№1

Дано:

$\varepsilon = 240$ В

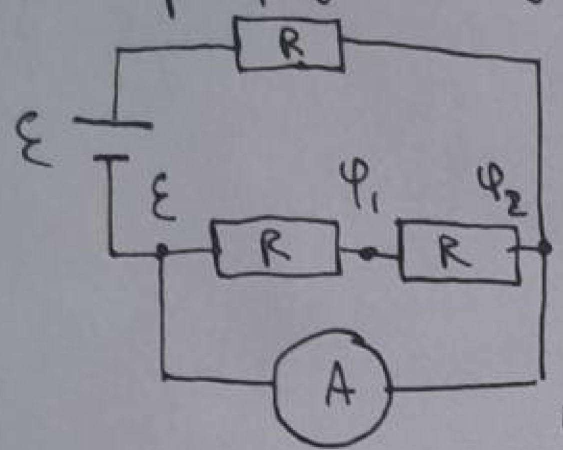
$R = 30$ Ом

$I_0 = ?$

$I_3 = ?$

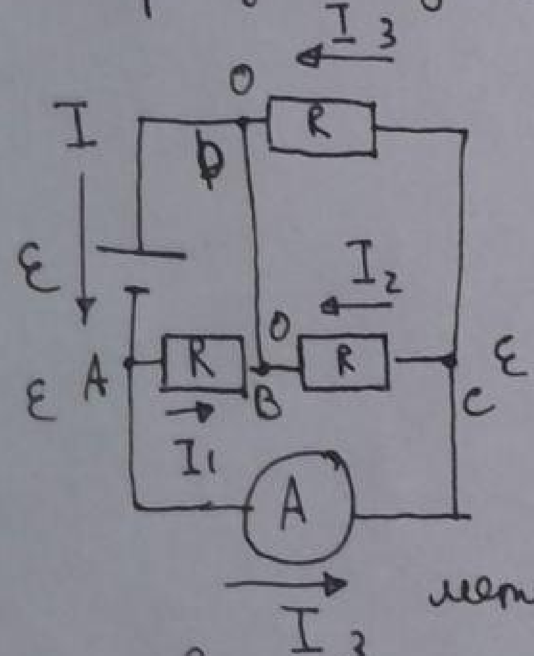
Решение: пусть I_0 – показания ~~вольтметра~~ амперметра при разомкнутом ключе, а I_3 – показания при замкнутом ключе.

I – при разомкнутом ключе:



Т.к. амперметр идеален => его сопротивление = $= 0 \Rightarrow \varepsilon - \varphi_2 = 0 \Rightarrow \varepsilon = \varphi_2$ (т.к. амперметр – перемычка) => ток через нижние резисторы не потечёт. Тогда $I_0 = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{240}{30} = \frac{24}{3} = 8$ A

II – при замкнутом ключе:



В случае замыкания ~~перемычки~~ ключа при условии идеальности амперметра, ~~то~~ потенциалы распределятся так, как показано на рисунке, через все резисторы будет течь ток. Расставим токи I_1; I_2 и I_3 через резисторы. При этом, согласно правилам Кирхгофа, ток через амперметр I_3:

$$\left.\begin{aligned}&\text{Относительно точки } C:\ I_3 = I_2 + I_3;\\ &\text{при этом } I_2 = \frac{\varepsilon}{R};\ I_3 = \frac{\varepsilon}{R}\end{aligned}\right\} \Rightarrow I_3 = \frac{2\varepsilon}{R} = 2\cdot 8 = 16 \text{ A}$$

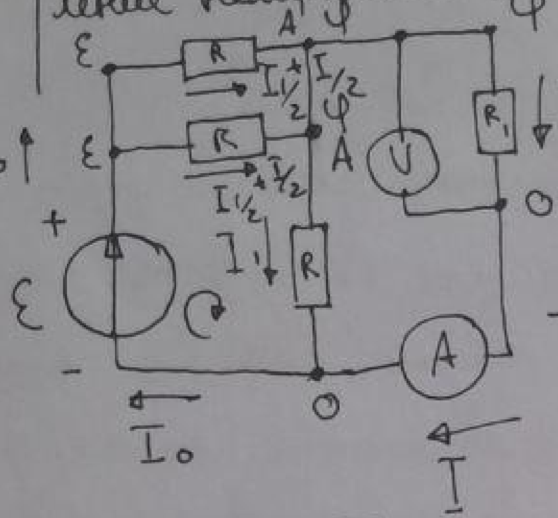
Ответ: при замкнутом ключе: $I_3 = 16$ A;

при разомкнутом ключе: $I_0 = 8$ A

№2 (Лист №1)

Дано:
$\varepsilon = 30$ В
$R = 30$ Ом
$V = ?$
$I = ?$

Решение: рассмотрим схему, когда она перешла в стационарное состояние (сопротивление нелинейного элемента приняло постоянное значение, при неизменном токе). Обозначим сопротивление нелинейного элемента за R_1



Пусть ток через амперметр I. Он совпадает с током через R_1.

Пусть показания вольтметра $- V$. $V = \varphi - 0 \rightarrow$ напряжение на резисторе R_1.

Пусть ток через источник $- I_0$; I_1 - ток через нижний резистор I_1. Потенциалы в точках A и A' равны → рассмотрим эти две точки как единое целое (точку A).

Согласно правилам Кирхгофа: $I_1 + I = I_x$, где I_x - ток через параллельно соединенные резисторы. Т.к. резисторы равны и соединены параллельно, то ток через каждый из них $\rightarrow \frac{I_x}{2} = \frac{I_1 + I}{2}$

Запишем ур-ие для контура, содержащего источник ε по часовой стрелке:

$$\left(\frac{I_1 + I}{2}\right)R + I_1 R = \varepsilon \quad |\cdot 2$$

$$(3I_1 + I)R = 2\varepsilon \quad ①$$

Если отдельно рассматривать резистор R с током $\frac{I_x}{2}$:

$$\varepsilon - \varphi = \left(\frac{I_1 + I}{2}\right)R \Rightarrow \varphi = \varepsilon - (I_1 + I)\frac{R}{2} \quad ②$$

Если отдельно рассматривать резистор R с током I_1:

$$\varphi - 0 = I_1 R \Rightarrow \varphi = I_1 R \quad ③$$

Приравняем ур-ия ② и ③:

$$\varepsilon - (I_1 + I)\frac{R}{2} = I_1 R \quad |\cdot 2$$

$$2\varepsilon - I_1 R - IR = 2I_1 R$$

$$2\varepsilon - 3I_1 R - IR = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \frac{2\varepsilon - 3I_1 R}{R}$$

№2 (Лист №2)

~~Подсредством~~

Точно также, $I_1 = \frac{2\mathcal{E} - IR}{3R} \Rightarrow$

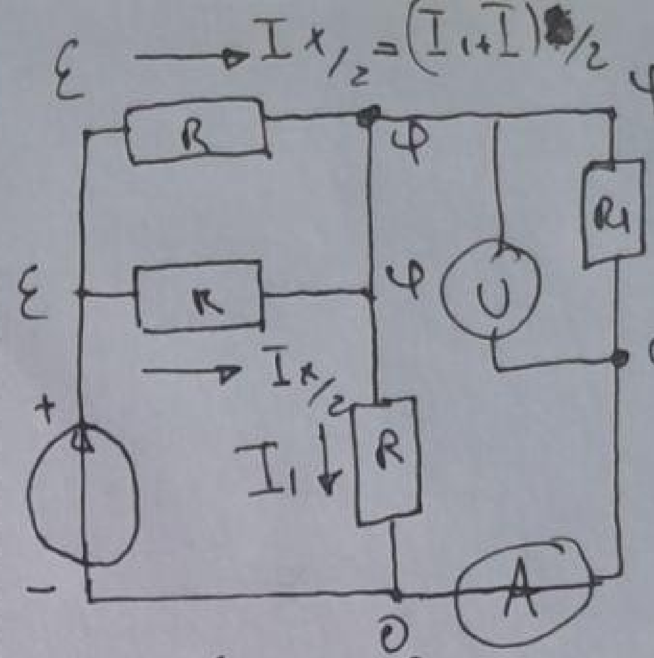
$\Rightarrow \varphi = I_1 R = \frac{2\mathcal{E} - IR}{3}$

Таким образом, имея ~~знач~~ ур-ие для значения $V = \varphi$ на R_1, через ток I займёмся перебором, пытаясь найти точку на графике, которая будет подходить полученной зависимости. Эта точка $I = 1A$; $V = 10B$ (получено перебором „хороших" точек на графике)

Ответ: $I = 1A$; $V = 10B$.

показания амперметра

показание вольтметра



$I_1 = \frac{2 \cdot 30 - 30}{90} = \frac{30}{90} = \frac{1}{3} A$

$1 \cdot 30 + 30 = 2 \cdot 30$

$\mathcal{E} - \varphi = (I_1 + I) R/2$

$\varphi = I_1 R$

$(I_1 + I) R/2 + I_1 R = \mathcal{E} \quad | \cdot 2$

$I_1 R + IR + 2 I_1 R = 2\mathcal{E}$

$3 I_1 R + IR = 2\mathcal{E} \Rightarrow$

$\Rightarrow I = \frac{2\mathcal{E} - 3 I_1 R}{R} \Rightarrow$

$\varphi = I_1 R \Rightarrow 3 I_1 R = 2\mathcal{E} - IR$

$I_1 = \frac{2\mathcal{E} - IR}{3R}$

$\varphi = \frac{2\mathcal{E} - IR}{3}$

№3

Дано:

$R = 10^{-3}$ м

$\lambda = 450 \cdot 10^{-9}$ м

$m = 5 \cdot 10^{-7}$ кг

$q = 10^{-8}$ Кл

$h_0 = 0{,}2$ м

$V_0 = 0{,}15$ м/с

$L_{min} = 2 \cdot 10^{-3}$ м $= X$

$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ Ф/м

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

$c = 3 \cdot 10^{8}$ м/с

$\bar{e} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

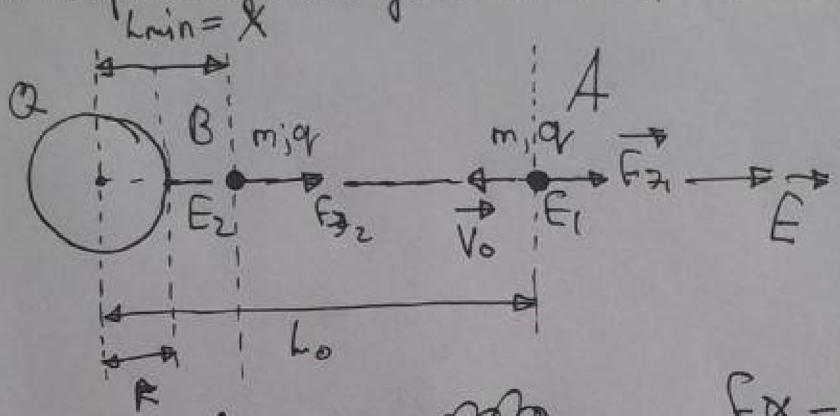
$A = ?$

Решение: пусть каждый $\bar{e}$ для вылета из электронного облака под действием фотонов света требует ϕ электрон-Вольт. Тогда, если с шарика вылетело n $\bar{e}$, то согласно ур-ию Эйнштейна:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + n\tilde{v} \Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - n\tilde{v}$$

В следствии вылетания $\bar{e}$, шарик зарядится на $Q = n\bar{e} \Rightarrow n = \frac{Q}{\bar{e}}$

рассмотрим взаимодействие шарика и тела m $\left[k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right]$



$$F_Э = \frac{kqQ}{(h-R)^2}$$ ← в общем случае, где h – расстояние от центра шара до тела m

Работа по преодолению поля зарядом $q = kqQ\int_{h_0-x}^{h_0} \frac{1}{(h-R)^2}\,dh$

Эта работа равна изменению ΔE_k

$$\frac{mV_0^2}{2} = kqQ\int_{h_0-x}^{h_0} \frac{1}{(h-R)^2}\,dh \Rightarrow Q = \frac{mV_0^2}{2kq\int_{h_0-x}^{h_0} \frac{1}{(h-R)^2}\,dh} = \frac{mV_0^2}{2kq\Big|^{-\frac{1}{h_0-R}}_{-\frac{1}{h_0-R-x}}} =$$

$$= \frac{mV_0^2}{2k\left(\frac{x}{(h_0-R)(h_0-R-x)}\right)} = \frac{mV_0^2}{q\,2k\left(\frac{x}{(h_0-R)(h_0-R-x)}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{mV_0^2 \cdot 2\pi\varepsilon_0}{\bar{e}\left(\frac{x}{(h_0-R)(h_0-R-x)}\right)q} = \frac{2mV_0^2\pi\varepsilon_0 \cdot (h_0-R)(h_0-R-x)}{\bar{e}\,x\,q}$$

Подставив это число в ур-ие Эйнштейна, можно получить ответ:

$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{2mV_0^2\pi\varepsilon_0(h_0-R)(h_0-R-x)}{\bar{e}\,x\,q} \approx 7{,}66 \text{ эВ}$$

Ответ: 7,66 эВ

№4

Дано:

$Q = 2\cdot10^{-5}$ Кл

$m = 10^{-3}$ кг

$q = -4\cdot10^{-7}$ Кл

$h_0 = 1/2$ м

$V_0 = 10$ м/с

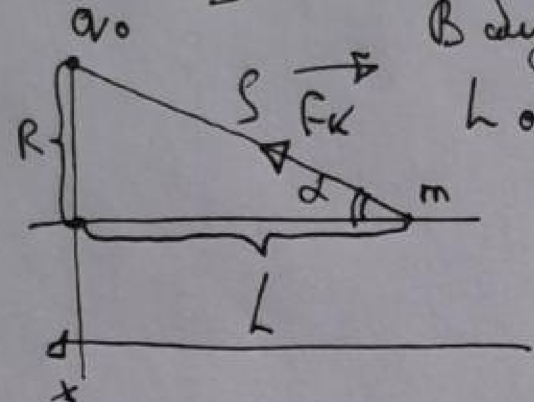
$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ Ф/м

$U = ?$

Решение: представим кольцо в виде очень большого числа точечных зарядов n, каждый с зарядом $q_0 = \frac{Q}{n}$

Каждый точечный заряд будет тянуть тело m с силой

$F_K = \frac{k|q q_0|}{S^2}$, где S — расстояние между зарядом и телом m:



В общем случае, тело m, находясь на расстоянии h от центра кольца радиуса R

$$F_K = \frac{k q q_0}{R^2+h^2}$$

в проекции на Ox: $F_{K_x} = \frac{k q q_0}{R^2+h^2}\cdot\cos(\overbrace{\mathrm{arctg}(\tfrac{R}{h})}^{\alpha})$

Все одинаковые точечные заряды q_0 будут в сумме тянуть тело m с силой $F_{x_\Sigma} = \frac{k q Q n}{n(R^2+h^2)}\cdot\cos\alpha$

$F_{x_\Sigma} = \frac{k q Q}{R^2+h^2}\cdot\cos\alpha$ F_y не учитываем, т.к. движение возможно только по Ox + + трения нет.

Таким образом, мы получили f-ию для силы от расстояния h

$$F(h) = \frac{k q Q}{R^2+h^2}\cdot\cos(\mathrm{arctg}(\tfrac{R}{h}))$$

Запишем закон изменения энергии:

$$\left.\begin{aligned} &A_F = \Delta E;\ A_F = \int_{h_0}^{0} F(h)\,dh \\ &\Delta E = \frac{mU^2}{2} - \frac{mV^2}{2} = \frac{m}{2}(U^2 - V^2)\end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{m}{2}(U^2-V^2) = \int_{h_0}^{0}\frac{kqQ}{R^2+h^2}\cdot\cos(\mathrm{arctg}(\tfrac{R}{h}))\,dh$$

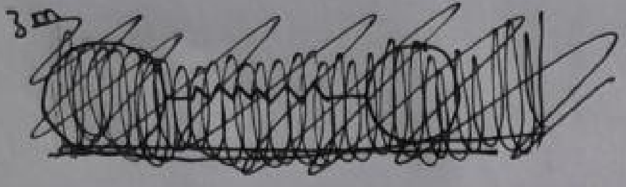
$$\frac{m(U^2-V^2)}{2kqQ} = \int_{h_0}^{0}\frac{\cos(\mathrm{arctg}(\frac{R}{h}))}{R^2+h^2}\,dh$$

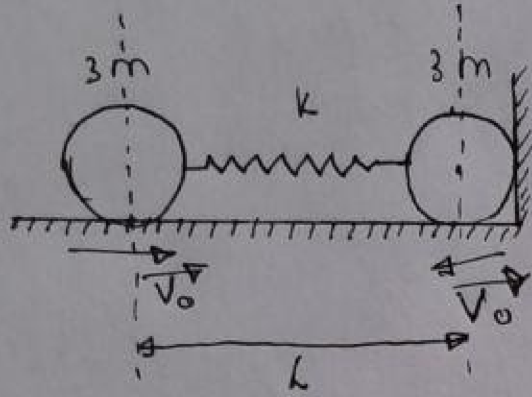
На этом моё решение задачи №4 окончено, т.к. я не могу взять первообразную

№5 (Лист №1)
(между столом и шарами)

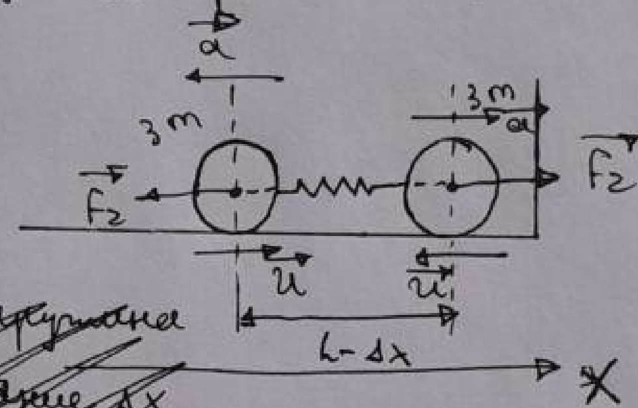
Т.к. трение отсутствует, то потерь энергии нет => нет смысла рассматривать движение до удара, т.к. все параметры статичны (кроме времени и пройденного расстояния), также пружина не деформирована, т.к. скорости шарикам сообщили мгновенно.

Рассмотрим шарики сразу после удара:





И через время $\Delta\tau$:

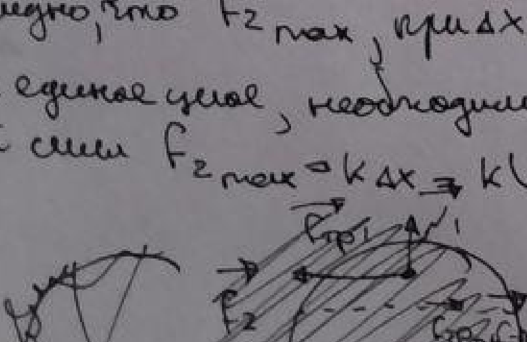


~~Пусть через малое время $\Delta\tau$, пружина деформируется на малое расстояние Δx~~
~~$F_z = k\Delta x \Rightarrow a = \frac{F_z}{3m} = \frac{k\Delta x}{3m}$~~

Деформация пружины впервые прекратится в тот момент, когда проекции скоростей шариков станут равны 0 (и заодно равны друг-другу)

Через З. Сохранения энергии, можно рассчитать сжатие пружины к моменту остановки шариков: $\frac{k\Delta x^2}{2} = m V_0^2 \Rightarrow \Delta x^2 = \frac{2mV_0^2}{k} \Rightarrow \Delta x = \boxed{V_0\sqrt{\frac{2m}{k}}}$

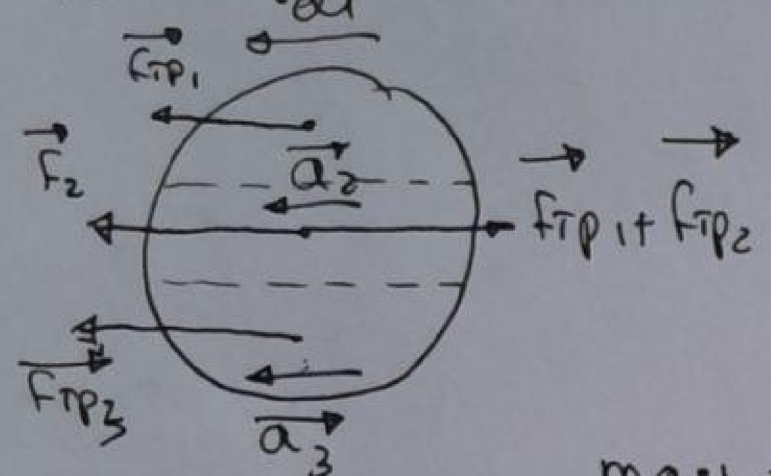
Очевидно, что $F_{z\,max}$, при Δx_{max} => для того, чтобы ~~шарики~~ система двигалась как единое целое, необходимо рассмотреть её в момент воздействия наибольшей силы $F_{z\,max} = k\Delta x = kV_0\sqrt{\frac{2m}{k}}$:



$F_{тр1}$, (т.к. $N_2 > N_1$),

№5 (Лист №2)

Чтобы кусочки шарика не разлетались, должны быть равными ускорения:



$a_1 = a_2 = a_3$

F_2 - сила удара

~~...~~ Рассмотрим предельный случай:

$F_{тр_1} = F_{тр_1 max}$

$mg\mu = F_{тр_1} \Rightarrow a_1 = g\mu$

$F_{тр_2} = mg\mu \Rightarrow a_3 = g\mu$ ($F_{тр_2 max} > F_{тр max} \Rightarrow F_{тр_2}$ принимает значение $|\vec{R}|$ для средней части)

$$a_2 = \frac{F_2 - F_{тр_1} - F_{тр_2}}{m} = g\mu \Rightarrow mg\mu = F_2 - 2mg\mu \Rightarrow F_2 = 3mg\mu$$

Приравняем полученное значение к ранее полученным ур-иям:

$$kv_0\sqrt{\frac{2m}{k}} = 3mg\mu$$

$$V_0 = \frac{3mg\mu}{k\sqrt{\frac{2m}{k}}}$$

$V_0 = \frac{3g\mu\sqrt{m}}{\sqrt{2k}}$ ← max значение для V_0. При $V_0 \le V_0^{max}$, весь шарик будет двигаться как единое целое.

Ответ: $V_0 \le \frac{3g\mu\sqrt{2km}}{2k}$