



Группа Р3114 К работе допущен 23.02.21

Студент Нуруллаев Даниил Работа выполнена 25.02.21

Преподаватель Афанасьева Т.В. Отчет принят _____

Время проведения измерений: 24.02.2021 19:15 (Виртуально)

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.12V Опыт Милликена

1. Цель работы.

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

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.

Электрическая сила, действующая на каплю со стороны электрического поля конденсатора

4. Метод экспериментального исследования.

Измерение времени прохождения выбранной заряженной капли масла одинакового расстояния в электрическом поле при разном направлении действия силы. Повторение не менее 20 раз этих измерений для разных капель при разном напряжении.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$\Delta y = 5,33 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot 20 = 106,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ – расстояние, проходимое капелькой масла

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

$\rho_o = 875,3 \text{ кг/м}^3$ - плотность масла

$\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха

$\eta = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$ - вязкость воздуха

$d = 6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ - расстояние между обкладками конденсатора

$N = 20$ – количество измерений

$e_{\text{табл}} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – величина элементарного заряда

Формула нахождения коэффициента, который нужен для нахождения радиуса капельки масла:

$$Cr = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_o - \rho)g}} \quad (1)$$

Формула нахождения коэффициента, который нужен для нахождения заряда капельки масла:

$$Cq = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{\eta^3}{(\rho_o - \rho)g}} \quad (2)$$

Формула нахождения радиуса капельки масла:

$$r = Cr \sqrt{v_1^2 - v_2^2} \quad (3)$$

Формула нахождения заряда капельки масла:

$$q = Cq \frac{(v_1+v_2)\sqrt{v_1-v_2}}{U} \quad (4)$$

Формула нахождения элементарного заряда:

$$ei = \frac{qi}{ni} \quad (5)$$

Формула нахождения среднего арифметического N чисел:

$$\langle e \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N ei \quad (6)$$

Формула нахождения среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma e = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=0}^N (ei - \langle e \rangle)^2} \quad (7)$$

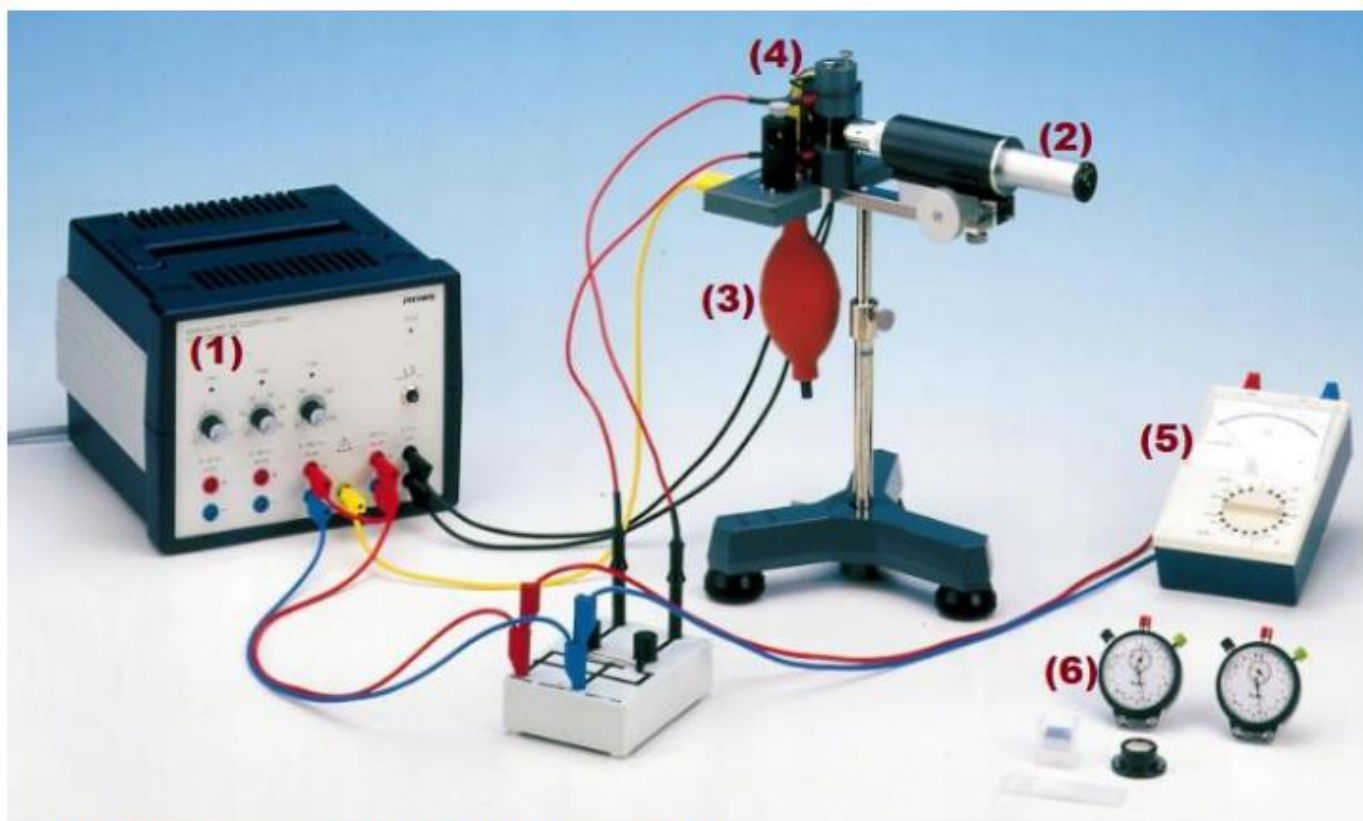
Формула нахождения относительного отклонения теоретического значения элементарного заряда от табличного:

$$\sigma e_{\text{теор}} = \frac{e_{\text{табл}} - e_{\text{теор}}}{e_{\text{табл}}} * 100\% \quad (8)$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Цифровой счетчик	Виртуальный секундомер	0 – 60 с	0,1 мс
2	Генератор постоянного электрического тока	Виртуальный генератор	100 В - 300 В	1 В

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



- 1) Генератор постоянного электрического тока
- 2) Микроскоп
- 3) Распылитель капелек масла
- 4) Две металлические заряженные пластинки, между которыми движутся капельки масла
- 5) Регулятор напряжения
- 6) Пара секундомеров

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

Согласно инструкции, проведу 20 измерений и заполню таблицу 1.

Найду коэффициенты C_r и C_q по формулам 1 и 2:

$$C_r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_o - \rho)g}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{1,81 \cdot 10^{-5}}{(875,3 - 1,29) \cdot 9,81}} = 6,89 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^{0,5} \cdot \text{с}^{0,5} \text{)}$$

$$C_q = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{\eta^3}{(\rho_o - \rho)g}} = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{(1,81 \cdot 10^{-5})^3}{(875,3 - 1,29) \cdot 9,81}} = 7,05 \cdot 10^{-11} \text{ (кг} \cdot \text{м}^{0,5} \cdot \text{с}^{-0,5} \text{)}$$

С помощью значений найденных констант вычислите радиусы и заряды всех капель по формулам 3, 4 и 5 и дозаполню таблицу 1:

№	U,В	t1,c	t2,c	v1	v2	r	q,10 ⁻¹⁹ Кл	n	e,10 ⁻¹⁹ Кл
1	129	9,82	15,48	0,000109	0,0000689	4,3	6,1	4	1,53
2	141	8,02	13,75	0,000133	0,0000775	5,1	7,8	5	1,57
3	196	4,77	5,57	0,000223	0,000191	3,9	8,5	5	1,69
4	290	6,05	8,07	0,000176	0,000132	4,6	5	3	1,66
5	190	2,9	3,03	0,000368	0,000352	2,7	10,6	7	1,51
6	218	5,06	16,6	0,000211	0,0000642	8,3	10,8	7	1,54
7	214	5,55	16,69	0,000192	0,0000639	7,8	9,5	6	1,59
8	204	4,39	4,92	0,000243	0,000217	3,5	8,1	5	1,62
9	173	3,64	3,79	0,000293	0,000281	2,3	8	5	1,59
10	190	4,21	4,72	0,000253	0,000226	3,6	9,3	6	1,55
11	232	5,03	8,13	0,000212	0,000131	6,2	9,4	6	1,56
12	200	4,14	5,13	0,000257	0,000208	4,9	11,6	7	1,65
13	206	8,37	9,34	0,000127	0,000114	2,5	3	2	1,5
14	198	3,81	3,96	0,00028	0,000269	2,2	6,4	4	1,59
15	175	5,54	7,19	0,000192	0,000148	4,6	9,1	6	1,52
16	274	15,36	38,37	0,0000694	0,0000278	4,4	1,6	1	1,61
17	204	5,23	10,98	0,000204	0,0000971	7,1	10,7	7	1,53
18	165	4,45	5,7	0,00024	0,000187	5	13,2	8	1,65
19	165	4,61	5,18	0,000231	0,000206	3,5	9,4	6	1,57
20	109	7,75	17,44	0,000138	0,0000611	6	11,2	7	1,6

Таблица 1. Результаты прямых измерений времени движения капель масла при разном напряжении, результаты обработки этих данных: скорости капель, радиусы капель, заряды капель и теоретические элементарные заряды для каждой капли.

Теперь можно вычислить среднее значение теоретического элементарного заряда по формуле 6:

$$\langle e \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N ei = 1,58 * 10^{-19} \text{ (Кл)}$$

Вычислю погрешность измерений теоретического элементарного заряда по формуле 7:

$$\sigma e = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=0}^N (ei - \langle e \rangle)^2} = 0,012 * 10^{-19} \text{ (Кл)}$$

Доверительный интервал для найденного теоретического значения элементарного заряда:

$$e = (1,58 \pm 0,01) \text{ Кл}$$

Для вывода рассчитаю относительное отклонение теоретического значения элементарного электрического заряда от табличного по формуле 8:

$$\sigma e_{\text{теор}} = \frac{e_{\text{табл}} - e_{\text{теор}}}{e_{\text{табл}}} * 100\% = \frac{1,6 - 1,58}{1,6} * 100\% = 1,25\%$$

9. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

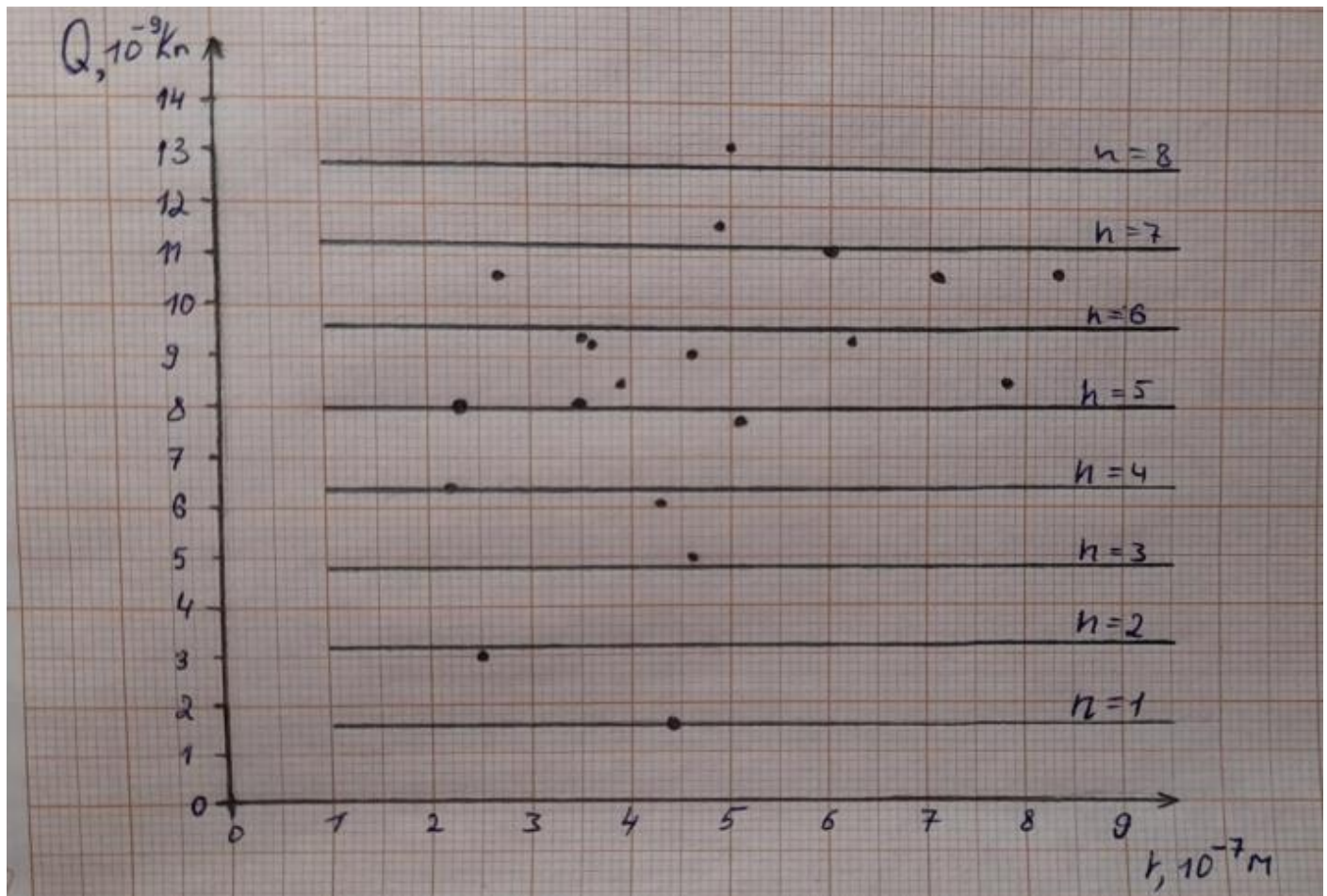


График 1. Зависимость заряда капли от её радиуса, а также пронумерованные горизонтальные линии количества заряда капель.

10. Выводы и анализ результатов работы.

К глубокому сожалению, табличное значение величины элементарного электрического заряда не совпало с теоретическим, более того, оно также не попало в найденный доверительный интервал. Но при этом найденное значение крайне близко к табличному и даже относительное отклонение теоретического значения от табличного равно 1,25%. Поэтому я считаю опыт успешным, я смог изучить движение электрически заряженных частиц, а также определить значение элементарного электрического заряда.