

ГУАП


КАФЕДРА № 3

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

105

ассистент

должность, уч. степень, звание

 22.11.24

подпись, дата

М. Д. Рассыхаева
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА

по курсу:

ФИЗИКА

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ гр. №

4326

 22.11.24

подпись, дата

Г. С. Томчук
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2024

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ
Лабораторная работа №1
Определение емкости конденсатора

Студент группы № 4326
№ группы

Тончук Т.С.
Фамилия, инициалы

Преподаватель каф. № 3
№ кафедры

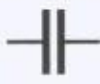
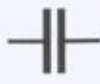

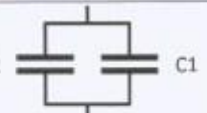
Россыжаева И.В.
Фамилия, инициалы

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность $\theta_x = \frac{KX_{\max}}{100}$
Вольтметр	M33	20 В	0,5 В	1,0	0,2 В
Баллистический гальванометр	M35	50	1	1,5	0,45

Результаты измерений

$U = 12$ В, $C_0 = 4700$ пФ

	n_0 , ДЕЛ. ШК.	n_1 , ДЕЛ. ШК.	n_2 , ДЕЛ. ШК.	n_3 , ДЕЛ. ШК.	n_4 , ДЕЛ. ШК.
	$C_0=4700$ пФ	 C1	 C2	 C1 C2	 C2 C1
1.	40	12	27	8	39
2.	41	13	26	8	39
3.	38	13	28	7	38
4.	40	13	26	8	39
5.	39	14	24	7	39
	$\bar{n}_0 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{0i} = 39,6$	$\bar{n}_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{1i} = 12,4$	$\bar{n}_2 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{2i} = 26,8$	$\bar{n}_3 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{3i} = 8$	$\bar{n}_4 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{4i} = 38,8$

Дата « 8 » февраля 2024 г.

Тончук Т.С.
Подпись студента

Россыжаева И.В.
Подпись преподавателя

1. Цель работы: определить электроёмкость конденсатора с помощью баллистического гальванометра.
2. Описание лабораторной установки

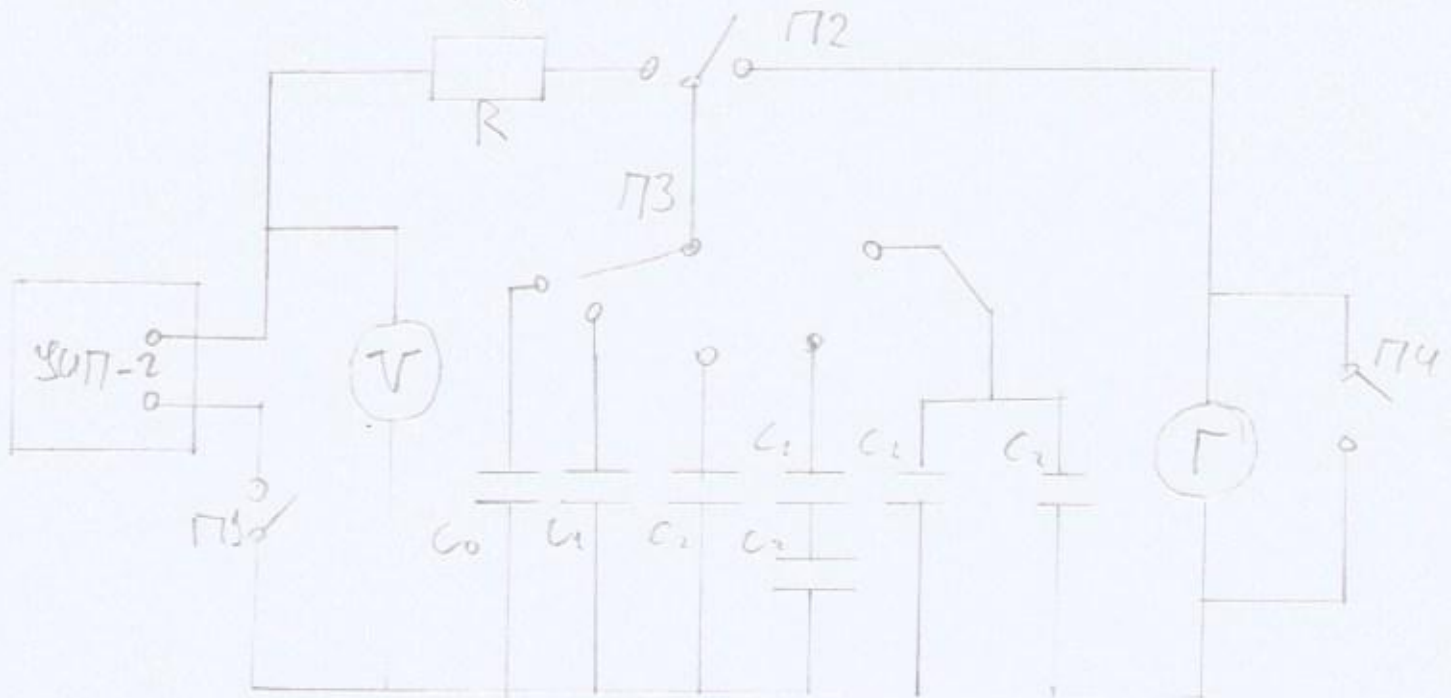


Рис. 1

Ключ $\Pi 1$ — подключение к источнику питания;
 $\Pi 2$ — переключ. конденсаторов в режим зарядки и разрядки;
 $\Pi 3$ — попеременное подключение конденсаторов C_0, C_1, C_2 , а также C_3 и C_4 (последовательно и параллельно соединённые C_1 и C_2);
 $\Pi 4$ — быстрое успокоение рамки гальванометра.

Таблица 1 — Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел изм.	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Вольтметр	МВЗ	20 В	0,5 В	1,0	0,2 В
Баллистич. гальванометр	МВ5	50	1	1,5	0,45

3. Работные формулы

$$n_{\text{ср.}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}{N}, \quad (1)$$

где $n_{\text{ср.}}$ — сред. знач. отклонения баллистич. гальва-метра, N — кол-во измерений, n_i — знач. отклонения.

$$K = \frac{C_0 \cdot U}{n_0}, \quad (2)$$

где K — постоянная гальвометра, C_0 — ёмкость конденсатора, U — напряжение на выходе осм. пикажа, n_0 — знач. макс. отклонения.

$$C = \frac{C_0 \cdot n}{n_0}, \quad (3)$$

где C — ёмкость конденсатора, n_0 — знач. макс. отклонения конденсатора известной ёмкости.

$$C = C_1 + C_2, \quad (4)$$

где C — ёмкость при паралл. соединении.

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \quad (5)$$

где C — ёмкость при послед. соединении.

$$C = \frac{K n}{U}, \quad (6)$$

где C — ёмкость неизвестного конденсатора.

4. Результаты измерений и вычислений

Таблица 2

	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4
	$C_0 = 4700 \text{ нФ}$				
1	40	12	27	8	38
2	41	13	26	8	39
3	38	13	28	9	38
4	40	13	26	8	39
5	39	11	27	7	39
	$\pi = 39.6$	$\pi_1 = 12.4$	$\pi_2 = 26.8$	$\pi_3 = 8$	$\pi_4 = 38.8$

$$U = 12 \text{ В}, C_0 = 4700 \text{ нФ}$$

Таблица 3

$K, \text{нКл/ген}$	$C_1, \text{нФ}$	$C_2, \text{нФ}$	$C_{\text{сумм}}, \text{нФ}$	$C_{\text{звир}}, \text{нФ}$	$C_{\text{нзвм}}, \text{нФ}$	$C_{\text{нзвн}}, \text{нФ}$
1424,24	1471,72	3180,81	343,43	1006,18	4605,05	4652,53

5. Примеры вычислений

По ф-ле (1): $n_{cp} = \frac{40 + 41 + 38 + 40 + 39}{5} = 39,6$

По ф-ле (2): $K = \frac{4700 \cdot 12}{39,6} \approx 1424,24 \text{ нКл/ген}$

По ф-ле (3): $C_1 = \frac{4700 \cdot 12,4}{39,6} \approx 1471,72 \text{ нФ}$

По ф-ле (4): $C_{\text{нзвн}} = 1471,72 + 3180,81 = 4652,53 \text{ нФ}$

По ф-ле (5): $C_{\text{звир}} = \frac{1471,72 \cdot 3180,81}{1471,72 + 3180,81} \approx 1006,18 \text{ нФ}$

По ф-ле (6): $C_2 = \frac{1424,24 \cdot 12,4}{12} \approx 1471,71 \text{ нФ}$

6. Вычисление погрешностей

6.1. Случайные погрешности

Сред. квадратичная погрешность отдельного измерения:

$$S_{n0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (n_{0i} - n_{cp})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(40-39,6)^2 + (41-39,6)^2 + (38-39,6)^2 + (40-39,6)^2 + (39-39,6)^2}{5-1}} \approx 1,14,$$

$$S_{n1} \approx 0,89; S_{n2} \approx 0,84; S_{n3} \approx 0,71; S_{n4} \approx 0,45.$$

Сред. квадратич. отклонение:

$$S_{n0cp} = \frac{S_{n0}}{\sqrt{N}} = \frac{1,14}{\sqrt{5}} \approx 0,51.$$

$$S_{n1cp} \approx 0,4; S_{n2cp} \approx 0,38; S_{n3cp} \approx 0,37; S_{n4cp} \approx 0,2.$$

6.2. Систематические погрешности.

$$\theta_n = \frac{K \cdot U_{\max}}{100} = \frac{1 \cdot 20}{100} = 0,2 \text{ В}.$$

$$\theta_n = \frac{K \cdot n_{max}}{100} = \frac{1,5 \cdot 50}{100} = 0,75.$$

$$\theta_{c1} = C_1 \left(\frac{\theta_n}{n_1} + \frac{\theta_n}{n_0} \right) = 1471,72 \left(\frac{0,75}{12,4} + \frac{0,75}{38,6} \right) \approx 116,89 \text{ нФ}$$

$$\theta_{c2} = 3280,81 \left(\frac{0,75}{26,8} + \frac{0,75}{38,6} \right) \approx 148,26 \text{ нФ}$$

$$\theta_{c3_{avg}} = 848,48 \left(\frac{0,75}{8} + \frac{0,75}{38,6} \right) \approx 107 \text{ нФ}$$

$$\theta_{c4_{avg}} = 4605,05 \left(\frac{0,75}{38,8} + \frac{0,75}{38,6} \right) \approx 176,23 \text{ нФ}$$

$$\theta_{c3_{var}} = \frac{\theta_{c2}^2}{(\theta_{c1} + \theta_{c2})^2} \cdot \theta_{c1} + \frac{\theta_{c1}^2}{(\theta_{c1} + \theta_{c2})^2} \cdot \theta_{c2} =$$

$$= \frac{148,26^2}{(116,89 + 148,26)^2} \cdot 116,89 + \frac{116,89^2}{(116,89 + 148,26)^2} \cdot 148,26 \approx$$

$$\approx 65,55 \text{ нФ}$$

$$\theta_{c4_{var}} = \theta_{c1} + \theta_{c2} = 116,89 + 148,26 = 266,15 \text{ нФ}$$

6.3. Точная погрешность.

$$\Delta C = \frac{C_0}{n_0} \cdot \Delta n_0 + \frac{C_0 n_0}{n_0^2} \cdot \Delta n; \quad \Delta n = \theta_n + k \delta n_i;$$

$$\Delta K = \frac{C_0}{n_0} \cdot \theta_n + \frac{C_0 n_0}{n_0^2} \cdot \Delta n_0.$$

$$1) \Delta n_0 = 0,75 + 5 \cdot 0,51 = 3,3$$

$$\Delta n_1 = 2,75$$

$$\Delta n_2 = 2,65$$

$$\Delta n_3 = 2,35$$

$$\Delta n_4 = 1,75.$$

$$2) \Delta C_1 = \frac{4700}{38,6} \cdot 3,3 + \frac{4700 \cdot 12,4}{38,6^2} \cdot 2,75 \approx 493,87 \text{ нФ}$$

$$\Delta C_2 \approx 604,52 \text{ нФ}$$

$$\Delta C_3 \approx 448,01 \text{ нФ}$$

$$\Delta C_4 \approx 595,17 \text{ нФ}$$

$$3) \Delta K = \frac{4700}{39,6} \cdot 0,2 + \frac{4700 - 12}{39,6^2} \cdot 3,3 \approx 142,42 \frac{nK_n}{\text{ген.}}$$

7. Выводы

- Определить ёмкости конденсаторов с помощью балансного гальванометра:

$$C_1 = (1471,72 \pm 483,84) \text{ нФ}$$

$$C_2 = (3180,81 \pm 604,52) \text{ нФ}$$

$$C_{3\text{изм.}} = (349,48 \pm 448,01) \text{ нФ} \quad C_{3\text{выч.}} = (1006,18 \pm 65,55) \text{ нФ}$$

$$C_{4\text{изм.}} = (4605,05 \pm 595,14) \text{ нФ} \quad C_{4\text{выч.}} = (4652,53 \pm 266,15) \text{ нФ.}$$

Измеренные и вычисленные значения ёмкостей конденсаторов, соединённых последовательно и параллельно, с учётом погрешностей совпадают, что подтверждает справедливость теоретич. формул.

- Определить гальваническую постоянную гальванометра:

$$K = (1424,24 \pm 142,42) \frac{nK_n}{\text{ген.}}$$