

№ 1

Дано:

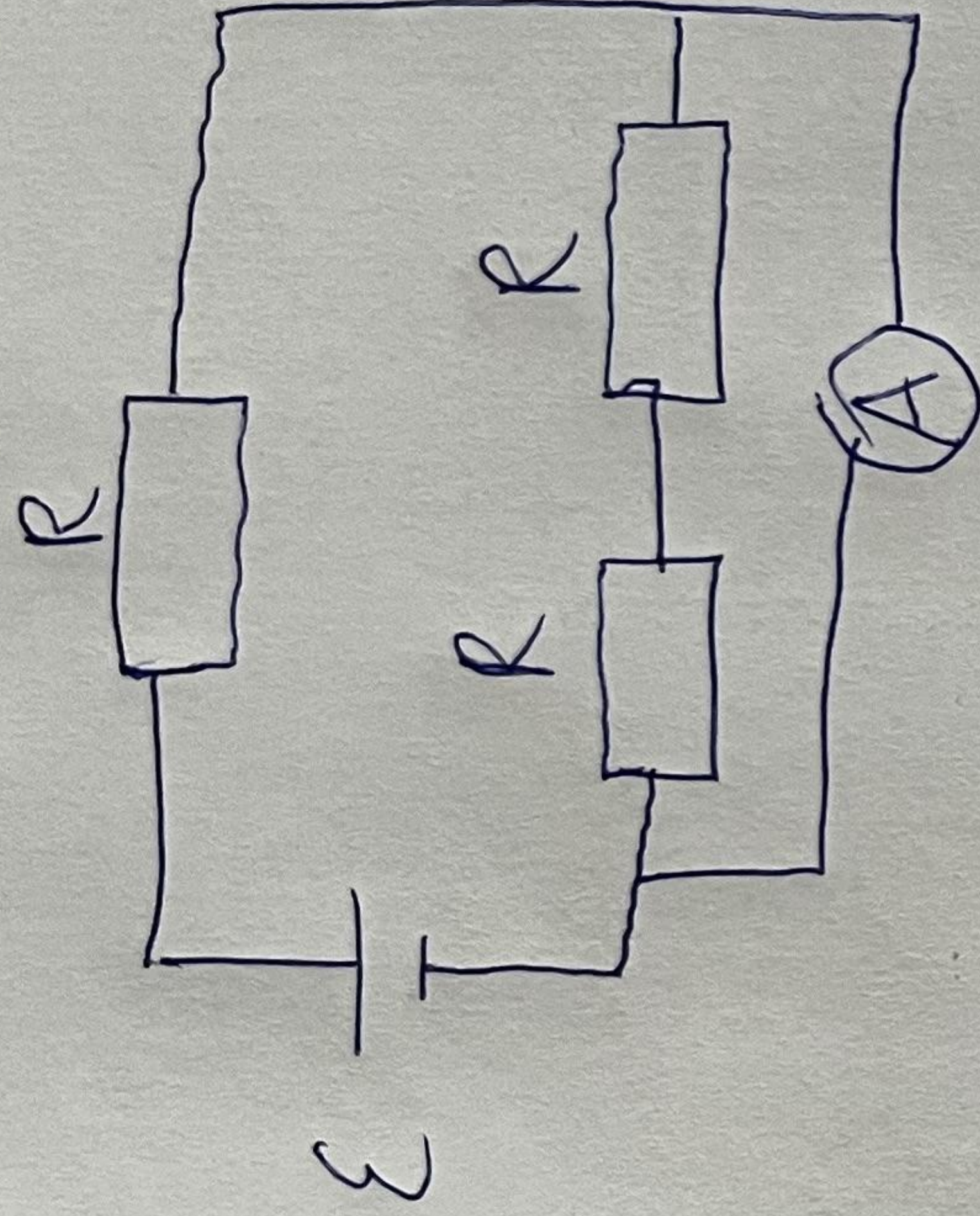
$$\mathcal{E} = 240 \text{ В}$$

$$R = 30 \text{ Ом}$$

$I_A = ?$

Исходные:

Ключ разомкнут



Лист № 1

Решение:

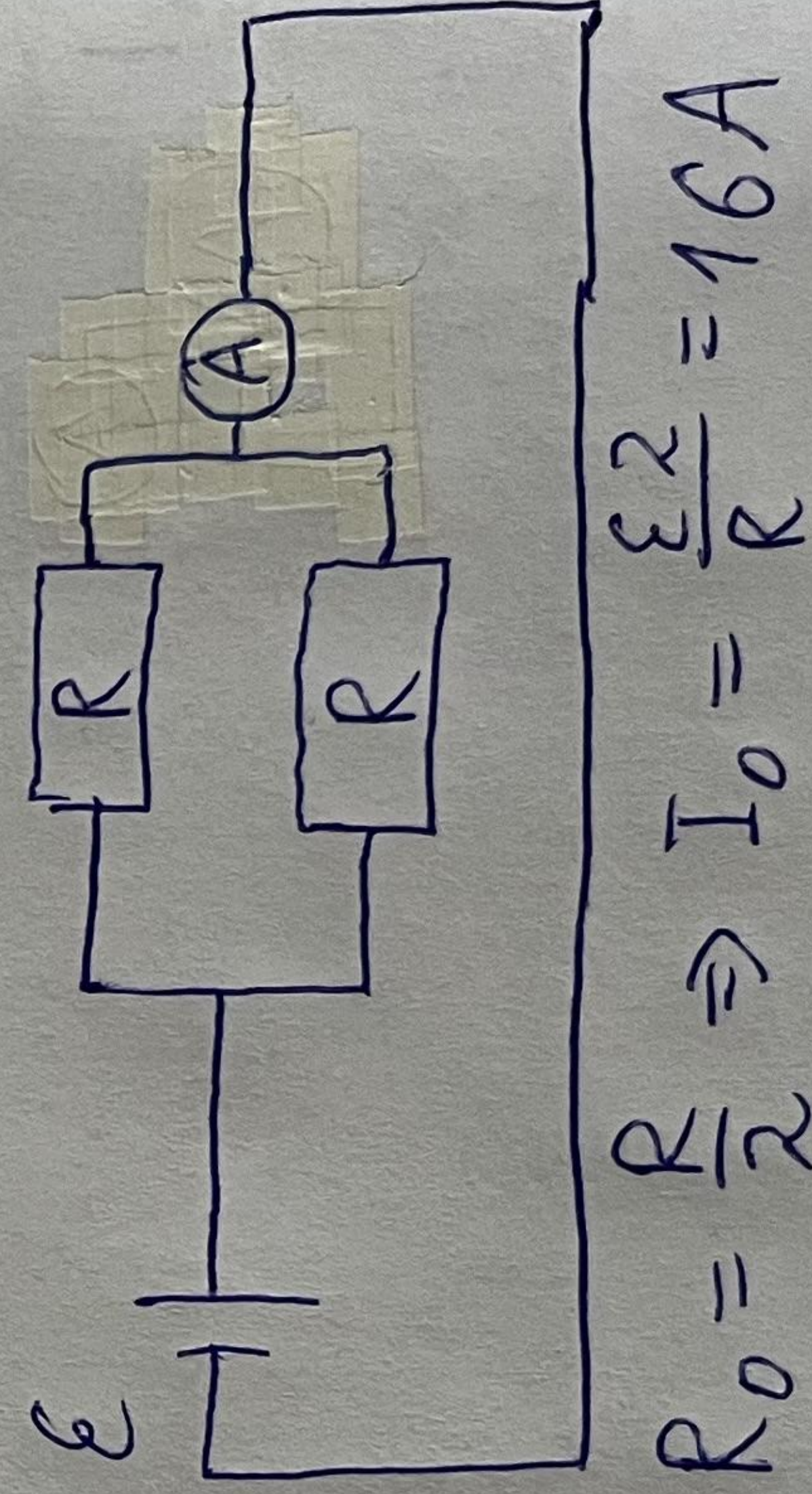
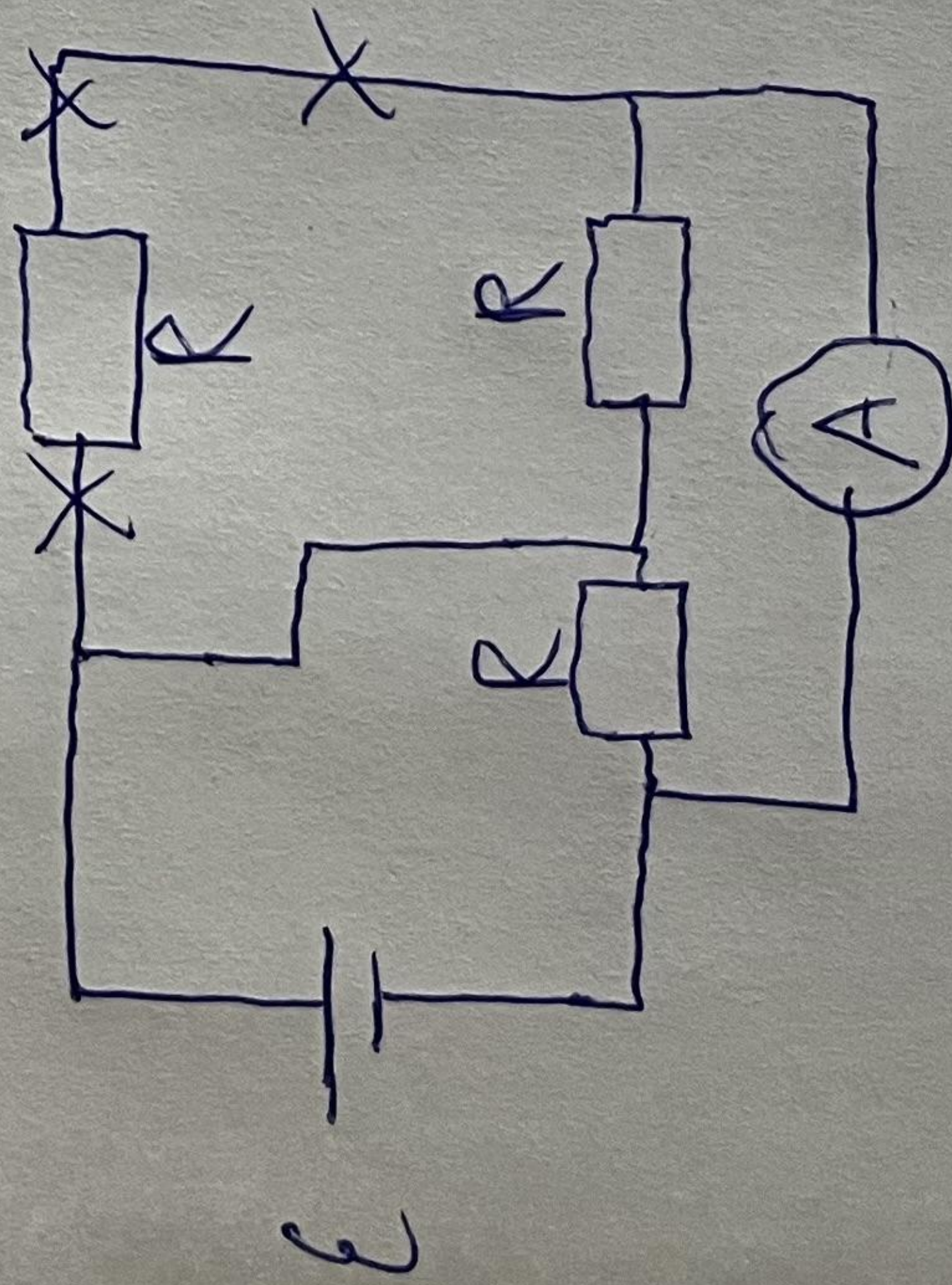
Внутреннее сопротивление источника (пренебрегаем)

$$R_A = 0$$

ток течет через амперметр и резистор

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{240}{30} = 8 \text{ А}$$

Исходные: Ключ замкнут



$$R_0 = \frac{R}{2} \Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} = 16 \text{ А}$$

Ответ: при разомкнутом $I = 8 \text{ А}$
при замкнутом $I = 16 \text{ А}$

N2

$$\mathcal{E} = 30 \text{ В}$$

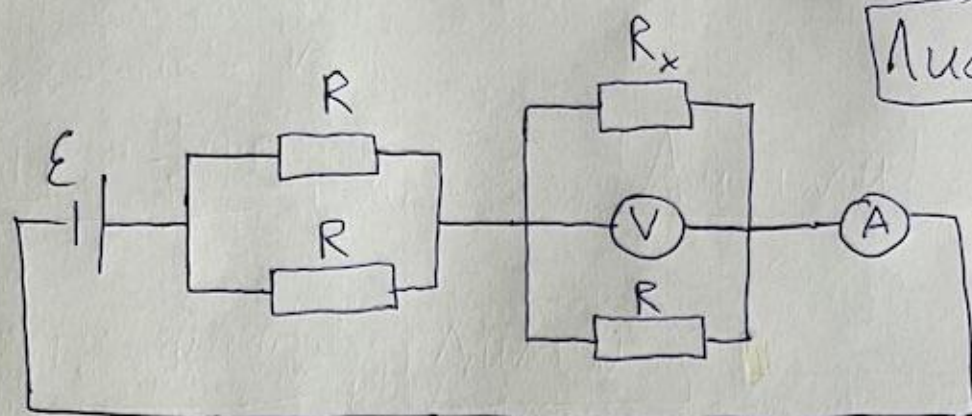
$$R = 30 \text{ Ом}$$

$$U_V = ?$$

$$I_A = ?$$

нарисуем эквивалентную цепь

Лист N2



Решение:

1) Ищем: последовательное соединение двух пар параллельно соединенных резисторов

2) Рассмотрим вторую пару (с вольтметром)

Вольтметр показывает напряжение на резисторах R и R_x , т.е. $U_R = U_{R_x} = U_V$

Найдем общее сопротивление данного соединения

$$R_{02} = \frac{R_x \cdot R}{R_x + R}, \text{ далее найдем ток на этом участке}$$

$$\left[I = \frac{U}{R} \right] \Rightarrow I = \frac{U_V (R_x + R)}{R_x \cdot R}$$

3) Найдем общее сопротивление всей цепи

два первых параллельных резистора будут давать $\frac{R}{2}$ (т.к. $\frac{1}{R_{01}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_{01} = \frac{R}{2}$)

у вторых двух мы уже нашли, две пары соединены последовательно, соответственно находим общее

сопротивление цепи

$$\left[R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n \right]$$

продолжение задачи №2

Лист №3

$$R_0 = R_{01} + R_{02}$$

$$R_0 = \frac{R}{2} + \frac{R_x \cdot R}{R_x + R}$$

- 4) Внутреннего сопротивления источника нет, соответственно найдём общий ток во всей цепи

$$\left[I = \frac{\mathcal{E}}{R} \right] \Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{R_x \cdot R}{R_x + R}} - \text{ток в цепи}$$

- 5) т.к. на R_x сопротивление нестационарное, выразим его через $R_x = \frac{U_v}{I_v}$

подставим в первую найденную формулу тока

$$I_2 = \frac{U_v \left(\frac{U_v}{I_v} + R \right) \cdot I_v}{U_v \cdot R} = \frac{U_v + I_v R}{R} \Rightarrow U_v + I_v R = I_2 \cdot R = I_0 \cdot R$$

также подставим во вторую формулу общего тока

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v \cdot R}{I_v \left(\frac{U_v}{I_v} + R \right)}} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v \cdot R}{U_v + I_v R}} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v \cdot R}{I_2 \cdot R}}$$

$$= \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v}{I_2}} ; I_0 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v}{I_2}} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2} + \frac{U_v}{I_0}}$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_0 R}{2} + \frac{U_v \cdot I_0}{I_0} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{I_0 R}{2} + U_v$$

$$\text{Получим: } \mathcal{E} = \frac{I_A R}{2} + U_v$$

$$I_A = I_R + I_{R_x} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{(I_R + I_{R_x}) R}{2} + U_v$$

продолжение к №2

Лист №4

$$\mathcal{E} = \frac{(I_{R_x} + \frac{U_v}{R})R}{2} + U_v$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_{R_x} \cdot R + U_v}{2} + U_v$$

$$30 = \frac{I_{R_x} \cdot 30 + U_v}{2} + U_v$$

чтобы равенство выполнялось, из
вольт-амперной характеристики
подберём значения

при $I_{R_x} = 1A$ и $U_v = 10B$ получаем, что

$$30 = \frac{1 \cdot 30 + 10}{2} + 10 = 20 + 10 = 30 \text{ (верно)}$$

↓

$$\mathcal{E} = \frac{I_0 R}{2} + U_v$$

$$\frac{I_0 R}{2} = \mathcal{E} - U_v$$

$$I_0 = \frac{(\mathcal{E} - U_v)2}{R} = \frac{(30 - 10)2}{30} = \frac{4}{3} A$$

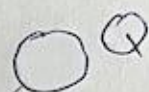
Ответ:

$$\begin{aligned} I_A &= \frac{4}{3} A \\ U_v &= 10 B \end{aligned}$$

N3

Решение:

Лист N5



Дано:

$$R = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda = 450 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$m = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$L_0 = 0,2 \text{ м}$$

$$v_0 = 0,15 \text{ м/с}$$

$$L_{\text{мин}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$A_b - ?$$

1) Потенциал:

$$[E = A_b + E_k]$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_k = e\varphi_3$$

$$A_b - ?$$

2) Запишем закон сохранения энергии для движущегося тела

$$\frac{mv_0^2}{2} - A_e = \frac{mv^2}{2} \quad \begin{matrix} \text{скорость} \\ \text{тела в конце} \end{matrix}$$

↑
электрическая работа

П.к. скорость тела в конце будет равна 0 (по условию он подберется на 2 мм \Rightarrow остановится), а электрическая работа отрицательная, по формуле:

$$\frac{mv_0^2}{2} - q(\varphi_2 - \varphi_1) = 0 \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

φ_2 - потенциал шара в начальной точке движения тела

φ_1 - потенциал шара в конечной точке движения тела

$$\varphi_1 = \frac{kQ}{L_0}; \quad \varphi_2 = \frac{kQ}{L_{\text{мин}}}$$

Получаем:

$$\frac{mv_0^2}{2} = q \left(\frac{kQ}{L_{\text{мин}}} - \frac{kQ}{L_0} \right) \Rightarrow \frac{kQ}{L_{\text{мин}}} - \frac{kQ}{L_0} = \frac{mv_0^2}{2q}$$

продолжение задачи №3

Лист №6

$$KQ \left(\frac{1}{L_{\text{мин}}} - \frac{1}{L_0} \right) = \frac{m v_0^2}{2q}$$

$$Q = \frac{m v_0^2}{2q \cdot K \cdot \left(\frac{1}{L_{\text{мин}}} - \frac{1}{L_0} \right)}$$

$$Q = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot (0,15)^2}{2 \cdot 10^{-8} \cdot K \left(\frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{0,2} \right)} = 1,26 \cdot 10^{-13} \text{ Кл}$$

3) Найдем потенциальную энергию

$$\varphi_{\text{ш}} = \frac{K \cdot Q}{R} = \frac{K \cdot 1,26 \cdot 10^{-13}}{10^{-3}} = 1,134 \text{ В}$$

4) Найдем работу выхода

$$E = A_{\text{в}} + E_{\text{к}} ; E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$A_{\text{в}} = E - E_{\text{к}} ; E_{\text{к}} = e \varphi_{\text{ш}}$$

$$A_{\text{в}} = \frac{hc}{\lambda} - e \varphi_{\text{ш}}$$

$$A_{\text{в}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,134 =$$

$$= 2,6056 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$2,6056 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,6285 \text{ эВ}$$

Ответ: 1,63 эВ

ИИ

Дано:

$$Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$

$$m = 0,001 \text{ кг}$$

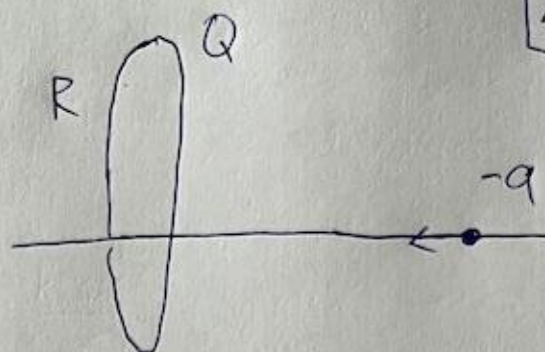
$$q = -4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$L_0 = 0,5 \text{ м}$$

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \text{ Ф/м}$$

$$v = ?$$



Лист № 7

Решение:

Для решения этой задачи применим закон сохранения энергии.

Но так как кольцо из диэлектрика имеет разрыв, то на движущийся заряде будет возникать не только дополнительная продольная сила, но и дополнительная поперечная сила.

Итак, запишем ЗСЭ для продольного движения:

$$\frac{mV_0^2}{2} - q(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{mV_x^2}{2}, \text{ где } \varphi_1 = \frac{kQ}{\sqrt{R^2 + L_0^2}}$$

из этого найдем конечную скорость

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{R}$$

$$mV_0^2 - 2q(\varphi_2 - \varphi_1) = mV_x^2$$

$$V_x^2 = \frac{mV_0^2 - 2q(\varphi_2 - \varphi_1)}{m} = \frac{mV_0^2 - 2q\left(\frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\sqrt{R^2 + L_0^2}}\right)}{m} =$$

$$= 552,6 (\text{м/с})^2$$

продолжение задачи №4

Лист №8

Теперь запишем ЗС для поперечного движения
т.к. циклоotronное движение поперек спертных
не было, то

$$q(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{m v_{ky}^2}{2}, \text{ где } \varphi_1 = \frac{k \frac{Q}{71}}{\sqrt{R^2 + L_0^2}}; \quad \varphi_2 = \frac{k \frac{Q}{71}}{R}$$

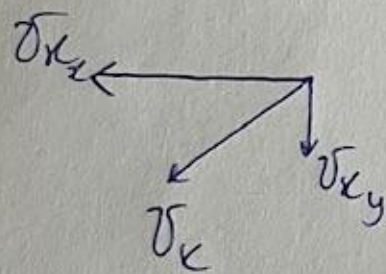
⇓

$$v_{ky}^2 = \frac{2q(\varphi_2 - \varphi_1)}{m} = \frac{2q \cdot k \frac{Q}{71} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{L_0^2 + R^2}} \right)}{m} =$$

т.к. в камере создается заряд $\frac{Q}{71}$

$$= -6,37 \text{ (м/с)}^2$$

Итоговая скорость находится
векторно



$$v_k = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = 23,6 \text{ м/с}$$

Ответ: 23,6 м/с

N 5

Дано:

$3m$

K

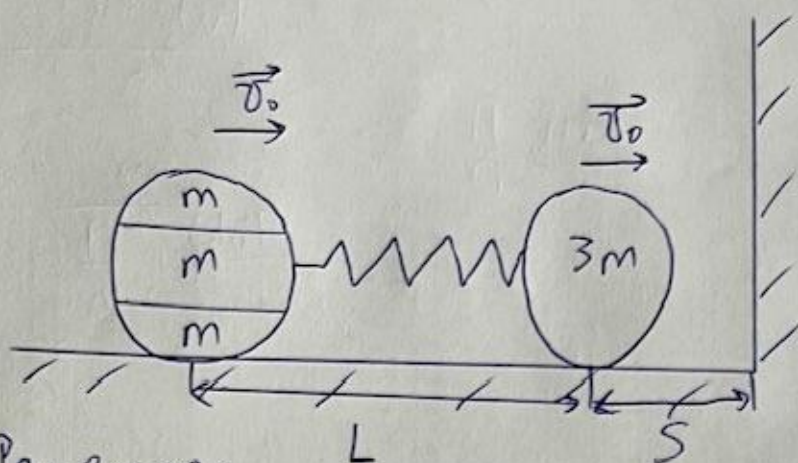
L

S

μ

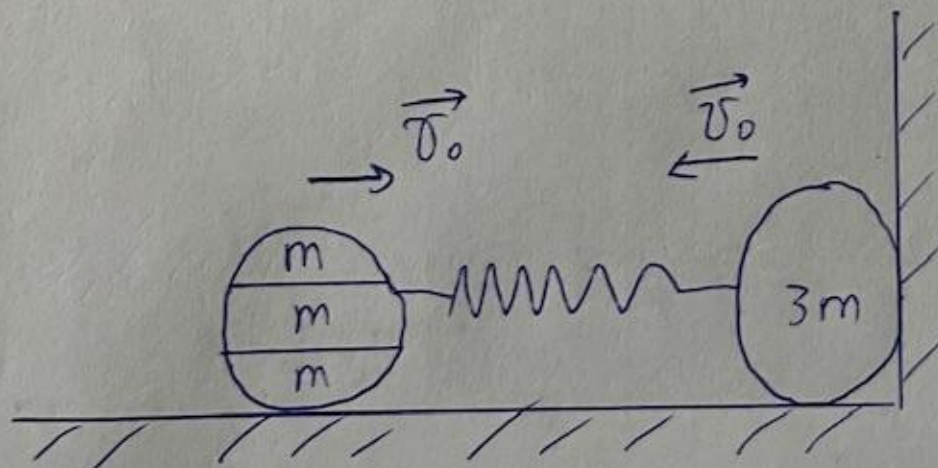
v_0 ?

Лист №9



Решение:

- 1) При сообщении шарикам скорости v_0 до стенки они движутся как единое целое
- 2) Далее происходит абсолютно упругое соударение шара и стенки. Это означает, что правый шарик отлетает от стенки с такой же по модулю скоростью
- 3) Итак, шарикам придается скорость v_0 , и они движутся всё время до столкновения со скоростью v_0 , так как поверхность гладкая, трения нет, значит скорость постоянная
- 4) Рассмотрим ситуацию после удара



левый шар продолжает двигаться с v_0
 правый шар отлетел с v_0 .
 В итоге пружина должна сожматься

продолжение задачи N5

Лист N10

Запишем закон сохранения энергии для момента сразу после отскока до момента полного статия пружины

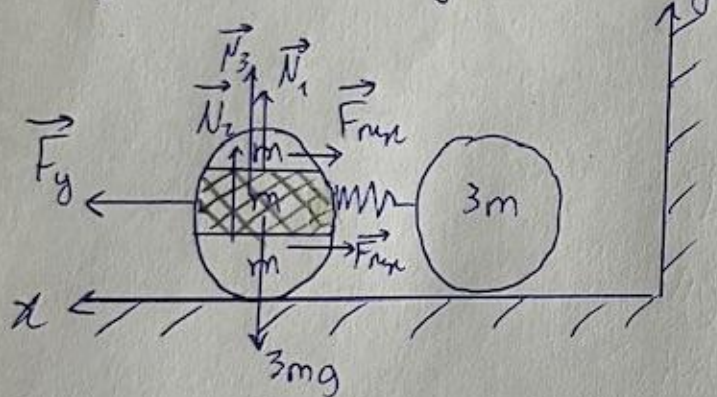
$$\frac{3m v_0^2}{2} + \frac{3m v_0^2}{2} = \frac{K \Delta x^2}{2}, \text{ где } \Delta x - \text{статия пружины}$$

$$6m v_0^2 = K \Delta x^2$$

$$\Delta x^2 = \frac{6m v_0^2}{K}$$

$$\Delta x = \sqrt{\frac{6m v_0^2}{K}} = v_0 \cdot \sqrt{\frac{6m}{K}}$$

5) Далее рассмотрим момент полного статия пружины через силе



II закон Ньютона для верхней части массой m

$$O_y: mg = N$$

$$O_x: ma = F_{тр} \Rightarrow F_{тр} = \mu mg$$

$$F_{тр} = \mu N$$

Но в т. статия $v=0 \Rightarrow a=0$

Запишем II закон Ньютона для центральной части левого шара массой m.

$$O_x: ma = F_y - F'_{тр} - F'_{тр}$$

$$ma = F_y - 2F'_{тр}$$

по II закону Ньютона

$$|F_{тр}| = |F'_{тр}|$$

\Downarrow

$$ma = K \Delta x - 2\mu N$$

$$0 = K \Delta x - 2\mu mg$$

$$2\mu mg = K \Delta x$$

\Downarrow

$$K \Delta x = 2\mu mg$$

$$K \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{6m}{K}} = 2\mu mg$$

Ответ:

$$v_0 = \frac{2\mu mg \cdot \sqrt{K}}{K \cdot \sqrt{6m}}$$