

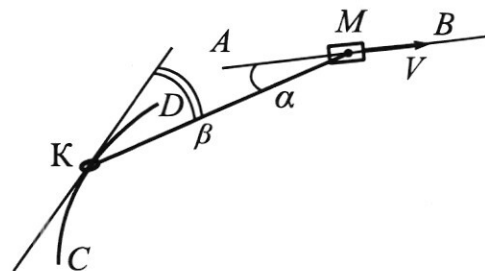
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



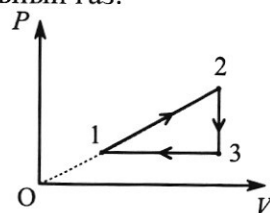
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

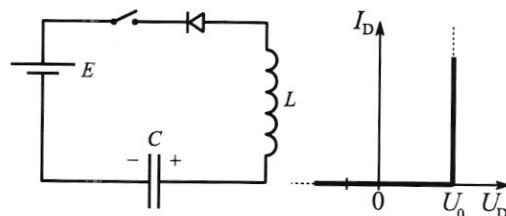
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

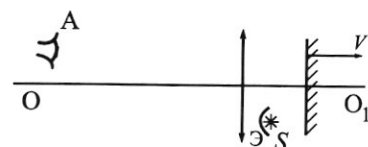


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

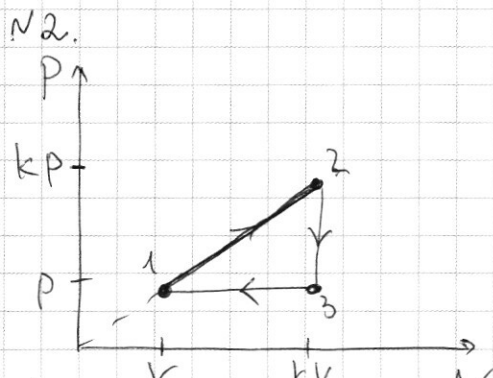
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть миним. давление газа в пр. = P , а макс = kP ,
и миним. знач. объёма = V , а значит макс = kV .

1) Температура повышается только в процессах 2-3 и в проц. 3-1. Пусть кол-во газа в них равно ν .

Тогда:

$$2-3: \text{Изохорн.} \Rightarrow A=0 \Rightarrow Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, \quad c_{23} \nu \Delta T \Rightarrow c_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$3-1: \text{Изобарн.} \Rightarrow Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = c_{31} \nu \Delta T, \quad c_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3}{5} = 0,6 \quad \text{Ответ: } \frac{c_{23}}{c_{31}} = 0,6.$$

2) 1-2: $A_{12} = \frac{(P+kP)(kV-V)}{2} = \frac{PV(k^2-1)}{2}$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (k^2 PV - PV) = \frac{3}{2} PV(k^2-1)$$

$$Q = A + \Delta U = 2PV(k^2-1)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2PV(k^2-1)}{\frac{PV(k^2-1)}{2}} = 4 \quad \text{Ответ: } 4.$$

3) $\eta = \frac{Q_{131}}{Q_{12}} = \frac{Q_{131}}{\frac{PV(k^2-1)}{2}}$

$Q_{131} = A_{131} + \Delta U_{131} = A_{131} = \frac{(kP-P)(kV-V)}{2} = \frac{PV(k^2-1)}{2}$

$Q_{12} = 2PV(k^2-1)$

$\eta = \frac{Q_{131}}{Q_{12}} = \frac{\frac{PV(k^2-1)}{2}}{2PV(k^2-1)} = \frac{1}{4}$

$$\eta = \frac{(k-1)^2}{4(k-1)(k+1)} = \frac{k-1}{4(k+1)}, \quad \eta'(k) = \frac{1}{4} \frac{(k+1) - (k-1)}{(k+1)^2} = \frac{2}{(k+1)^2} \cdot \frac{1}{4} > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta(k) - \text{вемси. возр} \Rightarrow \eta_{\max} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: 25%.

N3.

1) Пусть у конденсатора напряжения U , возьмём за потенциал отриц. обкл. за 0, тогда по ЗСЭ

E - напря. внутри катод.

$$\frac{mV_1^2}{2} = 0,849$$

$$V_1 = \frac{EqT}{m}, \quad E = \frac{U}{d},$$

$$\frac{V_1^2}{2} = 0,848$$

$$V_1 = \frac{UqT}{md} = \frac{U\delta T}{d}$$

$$\frac{V_1}{2} = \frac{0,848}{T}$$

$$T = \frac{1,68d}{V_1} \Rightarrow \text{Ответ: } \frac{1,68d}{V_1}.$$

2) $U = \frac{V_1^2}{1,68} \Rightarrow \text{Ответ: } 1,68.$

3) Возьмём потенциал бесконечно уз. точки за 0, тогда потенциал отриц. обкладки $= -\frac{U}{2}$. Запишем ЗСЭ.

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} - \frac{Uq}{2}$$

$$V_0^2 = V_1^2 - \frac{U\delta}{1,68} = V_1^2 - \frac{V_1^2}{1,68} = \frac{2,6V_1^2}{1,68} = \frac{3V_1^2}{8} \Rightarrow \text{Ответ: } \sqrt{\frac{3V_1^2}{8}} = V_1 \sqrt{\frac{3}{8}}$$

N4.

1) В кач. момент ^{после замык.} сила тока не течёт.

$$U_L = U_1 - \mathcal{E} \quad U_L = \mathcal{E} L \frac{dI}{dt}, \quad \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} =$$

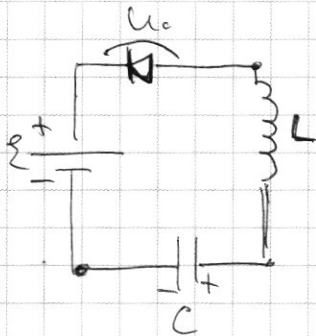
(напр. на кат)

$$= \frac{3}{0,2} = 15 \frac{A}{c}$$

Ответ: ~~15 A~~ $15 \frac{A}{c}$.

2) Макс. ток будет течь в цепи только когда напр. на диоде U_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



И будет макс. когда напря. на кап. $U_c = 0$,
тогда $U_c = \varepsilon - U_L$, тогда по ЗСЭ

$$\frac{C U_c^2}{2} = \frac{C (\varepsilon - U_L)^2}{2}$$

$$\frac{C U_c^2}{2} + \varepsilon C (\varepsilon - U_L - U_L) = \frac{C (\varepsilon - U_L)^2}{2} + \frac{L I^2}{2}$$

$$C (U_c^2 + 2 \varepsilon (\varepsilon - U_L - U_L) - (\varepsilon - U_L)^2) = L I^2$$

$$L I^2 = C (U_c^2 + 2 \varepsilon^2 - 2 \varepsilon U_L - 2 \varepsilon U_L - \varepsilon^2 + 2 \varepsilon U_L - U_L^2)$$

$$L I^2 = C ((U_L - \varepsilon)^2 - U_c^2 - 2 \varepsilon U_L)$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_L - \varepsilon)^2 - U_c^2 - 2 \varepsilon U_L)} = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_L - \varepsilon)^2 - (\varepsilon + U_L)^2 + \varepsilon^2)} =$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-1}} \cdot (9 - 16 + 9)} = \sqrt{20 \cdot 10^{-5}}$$

$$= 10^{-2} \sqrt{2} \approx 0,014 \text{ A}$$

Ответ: 0,014 A.

3) В уст. сост. сила тока не идёт.

$$\varepsilon \varepsilon (U_2 - U_1) \frac{C U_1^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} ; \quad \varepsilon (U_2 - U_1) + \frac{U_1^2}{2} = \frac{U_2^2}{2}$$

$$U_2^2 = U_1^2 + 2 \varepsilon U_2 - 2 \varepsilon U_1$$

$$U_2^2 - 2 \varepsilon U_2 - U_1^2 + 2 \varepsilon U_1 = 0$$

$$\frac{D}{4} = \varepsilon^2 + U_1^2 - 2 \varepsilon U_1 = (U_1 - \varepsilon)^2$$

$$U_2 = \varepsilon \pm (U_1 - \varepsilon) \rightarrow U_1 \text{ (не может быть, т.к. сила тока была равна 0)}$$

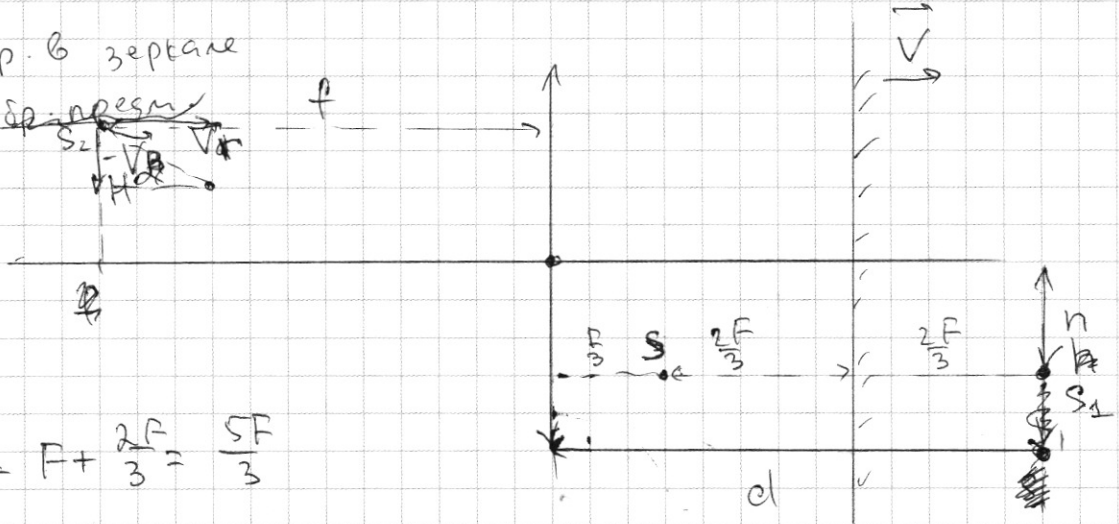
$$\rightarrow 2 \varepsilon - U_1 = 0 \text{ В}$$

Ответ: 0 В.

N 5.

S_1 - изобр. в зеркале

S_2 - изобр. пресм.
 ~~грав.~~



$$① \quad d = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$$

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

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{5F}{3} \cdot F}{\frac{5F}{3} - F} = \frac{5F}{2} = 2.5F$$

Ответ: $2.5F$.

② Если зеркало движется со скор V , то S_1 движется со скор $2V \Rightarrow$

$$\Rightarrow d' = 2V, \quad \Gamma = \frac{dF}{d-F} = \frac{2VF}{2V-F}, \quad h = \frac{8F}{15}$$

$$H = h \cdot \frac{F}{d-F}, \quad H' = h \cdot \frac{F}{(d-F)'} = h \cdot \frac{F}{F} = h \quad (\text{верт. скор. } S_2)$$

$$f = \frac{dF}{d-F}, \quad f' = F \cdot \frac{2V \cdot (d-F) - 2V \cdot d}{(d-F)^2} = \frac{-2VF^2}{(d-F)^2} = -2V\Gamma^2$$

$$H' = hF \left(\frac{1}{d-F} \right)' = hF \cdot \left(\frac{1}{d-F} \right)' \cdot 2V = -\frac{hF}{(d-F)^2} \cdot 2V =$$

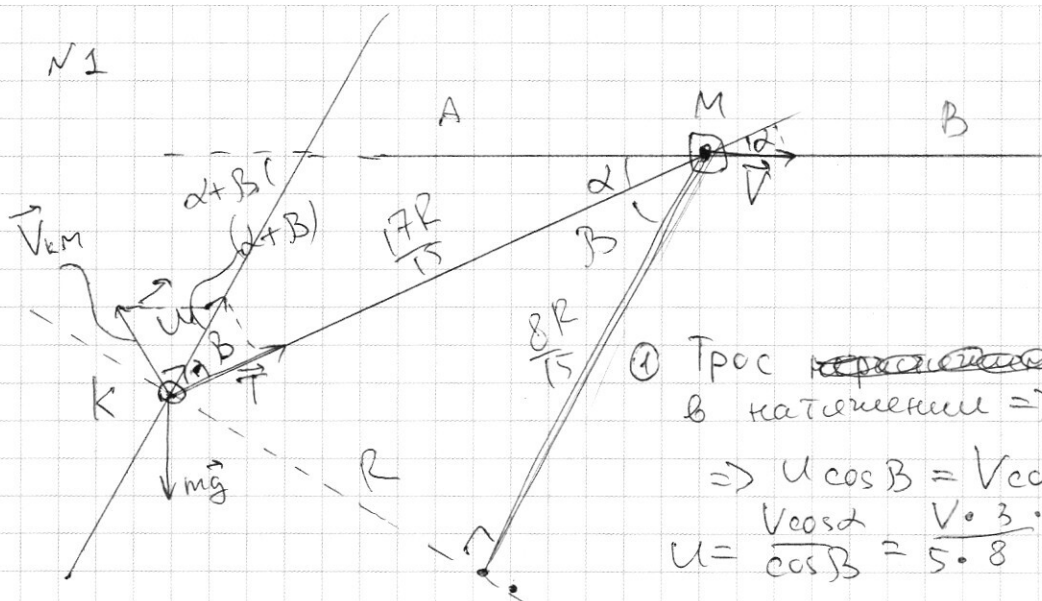
$$= -\frac{h}{F} \Gamma^2 \cdot 2V \quad (\text{верт. скорость}) \cdot |V_B| = \frac{h}{F} \Gamma^2 \cdot 2V$$

$$\tan \alpha = \frac{V_B}{V_r} = \frac{h}{F} \cdot \frac{2V}{2V-F} = \frac{h}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

Ответ: $\alpha = \arctg \frac{8}{15}$

$$③ \quad V_{S_2} = \sqrt{V_B^2 + V_r^2} = 2V\Gamma \sqrt{1 + \frac{h^2}{F^2}} = \frac{2V\Gamma^2 \cdot 17}{15} = \frac{2V \cdot 8 \cdot 17}{24 \cdot 15} = 5.1V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



① Трос ~~перпендикулярно~~ нахос.
в направлении $\Rightarrow$

$$\Rightarrow u \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \frac{21}{40} V =$$

$$= 2 \text{ cm/s}$$

Ответ: 2 cm/s

② $V_{KM} = \sqrt{u^2 + V^2 -$

$$- 2Vu \cos(\alpha + \beta)} = V \sqrt{1 + \left(\frac{21}{40}\right)^2 - 2 \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{21}{40}}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= -\frac{36}{85}$$

$$V_{KM} = V \sqrt{1 + \left(\frac{21}{40}\right)^2 + \frac{36 \cdot 21}{85 \cdot 40}} = V \sqrt{1 + \left(\frac{21}{40}\right)^2 + \frac{36 \cdot 21}{85 \cdot 20}} =$$

$$= \sqrt{40^2 + 21^2 + \frac{36 \cdot 21 \cdot 40}{85 \cdot 20}} = \sqrt{1600 + 441 + 7820} = \sqrt{252761} \approx 52 \text{ cm/s}$$

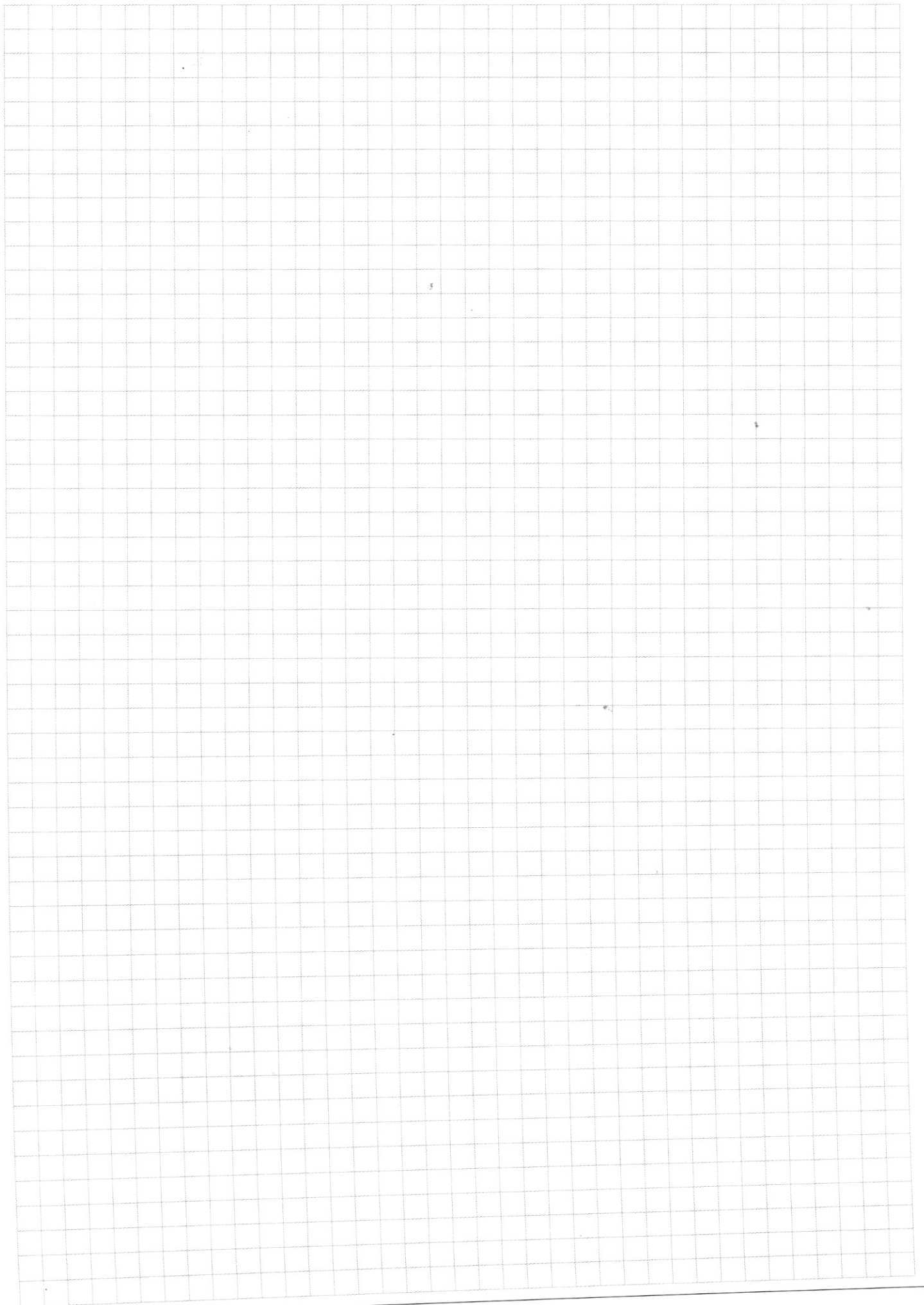
Ответ: 52 cm/s.

③

$$T = \frac{m(V_K)^2}{17R} \cdot 15 = \frac{15mV_K^2}{17R} = \frac{15 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,52^2 \cdot 0,03}{17 \cdot 17} \approx 15 \cdot 0,009 \approx 0,135 \text{ H}$$

$$\approx 15 \cdot 0,009 \approx 0,135 \text{ H}$$

Ответ: 0,135 H



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $u \cos B = v \cos \alpha$
 $u = v \frac{\cos \alpha}{\cos B}$

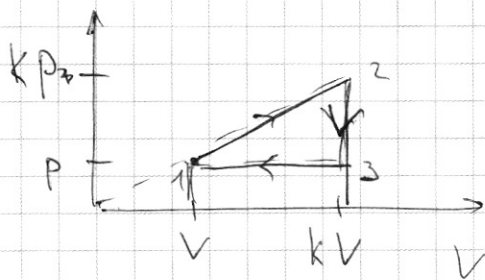
②

$a_1 = \frac{8F}{5} (001)$
 $a_2 = \frac{F}{m}$
 $a_3 = F$

$u_L = u_A - \frac{dI}{dt}$
 $u_L = L \frac{dI}{dt}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{u_A - u_L}{L}$

$t = 1.5$



~~87~~

$$\frac{(50+1)^2}{2}$$

$$= 2$$

$$S_2 = (50+2) = 2500 + 4 + 200$$

~~p-v~~

$$2-3 - \text{изох.} - A = 0$$

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} (pkV - pV) = \frac{3}{2} pR \Delta T = C_V \Delta T$$

$$C_1 = \frac{3}{2} R$$

$$3-1 - \text{изоб.}$$

$$Q = \frac{5}{2} pR \Delta T = C_V \Delta T$$

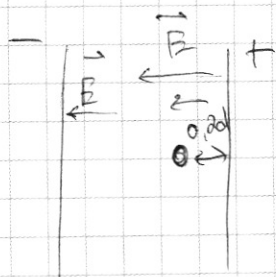
$$C_2 = \frac{5}{2} R \quad \frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{3}{5} \right)$$

$$A = V(k-1) \cdot p(k-1)$$

$$A_{12} = \text{дел}$$

$$\frac{q}{m} = 8$$

$$\frac{(p+kp) \cdot V(k-1)}{2} = \frac{pV(k^2-1)}{2}$$



~~E~~

$$Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} pV$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$C = 2 \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

U

$$V = a \frac{Eq}{m} t$$

$$t = \frac{V}{Eg} = \frac{V_0}{Eg}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = 0.8Uq$$

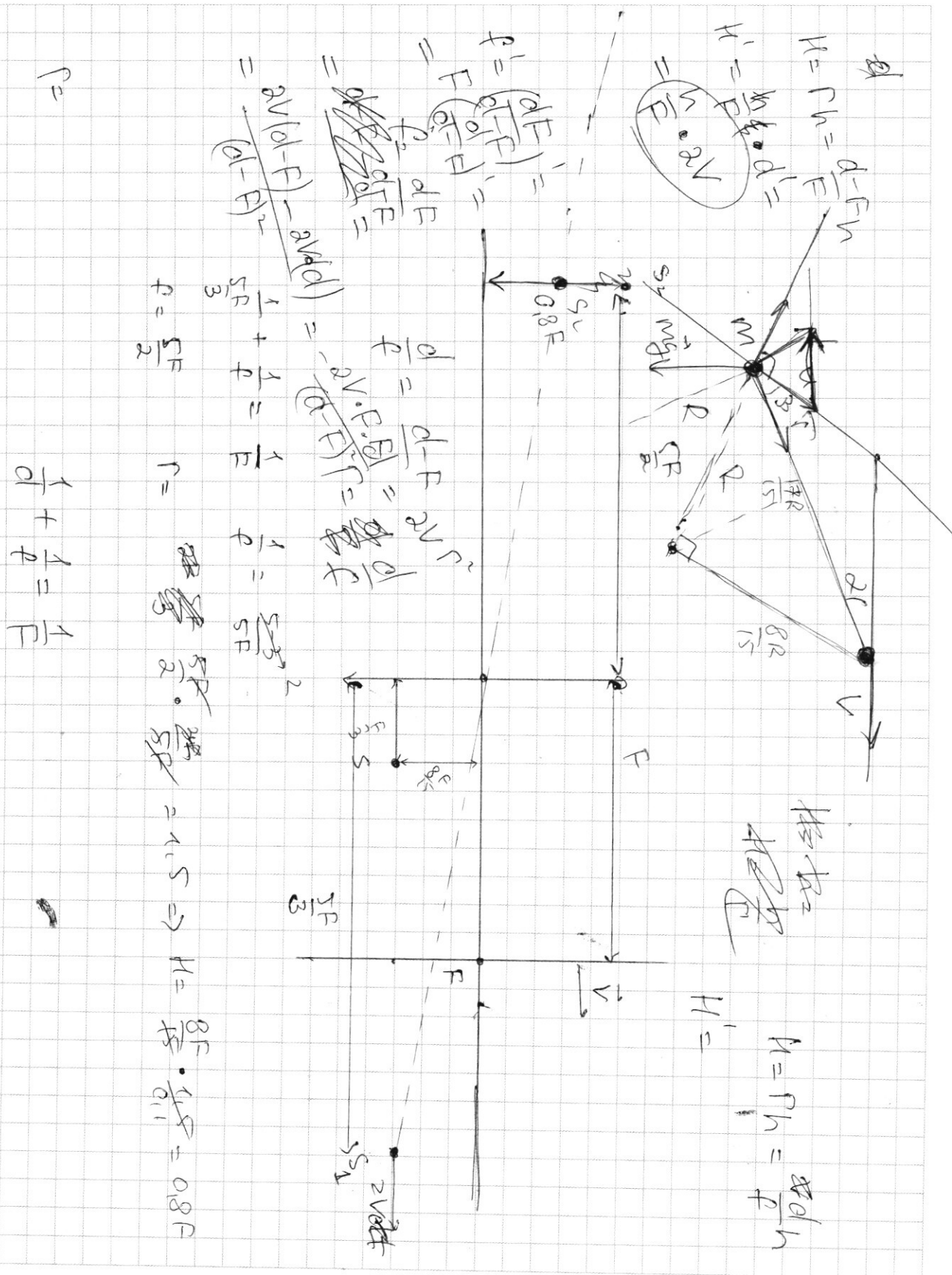
$$\frac{V_1^2}{2} =$$

$$V_1^2 = 1.6Ug$$

$$U = \frac{V_1^2}{1.6g}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} - \frac{Uq}{2}$$

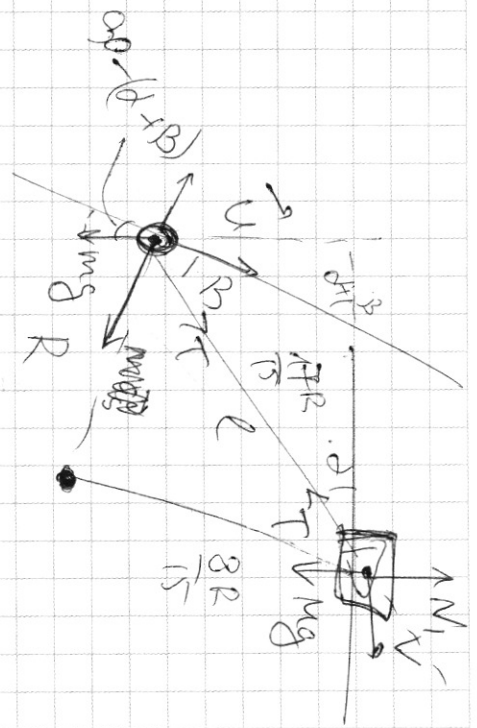
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$= \frac{\sqrt{2}}{30}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\sqrt{2} \cos \alpha}{\cos \beta} \cdot \frac{1}{2} \\ & = \frac{\sqrt{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \\ & = \cos \alpha \cdot \cos \beta = -\sin \alpha \cdot \sin \beta = -\frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} \end{aligned}$$

$$mg \cos(\alpha + \beta) = T$$



$$8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{17} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = \\ &= \frac{32 - 60}{5 \cdot 17} = -\frac{28}{5 \cdot 17} \end{aligned}$$

$$= \frac{24 - 60}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{5 \cdot 17}$$

$$\frac{mv^2}{2R} = mg \sin(\alpha + \beta)$$

