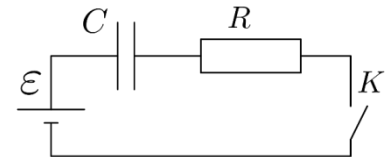


**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2023-2024 учебный год**  
**11 класс**

1. **Дырявый барометр.** Закрытая с одного конца трубка ртутного барометра имеет площадь внутреннего сечения  $S = 1 \text{ см}^2$  и выступает над поверхностью ртути на  $L = 1 \text{ м}$ . Уровень ртути в трубке установился выше уровня ртути в открытой части барометра на  $h = 750 \text{ мм}$ , а остальная часть трубки пуста. Температура в лаборатории  $T = 27^\circ\text{C}$ . В результате случайного удара по трубке (выше уровня ртути) в ней образовалась микротрещина, через которую начал поступать воздух со скоростью  $\mu = 10^{16}$  молекул в секунду. С какой скоростью  $v$  начал опускаться уровень ртути в трубке сразу после удара? Плотность ртути  $\rho = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ , ускорение свободного падения  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

2. **Заряженный конденсатор.** В цепи, схема которой изображена на рисунке, известна ЭДС  $\mathcal{E}$  идеальной батареи, ёмкость конденсатора  $C$ , обе пластины которого имеют начальный положительный заряд  $q_0$  ( $q_0 < \mathcal{E}C$ ), и сопротивление резистора  $R$ . В начальный момент ключ  $K$  разомкнут. Затем его замыкают. Определите:

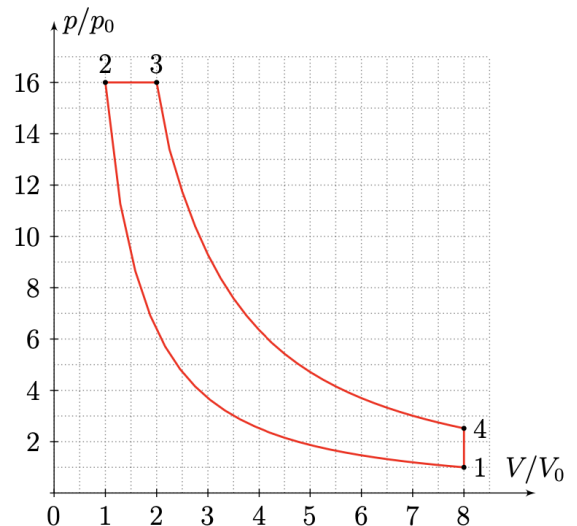


- силу тока  $I_0$  в цепи сразу после замыкания ключа  $K$ ;
- силу тока  $I_1$ , идущего через источник в момент, когда пластины конденсатора начнут притягиваться друг к другу.

3. **Дизель.** Идеальный цикл, который предложил **Вин** Рудольф Дизель, состоит из четырёх процессов:

- 1-2 адиабатное сжатие рабочего тела;
- 2-3 изобарный подвод теплоты к рабочему телу;
- 3-4 адиабатное расширение рабочего тела;
- 4-1 изохорное охлаждение рабочего тела.

Под «рабочим телом» для упрощения будем понимать идеальный газ. Используя относительные величины давления и объёма ( $p_0$  и  $V_0$  считать известными) на графике и, приняв количество вещества рабочего тела за  $\nu$ , ответьте на следующие вопросы:



- Какова минимальная температура  $T_{min}$  газа за весь цикл?
- Чему равна работа газа  $A$  за цикл? Давление в точке 4 считайте известным и равным  $p_4 = 2,5p_0$ . Здесь и в следующем пункте считайте число  $i$  степеней свободы газа известным.
- Найдите КПД  $\eta$  такого цикла.

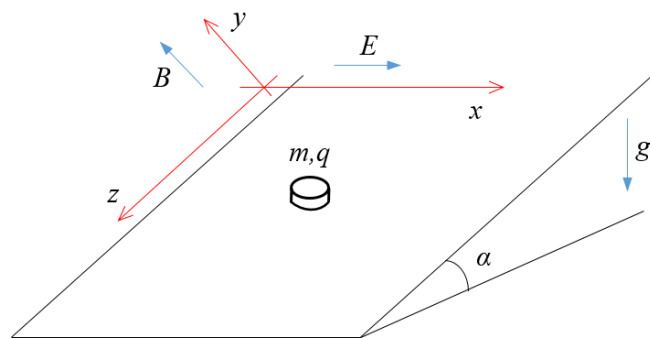
Для описания зависимости давления газа от его объёма на адиабатных участках графика можно использовать уравнение Пуассона:

$$pV^\gamma = \text{const},$$

где  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$  — показатель адиабаты ( $c_p, c_v$  — молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и при постоянном объёме соответственно).

- Теперь, считая  $i$  неизвестным, найдите численное значение  $\gamma$ .
- Чему равно  $i$ ?

4. **По наклонной.** На протяжённой наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  удерживают небольшой диск массой  $m$  и с зарядом  $q$  ( $q > 0$ ). Коэффициент трения между диском и наклонной плоскостью  $\mu$ . Напряженность  $E$  однородного электрического поля направлена по параллельной плоскости горизонтальной оси  $Ox$ , индукция  $B$  однородного магнитного поля направлена по оси  $Oy$ , перпендикулярной наклонной плоскости (см. рисунок). Диск отпускают. В момент сразу после того как диск отпустили, определите:



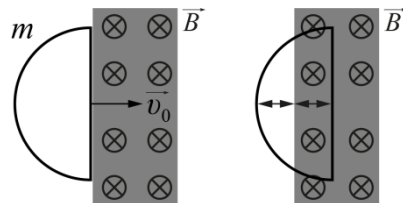
- силу нормальной реакции опоры  $N$ ;
  - угол  $\beta$  между осью  $Oz$  и направлением силы трения;
  - при каком минимальном значении коэффициента трения  $\mu_{\min}$  диск не начнёт двигаться;
- В предположении, что  $\mu < \mu_{\min}$ , в момент сразу после того как диск отпустили, определите:
- силу трения  $F_{\text{тр}}$ ;
  - начальное ускорение  $a_0$ ;

В предположении, что  $\mu < \mu_{\min}$ , в установившемся режиме при движении с постоянной скоростью определите:

- скорость установившегося движения  $v_{\text{уст}}$ ;
- работу  $A_M$ , которую совершают магнитные силы за время  $\tau$ ;
- количество теплоты  $Q$ , которое выделяется в системе за время  $\tau$ .

Ускорение свободного падения  $g$ . Ось  $Oz$  параллельна плоскости и перпендикулярна оси  $Ox$ .

5. **Много Пи.** Из проволоки массой  $m$ , длиной  $l$  и сопротивлением  $R$  изготовили контур в виде половины окружности с диаметром. В начальный момент времени, контуру сообщили скорость  $v_0$ , вектор которой перпендикулярен диаметру и лежит в плоскости контура (см. рис.). В процессе движения проволочная конструкция заехала в область однородного магнитного поля с индукцией  $B_0$ , вектор которой перпендикулярен плоскости контура, а начальная скорость  $v_0$  перпендикулярна границе магнитного поля. Через некоторое время контур остановился, заехав в поле на половину радиуса. Определите:



- начальную кинетическую энергию контура  $W_0$ ;
- ускорение контура  $a_0$  в момент пересечения диаметром границы области с магнитным полем;
- количество теплоты  $Q$ , выделившееся в контуре к моменту остановки;
- заряд  $q$ , прошедший по контуру за время движения.

Действием гравитационных сил пренебречь.