

## Работа 3.2.6

### Исследование гальванометра

**Цель работы:** изучение работы высокочувствительного зеркального гальванометра магнитоэлектрической системы в режимах измерения постоянного тока и электрического заряда.

**В работе используются:** зеркальный гальванометр с осветителем и шкалой, источник постоянного напряжения, делитель напряжения, магазин сопротивлений, эталонный конденсатор, вольтметр, переключатель, ключи, линейка.

**Установка.**

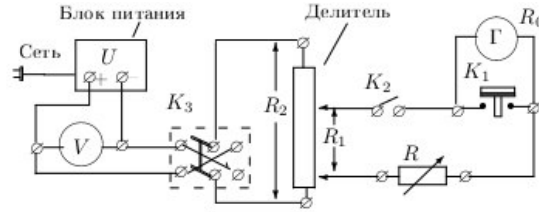


Рис. 1: Схема установки для работы гальванометра в стационарном режиме.

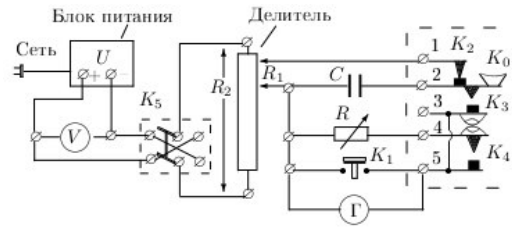


Рис. 2: Схема установки для определения баллистической постоянной.

### Теория.

Сила тока, протекающего через гальванометр в стационарном режиме:

$$I = U_0 \frac{R_1}{R_2} \frac{1}{R + R_0}. \quad (1)$$

Динамическая постоянная:

$$C_I = \frac{I}{\varphi} = \frac{2aI}{x}, \quad \sigma_{C_I} = \sqrt{\left(\frac{I}{x} \sigma_{2a}\right)^2 + \left(2a \sigma_{\frac{I}{x}}\right)^2}. \quad (2)$$

Логарифмический декремент затухания:

$$\Theta = \ln \frac{x_n}{x_{n+1}}, \quad \sigma_{\Theta} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x_n}}{x_n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x_{n+1}}}{x_{n+1}}\right)^2}. \quad (3)$$

Критическое сопротивление ( $X = (R_0 + R)^2$ ,  $Y = 1/\Theta^2$ ):

$$R_{кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta X}{\Delta Y}} - R_0, \quad \sigma_{R_{кр}} = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{\Delta Y}{\Delta X}} \cdot \sigma_{\frac{\Delta X}{\Delta Y}}. \quad (4)$$

Баллистическая постоянная:

$$C_{Q_{кр}} = 2a \frac{R_1}{R_2} \frac{U_0 C}{l_{кр}^{max}} \quad (5)$$

Таблица 1: Зависимость  $I(x)$ .

$x$ , см	$R$ , Ом	$I$ , мкА
23.5	1,200	4.6622
20.6	1,400	4.1071
18.8	1,600	3.6702
17.4	1,800	3.3173
12.5	3,000	2.1037
9.6	4,500	1.4435
7.9	6,000	1.0987
5.3	10,000	0.6712
2.0	30,000	0.2279
1.0	60,000	0.1145

### Обработка результатов.

Рассчитаем ток через гальванометр в стационарном режиме по формуле (1). Построим график  $I(x)$  (таблица 1, рисунок 3). С его помощью найдем динамическую постоянную по формуле (2). Заметим, что погрешность измерения  $R$  и  $R_0$  пренебрежимо мала по сравнению с  $x$ .

$$\frac{I}{x} = (22.8 \pm 0.5) \cdot 10^{-6} \text{ А/м}$$

$$C_I = (0.0501 \pm 0.0016) \frac{\text{А}}{\text{мм/м}}.$$

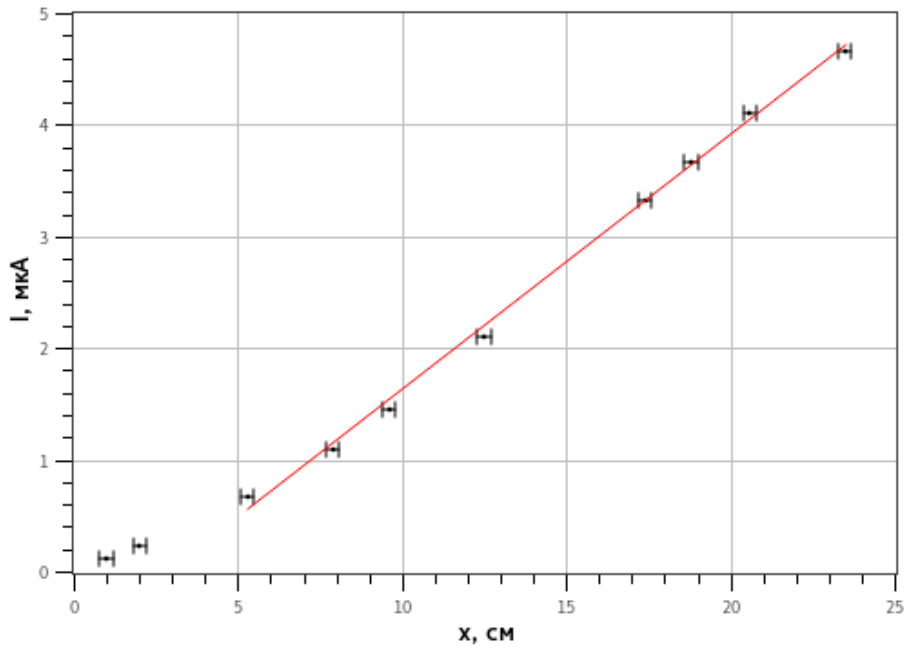


Рис. 3: Зависимость  $I(x)$ .

Рассчитаем логарифмический декремент затухания по формуле (3). Построим график  $1/\Theta^2 = f[(R + R_0)^2]$  (таблица 2, рисунок 4). Рассчитаем погрешность  $1/\Theta^2$  по формуле

$$\sigma_{1/\Theta^2} = \frac{\sigma_\Theta}{\Theta^3}.$$

Погрешность  $R$  и  $R_0$  пренебрежимо мала. С помощью графика рассчитаем критическое сопротивление, пользуясь формулой (4).

$$\frac{\Delta X}{\Delta Y} = 1/\frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad \sigma_{\frac{\Delta X}{\Delta Y}} = \sigma_{\frac{\Delta Y}{\Delta X}} / \left( \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right)^2.$$

Таблица 2: Данные для определения критического сопротивления.

$x_1$ , см	$x_2$ , см	$R$ , Ом	$\Theta$	$\sigma_\Theta$	$1/\Theta^2$	$\sigma_{1/\Theta^2}$	$(R + R_0)^2$ кОм <sup>2</sup>
19.8	2.8	3,180	1.96	0.04	0.261	0.005	11.9716
18.2	3.2	3,710	1.74	0.03	0.331	0.006	15.9201
16.6	3.5	4,240	1.56	0.03	0.413	0.008	20.4304
15.3	3.9	4,770	1.37	0.03	0.53	0.01	25.5025
22.8	4.5	5,300	1.62	0.02	0.38	0.01	31.1364
19.6	7.4	6,360	0.97	0.01	1.05	0.02	44.0896
17.3	7.3	7,420	0.86	0.01	1.34	0.02	59.2900
23.2	11.3	8,480	0.72	0.01	1.93	0.03	76.7376
21.0	10.6	9,540	0.68	0.01	2.14	0.03	96.4324
18.8	10.4	10,600	0.59	0.01	2.85	0.05	118.3744

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} = (0.0194 \pm 0.0007) \text{ кОм}^{-2}$$

$$R_{\text{кр}} = (860 \pm 30) \text{ Ом}$$

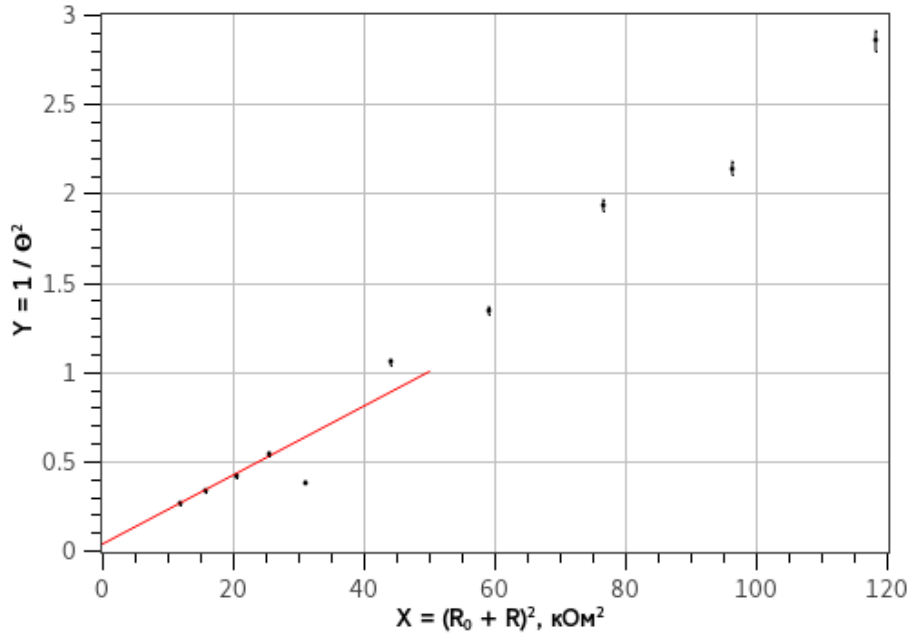


Рис. 4: Зависимость  $1/\Theta^2 [(R_0 + R)^2]$ .

Рассчитаем критическое сопротивление для баллистического режима. Для этого построим график  $l_{\text{max}} [(R + R_0)^{-1}]$  (таблица 3, рисунок 5), учтем, что отклонение зайчика в критическом режиме в  $e$  раз меньше, чем в режиме без затухания. Отклонение в режиме без затухания  $l_{\text{max}}^0 = (23.6 \pm 0.1)$  см, значит в критическом режиме  $l_{\text{max}}^{\text{кр}} = (8.68 \pm 0.04)$  см. Коэффициент наклона графика  $k = (-19.5 \pm 0.6)$  см · кОм.

$$R_{\text{кр}} = \frac{k}{l_{\text{max}}^{\text{кр}} - l_{\text{max}}^0} - R_0,$$

$$R_{\text{кр}} = (1020 \pm 30) \text{ Ом}$$

Значения, полученные подбором, в стационарном и баллистическом режиме совпадают. Рассчитаем баллистическую постоянную по формуле (5):

$$C_{Q_{\text{кр}}} = (0.0100 \pm 0.0003) \frac{\text{К}}{\text{мм/М}}.$$

Время релаксации  $t = R_0 C = 560 \text{ мкс} \ll T = 5 \text{ с}$

Таблица 3: Зависимость  $l_{max} [(R + R_0)^{-1}]$ .

$l_{max}$ , см	$R$ , Ом	$(R + R_0)^{-1}$ кОм $^{-1}$
23.4	50,000	0.020
20.3	5,000	0.167
15.8	2,000	0.333
11.9	900	0.526
9.5	500	0.667
7.2	200	0.833
6.2	100	0.909
6.1	70	0.935
5.9	40	0.962

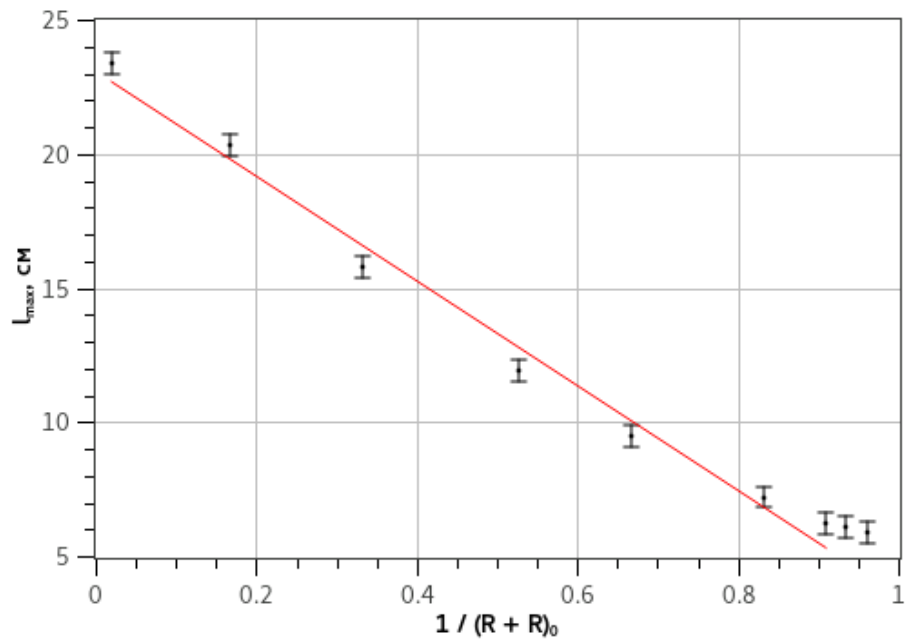


Рис. 5: Зависимость  $l_{max} [(R + R_0)^{-1}]$ .