

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

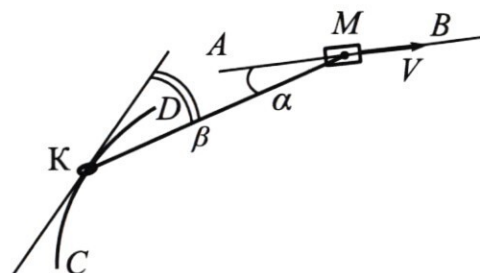
Класс 11

Вариант 11-01

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

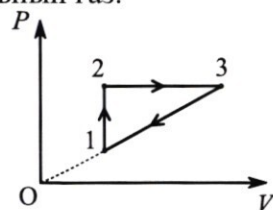
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



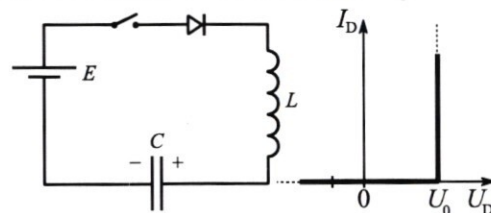
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

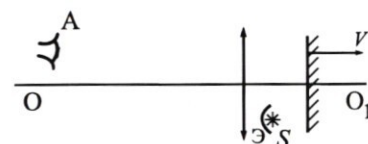
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

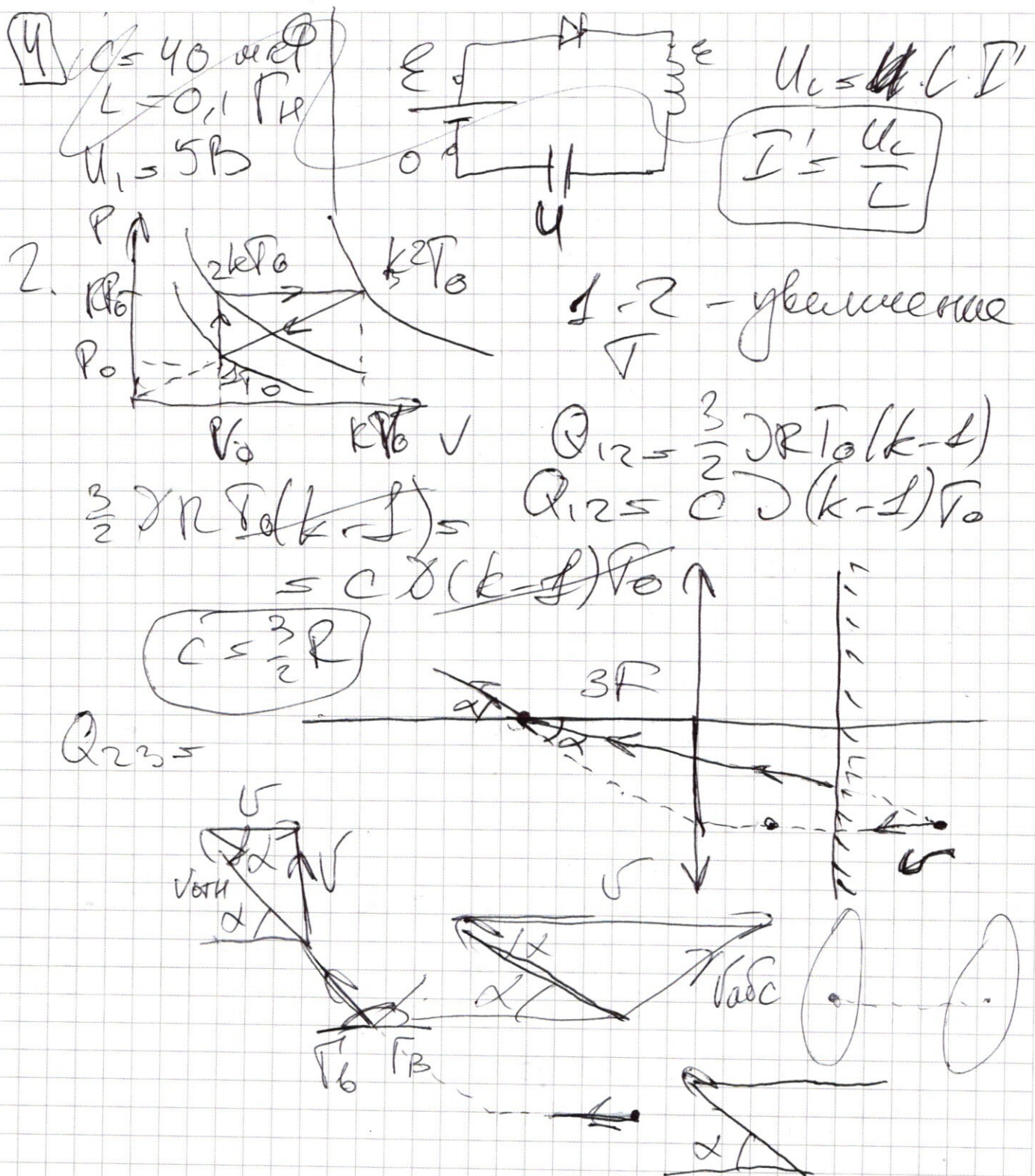


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

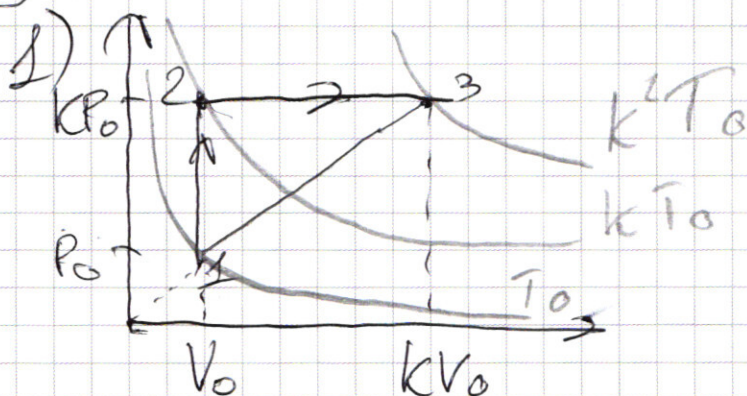
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№2 Решение:



$$\left. \begin{aligned} p_1 &= p_0 \\ V_1 &= V_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} p_3 &= k p_0 \\ V_3 &= k V_0 \end{aligned}$$

2-3 изобара $\Rightarrow$
 $p_2 = p_3 = k p_0$
 $T_1 = T_0; T_2 = k T_0$
 (изохорный процесс)
 $T_3 = k^2 T_0$

$$C_{12} = C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R, \text{ г.к.}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = C_V \Delta T = \frac{i}{2} R \Delta T \Rightarrow \boxed{C = \frac{3}{2} R}$$

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

$$A_{23} = k p_0 V_0 (k - 1)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R T_0 (k^2 - k)$$

$$Q_{23} = k p_0 V_0 (k - 1) + \frac{3}{2} p_0 V_0 (k - 1) = \frac{5}{2} k p_0 V_0 (k - 1)$$

$$Q_{23} = C_{23} \Delta T_0 (k^2 - k) = k C_{23} T_0 (k - 1)$$

$$\frac{5}{2} k R p_0 (k - 1) = k C_{23} T_0 (k - 1)$$

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

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$ $A_{23} = k P_0 V_0 (k-1)$
 $Q_{23} = \frac{5}{2} k P_0 V_0 (k-1)$
 (из пункта 1)
 $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} k P_0 V_0 (k-1)}{k P_0 V_0 (k-1)} = \frac{5}{2}$

3) $\eta_{\max} = ?$ Суммируем, что Q_{12} и $Q_{23} > 0$
 $Q_{12} = \frac{3}{2} P_0 V_0 (k-1)$
 $Q_{23} = \frac{5}{2} P_0 V_0 (k^2 - k) = \frac{5}{2} P_0 V_0 (k^2 - k)$
 $A_{\Sigma} = \frac{1}{2} P_0 (k-1) V_0 (k-1)$ (Средняя температура)

$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$, где $Q_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} =$
 $= \frac{3}{2} P_0 V_0 (k-1) + \frac{5}{2} P_0 V_0 (k^2 - k)$
 $= \frac{P_0 V_0}{2} (3(k-1) + 5(k^2 - k))$

$A_{\Sigma} = \frac{P_0 V_0}{2} (k-1)^2$

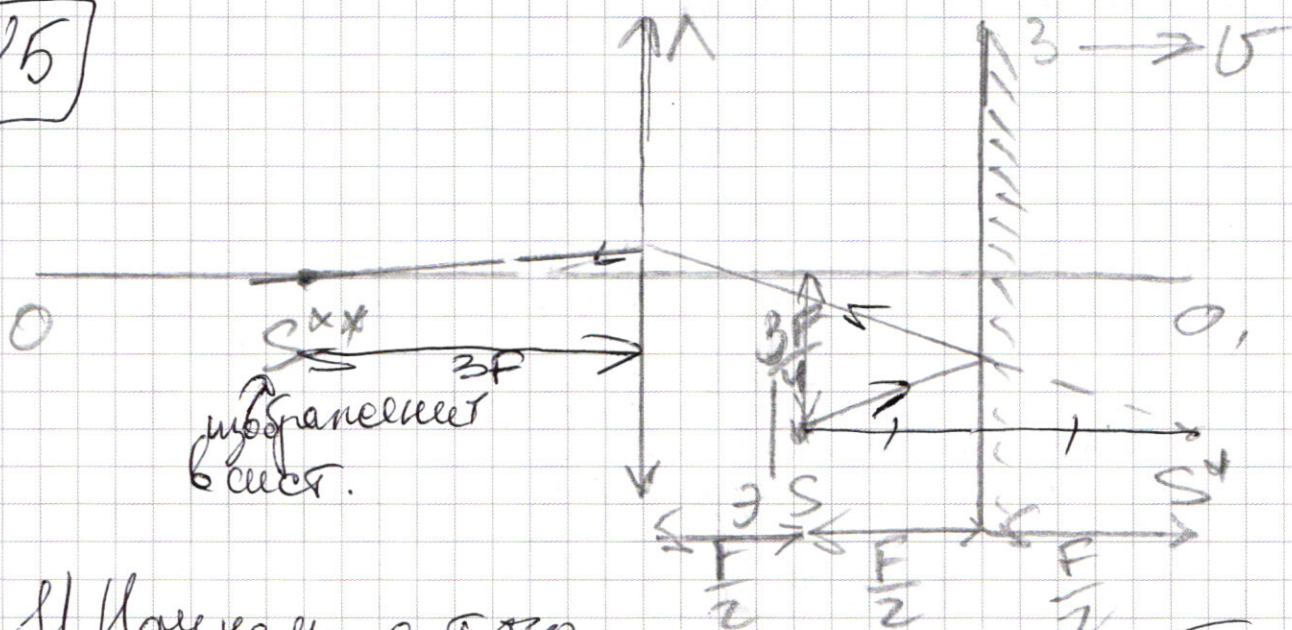
$\eta = \frac{\frac{P_0 V_0}{2} (k-1)^2}{\frac{P_0 V_0}{2} (3(k-1) + 5(k^2 - k))} = \frac{k-1}{3+5k}$

$= \frac{1 - \frac{1}{k}}{\frac{3}{k} + 5} \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{5} = 20\%$

(т.е. при $k \rightarrow \infty$ для уменьшения η и $\frac{1}{k} \rightarrow 0$ до нуля)

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) $\frac{5}{2}$; 3) 20%

У5



Итак, нам с того, что помем, где будет изображение S' предмета S в зеркале. Если от зеркала до линзы F , а от предмета S до линзы $F/2 \Rightarrow$ от предмета до зеркала $\frac{F}{2}$, значит S' тоже на $\frac{F}{2}$, только с другой стороны (по правилу построения изображений в зеркале). Теперь S' — действительный предмет для линзы (от него идет расходящийся лучок лучей).

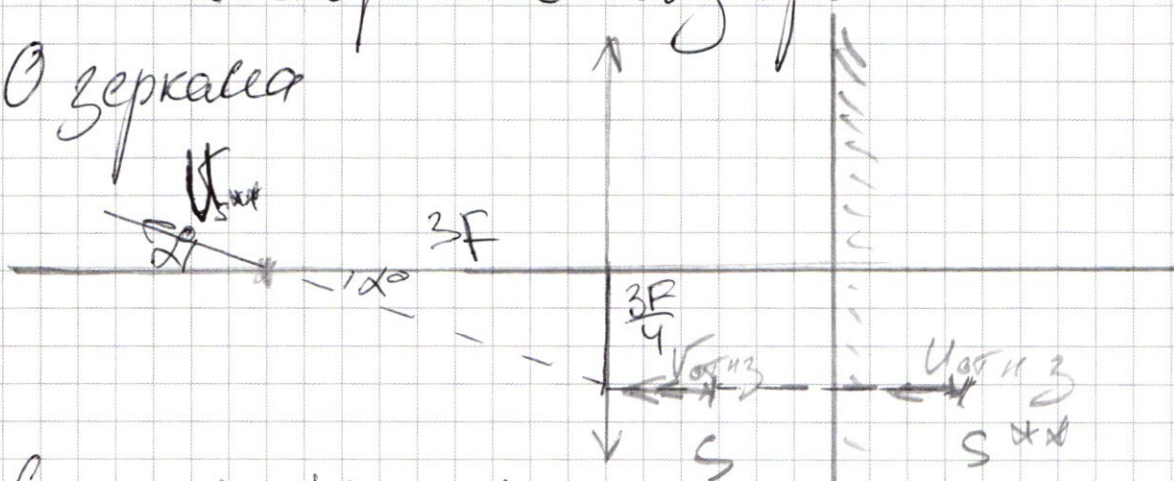
Формулой линзы для предмета S' :

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

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f = 3F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

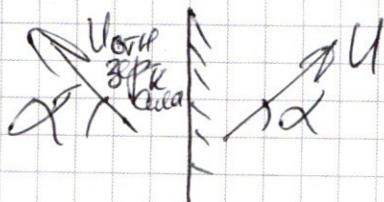
2) $\lambda - ?$ ~~Угол~~ Косинуса $\rightarrow$ Косинуса,
где v - скорость предмета
и скорость изображения
с зеркалом

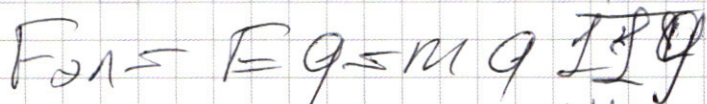
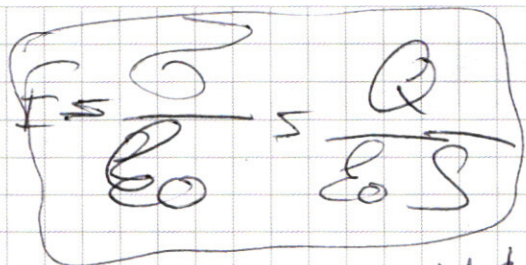


Скорость $U_{\text{снх}}$ в системе и скорость
Впередства пересекаются в одной
точке на ленте.

$$\tan \alpha^0 = \frac{2F}{4 \cdot 3F} = \frac{1}{4} \quad \text{— это угол } \alpha \text{ справа,}$$

но при переходе в СО земная скорость изобретается как повернется и угол станет 180° но $\tan 0^\circ$ становится тем же $\Rightarrow \boxed{\tan \alpha = 0}$



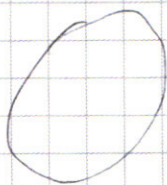


$$a = \sqrt{E f} \cdot \frac{12}{289}$$

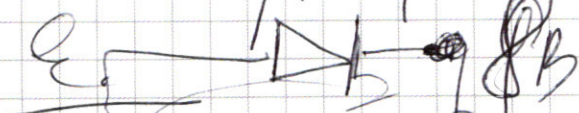
$$\sin \frac{3}{5} (\varphi_1 - \varphi_2) \varphi = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{2}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \cdot 0,464 \cdot \cancel{1} = \underline{\underline{0,316}}$$

$$\sin \alpha = \frac{f_1}{1,5d} \cdot 1,5d \quad f_1 = 0,2$$



$$U_D = \varphi_A - \varphi_K$$



Handwritten signature: *Handwritten signature*

$$\underline{b - \varphi} \leq b_0$$

$$\cos \beta = \frac{v_{TK}}{v}$$

$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$

$$h - h_0 < \epsilon$$

$$\begin{array}{r} 108 \\ + 25 \\ \hline 133 \\ - 64 \\ \hline 69 \end{array}$$

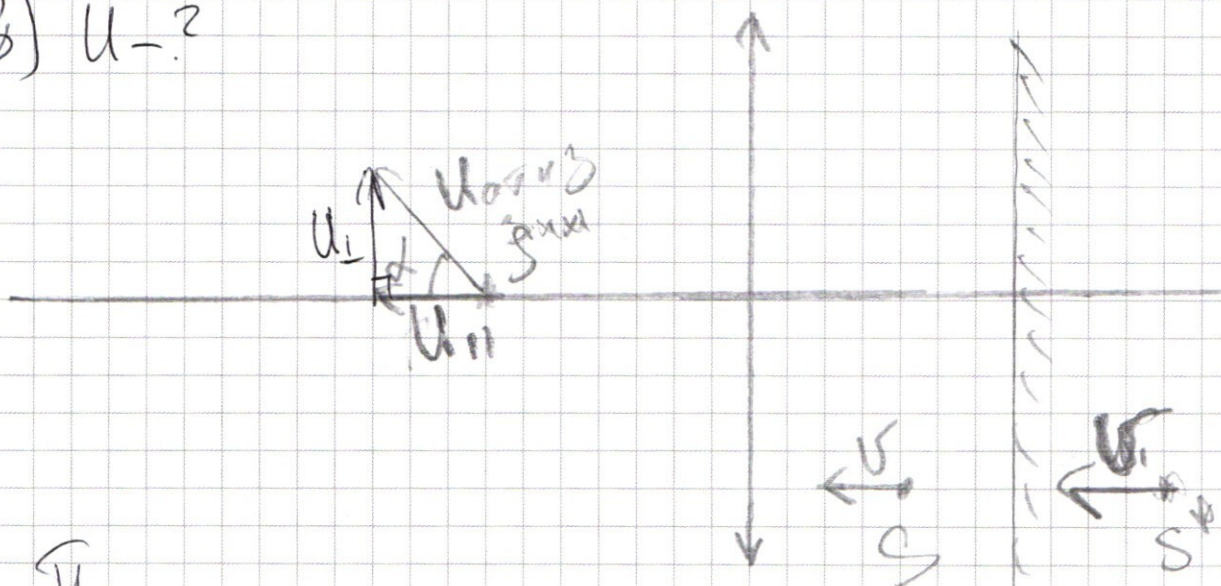
$$U_1 \approx 3.5$$

3.23 Wsl. ↓

$\varphi \in \mathcal{H}_0 \Leftrightarrow \varphi = \mathcal{E} u_0 = \mathcal{H} p$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) U - ?



Продольные скорости
относятся как $\Gamma_{\text{сигн}}$ в данной слу-
чае $\Gamma_{\text{сигн}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{3F}{3F/2} = 2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_{11} = \Gamma^2 \cdot U = 4 \cdot U$$

$$U_1 \perp U_{11} \Rightarrow \Delta U_{11} U_1 U_{\text{сигн}} - \text{прямоугольный} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{U_1}{U_{\text{сигн}}} \Rightarrow U_{\text{сигн}} = \frac{U_1}{\cos \alpha}$$

из тригонометрии

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + \tan^2 \alpha} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5}$$

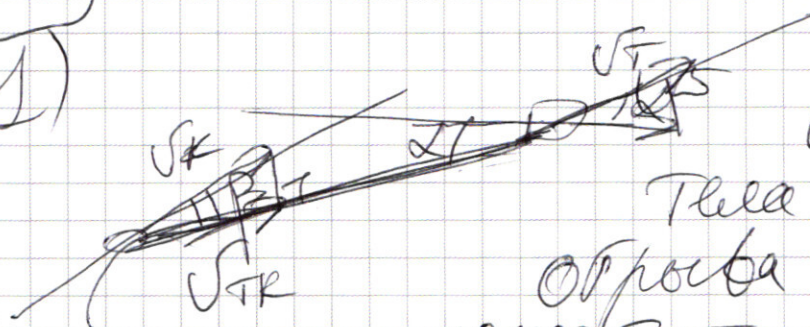
$$U_{\text{сигн}} = \frac{4U}{\sqrt{5}} \cdot \sqrt{5} = U \cdot \sqrt{5}$$

$$U_{\text{изображ}} = U_{\text{сигн}} = U \cdot \sqrt{5}$$

Ответ: 1) 3F; 2) $\tan \alpha = \frac{1}{4}$ 3) $5\sqrt{4}$

Решение:

1)



П.Р. ишь
неразномоса и
Тела едот без
оброта шротекции

скоростес на притию,
созданную с иише ишьто рав-
ны.

3) скорость камня V_K , тогда V_{TK} -
проекция на ишь $\Rightarrow$ ~~$V_{TK} = V_K \cos \alpha$~~

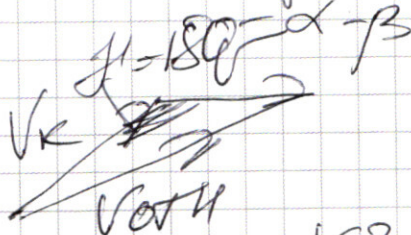
V_T - проекция скорости V на
ишь ~~$V_T = V \cos \alpha$~~ $V_T = \frac{V}{\cos \alpha}$ ~~$V_{TK} = \frac{V_K}{\cos \beta}$~~

$$\cancel{V_K \cos \beta = V \cos \alpha} \quad V_T = V \cos \alpha$$

$$V_K \cos \beta = V \cos \alpha \quad V_{TK} = V_K \cos \beta$$

$$V_K = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{3.8 \cdot 15}{14 \cdot 4} \cdot 5 = 45 \text{ см/с}$$

2)



По теореме кос:

$$V_{отн}^2 = V_K^2 + V^2 - 2V_K V \cdot \cos(180 - (\alpha + \beta)) =$$

$$= V_K^2 + V^2 + 2V_K V \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{14} - \frac{3.8}{5} \cdot \frac{8}{14} =$$

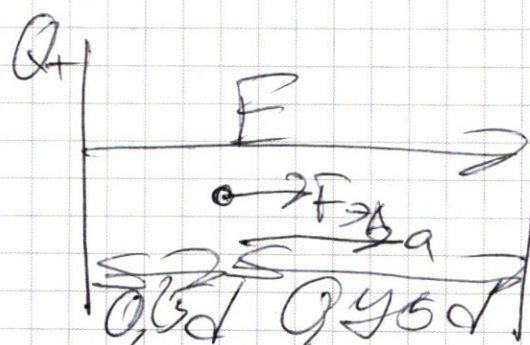
$$= \frac{85}{85} (60 - 24) = \frac{36}{85}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Gamma_{\text{отк}} = \sqrt{14569}$ (подается в секундах)

Ответ: 1) 45 см/с ; 2) $\Gamma_{\text{отк}} = \sqrt{14569} \text{ см/с}$

Решение: Если мы считаем, что поле внутри однородное, можно представить конденсатор как плоскости с U/Φ зарядовыми частотами, тогда все площадью S .



$$Q_- \quad 0,45d = \frac{aT^2}{2}$$

$$a = \frac{1,5d}{T^2} = \frac{q}{m} \cdot E =$$

$$= E \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$3CЭ: (\varphi_1 - \varphi_2)q = \frac{mU_1^2}{2}$$

$$2 \cdot \frac{q}{2} (\varphi_1 - \varphi_2) = U_1^2$$

$$2 \cdot \frac{q}{2} \cdot 0,45 \cdot E d = U_1^2$$

$$U_1 = aT$$

$$U_1 = \frac{1,5d}{T}$$

$$2) 1,5 \text{ нВ} = \frac{1,5d}{T} \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{1,5d}{T^2} \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

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

$$3) \text{ЗСЭ: } \frac{mV_2^2}{2} + \cancel{\varphi_0 q} = \varphi_1 q$$

$$\cancel{\varphi_0 q} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \varphi_2 q$$

φ_2 — потенциал в центре пластины

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{r} \quad S = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$V_2^2 = V_1^2 + \frac{\frac{kQ}{\sqrt{S}} \cdot \sqrt{\pi} \cdot q \cdot 2}{m}$$

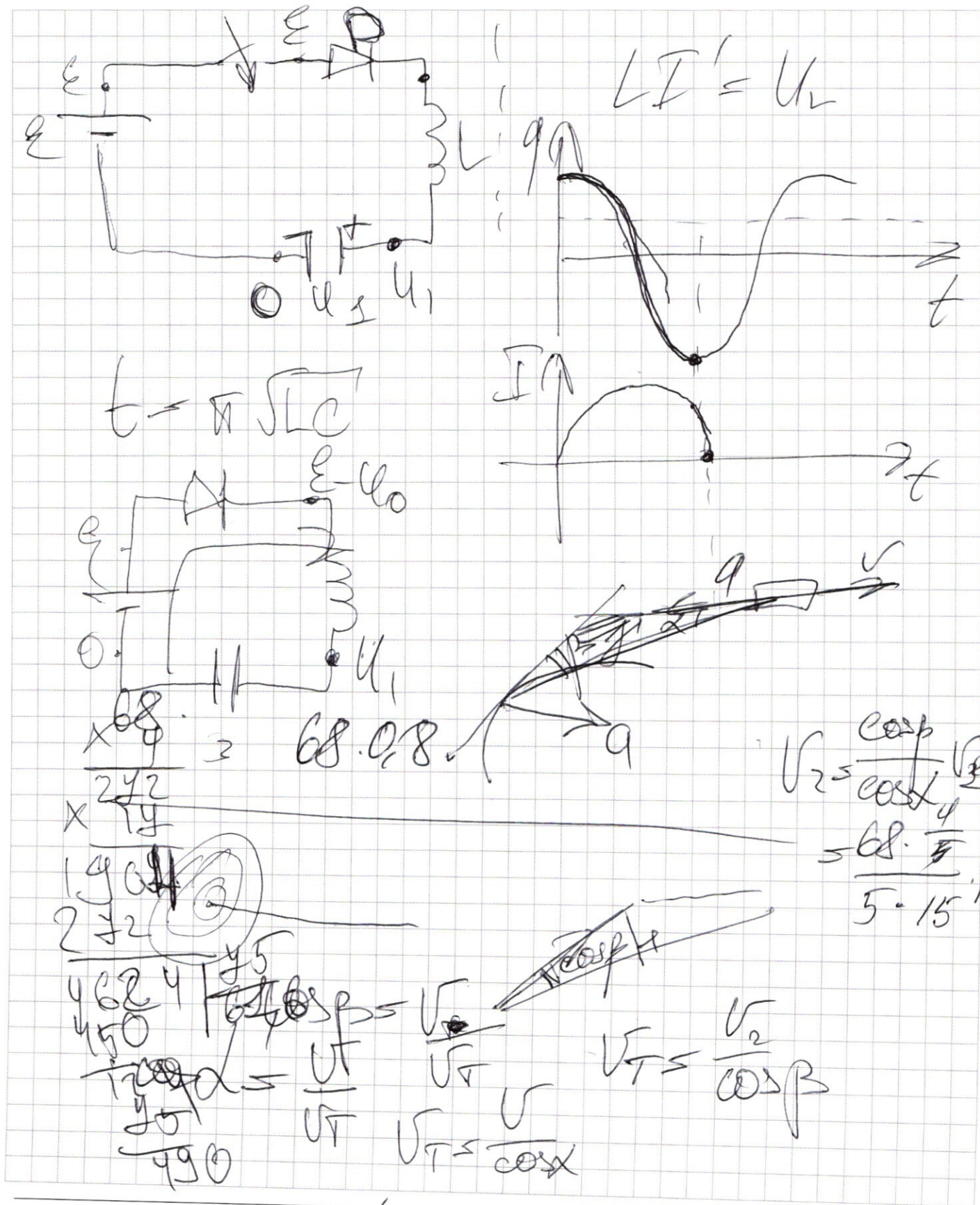
$$V_2 = \sqrt{\frac{2,25 \sqrt{2}}{7^2} + \frac{k \cdot 1,5 \sqrt{2} S \cdot \sqrt{\pi} \cdot q \cdot 2}{7^2 \cdot \pi \cdot \sqrt{S}}}$$

$$= \frac{1}{7} \sqrt{2,25 \sqrt{2} + \frac{3k \sqrt{2} q \sqrt{\pi} S}{\pi}}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{1,5 \sqrt{2}}{7}$; 2) $Q = \frac{1,5 \sqrt{2} S}{7^2 \pi}$

$$3) V_2 = \frac{1}{7} \sqrt{2,25 \sqrt{2} + \frac{3k \sqrt{2} q \sqrt{\pi} S}{\pi}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



(Т4) Дано:

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$= 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Решение:

1) Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе и ток на катушке сравнительно малы, $U_c(0) = U_1$, $I_L(0) = 0 \Rightarrow$

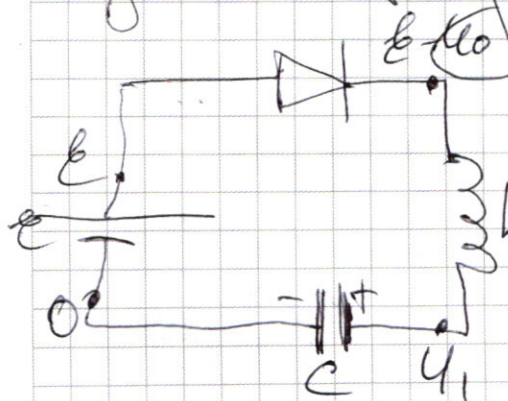
тока нет во вращении $\Rightarrow$

тока нет и через диод $\Rightarrow$

$U_D \leq U_0$, но так как через малое время ток в цепи с

возрастет $\Rightarrow U_D > U_0$. $U_0 = U_A - U_K$,

где U_A — напряжение анода, U_K — катодного.



Менее
потенциал

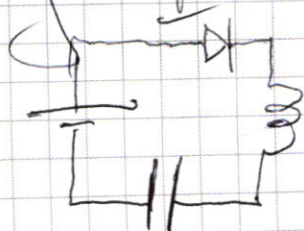
$$U_c = E - U_0 - U_L$$

$$U_c = L \cdot I_0'$$

$$U_c = E - U_0 - U_L$$

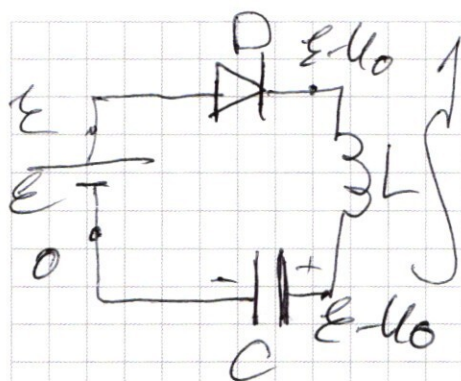
$$I_0' = \frac{E - U_0 - U_L}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30 \text{ А}$$

2) Рассмотрим момент времени t , когда $I = I_{\text{max}}$. Если $I = I_{\text{max}}$, то



$U_c = 0$. Если через диод идет ток, то $U_D = U_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Метод потен-
циалов

$$q_e(0) = CU_0$$

$$q_e(t) = C(E - U_0)$$

$$\Delta q = q_e(t) - q_e(0) =$$

$$= C(E - U_0 - U_0). \text{Всё}$$

этот заряд протек через источник, и
он совершил работу

ЗСЭ: $A_{ист} = \Delta W + Q_{90}$

$$W_0 = \frac{CU_0^2}{2}; W_t = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$A_{ист} = E \Delta q$$

$$E \cdot C \cdot (E - U_0 - U_0) = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2}$$

$$2 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 64}{2} + \frac{0,1 \cdot I_{max}^2}{2} - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 25}{2}$$

$$12 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 10^{-6} - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 64 + 60 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 0,1 \cdot I_{max}^2$$

$$60 \cdot 10^{-6} (108 - 64 + 25) = 0,1 \cdot I_{max}^2$$

$$60 \cdot 10^{-5} \cdot 69 = I_{max}^2$$

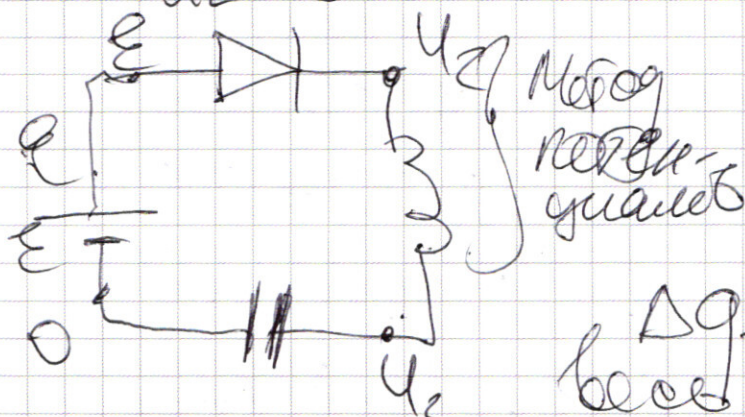
$$I_{max} = 10^{-3} \cdot \sqrt{100 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 23} = 3 \sqrt{46} \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

3) Карисура схем в уст. режиме

$$I_c = 0 \quad I_D = 0$$

$$U_1 = 0$$

$$E - U_2 < U_D$$



$$q(t_{уст}) = CU_2$$

$$q(0) = CU_1$$

$$\Delta q = CU_2 - CU_1 =$$

весь заряд упробек
через источник $\Rightarrow A_{ист} = E \Delta q$
Значит от $t=0$ до $t_{уст}$:

$$A_{ист} = \Delta W$$

$$E(CU_2 - CU_1) = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$9 \cdot 2(U_2 - 5) = U_2^2 - 25$$

$$U_2^2 - 18U_2 + 65 = 0$$

$$D = 324 - 260 = 64$$

$$U_2 = \frac{18 \pm 8}{2} = \begin{cases} 5 \\ 13 \end{cases} \rightarrow \text{пробегает условие } E - U_2 < U_D$$

$$U_2 = 13 \text{ В}$$

Ответ: 1) $I_0 = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) $I_{\text{max}} = 3\sqrt{46} \cdot 10^{-3} \text{ А}$

3) $U_2 = 13 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = A \cdot e \cdot q$$

$$\frac{2q}{q'} \cdot \frac{2q q'}{2C} + \frac{L \cdot 2q' q''}{2} = e q'$$

$$q'' + \frac{q}{LC} = e \omega^2 x_1$$

$$A \cdot S = C(u_2 - u_1)$$

$$u_2^2 - 18u_2 + 65 = 0$$

$$D = 324 - 260 = 64$$

$$u_2 = \frac{18 \pm 8}{2} = 13 \text{ or } 5$$

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \sqrt{68} \\
 \sqrt{68} \\
 \sqrt{68}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \sqrt{408} \\
 \sqrt{408} \\
 \sqrt{408}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 68 \\
 \times 68 \\
 \times 68 \\
 \hline
 544 \\
 408 \\
 4624
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 95 \\
 \times 95 \\
 \times 95 \\
 \hline
 345 \\
 525 \\
 5625
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \times 120 \\
 \times 120 \\
 \times 120 \\
 \hline
 120 \\
 240 \\
 360
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 14 \\
 \times 14 \\
 \times 14 \\
 \hline
 8713
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 5625 + 4624 + 2 \\
 \hline
 5625 + 4624 + 120.36 = \\
 = 5625 + 4624 + 4320
 \end{array}
 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

