

**Решение экспериментального тура республиканской олимпиады по физике  
10 класс**

В черном ящике имеется электрическая схема с источником постоянного напряжения (рис. 1). К выводам, показанным на схеме как  $V$ , подключен вольтметр. Если выводы  $R_x$  оставить разомкнутыми, вольтметр показывает падение напряжения  $U_1 = 54\text{В}$ . Если теперь выводы замкнуть накоротко, то вольтметр покажет напряжение  $U_2 = 18\text{В}$ . Источник и вольтметр можно считать идеальными.

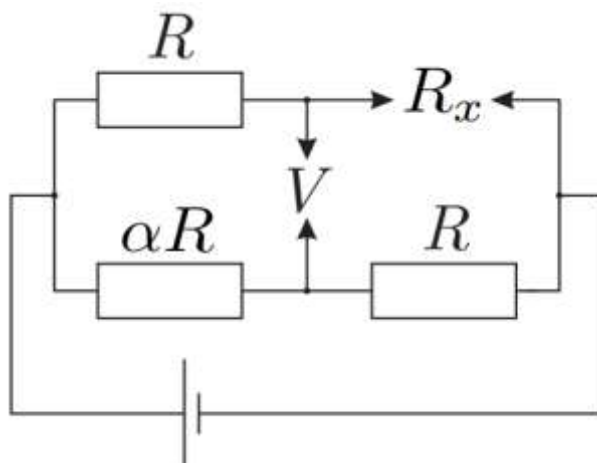


Рисунок 1

1. Определите напряжение на источнике  $U_0$  и коэффициент  $\alpha$ .

Для исследования зависимости  $U(R_x)$  подключаем к мосту  $R_x$  резисторы, по разному соединенные между собой, и записываем показания вольтметра. В результате получаем график  $U(R_x)$  показанный на рисунке 2.

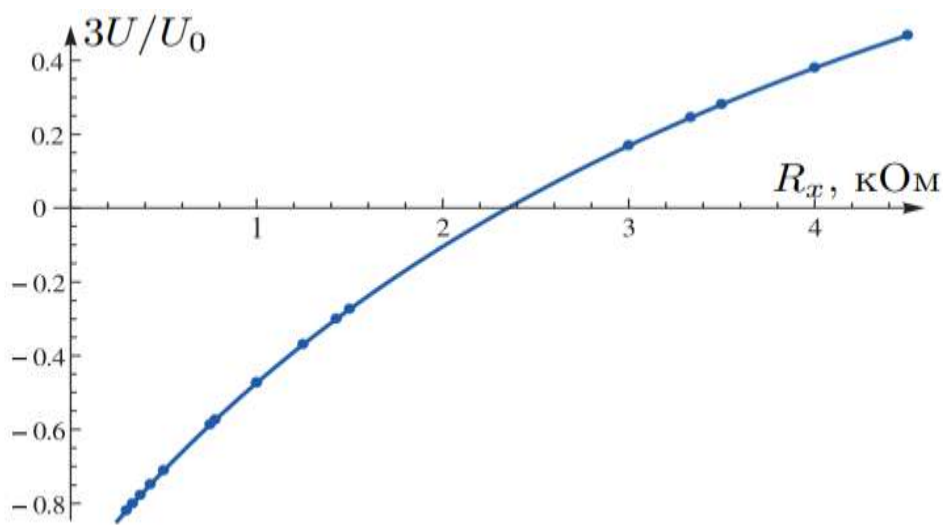


Рисунок 2

2. Постройте график в координатах, в которых зависимость будет линейной.

3. С помощью полученного графика определите сопротивление  $R_{x0}$ , при котором мост оказывается сбалансированным, и сопротивление  $R$  внутри черного ящика.

Оборудование. «Черный ящик», вольтметр, резисторы известного сопротивления 510 Ом, 1 кОм и 3 кОм, зажимы «крокодил».

### Решение:

1. Если выводы черного ящика оставить разомкнутыми, то по нижней ветви течёт ток, а вольтметр показывает падение напряжения  $U_1$  на резисторе  $\alpha R$ .

$$U_1 = \frac{\alpha}{\alpha+1} U_0(1)$$

$$U_2 = \frac{1}{\alpha+1} U_0(2)$$

находим коэффициент  $\alpha = U_1/U_2$  и напряжение  $U_0 = U_2(\alpha + 1)$

2. Для исследования зависимости подключаем резисторы, по разному соединенные между собой. С помощью трех различных резисторов возможно получить 17 различных сопротивлений  $R_x$ . Оказывается, что между 1,5 кОм и 3 кОм нет промежуточных значений (рис. 2). В этой области необходимо провести интерполяцию. Для этого проанализируем зависимость теоретически и перейдём к другим переменным. Напряжение, которое показывает вольтметр при подключении произвольного резистора сопротивления  $R_x$ :

$$U = \frac{U_0}{\alpha+1} - U_0 \frac{R_x}{R+R_x} \quad (3)$$

причем заметим, что первое слагаемое соответствует измеренному ранее напряжению  $U_2$ .

Перепишем выражение (3) в виде:

$$\frac{U_0}{U_2 - U} = \frac{R}{R_x} + 1(4)$$

Построим график зависимости  $U_0/(U_2 - U)$  от  $\frac{1}{R_x}$ , и по угловому коэффициенту наклона графика (рис. 3) определим искомое значение  $R$ . При  $U = 0$  мост сбалансирован, откуда путем интерполяции находим искомое значение  $R_{x0}$

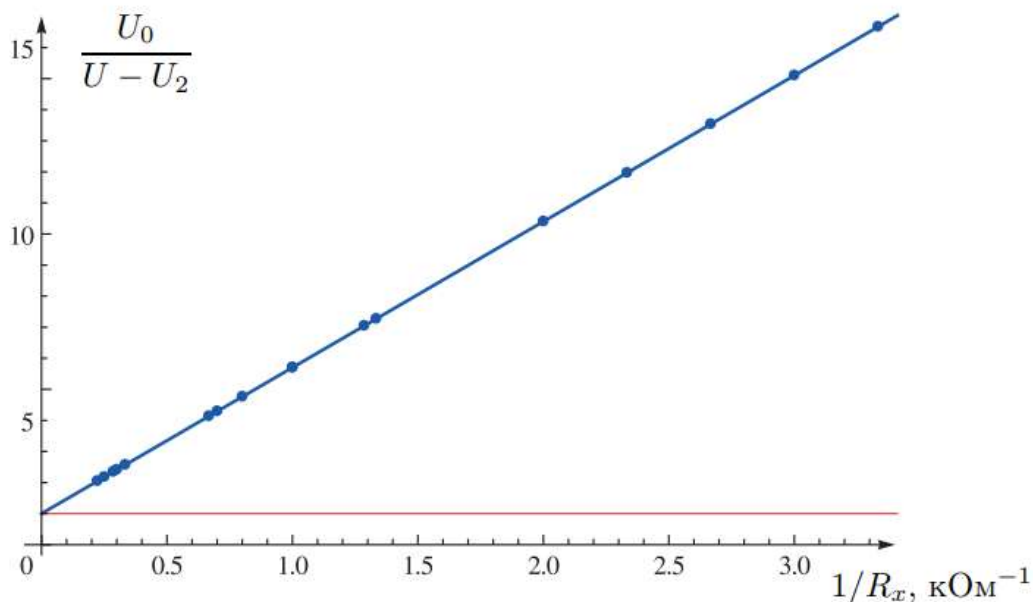


Рисунок 3

Также можно определить  $R$  исходя из того, что сопротивление  $R = \alpha R_{x0}$

3. Найти сопротивление  $R$  можно теоретически при любом  $R_x$ , рассчитав напряжение  $U$  для несбалансированного моста. Для повышения точности рассчитанные  $R$  необходимо усреднить.

Содержание	Баллы
Формула (1) $U_1 = \frac{\alpha}{\alpha+1} U_0$	0,5
Формула (2) $U_2 = \frac{1}{\alpha+1} U_0$	0,5
Нашли значения: $\alpha = U_1/U_2=3$ $U_0 = U_2(\alpha + 1)=72\text{В}$	0,5 0,5
Напряжение вольтметра при произвольном $R_x$ : Формула (3) $U = \frac{U_0}{\alpha+1} - U_0 \frac{R_x}{R+R_x}$	1,0
Подсчитаны все 17 значений $R_x$	1,0
Формула (4) $\frac{U_0}{U_2-U} = \frac{R}{R_x} + 1$ Нарисовали график линейной зависимости:	2,0
Получили значение $R$ по угловому коэффициенту наклона графика.	2,0
Путем интерполяции нашли значение $R_{x0}(U = 0 \text{ мост сбалансирован})$	2,0

Нашли сопротивление $R$ при любом $R_x$ , рассчитав напряжение $U$ для несбалансированного моста.	<b>2,0</b>
Рассчитанные в (7) $R$ были усреднены.	<b>2,0</b>
Имеется расчет погрешности.	<b>1,0</b>
<b>Итого</b>	<b>15,0</b>