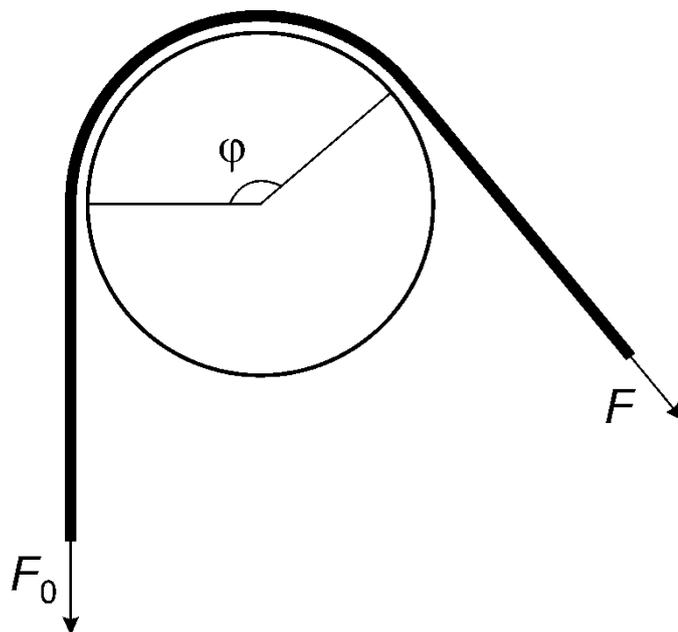


## 10 класс

### Задание 1.

Нить с подвешенным на ней грузом охватывает горизонтальный стержень. Измерьте зависимость силы, которую необходимо приложить к противоположному концу нити для удержания груза, от угла намотки для различных грузов (удобно использовать в качестве шага угла намотки  $90^\circ$ , в этом случае можно не пользоваться транспортиром). Определите по этим данным коэффициент трения нити о стержень.

*Оборудование:* штатив с закрепленным стержнем, набор грузов (гайки массами 110 г, 195 г, 375 г), динамометр, нить (~ 50 см), миллиметровая бумага.



*Подсказка.* Если к одному концу нити, намотанной на стержень, приложена сила  $F_0$ , то, чтобы удержать нить, достаточно приложить к другому концу силу  $F = F_0 e^{-\mu\varphi}$ , где  $\mu$  – коэффициент трения,  $\varphi$  – угол намотки.

*Решение.*

Измеряют с помощью динамометра зависимость минимальной удерживающей силы  $F$  от угла  $\varphi$  охвата стержня нитью. (Угол удобно изменять на  $\pi/2$ .) Данные могут быть получены для грузов массой 100, 200, 300, 400 г.

График  $F(\varphi)$  показывает, что зависимость  $F(\varphi)$  нелинейная, похожа на экспоненту с отрицательным показателем степени. Для проверки последней гипотезы строим график зависимости  $\ln(mg/F)$  от угла  $\varphi$ . Получается линейная зависимость, причем графики для всех грузов хорошо накладываются один на другой, что свидетельствует о постоянстве показателя степени. Следовательно, можно записать:  $\ln(mg/F) = \mu\varphi = \mu\pi n$ , где  $\mu$  – неизвестный коэффициент пропорциональности;  $n = 1/2, 1, 3/2, 2, 5/2, 3$  и т.д.

Из линейного экспериментального графика находим  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  – угол наклона графика к оси абсцисс.

(20 баллов)

*Примерные критерии оценивания:*

1. Проведены измерения зависимостей силы натяжения от угла намотки для каждого из грузов:
  - 3 и менее значений угла – 2 балла;

- 4–6 значений угла – 4 балла;
- 7 и более значений угла – 5 баллов;
- 2. Построены графики зависимостей  $F(\varphi)$  – 2 балла;
- 3. Определен коэффициент трения:
  - по углу наклона построенных зависимостей  $\ln(mg/F)$  от угла  $\varphi$  – 10 баллов
  - путем подбора соответствующего показателя степени экспоненты – 6 баллов;
- 4. Проведена оценка погрешностей измерений – 3 балла.

### **Задание 2.**

Определите емкость конденсатора.

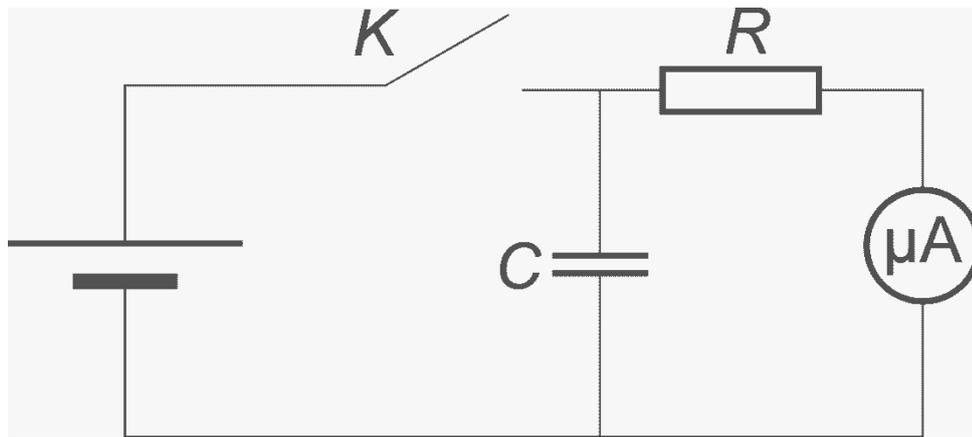
*Оборудование:* источник тока (батарейка), конденсатор неизвестной емкости, резистор с известным сопротивлением (указывается организаторами), микроамперметр (мультиметр), провода соединительные (6 штук), часы (секундомер), бумага миллиметровая (для построения графиков).

*Рекомендации организаторам.*

Резистор может иметь сопротивление в диапазоне 100 кОм – 240 кОм. В качестве источника тока применяется батарейка типа «Крона» (9 В), рекомендуется предусмотреть возможность осуществления ее подключения к цепи. Конденсатор должен иметь емкость не менее 4700 мкФ. На конденсаторе указывается его емкость, поэтому эту надпись следует заклеить. Для измерения тока применяется мультиметр. Рекомендуется предварительно ознакомить учащихся с правилами использования мультиметра, и указать, что он может применяться только для измерения силы тока.

*Решение.*

Собираем цепь по рисунку. Замкнув ключ, заряжаем конденсатор до какой-то разности потенциалов. Разомкнув ключ, отмечаем значения силы тока разрядки конденсатора с некоторым интервалом времени (10 с. или менее). Данные заносим в таблицу. По данным строится график зависимости  $I=f(t)$ .



Емкость конденсатора  $C = \Delta q / \Delta U$ , где  $\Delta q$  — заряд, прошедший через резистор за время  $\Delta t$ . Величина этого заряда определится как площадь криволинейной трапеции, расположенной под графиком  $I = f(t)$ .  $\Delta U = i_1 R - i_2 R$  — изменение напряжения на обкладках конденсатора за это же время, а  $i_1, i_2$  — значения силы тока в начале и в конце этого промежутка времени.

Второй вариант решения состоит в том, что мы знаем, что разряд конденсатора через постоянное сопротивление происходит по закону:

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}.$$

Прологарифмируем выражение и получим:

$$\ln \frac{i_0}{i} = \frac{1}{RC} t.$$

Значит, логарифм отношения токов линейно зависит от времени, график этой зависимости представляет собой прямую линию, а  $1/RC$  — угловой коэффициент получившейся прямой  $1/RC = \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  — угол наклона графика к оси абсцисс. Отсюда можно определить емкость конденсатора.

(20 баллов)

*Примерные критерии оценивания:*

1. Описана идея определения емкости конденсатора по зависимости тока разрядки от времени — 5 баллов;
2. Проведены измерения тока разрядки от времени:
  - 3 и менее измерений — 2 балла;
  - 4–6 измерений — 4 балла;
  - 7 и более измерений — 5 баллов;
3. Построен график зависимости  $I = f(t)$  — 1 балл;
4. Определена емкость конденсатора:
  - по первому варианту решения — 5 баллов;
  - по второму варианту решения — 9 баллов