



Александр Громов



Электромагнетизм



Главная Мои курсы Этот курс

Скрыть блоки

Мои курсы > Физика для технических факультетов > Лабораторный практикум > Электромагнетизм > 3.12V > Тест по работе 3.12V

## Тест по работе 3.12V

Разрешено попыток: 5

Ограничение по времени: 15 мин.

Метод оценивания: Высшая оценка

### Результаты ваших предыдущих попыток

Попытка	Состояние	Оценка / 10,00	Просмотр
1	Завершённые Отправлено Среда, 20 Май 2020, 10:54	8,67	Не разрешается

Высшая оценка: 8,67 / 10,00.

Группа P3122

К работе допущен \_\_\_\_\_

Студент Громов А.С.

Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Крылов В. А.

Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.12

### Опыт Милликена

#### 1. Цель работы.

- Исследование движения заряженных капель в электрическом и гравитационном полях.
- Определение величины элементарного заряда.

Дата и время измерений:  
20.05.2020 18:00

#### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Измерение скоростей движения капель масла при различных напряжениях и направлениях электрического поля.
- Определение радиуса и заряда капель.

#### 3. Объект исследования.

Микроскопические капли масла, впрыскиваемые в электрическое поле конденсатора

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Изучение влияния модуля напряжения на скорость капель, вычисляя таким образом заряд капли, и определение кратности заряда элементарному.

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$\vec{F}_{mg} + \vec{F}_v + \vec{F}_A + \vec{F}_E = \vec{0}$$

$$v_1 = \frac{1}{6\pi\eta r} \left( qE + \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_0 - \rho)g \right)$$

$$v_2 = \frac{1}{6\pi\eta r} \left( qE - \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_0 - \rho)g \right)$$

$$C_r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_0 - \rho)g}} \quad r = C_r \sqrt{v_1 - v_2}$$

$$C_q = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{\eta^3}{(\rho_0 - \rho)g}} \quad q = \frac{C_q(v_1 + v_2)\sqrt{v_1 - v_2}}{U}$$

$g$	$9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Плотность масла, $\rho_0$	$875.3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Плотность воздуха, $\rho$	$1.29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Вязкость воздуха, $\eta$	$1.81 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$
Расстояние между обкладками конденсатора, $d$	6 мм

## 6. Измерительные приборы.

Измерительные приборы

№	Наименование	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Погрешность, $\Delta_{\text{и}}$
1	Разметка микроскопа	$S=149.24 \cdot 10^{-5} \text{ м}$	$\Delta_y = 5.33 \cdot 10^{-5} \text{ м}$	-	$2,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}$
2	Секундомер	-	0.01 с	-	0.005 с

## 7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

Принципиальная схема эксперимента – схема 1.

Схема прибора – схема 2.

Схема установки – схема 3.

## 8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Таблица 1

№	U, В	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$v_1, \frac{\text{МКМ}}{\text{с}}$	$v_2, \frac{\text{МКМ}}{\text{с}}$	r, нм	$q, 10^{-19} \text{ Кл}$	n	$e, 10^{-19} \text{ Кл}$
1	150	3,56	3,88	299,44	274,74	342,49	13,42	8	1,68
2	200	6,1	6,79	174,75	157,00	290,43	4,93	3	1,64
3	200	5,22	7,16	204,21	148,88	512,66	9,26	6	1,54
4	200	4,78	6,99	223,01	152,50	578,71	11,12	7	1,59
5	150	5,65	7,72	188,67	138,08	490,19	10,93	7	1,56
6	100	8,97	9,76	118,84	109,22	213,75	4,99	3	1,66
7	100	9,01	10,64	118,31	100,19	293,41	6,56	4	1,64
8	150	7,42	11,17	143,67	95,43	478,63	7,81	5	1,56
9	200	5,08	6,71	209,84	158,87	492,06	9,28	6	1,55
10	250	5,08	10,48	209,84	101,72	716,64	9,14	6	1,52
11	200	3,67	4,03	290,46	264,52	351,06	9,97	6	1,66
12	180	5,09	5,91	209,43	180,37	371,51	8,23	5	1,65
13	195	3,99	4,74	267,17	224,89	448,10	11,57	7	1,65
14	200	5,35	7,92	199,25	134,60	554,17	9,47	6	1,58
15	200	5,03	6,76	211,93	157,69	507,55	9,60	6	1,60
16	145	7,21	10,04	147,85	106,18	444,91	7,98	5	1,60
17	180	5,17	7,78	206,19	137,02	573,19	11,19	7	1,60
18	150	5,14	6,43	207,39	165,79	444,55	11,32	7	1,62
19	150	6,28	7,08	169,75	150,56	301,83	6,60	4	1,65
20	100	10,42	20,93	102,30	50,93	493,97	7,75	5	1,55

$$v_1 = \frac{S}{t_1} = \frac{20 \cdot 5,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{3,56 \text{ с}} = 299,44 \frac{\text{МКМ}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{S}{t_2} = \frac{20 \cdot 5,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{3,88 \text{ с}} = 274,74 \frac{\text{МКМ}}{\text{с}}$$

$$r = C_r \sqrt{v_1 - v_2} = 6.892 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{10^{-6} \cdot (299,44 - 274,74)} = 342,49 \text{ нм}$$

$$q = \frac{C_q(v_1 + v_2) \sqrt{v_1 - v_2}}{U} = \frac{7.054 \cdot 10^{-11} \cdot (299,44 + 274,74) \cdot \sqrt{299,44 - 274,74} \cdot 10^{-9}}{150} = 13,42 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$e = \frac{q}{n} = \frac{13,42 \cdot 10^{-19}}{8} = 1.68 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

**9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).**

$$C_r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_0 - \rho)g}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{1.81 \cdot 10^{-5}}{(875.3 - 1.29) \cdot 9.81}} = 6.892 \cdot 10^{-5} \text{ (м} \cdot \text{с)}^{\frac{1}{2}}$$

$$C_q = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{\eta^3}{(\rho_0 - \rho)g}} = \frac{9}{2} \cdot 3.14 \cdot 0.006 \sqrt{\frac{(1.81 \cdot 10^{-5})^3}{(875.3 - 1.29) \cdot 9.81}} = 7.054 \cdot 10^{-11} \text{ кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\langle e \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N e_i}{N} = \frac{1.68+1.64+1.54+1.59+1.56+1.66+1.64+1.56+1.55+1.52+1.66+1.65+1.65+1.58+1.6+1.6+1.6+1.62+1.65+1.55}{20} \cdot 10^{-19} = 1.605 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

**10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).**

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (e_i - \langle e \rangle)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0.0052^2 + 0.0015^2 + 0.0037^2 + 0.00027^2 + 0.002^2 + 0.0034^2 + 0.00125^2 + 0.0019^2 + 0.0033^2 + 0.0067^2 + 0.0032^2 + 0.00175^2 + 0.002^2 + 0.00073^2 + 0.00002^2 + 0.00009^2 + 0.00005^2 + 0.00015^2 + 0.002^2 + 0.003^2}{20 \cdot 19}} \cdot 10^{-19} = 0.011 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\Delta_{\langle e \rangle} = t_{\alpha, N} \cdot \sigma_e = 2.09 \cdot 0.012 \cdot 10^{-19} = 0.022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\Delta_e = \sqrt{\Delta_{\langle e \rangle}^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta_{\text{и}}\right)^2} = \Delta_{\langle e \rangle} = 0.022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\Delta_e}{\langle e \rangle} = \frac{0.022}{1.605} = 0.014$$

**11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).**

График 1-график  $\{r_i, q_i\}$ , изображающий значения радиусов и зарядов капель в виде набора точек

**12. Окончательные результаты.**

$$r \in [214; 717] \text{ нм}$$

$$q \in [4.93; 13.42] \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$e = (1.605 \pm 0.022) \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad \varepsilon_e = 0.014 \quad \alpha = 0.95$$

**13. Выводы и анализ результатов работы.**

1. Путём измерения скорости движения капель и напряжённости электростатического поля конденсатора были найдены пары радиусов и зарядов капель;
2. Заряды капель оказались приблизительно кратными одному числу, что доказывает тот факт, что заряды квантуются;
3. Было найдено само это число – элементарный заряд - и его доверительный интервал, в который входит справочное значение элементарного заряда:  
 $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \in (1.605 \pm 0.022) \cdot 10^{-19} \text{ Кл},$   
 следовательно, можно считать измерения достоверными.

## Приложение 1

Стенд представляет собой поле зрения микроскопа с линейной шкалой для определения длины пути, проходимого каплями. Цена деления шкалы (расстояние между ближайшими горизонтальными штрихами) равна  $\Delta y = 5,33 \cdot 10^{-5}$  м. При нажатии кнопки «РАСПЫЛИТЬ» происходит впрыскивание мелких капель масла в поле зрения микроскопа. Перемещение капель в отсутствии внешнего электрического поля происходит в поле зрения микроскопа снизу вверх

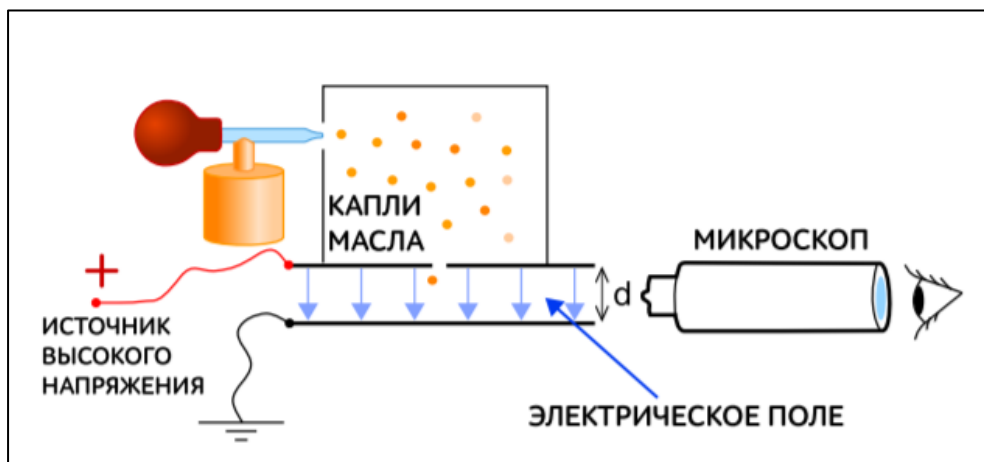


Схема 1.

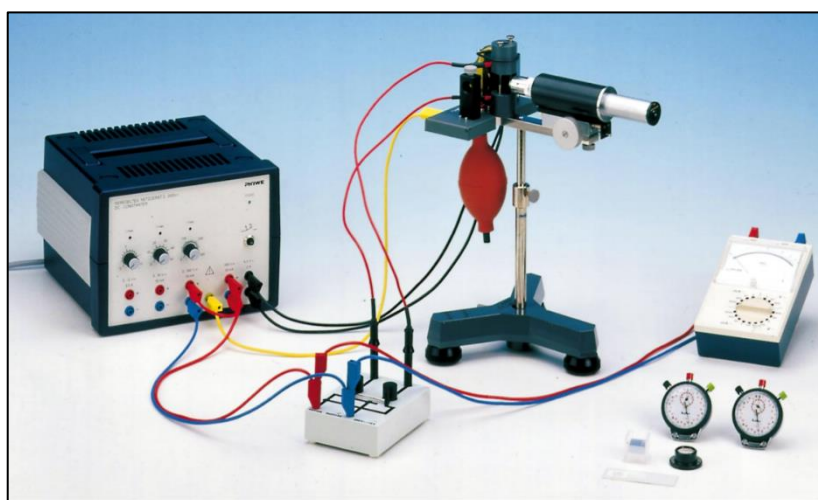


Схема 2.

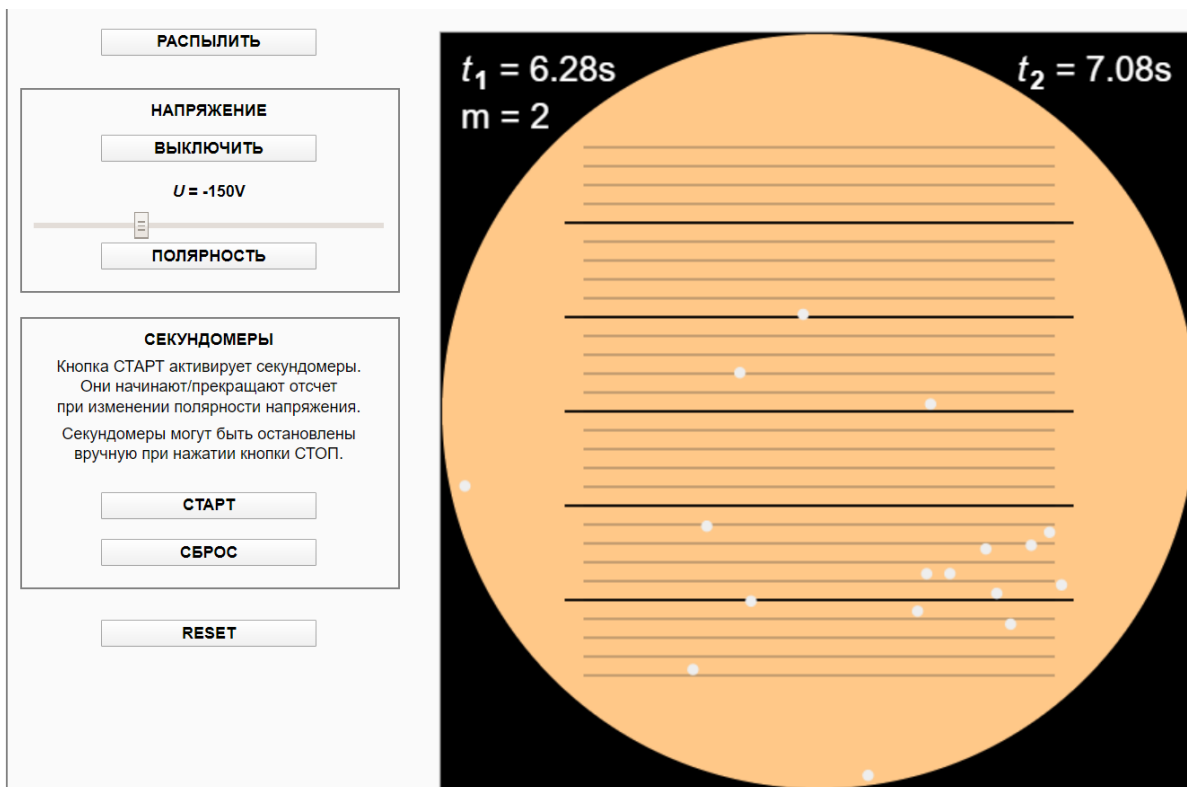


Схема 3.

