

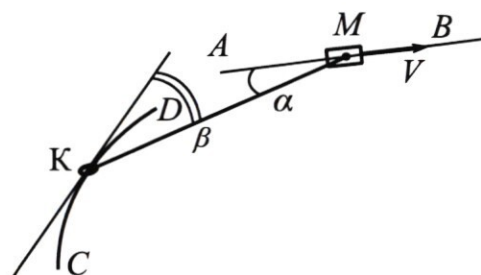
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 15/17$ ) с направлением движения муфты и угол  $\beta$  ( $\cos \beta = 4/5$ ) с направлением движения кольца.



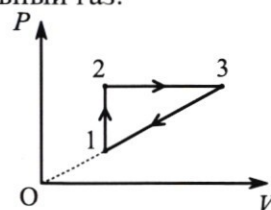
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

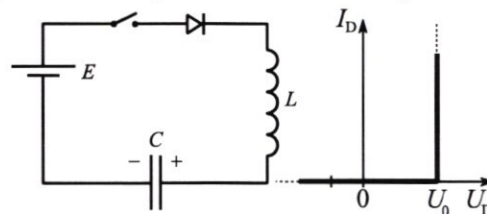
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 9$  В, конденсатор емкостью  $C = 40$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 5$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,1$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода 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

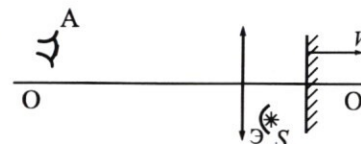


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$ , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника  $S$  может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси  $OO_1$  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  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.

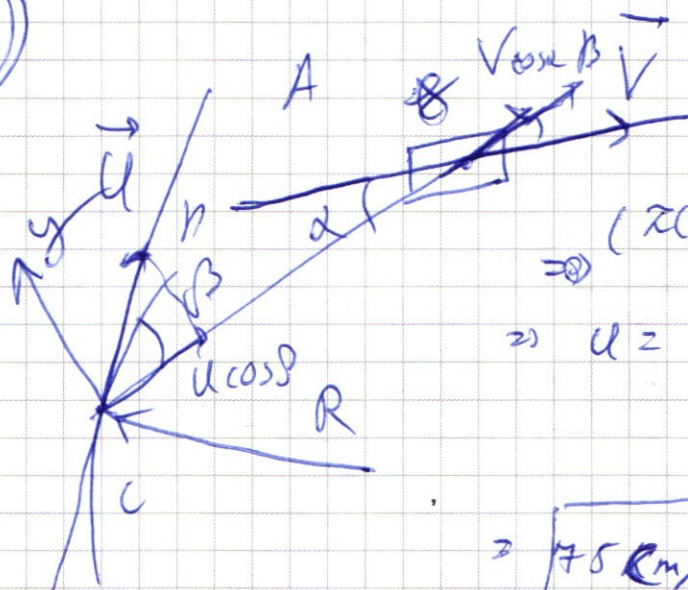






## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑦

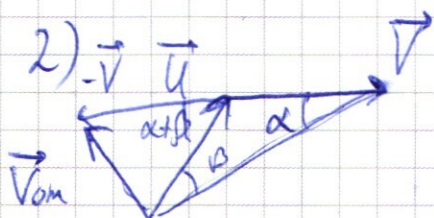


$$1) u \cos \beta = V \cos \alpha$$

(так как  $\rho = \text{const}$ )

$$2) u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot \frac{75}{72}}{\frac{4}{5}} =$$

$$= 75 \text{ km/s}$$



$$V_{om} = \sqrt{V^2 + u^2 - 2Vu \cos(\alpha + \beta)}$$

$$= \sqrt{V^2 + u^2 - 2Vu(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}$$

Поскольку  $u_x = V_x$   $V_{om} = u_y - V_y$

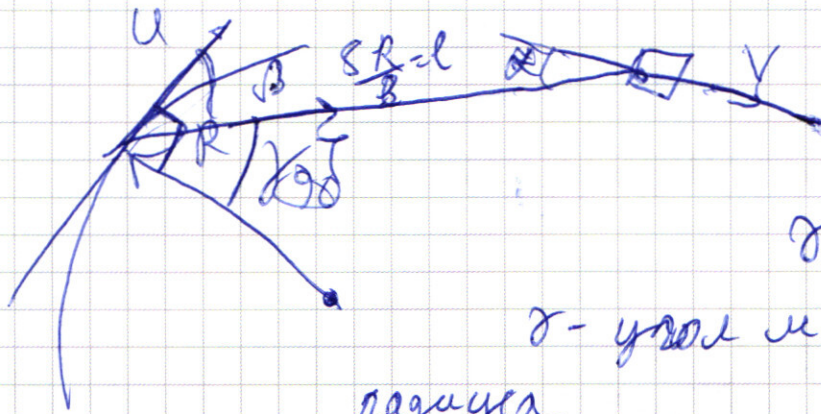
$$= u \sin \beta + V \sin \alpha = u \cdot \frac{3}{5} + V \cdot \frac{8}{72} =$$

$$= 48 \cdot \frac{3}{5} + 68 \cdot \frac{8}{72} = 45 + 32 = 77 \text{ km/s}$$

где  $u_x, V_x, u_y, V_y$  — составляющие скорости  
(x — направление вдоль линии).



3)



$$\gamma = 90^\circ - \beta, \text{ где}$$

$\gamma$  - угол между касан. и радиусом.

~~$$m \frac{u^2}{R} \sin \beta$$~~

$$T \sin \beta = \frac{m u^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{10 \cdot 1.075^2}{7.9 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{0.5625}{7.9 \cdot \frac{3}{5}} = \boxed{\frac{505628}{57} \text{ Н}} \approx 0.5 \text{ Н}$$

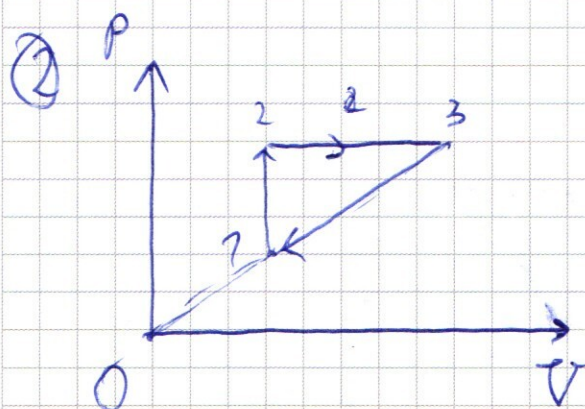
Ответы: 1) 75 см/с

2) 70 см/с

3)  $\approx 0.5 \text{ Н}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1)
- 1) При 1-2 - изохора
  - 2) При 2-3 - изобара
  - 3) При 3-1  $P = \alpha V$

При 3)  $P = \alpha V$   
 $PV = \nu RT \quad \Rightarrow \quad \alpha V^2 = \nu RT \quad \Rightarrow \quad V \downarrow \rightarrow T \downarrow \Rightarrow$

$\Rightarrow$  Температура возрастает только при 1 и 2),  
 в случае которого  $\frac{C_p}{C_v} = \gamma = \frac{5}{3}$  для одноатомного  
 газа.

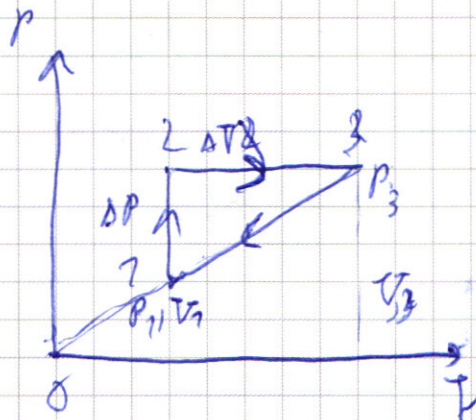
2) В изобарном процессе  $\Delta Q = \Delta U + A =$   
 $= \Delta U + P \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V \quad \Rightarrow \quad \Delta Q = \frac{5}{2} P \Delta V \quad \Rightarrow$   
 $P \Delta V = \nu R \Delta T$

$\Rightarrow \frac{A}{Q} = \frac{2}{5}$



3)  $\eta = \frac{A}{Q}$ , где  $\eta$  - КПД цикла

$A$  можно рассчитать с помощью площади графика



$$A = \frac{1}{2} \Delta P \cdot \Delta V$$

$$Q_{1-2} = A U_{1-2} = \frac{3}{2} \Delta P V_1$$

$$Q_{2-3} = A U_{2-3} + A = \frac{5}{2} P_3 \Delta V$$

$$Q_{3-2} = A U + P \Delta V = \frac{3}{2} V R dT + Q V dV$$

$$\propto V^2 = V R dT \Rightarrow dT \propto \frac{V dV}{V R}$$

$$\Rightarrow Q_{3-2} = \frac{3}{2} \propto V dV + \propto V dV = \frac{5}{2} \propto V dV$$

$$\Rightarrow Q_{3-2} = \frac{5}{4} \propto (V_1^2 - V_3^2) = \frac{5}{4} (P_1 V_1 - P_3 V_3)$$

$$Q = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1} = \frac{3}{2} \Delta P V_1 + \frac{5}{2} P_3 \Delta V + \frac{5}{4} P_1 V_1 - \frac{5}{4} P_3 V_3$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\Delta P \Delta V}{3 \Delta P V_1 + 5 P_3 \Delta V - \frac{5}{2} P_3 V_3 + \frac{5}{2} P_1 V_1}$$

$$= \frac{\Delta P \Delta V}{3 P_1 V_1 - P_3 V_3 + 5 P_3 V_3 - 5 P_1 V_1 - \frac{5}{2} P_3 V_3 + \frac{5}{2} P_1 V_1}$$

$$= \frac{P_3 V_3 + P_3 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1}{\frac{11}{2} P_1 V_1 + \frac{5}{2} P_3 V_3 - 8 P_3 V_1} = \frac{V_3^2 - 2 V_1 V_3 + V_1^2}{\frac{11 V_1^2}{2} + \frac{5}{2} V_3^2 - 8 V_1 V_3}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

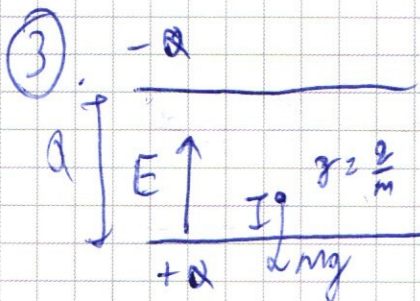
$$②. \frac{2(V_3 - V_1)^2}{5V_3^2 + 5V_1^2 - 10V_3V_1 + 6V_3V_1 + 6V_1^2}$$

$$= \frac{2}{5 + \frac{6V_1^2 - 6V_3V_1}{(V_3 - V_1)^2}} \Rightarrow \frac{6V_1^2 - 6V_3V_1}{(V_3 - V_1)^2} \rightarrow \min$$

$$\frac{6V_1(V_1 - V_3)}{(V_3 - V_1)^2} = -\frac{6V_1}{V_3 - V_1} \Rightarrow V_3 \rightarrow \infty \Rightarrow \eta \rightarrow \max$$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = 40\% \approx 0,4$$

Ответы: 1)  $\frac{I}{3} = \gamma$   
2)  $\frac{2}{5}$   
3) 0,4 или 40%



1)  $E = \frac{Q}{\epsilon_0}$ , где  $E$  - сила поля внутри конденсатора.

$$qE - mg = ma \quad V_1 = aT \Rightarrow \boxed{\frac{qQ}{\epsilon_0} - g \cdot T = V_1}$$

$$2) \quad 0,75a = \frac{V_1^2}{2a} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow \frac{1,5a}{T^2} = \frac{qQ}{\epsilon_0} - g \Rightarrow$$



$$\Rightarrow Q = \frac{\epsilon_0}{\gamma} \left( \frac{3d}{2T} + g \right)$$

3) Если частица добегается на бесконечно  
большое расстояние, то можно взять, что

$$g=0 \Rightarrow V_1 = \frac{Q}{\epsilon_0} T \quad \Rightarrow \quad V_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0}{\gamma} - \frac{3d}{2T}$$

Из сохранения энергии

$$q \cdot E \cdot 0,75d + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$\cancel{\gamma \cdot \frac{\epsilon_0}{\gamma} \cdot 0,5628 \cdot \frac{d^2}{T^2} + \frac{3}{2} \frac{d^2}{T^2} = V_2^2}$$

$$\Rightarrow \cancel{V_2 = \frac{d}{T} \sqrt{3 + 0,75}} =$$

$$\frac{d^2}{T^2} \cdot \frac{3 \cdot 0,75}{2} + \frac{9}{4} \frac{d^2}{T^2} = \frac{V_2^2}{2} \Rightarrow V_2 = \frac{d}{T} \sqrt{\frac{9}{4} + \frac{3}{2} \cdot 0,75}$$

$$= \frac{3d}{2T} \sqrt{7 + \frac{3}{2} \cdot 0,75} = \frac{3d}{2T} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

Ответы: 1)  $\frac{3d}{2T}$

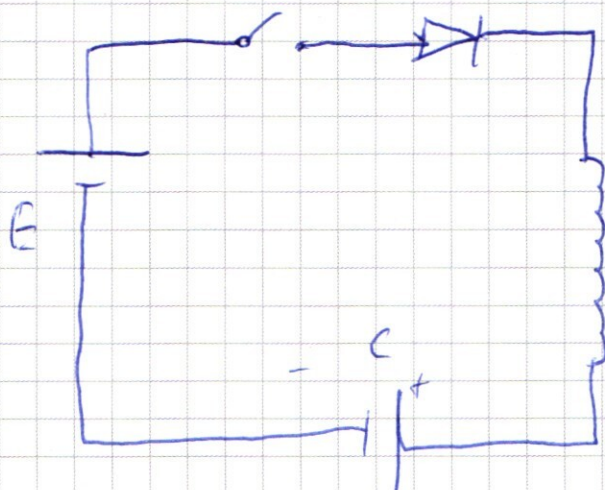
2)  $\frac{3\epsilon_0 d}{2T}$

3)  $\frac{3d}{2T} \sqrt{\frac{3}{2}}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



1) В момент  
завыл замыкал ключа

$$\mathcal{E} = U_0 + U_L + U_C$$

$$U_0 = 9 \text{ В}$$

$$U_0 = 7 \text{ В}$$

$$U_C = -U_0 = -9$$

$$\Rightarrow U_L = 9 - 7 + 5 = 7 \text{ В}$$

$$U_L = -L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \boxed{130 \frac{\text{А}}{\text{с}}}$$

2) Из сохранения энергии  $\frac{1}{2} C U_1^2 = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow$

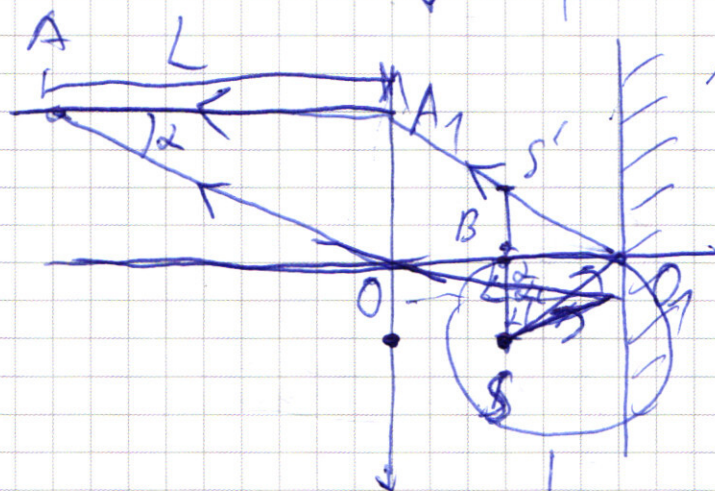
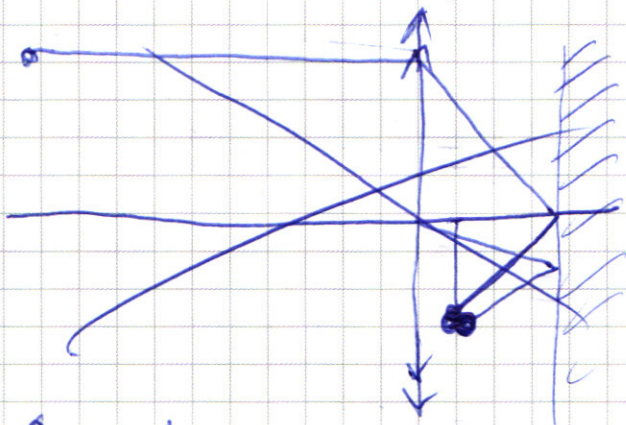
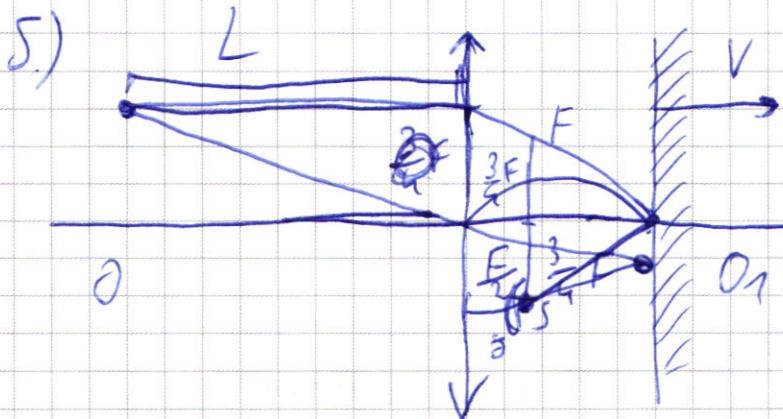
$$\Rightarrow I_{\text{max}} = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} = 5 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 5 \cdot 2 \sqrt{10^{-4}} = \boxed{0,1 \text{ А}}$$

3) Стабилизация  $\Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = U_2 + U_0 \Rightarrow \boxed{U_2 = 8 \text{ В}}$$

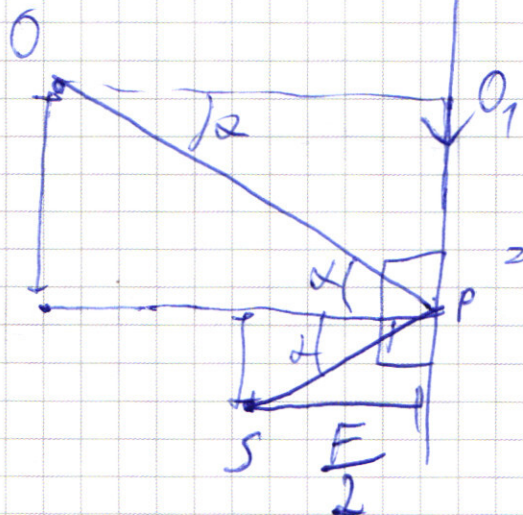
Ответ: 1)  $130 \frac{\text{А}}{\text{с}}$   
2)  $0,1 \text{ А}$   
3)  $8 \text{ В}$ .





$$1) \frac{S'B}{OA_1} = \frac{\frac{F}{2}}{F} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow OA_1 = \frac{3}{2} F$$



$$OS = \tan \alpha \cdot F + \tan \alpha \cdot \frac{F}{2}$$

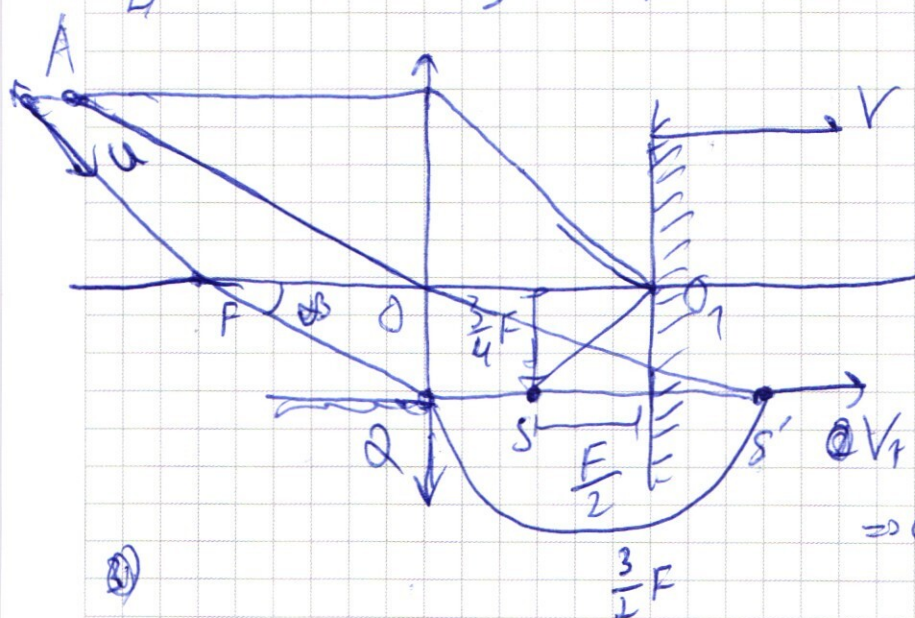
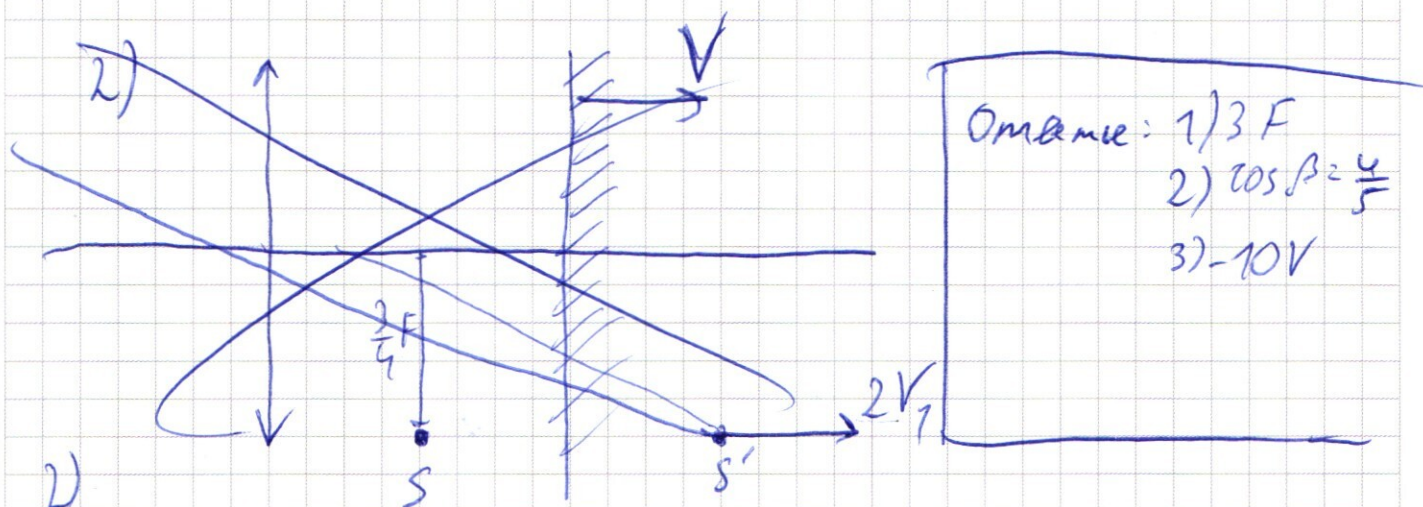
$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{2}{3} \frac{OS}{F} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{3}{2} F OA_1 = \tan \alpha \Rightarrow L = 2 OA_1^2$$

$$\boxed{= 3F}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Угрожающее поведение:

по мнѣ АА.  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \tan \beta = \frac{\frac{3}{4} F}{F} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{7}{\sqrt{7^2 + 24^2}} = \frac{7}{25}$$

3)  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ , где  $d$  - расстояние от линзы до предмета

$\alpha = \beta$  — углы,  $f$  — расстояние источника в линзе  $\Rightarrow$

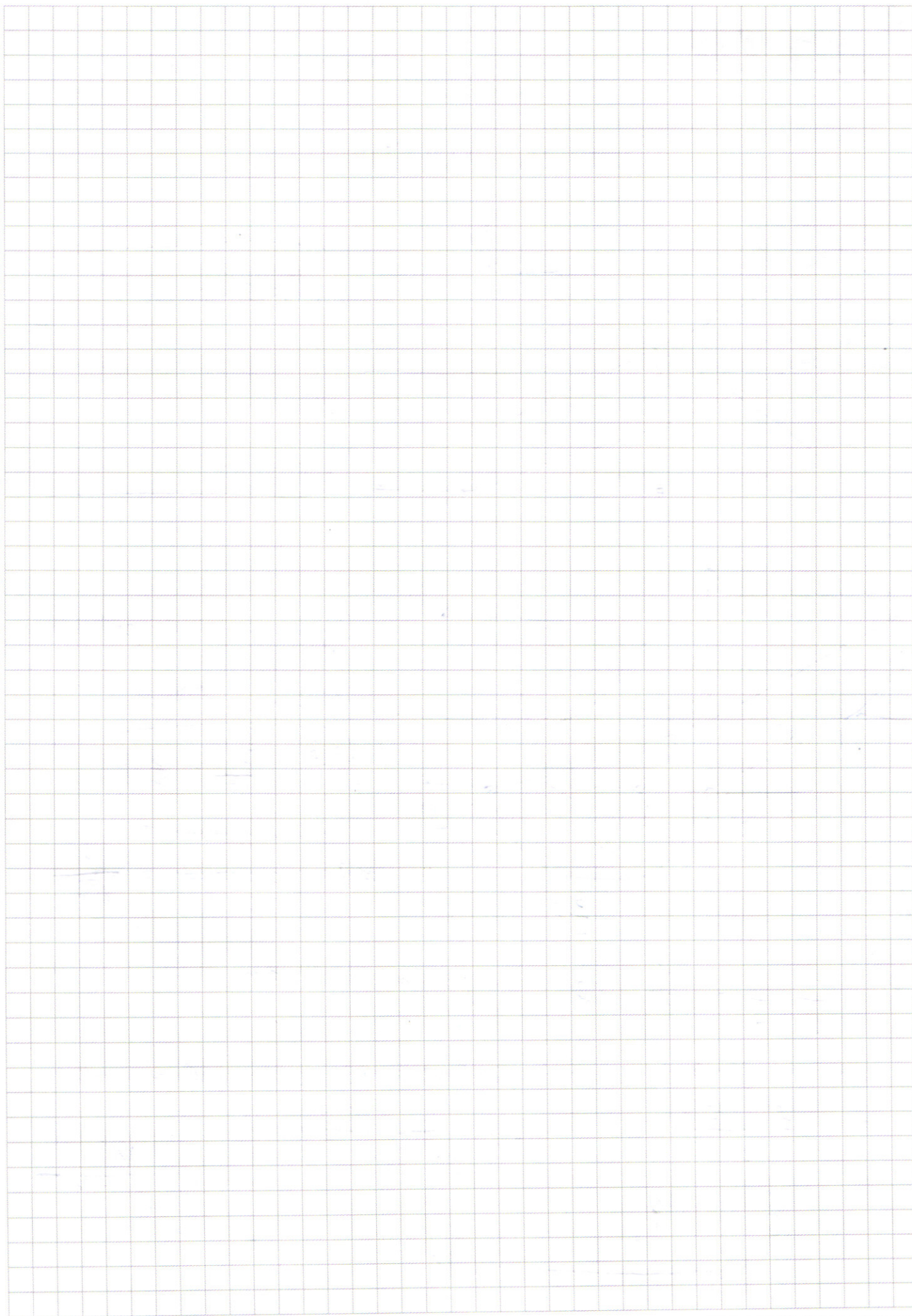
$$\Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} \Rightarrow d \cos \beta = \frac{d}{\frac{d}{f} (d-F)}$$

$$\Rightarrow u \cos \beta = \frac{FV(d-F) - FdV}{(d-F)^2}$$

Q23 r

$$\Rightarrow U = - \frac{2 \cancel{F}^2 V}{\cancel{F}^2 \cos \beta} = -10 V$$





☐ черновик    ☒ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 20  
(Нумеровать только чистовики)