

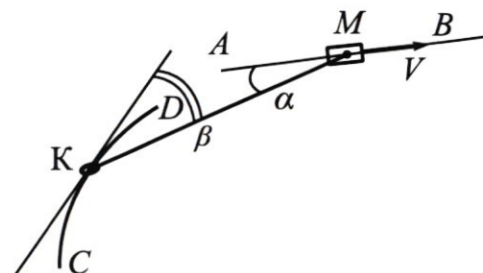
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

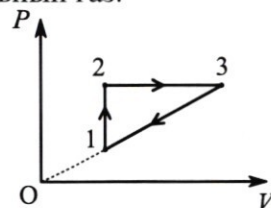
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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 повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

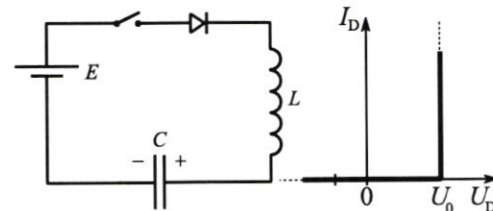


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица 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.

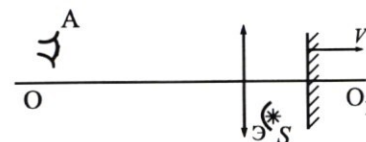
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

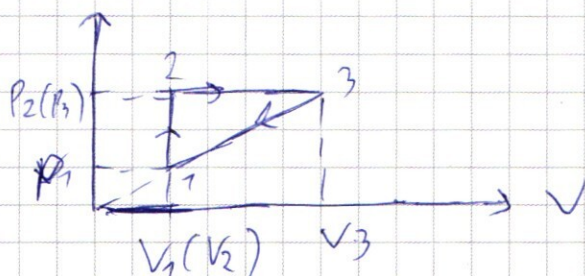
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

v^2



1) рассмотрим участок 3-1:

~~Рассмотрим~~ $P = \kappa V$, $\kappa = \text{const}$

$$PV = \nu R T \Rightarrow \nu R T = \kappa V^2 \Rightarrow T = \frac{\kappa}{\nu R} V^2, \text{ где}$$

$$\frac{\kappa}{\nu R} = \text{const} \Rightarrow \text{при } \kappa \downarrow, \text{ то и } T \downarrow$$

на участке 1-2 и 2-3 температура

увеличивается

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}$$

$$\begin{aligned} Q_{23} &= A_{23} + \Delta U_{23} = P_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \\ &= \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \end{aligned}$$

$$C_{23} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} \quad \text{Ответ: } \frac{3}{5}$$

$$2) A_{23} = P_2 (V_3 - V_2) = \int R \sigma T_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \int R \sigma T_{23} \quad (\text{из н. "2"})$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

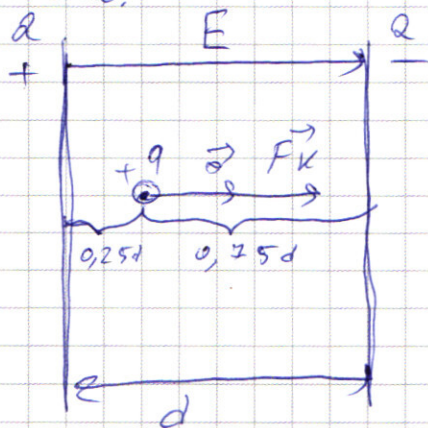
$$\text{Ответ: } \frac{5}{2}$$

N 3

Дано:

$$T, S, d, \frac{q}{m} = \gamma$$

Решение:



1) ~~По второму закону Ньютона~~

$$\text{Решая } 0,25d = \frac{V_1}{2} T$$

$$\text{получим } 7,5d = V_1 T$$

$$V_1 = 7,5 \frac{d}{T}$$

$$\text{Ответ: } 7,5 \frac{d}{T} \text{ м/с}$$

2) По второму закону Ньютона:

$$F_K = ma$$

$$qE = m \frac{V_1}{T}$$

$$\gamma E = \frac{V_1}{T}$$

$$V_1 = T \gamma E; \text{ из пункта 1) } V_1 = 7,5 \frac{d}{T}$$

$$7,5 \frac{d}{T} = T \gamma E \Rightarrow E = \frac{7,5d}{T^2 \gamma}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Емкость конденсатора $C = \frac{Q}{Ed} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

$$Q = E \epsilon_0 S = \frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2}$$

Ответ: $\frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2}$ Кл

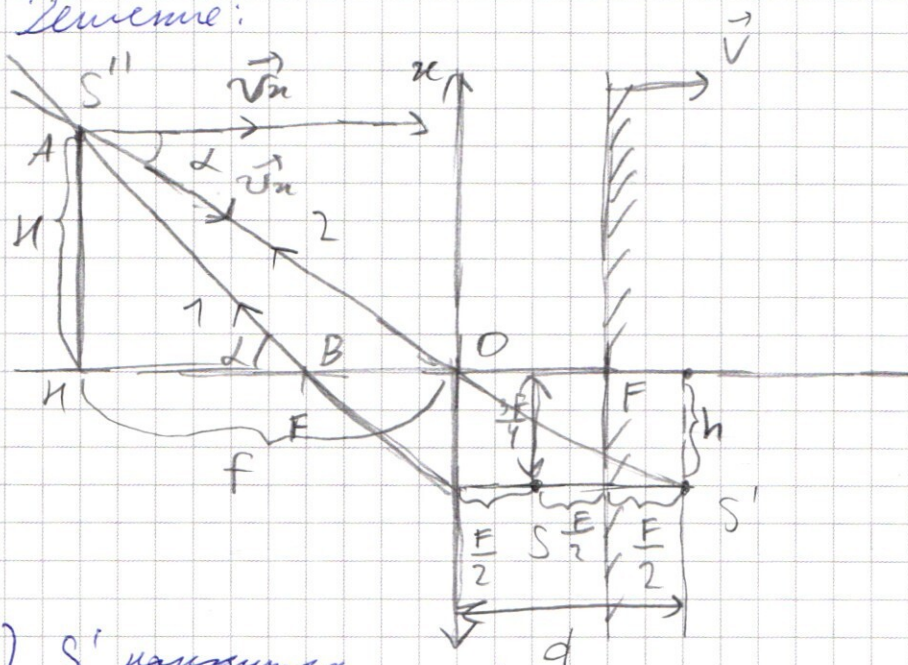
3) Так как конденсатор не действует на заряд вне конденсатора, то $V_2 = V_1$

Ответ: $1,5 \frac{d}{T}$ Кл/С

NS дано:

F, V

Решение:



1) S' находится

на расстоянии $F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$ от зеркала (как и S) $\Rightarrow$
 $\Rightarrow d$ (расстояние S' от линзы) $= \frac{3F}{2}$

известно формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}; \quad F = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3F}{2} F}{\frac{F}{2}} = 3F$$

Ответ: $3F$

2) При глупении зеркала луч 1 не изменяет
свое направление, луч 2 меняет $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ изображение глупения вдоль прямой АВ,
в сторону точки В. $\Rightarrow \angle = \angle ABK$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}; \quad K = \frac{f}{d} \quad h = \frac{3R}{2R} \cdot \frac{3}{4} F = \frac{3}{2} F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \angle = \frac{K}{f-F} = \frac{\frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F - F} = \frac{\frac{3}{2} F}{\frac{1}{2} F} = \frac{3}{1}$$

$$\text{Ответ: } \angle = \arctg \frac{3}{1}$$

3) направил ось к параллельно главной
оптической осей,

тогда ~~получим~~ получим, что у точки S' скорость U,
а у точки S'' скорость V, тогда $V \cos \angle$;

$$U = 2V; \quad \text{получим, что } \vec{r} = \vec{U} \Delta t, \quad \Delta t \rightarrow 0$$

$$\vec{r}_1 = \vec{V} \cos \angle \Delta t, \quad \Delta t \rightarrow 0,$$

$$\text{тогда } \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d+r} + \frac{1}{f-r_1}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d+r} + \frac{1}{f-r_1}$$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+r} = \frac{1}{f-r_1} - \frac{1}{f}; \quad \frac{r}{d(d+r)} = \frac{r_1}{f(f-r_1)}$$

$$f^2 r - f r_1 r = d^2 r_1 + d r r_1$$

$$\frac{r_1}{r} = \frac{f^2}{d^2}; \quad \frac{V \cos \angle}{U} = \left(\frac{f}{d} \right)^2 = \left(\frac{\frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F} \right)^2 = 1$$

$$V \cos \angle = U; \quad V \cos \angle = 8V$$

$$\operatorname{tg}^2 \angle + 1 = \frac{1}{\cos^2 \angle}; \quad \frac{9}{16} + 1 = \frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \angle}; \quad \cos \angle = \frac{4}{5}$$

$$V = \frac{V \cos \angle}{\cos \angle} = \frac{8V}{\frac{4}{5}} = \frac{28 \cdot 5V}{4} = 70V \quad \text{Ответ: } 70V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

$$E = 9 \text{ В};$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гк}$$

$$U_0 = 7 \text{ В}$$

Решение:

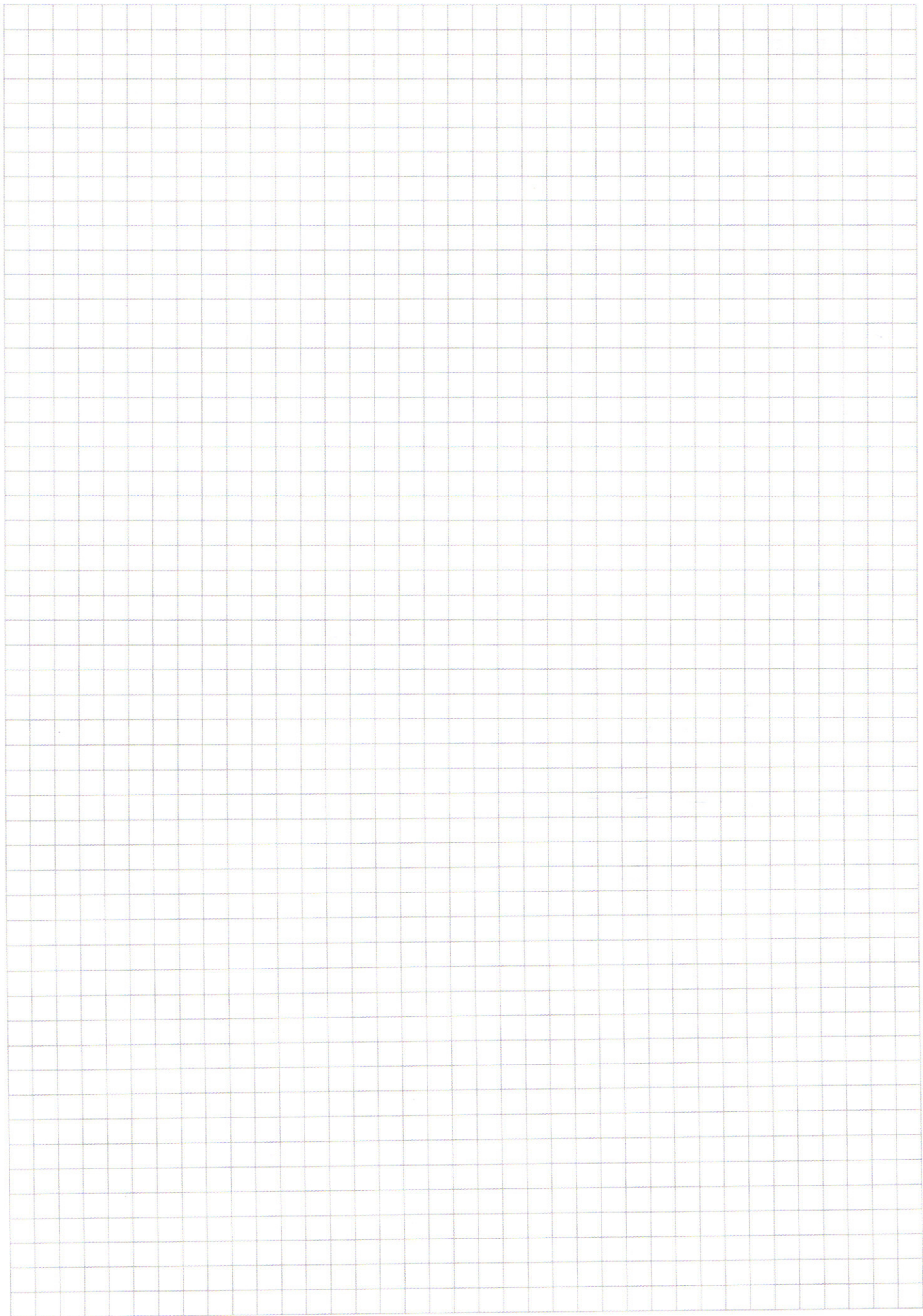
1) по второму правилу Кирхгофа:

$$E = U_1 + U_0 + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{9 - 5 - 7}{0,1} = \frac{3}{0,1} = 30 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

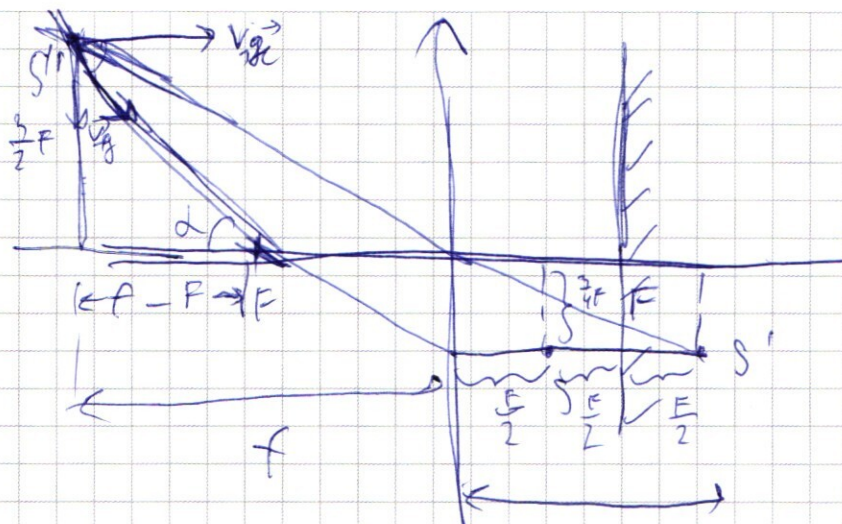
$$\text{Ответ: } 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$d = \frac{3F}{2}$$

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

$$1) F = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{3}{2}F-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

$$2) \frac{F}{d} = \frac{1}{n} \quad \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{n} \quad \frac{2 \cdot 3}{3} = \frac{4}{3}$$

$$H = \frac{3 \cdot 87}{42} = \frac{3}{2} F$$

$$\tan \alpha = \frac{\frac{3}{2}F}{f-F} = \frac{\frac{3}{2}F}{2F} = \frac{3}{4}$$

$$\alpha = \arctan \frac{3}{4}$$

$$U = 2V$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

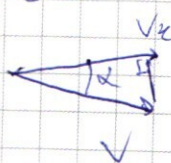
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d+f} + \frac{1}{f-d}$$

$$\frac{V_{m1}}{U} = F^2$$

3)

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

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



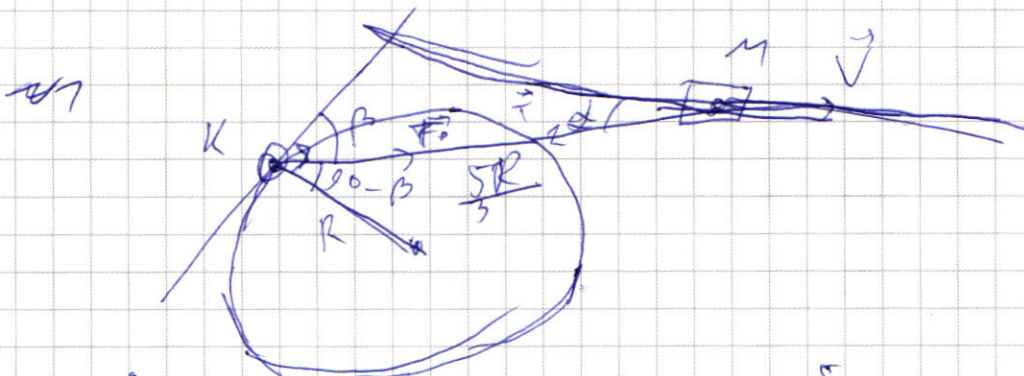
$$V_m = V \cos \alpha$$

$$V = \frac{V_m}{\cos \alpha}$$

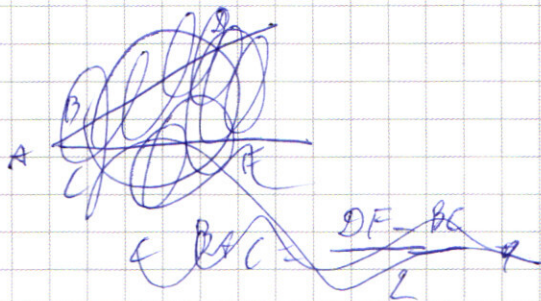
$$\frac{d^2 \alpha}{d r^2} = \frac{F^2}{d^2}$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{25}{76} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

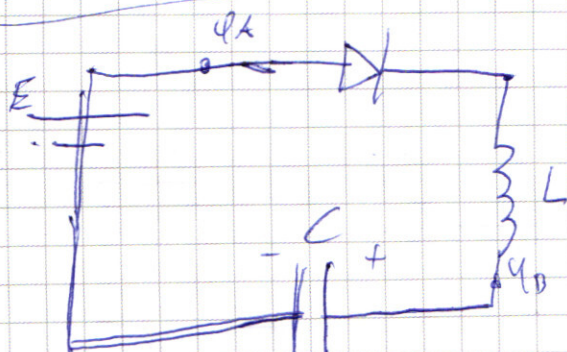


V, m - масса, $R, L = \frac{5}{3}R, \alpha, \beta$



[Handwritten signature]

$$\sin(180^\circ(\alpha + \beta)) = \sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta +$$



$$\delta' = \frac{\partial R}{\partial t} - ?$$



$$U = U_C + U_L$$

$$U_C = U_B$$

$$U_L = U_B = U_C$$

$$E = U_C + U_L + L I'$$

$$E - U_C = U_L = L I'$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) E = U_C + U_L + U_\varphi$$

6/2/20

при $\ell \in \mathbb{N}$ $I \geq 0$

Q.E.D.

92647

$$Q_4 =$$

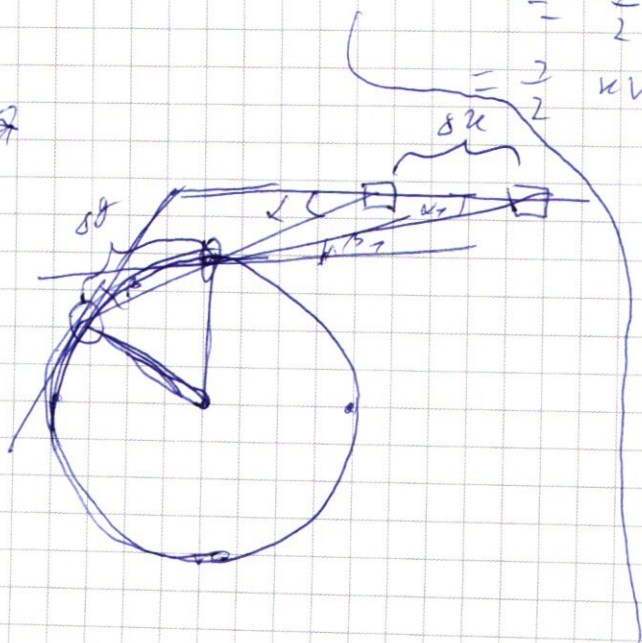
$$= \frac{5}{2} \kappa V_3^2 - \frac{3}{2} \kappa V_1^2 \quad \text{---}$$

$$z = \frac{A_0}{\dots}$$

$$Q_{12} = \frac{C_{12}}{\sqrt{\Delta T_{12}}} + \frac{C_{23}}{\sqrt{\Delta T_{23}}}$$

24

Don't



27 Bk

$$A_{12} + A_{23} =$$

$$= \frac{3}{2} p_2 v_2 - \frac{3}{2} p_3 v_3 + \frac{5}{2} p_2 v_3 - \frac{3}{2} p_3 v_2 - p_2 v_3 =$$

$$= \frac{5}{7} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_7 V_7 -$$

$$-P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1 - P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_3 V_3 =$$

$$\begin{aligned} A_{0,inc} &= \frac{1}{2} P_2 V_3 - P_2 V_2 + \frac{1}{2} P_3 V_2 = \\ &= \frac{1}{2} P_3 V_3 + \frac{1}{2} P_3 V_1 - P_2 V_2 = \\ &= \frac{1}{2} \kappa V_3^2 + \frac{1}{2} \kappa V_1^2 - \kappa V_1 V_3 \end{aligned}$$

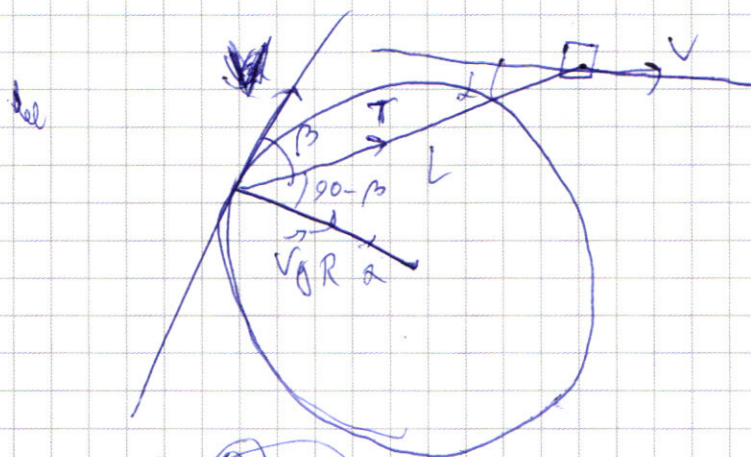
~~$$\frac{2}{4} \sqrt{3}^2 + \frac{2}{2} \sqrt{1}^2 + \frac{2}{2} \sqrt{1}^2 + \frac{2}{2} \sqrt{3}^2$$~~

of ~~the~~

~~9/13/14~~

~~class~~

24



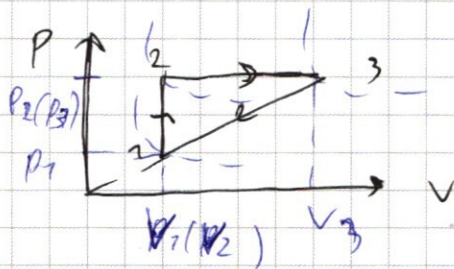
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$i = 3$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$C_{12} = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = ?$$



3-1?

$$P(V) = kV$$

$$P_1 = kV_1$$

$$P_3 = kV_3$$

$$P(V) = \frac{P_1}{V_1} V$$

$$RT = PV$$

$$= \frac{P_1}{V_1} V^2$$

$$T = \frac{P_1}{V_1 R} V^2$$

$$T = \frac{k}{R} V^2$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - T_3 = \frac{k}{R} (V_1^2 - V_3^2) \quad T \downarrow$$

$$2) Q = \frac{5}{2} R \Delta T = P_1 \Delta V = P_2 \Delta V$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12}$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{(T_2 - T_1)} =$$

$$1) Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + \Delta W_{23}$$

$$= P_2 \Delta V + \frac{3}{2} P_2 \Delta V =$$

$$= \frac{5}{2} P_2 \Delta V =$$

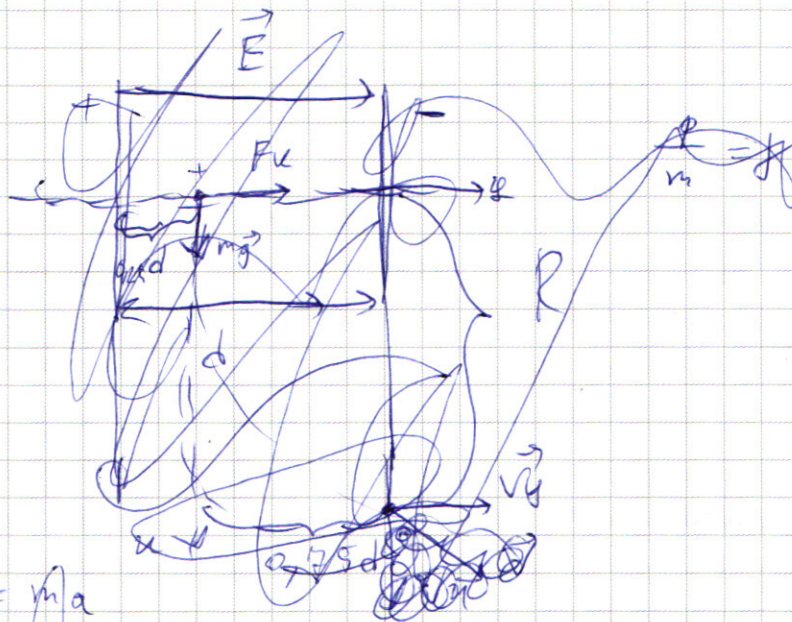
$$= \frac{5}{2} R \Delta T$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

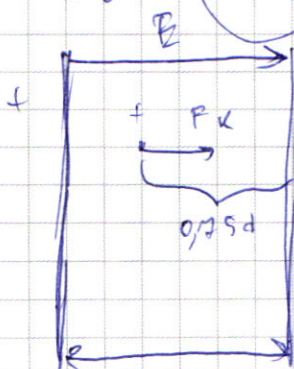
$$\frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3} = 1.6$$

N3

0,25d



$$\begin{aligned} qE &= ma \\ qE &= m \frac{v}{T} \\ v_y &= T E \end{aligned}$$



$$F_x = m a$$

$$qE = ma$$

$$qE = m \frac{v}{T}$$

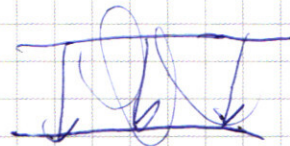
$$1) \gamma E = \frac{v}{T}; \quad v = T \gamma E$$

$$2) \quad 1,5 \frac{d}{T} = T \gamma E$$

$$E = \frac{1,5 d}{T^2 \gamma}$$

$$2) C = \frac{Q}{4} = \frac{Q}{Ed}$$

$$Q = E \times \frac{\epsilon_0 S}{d} = E \epsilon_0 S = \frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2 \gamma}$$



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

$$U = Ed$$

$$a = 0,25d = \frac{v^2}{2} T$$

$$v^2 = 1,5 d \gamma E$$

$$\frac{mv^2}{2} = qE \cdot 0,25d$$

$$\frac{v^2}{2} = \gamma E \cdot 0,25d$$

$$v^2 = 1,5 d \gamma E$$

$$v = 1,5 \frac{d}{T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{23}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$Q_{12} = Q_{12} + Q_{23} =$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_2)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_3 V_3 - \frac{5}{2} P_2 V_2 + \frac{3}{2} P_2 V_2 -$$

$$- \frac{3}{2} P_1 V_1 =$$

$$= \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2 - P_2 V_2 =$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$A_{12} + A_{23} = \frac{3}{2} \delta T_{12} Q_{12} + Q_{23} =$$

$$= Q_{23} + \frac{3 \delta T_{12} + 5 \delta T_{23}}{5 \delta T_{23}} Q_{23} =$$

$$A_{23} = \frac{2}{5} Q_{23}$$

$$|A_{12}| = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_2 + P_2 V_3 =$$

$$= P_2 V_2) = \frac{3}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_2 + P_2 V_3) =$$

$$= \frac{3}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2 + \frac{3}{2} P_2 V_3 =$$

$$A_{23} - |A_{12}| = \frac{3}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2 + \frac{3}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_2 V_3 + \frac{3}{2} P_1 V_2 =$$

$$A_0 = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_3 + \frac{3}{2} P_2 V_2 =$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} P_2 (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_1 V_3 - P_2 V_2) =$$

$$P_3 = P_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$P_1 V_3 = P_3 V_1$$

$$Q = C_V \delta T$$

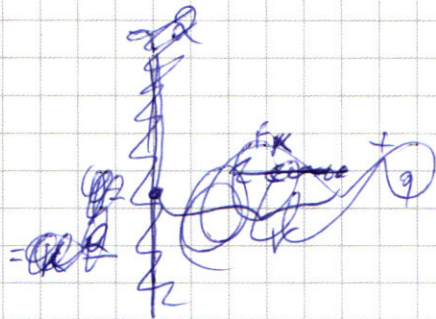
$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{Q_{12} \cdot \delta T_{23}}{\delta T_{12} \cdot Q_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_2)$$

3/



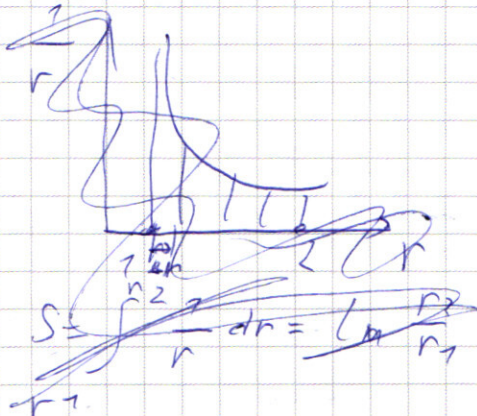
~~Гравитация~~

$$F_k = \frac{kqQ}{r^2}$$

$$A \sim F_k r = \frac{kqQ}{r}$$

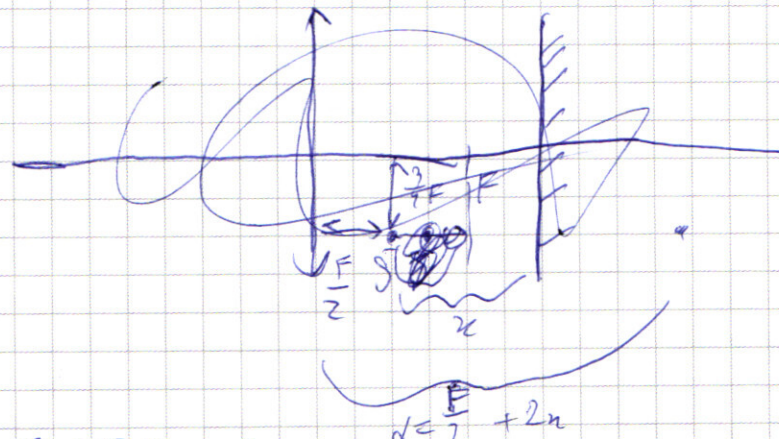
$$A = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{kqQ}{r_i} =$$

$$= kqQ \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{r_i}$$



$$S = kqQ \ln \frac{r_2}{r_1}$$

25



$$F = \frac{1}{d} \left(\frac{F}{d} - F \right) = \frac{(\frac{F}{d} + 2n)F}{\frac{F}{d} + 2n - F} = \frac{(\frac{F}{d} + 2n)F}{2n} = \frac{F}{2n} \left(\frac{F}{d} + 2n \right)$$