

**2-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ ЖАУТЫКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО
МАТЕМАТИКЕ И ФИЗИКЕ, КАЗАХСТАН, АЛМАТЫ 2006**

Физика, экспериментальный тур

Исследование «черного ящика» (15 баллов)

Приборы и материалы: Цифровой мультиметр (2 шт.), батарея на 4,5 В, переменное сопротивление (делитель напряжения), «черный ящик», соединительные провода, миллиметровая бумага.

В данной работе Вам необходимо определить наиболее простую схему «черного ящика» и найти значения параметров его элементов.

Указание. При выполнении заданий экспериментального тура:

1. Соберите электрические схемы и сделайте необходимые измерения.
2. Занесите в таблицу полученные экспериментальные данные.
3. Постройте графики необходимых зависимостей.
4. Предложите эквивалентную схему «черного ящика» и рассчитайте значения параметров его элементов.
5. Оцените погрешности измерений.

Внимание: Электрическая схема «черного ящика» хрупкая, поэтому следует обращаться с ним осторожно!

Решение

1. Схема электрической цепи для проведения измерения (Рис.1)
2. Данные измерений вольтамперных характеристик «черного ящика» при соединениях 1-2 и 2-1 приведены в таблице 1

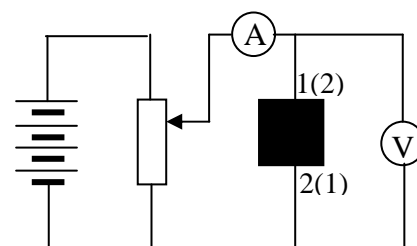


Рис.1

Таблица 1

№	U, В	I ₁ , mA	I ₂ , mA
		Соединение 1-2	Соединение 2-1
1	0,0	0,0	0,0
2	0,2	1,3	1,3
3	0,4	3,1	3,5
4	0,6	5,5	5,5
5	0,8	7,7	7,4
6	1,0	9,6	9,5
7	1,2	11,5	11,5
8	1,4	13,5	13,7
9	1,6	15,5	15,8
10	1,8	17,4	17,6
11	2,0	19,4	19,4
12	2,2	21,4	21,5
13	2,4	23,5	26,2
14	2,6	25,6	34,8
15	2,8	27,1	45,1
16	3,0	29,1	54,1
17	3,2	31,3	65,7
18	3,4	33,1	73,1
19	3,6	35,0	86,4

3 Графики зависимости:

А) Вольтамперная характеристика «черного ящика» при прямом соединении 1-2 (см.рис.1) приведена на рис.2.

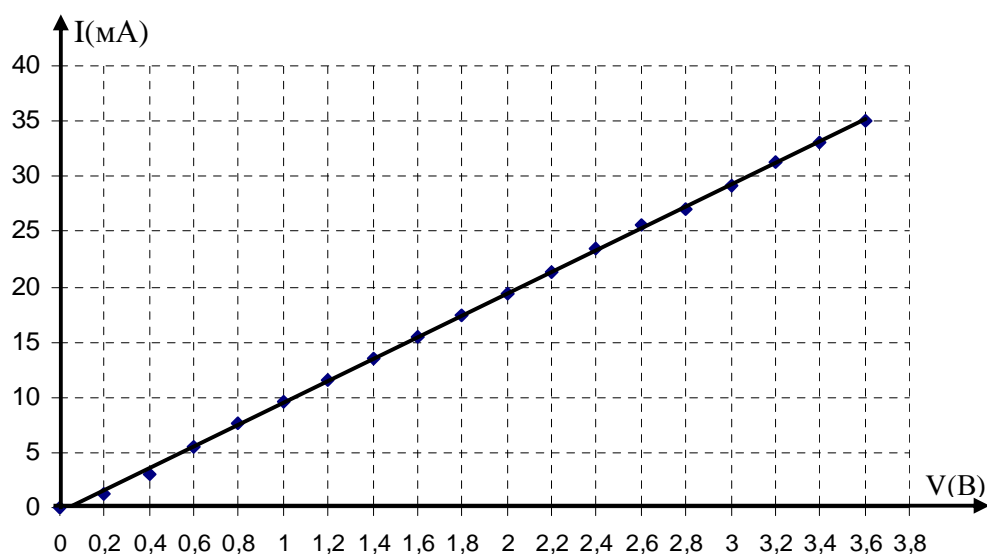


Рис. 2

Прямая приведенная на рисунке получена методом наименьших квадратов и задается уравнением $I = 9,87V - 0,36$. Линейная зависимость данной вольтамперной характеристики указывает на наличие в «черном ящике» постоянного сопротивления, значение которого равно

$$R = \frac{1000}{9,87} = 101 \text{ Ом}$$

Б) Вольтамперная характеристика «черного ящика» при обратном соединении 2-1 (см.рис.1) приведена на рис.3. Прямым соответствуют уравнения $I = 9,97V - 0,41$ и $I = 49,6V - 93,8$

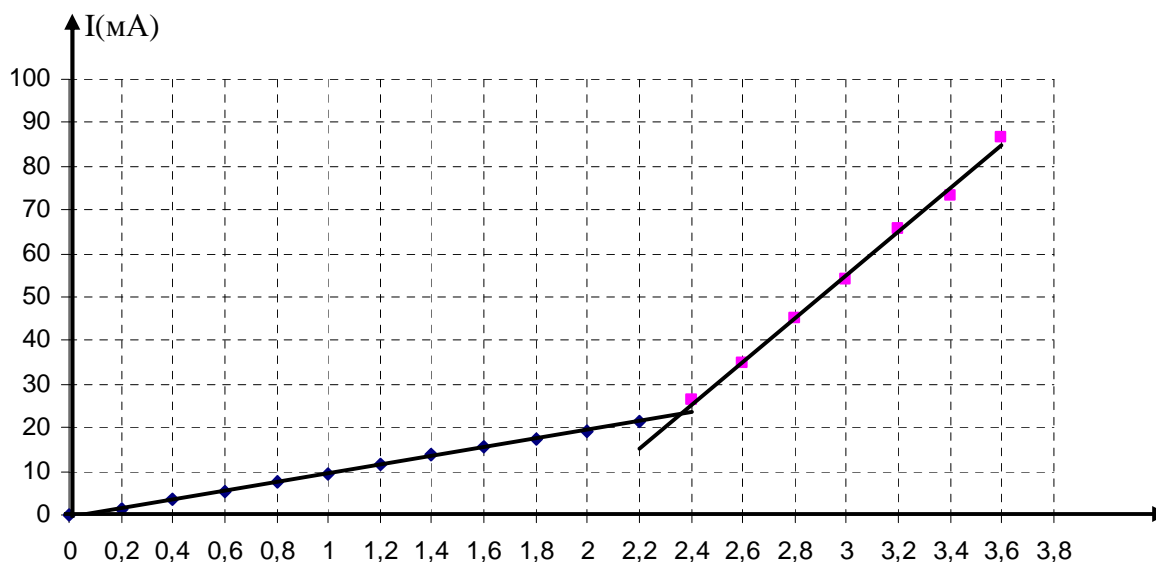


Рис.3

Из рис.3 видно, что линейная зависимость имеет излом при $U = 2,3 \text{ В}$. Отсюда следует, что в «черном ящике» ток в разных направлениях течет по разному. Это возможно при наличии диода в цепи. Разным участкам графика соответствуют сопротивления

$$R_1 = \frac{1000}{9,97} = 100 \text{ Ом}, R_2 = \frac{1000}{49,6} = 20,2 \text{ Ом}$$

Как видно из этих результатов, значение $R_1 \approx R$. Это указывает на то, что диод соединен с сопротивлением параллельно и до значения $U = 2,35 \text{ В}$ еще закрыт. Так как характерные напряжения открытия диодов не больше 1Вб то открытие диода при вышеприведенном значении напряжении указывает на наличие в «черном ящике» батареи последовательно соединенной с диодом. Если принять, что в черном ящике помещена стандартная батарейка с $U_{\text{б}} \approx 1,6 \text{ В}$, то получим, что диод открывается при $U \approx 0,75 \text{ В}$, что является характерным для кремниевых диодов. Значение сопротивления R_2 указывает на наличие в цепи еще одного сопротивления, соединенного последовательно с диодом и батареей.

- 4 Наиболее простая электрическая схема «черного ящика» приведена на рис.4. Значения

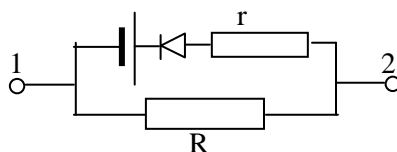


Рис.4

параметров элементов цепи такие: $U_{\text{б}} \approx 1,6 \text{ В}$, $R = 100 \text{ Ом}$, $U_{\text{оп}} \approx 0,75 \text{ В}$,

$$r = \frac{RR_2}{R - R_2} \approx 25 \text{ Ом. Заметим, что } r \text{ является суммой сопротивлений батареи, диода и}$$

дополнительного сопротивления.

Оценка эксперимента:

	баллы			баллы
1	1	Электрическая схема		
2	2	Таблица в пределах 0-3,5В	$N \geq 10$ точек в 1-2 ($N \geq 18$ в 2-1)	2
			$6 \leq N \leq 9$ ($12 \leq N \leq 17$)	1,5
			$N \leq 5$ ($N \leq 11$)	1
3	3	Графики	соединение 1-2	1,5
			соединение 1-2	1,5
4	5	Элементы черного ящика	а) Сопротивление R	1
			б) Сопротивление r	1
			в) Диод	1,5
			г) Батарея	1,5
5	4	Параметры элементов	а) Сопротивление $95 < R < 105 \text{ Ом}$	1
			б) Сопротивление $17 < r < 27 \text{ Ом}$	1,5
			в) Батарея $1,5 < U_{\text{бат}} < 2,3 \text{ В}$	1,5