	0,56	0,28	2,50
1,89	0,61	0,31	2,50
1,81	0,67	0,34	2,48
1,46	0,95	0,48	2,41
1,75	0,72	0,36	2,47
1,68	0,78	0,39	2,46
1,59	0,86	0,43	2,45
1,48	0,94	0,47	2,42
1,36	1,05	0,53	2,41
1,26	1,15	0,58	2,41
1,20	1,19	0,60	2,39
1,07	1,31	0,66	2,38
0,99	1,37	0,69	2,36
0,71	1,61	0,81	2,32
0,47	1,83	0,92	2,30
0,19	2,07	1,04	2,26

Расчет по МНК характеристик аккумулятора приводит к следующим значениям

$$\begin{aligned}\varepsilon &= (2,59 \pm 0,01) \text{ В} \\ r &= (0,37 \pm 0,02) \text{ Ом}\end{aligned}\tag{3}$$

1.6 Результат прямого измерения ЭДС $-2,57 \text{ В}$.

Часть 2. Последовательное соединение батареек.

2.1 Почти очевидно, что суммарные ЭДС и внутреннее сопротивление последовательно соединенных источников равны сумма соответствующих величин отдельных элементов

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \\ r &= r_1 + r_2\end{aligned}\tag{4}$$

2.2 Аналогичные измерения для последовательно соединенных плоской батареи и аккумулятора приводят к следующим характеристикам

$$\begin{aligned}\varepsilon &= (6,35 \pm 0,15) \text{ В} \\ r &= (1,77 \pm 0,19) \text{ Ом}\end{aligned}\tag{5}$$

Эти результаты подтверждают (в пределах погрешности) справедливость приведенных формул (4). График нагрузочной характеристики составной батареи приведен на рис. 3. Обратите внимание на большой разброс данных и большую погрешность результатов.

Часть 3. Параллельное соединение батареек.

3.1 Приведенная формулы следует из корректного использования правил Кирхгофа.

3.2 Результаты измерений зависимости ЭДС параллельно соединенной батареи от сопротивления переменного резистора приведены в Таблице 3. Отметим, что при измерении сопротивления резистора его следует отключать от источника.

В последней столбце таблицы приведены теоретические значения ЭДС, рассчитанные по формуле.

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1(R_0 + r_2) + \varepsilon_2(R_x + r_1)}{R_0 + r_2 + R_x + r_1}$$

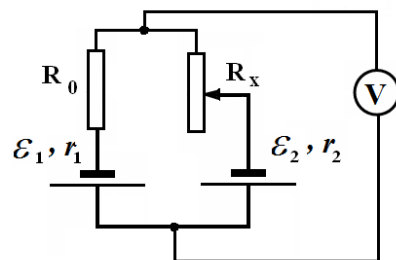
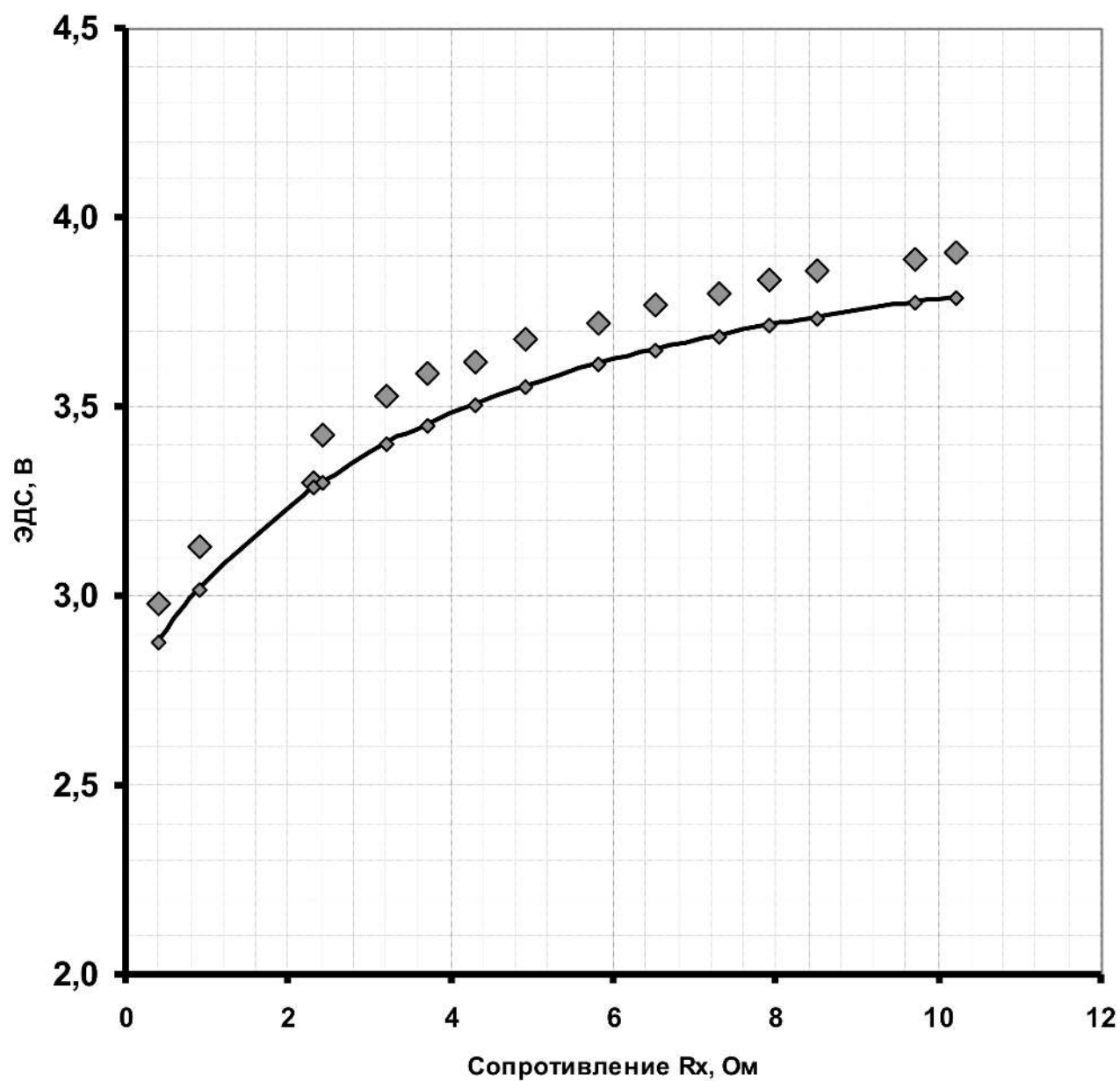


Таблица 3.

U	**R _x **	**теория**
2,98	0,4	2,88
3,13	0,9	3,02
3,30	2,3	3,29
3,43	2,4	3,30
3,53	3,2	3,40
3,59	3,7	3,45
3,62	4,3	3,51
3,68	4,9	3,55
3,72	5,8	3,61
3,77	6,5	3,65
3,80	7,3	3,69
3,84	7,9	3,71
3,86	8,5	3,74
3,89	9,7	3,78
3,91	10,2	3,79

Рис. 3 Зависимость ЭДС от сопротивления



Получено хорошее соответствие между теоретическими и экспериментальными данными. Что подтверждает тот факт, что «физика наука! Точная, но приближенная»