

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.3.3

Опыт Милликена

Б03-102

Куланов Александр

Долгопрудный, 2022 г.

- **Цель работы:** измерение элементарного заряда
- **В работе используются:** плоский конденсатор в защитном кожухе, измерительный микроскоп, электростатический вольтметр, секундомер, переключатель напряжений, пульверизатор с маслом

1 Теоретические сведения

Если элементарный заряд существует, то все заряды будут ему кратны. В опыте будут измеряться заряды капелек масла, несущих несколько элементарных зарядов.

Для измерения заряда будем исследовать движение капелек в электрическом поле. Уравнение движения капли при свободном падении

$$m \frac{dv}{dt} = mg - F_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где m – масса капли, v – её скорость, $F_{\text{тр}} = 6\pi\eta r v = kv$ – сила вязкого трения, r – радиус капли, η – коэффициент вязкости воздуха. Отсюда получаем

$$v = \frac{mg}{k} (1 - e^{-kt/m}). \quad (2)$$

Скорость установится на

$$v_{\text{уст}} = \frac{mg}{k} = \frac{2}{9} \frac{\rho}{\eta} g r^2,$$

где ρ – плотность масла. Установление этой скорости происходит с постоянной

$$\tau = \frac{m}{k} = \frac{2}{9} \frac{\rho}{\eta} r^2$$

Обозначая h путь капли, пройденный за t_0 , получаем формулу для её радиуса:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta h}{2\rho g t_0}}. \quad (3)$$

В случае движения в электрическом поле конденсатора с разностью потенциалов V и расстоянием l между пластинами получаем уравнение движения

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{qV}{l} - mg - kv, \quad (4)$$

Новое слагаемое не влияет на τ , новая установившаяся скорость

$$v'_{\text{уст}} = \frac{qV/l - mg}{k}.$$

Если t – время подъёма на высоту h , то можно получить формулу заряда капли:

$$\begin{aligned} \frac{qV}{kl} - v_{\text{уст}} &= v'_{\text{уст}} = \frac{h}{t}; \\ k &= 6\pi\eta r = 6\pi\eta \sqrt{\frac{9\eta h}{2\rho g t_0}}; \\ \Rightarrow q &= 9\pi \sqrt{\frac{2\eta^3 h^3}{g\rho}} \cdot \frac{l(t_0 + t)}{V t_0^{3/2} t} \end{aligned}$$

2 Экспериментальная установка

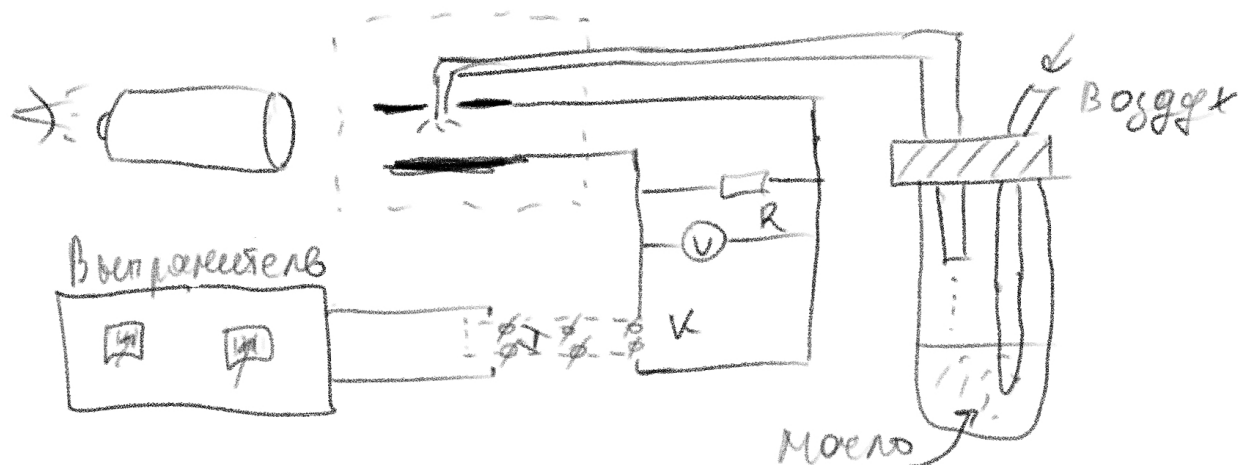


Рис. 1: Схема установки

Схема представлена на рисунке 1. Масло разбрызгивается пульверизатором, попадает на конденсатор C через небольшое отверстие, приобретая заряд за счёт трения о воздух. Напряжение подаётся с выпрямителя и измеряется вольтметром V . Ключ K позволяет менять направление поля конденсатора. При замыкании конденсатор разряжается в $R \approx 10$ МОм. Для наблюдения за каплями установлен микроскоп, в фокальной плоскости окуляра которого виден ряд горизонтальных линий с предварительно определённым расстоянием между ними. Время движения капель замеряется электронным секундомером.

3 Обработка результатов

4 Приложение