



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Роботест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Кеичиена Арсения Олеговича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Фон: 1500

Дата

«12» апрел 2025 года

Подпись участника

Вопрос 7

Условия

$$y(x) = H \cdot \cos(x/H)$$

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = mg y(x) \Leftrightarrow$$

$$mv^2 = 2mgy(x)$$

$$\frac{mv^2}{2} + mg H \cos\left(\frac{x(t)}{H}\right) = \text{const} \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{mv^2}{2} + mg H \cos\left(\frac{x(t)}{H}\right) \right)' = 0 \Leftrightarrow$$

$$\frac{m \cdot 2v(t) \cdot v'(t)}{2} + mg H \cdot \left(-\sin\left(\frac{x(t)}{H}\right) \cdot \frac{x'(t)}{H} \right) = 0 \Leftrightarrow$$

$$v_2(t) =$$

$$\vec{v}_0(t) + \vec{a} \cdot t =$$

$$\vec{v}_0(t) + \vec{a} \cdot t =$$

$$v_0(t) + \frac{mg}{m} \cdot t = 0 \Leftrightarrow$$

$$v_0(t) + \frac{mg}{m} \cdot t = 0$$

$$\omega \cos \omega t - \frac{mg}{m} \cdot t = 0$$

$$\omega \cos \omega t - \frac{mg}{m} \cdot t = 0$$

Задача: ω

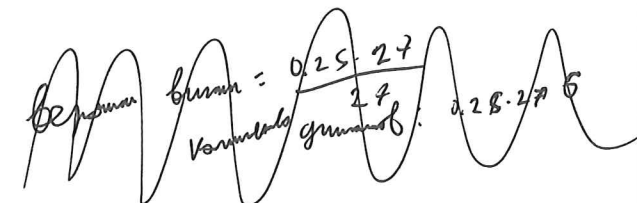


$$\frac{T}{4} = t_0 \Rightarrow \frac{2\pi \sqrt{H}}{4} = t_0 \Leftrightarrow$$

$$\sqrt{H} = \frac{2t_0}{2} \Rightarrow H = \left(\frac{2t_0}{2} \right)^2 \cdot \frac{g}{4} = 0.46$$

$$E = mgh = mgh_k + mgh_{\Delta} = mgh_k + \mu mg \cdot \Delta x$$

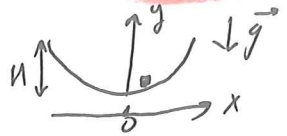
$$mgh = mgh_k + \mu mg \Delta x \Leftrightarrow h = H \cos\left(\frac{\Delta x}{H}\right) + \mu \Delta x$$



31-12-83-75
(153.3)

Условия

Вопрос 7
Дано:
 $y(x) = H \cdot \cos\left(\frac{x}{H}\right)$, g, H
 $T = ?$



Закон сохранения механической энергии
 $E_k + E_{pot} = \text{const} \Leftrightarrow$

$$\frac{mv^2}{2} + mgy(t) = \text{const} \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{mv^2}{2} + mgy(t) \right)' = 0 \Leftrightarrow$$

$$m v(t) v'(t) + mg H \cdot \left(-\sin\left(\frac{x(t)}{H}\right) \cdot \frac{x'(t)}{H} \right) = 0 \Leftrightarrow$$

$$v a(t) + mg \sin\left(\frac{x(t)}{H}\right) = 0 \Leftrightarrow$$

$$v a(t) = -\frac{g}{H} x(t)$$

$$a(t) = -\omega^2 x(t) \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{H}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{H}} \Leftrightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{H}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{H}}} = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}} \quad [T] = \sqrt{\frac{m}{\frac{m}{c^2}}} = c$$

Ответ на вопрос: $T = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}}$

Задача:

$$\mu = 0.4$$

$$h = 0.005 \cdot H$$

$$t_0 = 0.6 \text{ c}$$

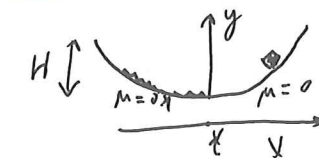
$$y(x) = H \cdot \cos\left(\frac{x}{H}\right)$$

$$t_0 = \frac{T}{4} \text{ (т.к. } T \text{ - время полного оборота)}$$

Вопрос: найти в какой момент времени, если в начальный момент, если для верности взять без учета

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}} \Rightarrow t_0 = \frac{T}{4} \Rightarrow \frac{H}{g} = \left(\frac{2t_0}{2} \right)^2 \Leftrightarrow$$

$$H = \frac{4g t_0^2}{\pi^2} = 1.46 \text{ (м)} \Rightarrow h = 0.005 \cdot \frac{4g t_0^2}{\pi^2} = 0.0073 \text{ м}$$



не верно!

$$[H] = \frac{a \cdot t^2}{c^2} = m$$

Найти время и скорость вращения

$$v_2(t) = v_0(t) - \frac{F_{tr}}{m} \cdot t \Rightarrow v_2(t) = v_0(t) - g \mu \cdot t$$

$$v_2(t) = 0 \Leftrightarrow v_0(t) - g \mu \cdot t = 0 \Leftrightarrow v_{max} \cdot \cos(\omega t) - g \mu \cdot t = 0 \Leftrightarrow$$

$$\cos \omega t = \frac{g \mu}{v_{max}} t_1 \quad v_{max} = \sqrt{2gh}$$

Написать, упр. по решению

2: Вопрос

$$K = \frac{Q_{Hr}}{A} \leftarrow \text{качество тепло, переданное рабочему телу}$$

3. С. Зигмунд

$$\Delta H A = Q_{Hr} - Q_{Xr} \leftarrow \text{качество тепло, полученное от холодного тела}$$

$$\text{при } T = 0 \text{ (т.к. цикл замкнутый)} \Rightarrow A = Q_{Hr} - Q_{Xr} \Rightarrow$$

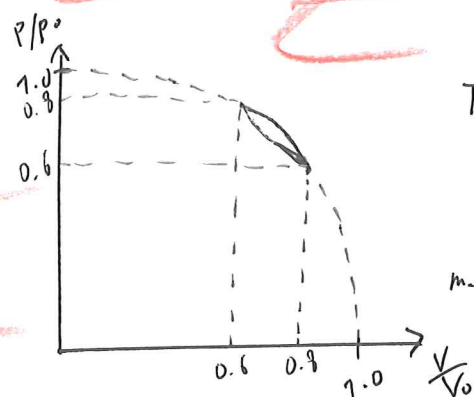
$$K = \frac{Q_{Hr}}{Q_{Hr} - Q_{Xr}}$$

Круг процесса Карнов цикл = $\frac{Q_{Hr} - Q_{Xr}}{Q_{Hr}}$
 в этом состоянии тепло, то, можно получить, если
 формула описывает также же количество тепло, переданное
 холодному телу, то есть
 количество от горячего тела $Q_{Hr} = Q_{Hr}$
 количество с полученным тепло от холодного тела $Q_{Xr} = Q_{Xr} \Rightarrow$

$$K = \frac{Q_{Hr}}{Q_{Hr} - Q_{Xr}} = \frac{1}{\eta} \text{ - круг Карнов цикл с макс. темп.}$$

Ответ на вопрос: $K = \frac{1}{\eta}$

Задача



$PV = \nu RT$ - уравнение состояния
 для изотермы $T = \text{const} = T_{min}$

T_{max} при $\frac{PV}{\nu R}$ максимуме

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^2} \Rightarrow$$

$$\text{т.е. } T_{max} \text{ при } \frac{P}{P_0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^2} \text{ максим.}$$

Не понятен ход решения

$$\left(\frac{P}{P_0} \cdot \sqrt{1 - \frac{P}{P_0}} \right)' = 0 \text{ - экстремум}$$

$\Rightarrow$ (интегрируем и находим)

$$\Rightarrow 1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^2 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = 0 \Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{P}{P_0}$$

$$T_{max} = \frac{P_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{\nu R} = \frac{1}{2} \frac{P_0 V_0}{\nu R} \quad T_{min} = \frac{0.6 P_0 \cdot 0.8 V_0}{\nu R} = 0.48 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}} \cdot 100\% = \frac{(0.5 - 0.48) \cdot \frac{P_0 V_0}{\nu R}}{0.48 \cdot \frac{P_0 V_0}{\nu R}} \cdot 100\% = \frac{0.02}{0.48} \cdot 100\% = 4.1(6)\%$$

$$\approx \frac{0.1}{2.4} \% = 4.1(6)\% \quad \text{Черновики}$$

$$K = \frac{1}{\eta} = \dots$$

$$\eta = \int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1-v^2} dv - \int_{0.6}^{0.8} \frac{1}{v} dv$$

$$\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1-v^2} dv \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K = \frac{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1-v^2} dv}{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1-v^2} dv - \ln\left(\frac{0.8}{0.6}\right) \cdot \frac{0.6 \cdot 0.8}{0.6 \cdot 0.8}}$$

затем интегрируем

$$\int \frac{1}{v} = \ln v + C \Rightarrow$$

$$\int_{0.6}^{0.8} \frac{1}{v} = \ln 0.8 - \ln 0.6 = \ln \frac{0.8}{0.6}$$

$$f(x) = dx \cdot f'(x)$$

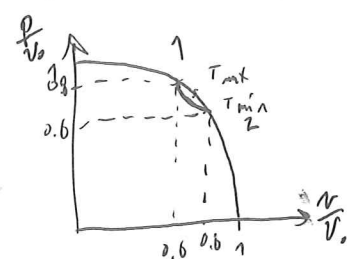
$$\int \sqrt{1-v^2} dv = \frac{\int \sqrt{1-v^2} d(1-v^2)}{-2v} = \frac{\int (1-v^2)^{1/2} d(1-v^2)}{-2v} = \frac{-(1-v^2)^{3/2} \cdot \frac{2}{3}}{-2v} = \frac{-(1-v^2)^{3/2}}{-2v}$$

Первое:

2. $Q = \Delta U + A$
 $K = \frac{Q}{A} = \frac{\Delta U + A}{A} = \frac{\Delta U}{A} + 1 = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H - Q_C} + 1 = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$

$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$
 $(\Rightarrow) K = \frac{1}{\eta}$

Задача



T_{max} при $\frac{p}{p_0} = 0.8$, $\frac{v}{v_0} = 0.6$, T_{min} при $\frac{p}{p_0} = 0.6$, $\frac{v}{v_0} = 1$

$\frac{p}{p_0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}$ - макс, когда $\left(\frac{p}{p_0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}\right)' = 0$

$\frac{1}{p_0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2} + \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{2\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}} \cdot (-2\frac{v}{v_0}) = 0$

$(\Rightarrow) \frac{1}{p_0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2} + \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{2\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}} = 0$

$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2} = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{2\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}} (\Rightarrow)$

$1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2 = \frac{p^2}{p_0^2} (\Rightarrow)$

$\frac{p}{p_0} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

- макс p_0 , при макс T_{max}

$p_1 v_1 = p_2 v_2$
 $= \frac{\sqrt{2}}{2} p_0 v_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} p_0 v_2$

T_{max} T_{min}

$T_{max} = \frac{p_1 v_1}{\nu R} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot p_0 \cdot v_1}{\nu R}$

$T_{min} = \frac{p_2 v_2}{\nu R} = \frac{0.8 \cdot 0.6 \cdot p_0 \cdot v_1}{\nu R}$

$\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}} \cdot 100\% = \frac{\frac{1}{2} p_0 v_1}{\frac{0.48 p_0 v_1}{\nu R}} - \frac{0.48 p_0 v_1}{\nu R} \cdot 100\% =$

$= \frac{0.5 - 0.48}{0.48} \cdot 100\% = \frac{0.02}{0.48} \cdot 100\% = \frac{0.01}{0.24} \cdot 100\%$

31-12-83-75
(153.3)

Минимум

Ответ: T_{max} при $\frac{p}{p_0} = 0.8$, $\frac{v}{v_0} = 0.6$, T_{min} при $\frac{p}{p_0} = 0.6$, $\frac{v}{v_0} = 1$

$K = \frac{1}{\eta}$

$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = \frac{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2} d\frac{v}{v_0}}{\int_{0.6}^{0.8} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2}} d\frac{v}{v_0}} = \frac{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1 - v^2} dv}{\int_{0.6}^{0.8} \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}} dv} =$

$\frac{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1 - v^2} dv}{\int_{0.6}^{0.8} \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}} dv} = \frac{\int_{0.6}^{0.8} \sqrt{1 - v^2} dv}{\ln \frac{0.8}{0.6}}$

ответа нет
①

Черновик

4.

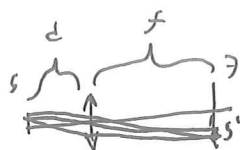
Вопрос:

$$d + f = 72 \text{ см} = 0.72 \text{ м}$$

$$D = 10 \text{ мкм}$$

$$d = ?$$

$$f = ?$$



$$\frac{1}{F} = D - \text{по формуле}$$

$$d + f = 0.72 \Rightarrow f = 0.72$$

$$\text{из формулы линзы} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad (\Rightarrow)$$

$$D = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad (\Rightarrow) \quad D = \frac{1}{0.72 - d} + \frac{1}{d} \quad (\Rightarrow)$$

$$d^2 - 0.72d + \frac{0.72}{D} = 0 \quad (\Rightarrow)$$

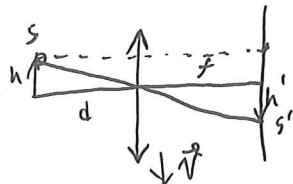
$$d = \frac{0.72 \pm 0.48}{2} \quad (\Rightarrow)$$

$$d = 0.72 \text{ м}$$

$$d = 0.6 \text{ м}$$

Ответ на вопрос: $d = 0.72 \text{ м}$ или 0.6 м

Задача:



$$v_1 = 2.5 \text{ м/с}$$

Линза движется со скоростью v

Изображение движется со скоростью v_1 относительно наблюдателя

$$\text{из подобия треугольников} \quad \frac{h}{d} = \frac{h'}{f} \quad (\Rightarrow) \quad h' = \frac{f}{d} h$$

$$v = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad v_1 = \frac{\Delta h + \Delta h'}{\Delta t} = \frac{\Delta h + \frac{f}{d} \Delta h}{\Delta t} = \left(1 + \frac{f}{d}\right) \frac{\Delta h}{\Delta t} =$$

$$= \left(1 + \frac{f}{d}\right) v$$

$$v_2 = \left(1 + \frac{f}{d_2}\right) v = \left(1 + \frac{f}{f}\right) v \Rightarrow$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\left(1 + \frac{f}{d}\right)} \cdot \left(1 + \frac{f}{f}\right) = v_1 \cdot \frac{\left(1 + \frac{d}{f}\right)}{\left(1 + \frac{f}{d}\right)} = v_1 \cdot \frac{(df + d^2)}{(df + f^2)}$$

$$\text{Ответ: } v_2 = 2v_1 \cdot \frac{(df + d^2)}{(df + f^2)}$$

друга расчит, но из в. формулы известно, что $df = d \cdot x_1 \cdot x_2 = f \cdot d$
 $f = f + d - x_1$
 $f = f + d - x_2 \quad (\Rightarrow)$
 $f = x_2$, тогда
 $f = x_1$
 Скорость глв. картины
 по лев. f из формулы
 а по прав. d из формулы
 d из формулы $= f$ из формулы

Черновик

3/4

$$C = 80 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_{\text{max}} \varphi = 5 \text{ В}$$



$$W + Q = \text{const}$$

$$W_0 = \frac{C \varphi^2}{2}$$

$$\Delta \varphi = 5 \text{ В}$$

$$\Delta \varphi = 2 \text{ В, м.к. ...}$$

В бран. ...
 ...
 ...
 $\Rightarrow$

$$W_K = \frac{C \varphi_K^2}{2}$$

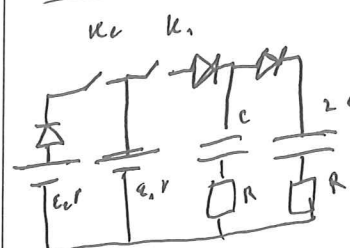
$$Q = W_0 - W_K = \frac{C \varphi_0^2}{2} - \frac{C \varphi_K^2}{2} =$$

$$= \frac{C}{2} (\varphi_0 - \varphi_K) (\varphi_0 + \varphi_K) =$$

$$\frac{C}{2} (5 - 2)(5 + 2) = \frac{C}{2} (3 \cdot 7) = C \cdot \frac{21}{2} =$$

$$\text{или } 525 \text{ мкДж} = 525 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$5.25 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

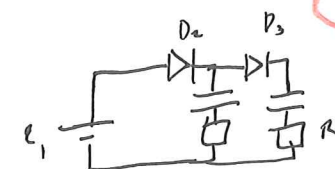


$$E_1 = 3 \text{ В}$$

$$E_2 = 9 \text{ В}$$

$$r \ll 0.1 \text{ Ом}$$

Формулы



$$E_1 =$$

$\Delta \varphi$	u_1	$\Delta \varphi_2$	u_2
0 В	3	3 В	3
1	2	1	2

$$\Delta W = \frac{C E_1^2}{2} - \frac{C \Delta \varphi^2}{2}$$

$$\Delta W_2 = C E_1^2 - C \Delta \varphi^2$$

50% от

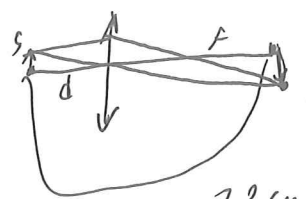
4.

Черновики

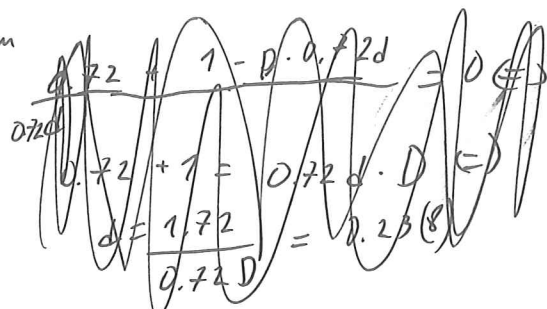
$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$$

$$d + f = 72 \text{ см} = 0.72 \text{ м}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{0.72d} = \frac{1}{F} = D (\Rightarrow)$$



$$f + d = 72 \text{ см}$$



$$\frac{0.72 - d}{d} + \frac{0.72 - d}{0.72d} = 0 (\Rightarrow)$$

$$0.72 - d + 0.72 - d = 0 (\Rightarrow)$$

$$0.72 - d + 0.72 - d = 0 (\Rightarrow)$$

$$Dd^2 - 0.72d + 0.72 = 0 (\Rightarrow)$$

$$Dd^2 - 0.72d + 0.72 = 0$$

$$d^2 - 0.72d + 0.72 = 0$$

$$d^2 - 0.72d + 0.072 = 0$$

$$d = \frac{0.72 \pm \sqrt{0.72^2 - 4 \cdot 0.072}}{2}$$

$$0.5184 - 0.288$$

$$v_1 = v + \frac{d}{f} v = v \left(1 + \frac{d}{f} \right) = v \left(1 + \frac{0.72}{0.12} \right) = v \cdot 7$$

$$v_2 = v \left(1 + \frac{f}{d} \right) = v \left(1 + \frac{0.12}{0.72} \right) = v \cdot \frac{5}{6}$$

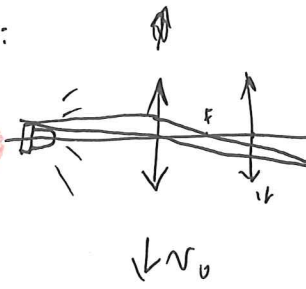
$$v_1 = 2.5 \text{ мм/с}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{d_1}{f_1}$$

$$v_1 = \frac{d_1}{f_1} v_2 = \frac{d_1}{f_1} \cdot \frac{f_2}{d_2} v_2$$

$$\frac{d^2}{f^2} \cdot \frac{1}{f^2} = d^2 \left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{d^2} \right) =$$

$$d^2 \cdot \left(\frac{1}{d^2} - \frac{2}{d} + \frac{1}{d^2} \right) = d^2 - 2d + 1$$



v_0

$$\frac{d^2}{f^2} \cdot \frac{1}{f^2} = d^2 \left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{d^2} \right) =$$

$$d^2 \cdot \left(\frac{1}{d^2} - \frac{2}{d} + \frac{1}{d^2} \right) = d^2 - 2d + 1$$

31-12-83-75
(153.3)

$$v_2 = v_1 \left(\frac{0.12 \cdot 0.6 + 0.12^2}{0.12 \cdot 0.6 + 0.6^2} \right) = v_1 \left(\frac{0.072 + 0.0144}{0.072 + 0.36} \right) = v_1 \left(\frac{0.0864}{0.432} \right) = 0.2 v_1 = 0.5 \text{ мм/с}$$

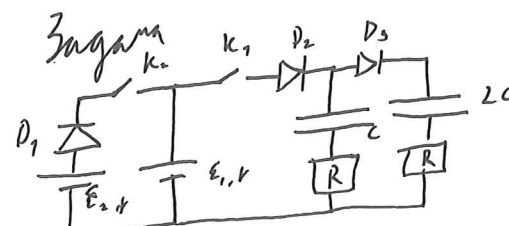
Ответ: 0.5 мм/с (Есть решение и еще более простое, чем в вопросе)

3. Вопрос: Дан: $C = 50 \text{ мкФ}$ $\phi_0 = 5 \text{ В}$ $\phi_0 = 2 \text{ В}$ - напряжение, при котором конденсатор "заряжается"

Закон сохранения энергии:
 $W + Q = \text{const} \Rightarrow W_0 = W_1 + Q$
(мех. энергия минимальна)

$$W_0 = \frac{C \phi_0^2}{2} \quad Q = \frac{C(\phi_0^2 - \phi_1^2)}{2} = \frac{C(\phi_0 + \phi_1)(\phi_0 - \phi_1)}{2} =$$

$$W = \frac{C \phi_1^2}{2} \quad [Q] = \phi \cdot (K_1^2 - K_2^2) = \frac{K_1}{B} \cdot K_1^2 = \frac{Dm}{K_1} \cdot K_1^2 = Dm$$

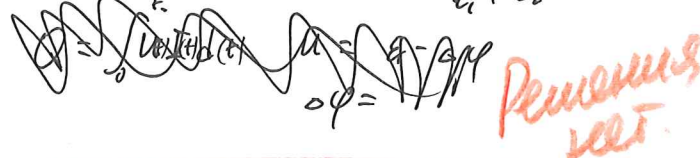


Дано:
 $R = 8 \text{ Ом}$
 $r < 0.1 \text{ Ом}$
 D_1, D_2, D_3 - диоды
на входе $\phi_{\text{вх}} = 2 \text{ В}$
 $E_1 = 3 \text{ В}$
 $E_2 = 9 \text{ В}$

$$Q_1, Q_2 = ?$$

$$W_{\text{ком}} = \frac{C \phi^2}{2}$$

Каждый конденсатор с конденсатором подключен последовательно, $\Rightarrow$
Итого $\phi_{\text{ком}} = \sum E_i$ (E_i - напряжение на конденсаторе, $E_1 + E_2$ - напряжение на конденсаторе)



4. Вопрос: Имеется ли решение? Ответ: нет. (2)
Задача: Решение нет. (0)