

Олимпиада «Физтех» по физике, (

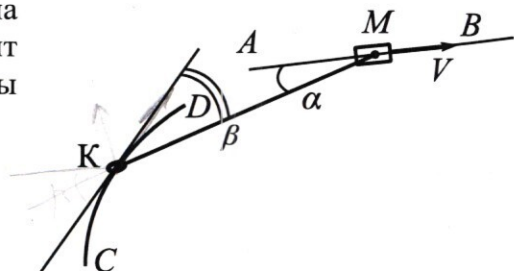
Класс 11

Вариант 11-01

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

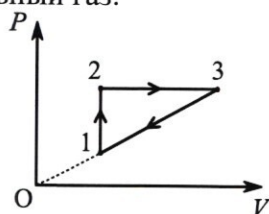
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



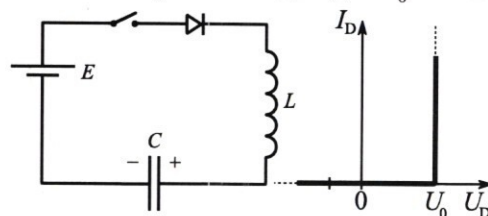
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица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

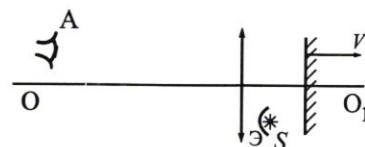
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

№ 1
Дано
 $U = 68 \text{ см/с}$
 $m = 0,1 \text{ кг}$
 $R = 1,9 \text{ м}$
 $L = 5R/3$
 $\cos \alpha = 15/17$
 $\cos \beta = 4/5$
 $U_k = ?$
 $U_k^{\text{отн}} = ?$
 $T = ?$

U_k - скорость кольца
 $U_k^{\text{отн}}$ - относительная скорость кольца (относительно муфты)

1) проверим ось X вдоль нити и суммируем скорости на эту ось $\Rightarrow U_{kx}$ - скорость кольца по X
 U_x - скорость муфты по X

$$U_{kx} = U_x \Rightarrow U_k \cos \beta = U \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_k = U \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 75 \text{ см/с}$$

$$U_{kx} = U_k \cos(\alpha + \beta)$$

$U_{kx}^{\text{отн}}$ - относительно муфты по X

$$U_{kx}^{\text{отн}} = (U - U_{kx}) = (U - U_k \cos(\alpha + \beta))$$

$$U_{ky} = U_k \sin(\alpha + \beta)$$

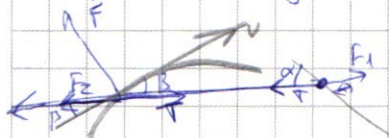
$$U_{\text{отн}}^2 = U_{kx}^{\text{отн}^2} + U_{ky}^2 = (U_k \cos(\alpha + \beta) - U)^2 + U_k^2 \sin^2(\alpha + \beta)$$

$$U_{\text{отн}}^2 = (75(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) - 68)^2 + 75^2 (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha)^2$$

$$U_{\text{отн}}^2 = (75(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5}) - 68)^2 + (75(\frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}))^2 \Rightarrow \sqrt{616^2 + 1005^2} = U_{\text{отн}} = 1177$$

Средств не хватает! Кольцо муфта не может

3) ось Z вдоль нити



$$F_z = F \cos \beta = \frac{m U^2}{R} \cos \beta = T$$

воспользуемся

$$T = \frac{m U^2 \cos \beta}{R} = \frac{0,1 \cdot 75^2}{1,9} \cdot \frac{4}{5} = \frac{15 \cdot 75 \cdot 4}{19 \cdot 100} = \frac{60 \cdot 75}{19} \approx \frac{230}{100} \text{ Н}$$

Ответ: 1) $U_k = 75 \text{ см/с}$ 2) $U_k^{\text{отн}} = \frac{1177}{17} \approx 69,2 \text{ см/с}$ 3) $230 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 0,023 \text{ Н}$

N2

Дано

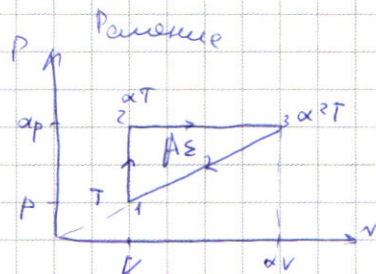
1-2: $p = \text{const}$

2-3: $p = \text{const}$

3-1: $p = \alpha V$

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$ 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

3) $\eta_{\max} = ?$



1) $Q_{12} = C \Delta T_1$

$\Delta T_1 = \alpha T - T$ 1) $Q_{12} = C \Delta T_1 = \Delta U_{12} + A_{12} \Rightarrow$

$\Rightarrow C \Delta T_1 = \frac{3}{2} R \Delta T_1 \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$

Аналогично

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

$\Delta T_2 = (\alpha^2 T - \alpha T)$
 $\Rightarrow C \Delta T_2 = \frac{3}{2} R \Delta T_2 + pV(\alpha - 1)$

$C_{23} \Delta T_2 = \frac{3}{2} R \Delta T_2 + pV(\alpha - 1)$

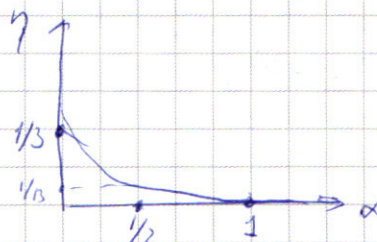
$C_{23} = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$

$\eta = \frac{pV(\alpha - 1) - pV(2(\alpha - 1) - (\alpha - 1)(\alpha + 1))}{80RT(3(\alpha - 1) + 5(\alpha - 1)\alpha)}$

$\eta = \frac{pV(\alpha - 1)(2 - \alpha - 1)}{pV(\alpha - 1)(3 + 5\alpha)} = \frac{1 - \alpha}{3 + 5\alpha}$

$Q_H = \frac{3}{2} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} R \Delta T_2 \Rightarrow \frac{1}{2} (30RT(\alpha - 1) + 50RT(\alpha - 1))$
 $Q_H = Q_{12} + Q_{23}$



из графика видно, что $\eta_{\max}$ при $\frac{1}{3}$

значит $\eta_{\max} = 33,3\%$

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$ 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} = 2,5$ 3) $\eta_{\max} = 33,3\%$

N3

Дано

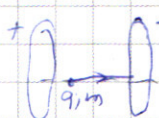
$S; d; q, \epsilon_0$
 $T; \gamma = \frac{q}{m}$

$U_H = ?$

$Q = ?$

$U_L = ?$

Решение

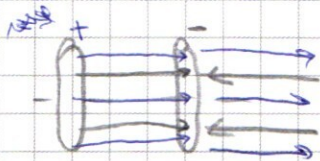


$q > 0 \Rightarrow$ движение вправо т.к. "+Q, толкает", а -Q "притягивает"

1) $d = 0,25 = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{1,5d}{T^2} \Rightarrow \vec{r}_0 + \vec{a}t = \vec{r}_k$

2) $E =$ суммарная напряжен. $= E_1 + E_2 = \frac{1 \cdot Q}{2\epsilon_0 S} + \frac{1 \cdot Q}{2\epsilon_0 S}$
 $= \frac{Q}{\epsilon_0 S}$
 $F = ma \Rightarrow qE = ma \Rightarrow \frac{m}{q} \cdot \frac{1,5d}{T^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \frac{1,5d}{T^2} \cdot \epsilon_0 S = Q$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

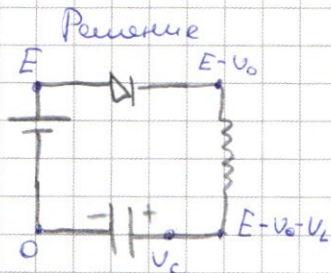


Вне конденсатора $E_3 = E_1 - E_2 = \frac{|Q_1|}{\epsilon_0 S} - \frac{|Q_2|}{\epsilon_0 S} = 0$
 $\Rightarrow F = qE_3 = 0 \Rightarrow$ гравитационно заряд движется
 с постоянной скоростью, как в момент времени

$$\Rightarrow U_2 = U_1 = \frac{1,5d}{T}$$

Ответ: 1) $U_1 = \frac{1,5d}{T}$; $Q = \frac{1,5d}{T^2 \epsilon_0} \epsilon_0 S$; $U_2 = \frac{1,5d}{T}$

N4
Рано
 $E = 9B$
 $C = 40 \mu F$
 $U_1 = U_2 = 5B$
 $L = 0,1 Гн$
 $U_0 = 1B$
 $I_1(t) = ?$
 $I_{max} = ?$
 $U_2 = ?$



много поворотов :)

U_c - напряжение на конденсаторе

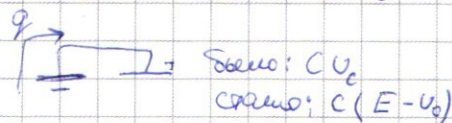
$$1) U_c = E - U_0 - U_2 \Rightarrow U_2 = E - U_0 - U_c = I_1(t)L$$

$$E - U_0 - U_c = L \dot{I}_1(t) \Rightarrow \dot{I}_1(t) = \frac{E - U_0 - U_c}{L} =$$

$$= \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30 \frac{A}{C}$$

2) I_{max} при $U_2 = 0$
 $\because I_{max} = 0 \quad U_c = L \dot{I}_{max} = 0$

3) $\Delta S = \Delta W + Q \quad Q = 0$ т.к. нет резис.



Значит источник
совершил полную работу

$$\Delta S = C E (E - U_0 - U_c) = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 0,3 = 1080 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$2) \Delta S = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C (E - U_0)^2}{2} - \frac{C U_c^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{2 \Delta S - C (E - U_0)^2 + C (U_c)^2}{L}} = I$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 1080 \cdot 10^{-6} - 40 \cdot 8^2 + 40 \cdot 25}{0,1}} \cdot 10^{-3} = I_{max}$$

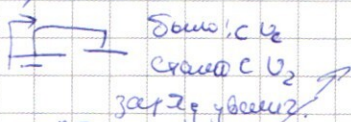
$$\sqrt{60000} \cdot 10^{-3} = I_{max}$$

$$\sqrt{60} \cdot 10^{-1} = I_{max}$$

$$0,245 = I_{max}$$

$$0,8 \approx I_{max}$$

3) ΔS :



$\Delta S > 0$

$\Delta S = \Delta W$

ΔS

$$E(U_2 - U_c) = \frac{U_2^2}{2} - \frac{U_c^2}{2}$$

$$E U_2 + \frac{U_2^2}{2} = E U_c - \frac{U_c^2}{2}$$

$$2 E U_2 - U_2^2 = 2 E U_c + U_c^2$$

$$U_2^2 - 2 E U_2 - 2 E U_c + U_c^2 = 0$$

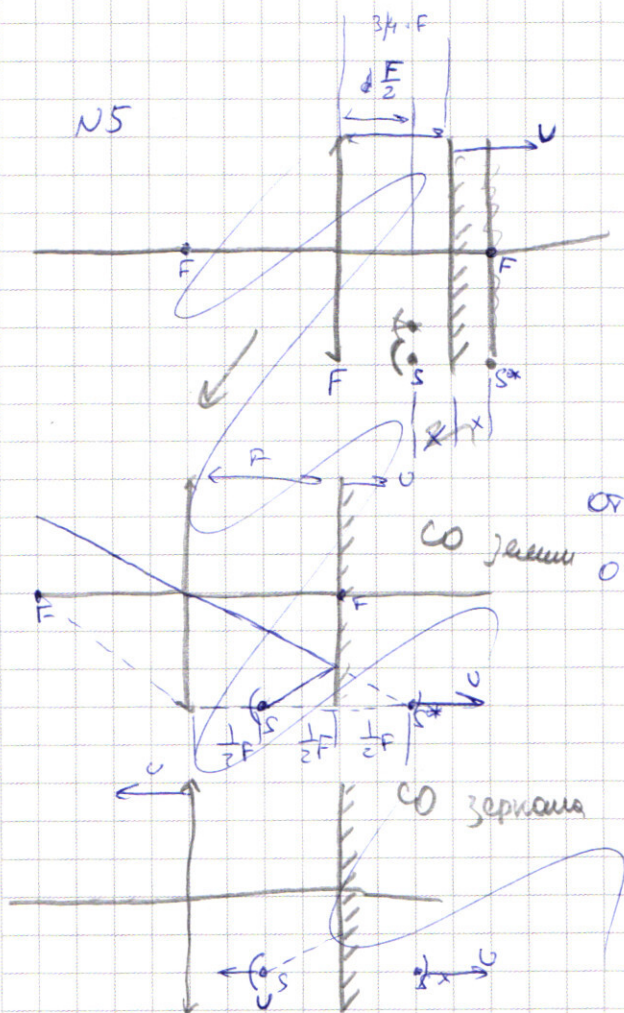
$$U_2^2 - 18 U_2 - 65 = 0$$

$$D = 24^2$$

$$U_2 = \frac{18 \pm 24}{2} = \frac{42}{2} = 21 B$$

Ответ: 1) $I_1(t) = 30 \frac{A}{C}$; $I_{max} = 0,8 A$
 3) $U_2 = 21 B$

N5



$$X = \frac{3}{4}F - \frac{F}{2} = \frac{1}{4}F \quad (\text{от } S \text{ до экр. и от экр. до } S^*) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{от линзы до } S^*: d_1 = \frac{3}{4}F + \frac{1}{4}F = F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{F} = 0 \Rightarrow d_2 = \infty \Rightarrow$$

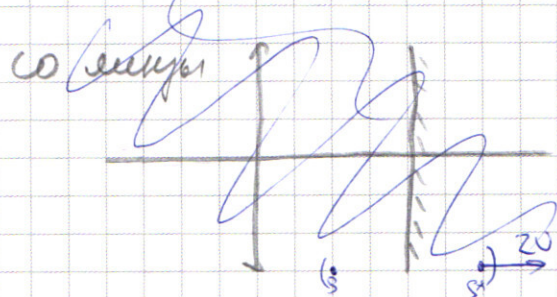
$$\Rightarrow \text{наблюдать объект не будем}$$

$$\text{от } S \text{ до экр.: } F = \frac{F}{2} = \frac{1}{2}F$$

со зеркала

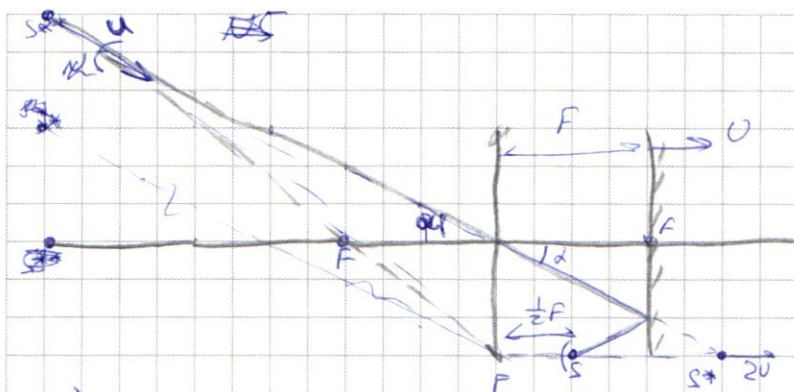
$$\text{от линзы до } S^* = \frac{3F}{2} \quad \text{от } S \text{ до } S^* = 2 \cdot \frac{1}{2}F = F$$

$$\text{и } F + \frac{1}{2}F = \frac{3}{2}F$$



→
смотреть на след стр.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$3) u \cos \alpha = U \Gamma_{\text{inc}}^2$$

$$\Gamma_{\text{inc}} = \frac{F_1 \cdot F_2}{F}$$

$$\Gamma_1 = 1 \quad \Gamma_2 = \frac{f}{F} = \frac{3F}{2F} = 2 \quad \left. \begin{array}{l} \Gamma_{\text{inc}} = 2 \end{array} \right\}$$

$$3) u = \frac{U \Gamma_{\text{inc}}^2}{\cos \alpha} = \frac{4U}{\cos 45^\circ} = \frac{4U}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \cdot 2 = 4\sqrt{2}U \approx 5,6U$$

$$1) d_1 = (F - \frac{1}{2}F) \cdot 2 + \frac{1}{2}F = \frac{3}{2}F$$

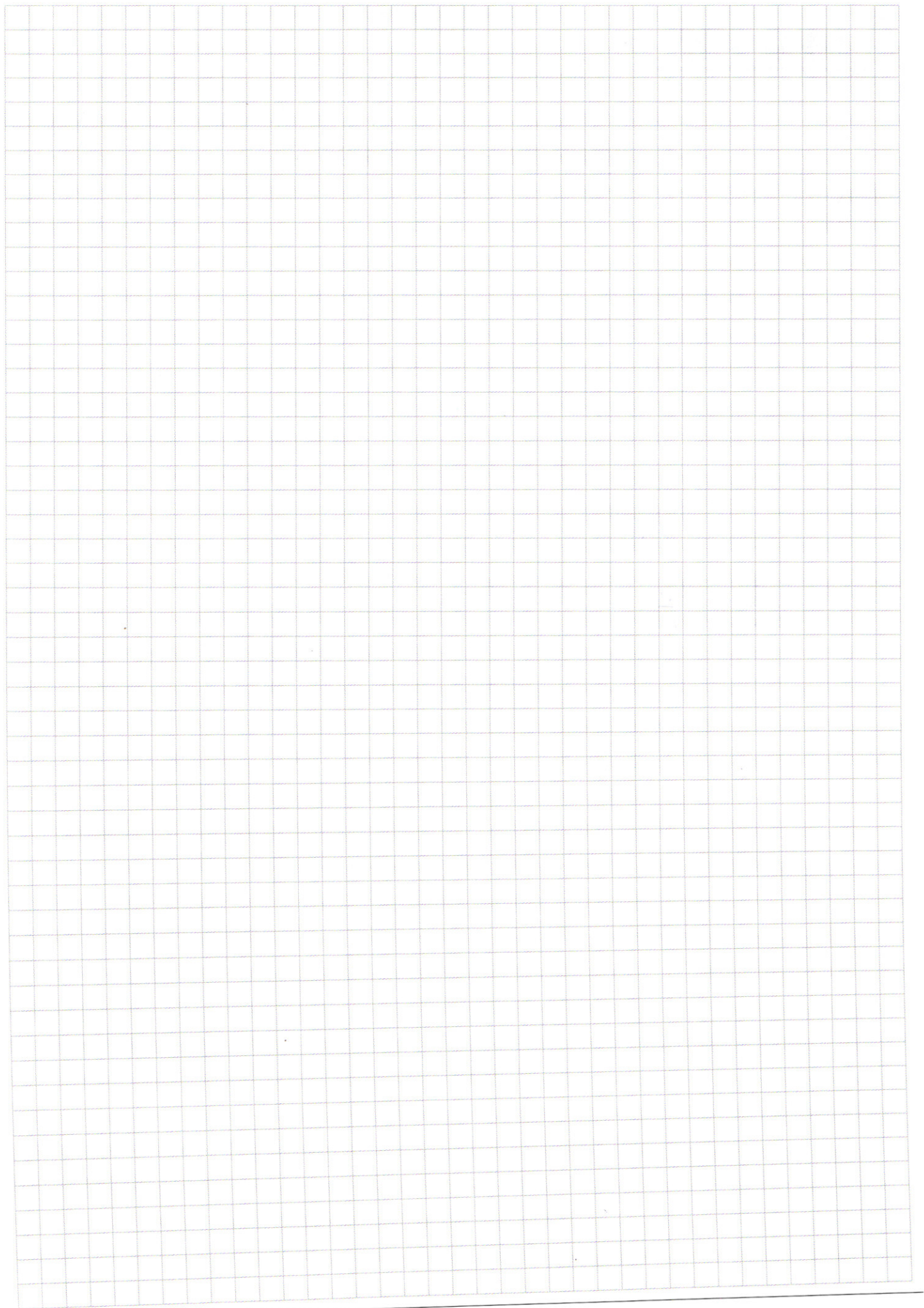
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} \Rightarrow f = \frac{3F^2}{3-2} = 3F$$

S^* имеет скорость $2U$

П.к. зеркало U
Зеркало отбрасывает 5 кг
 α , а S^* на $2x$

$$2) \tan \alpha = \frac{\frac{3}{2}F}{F + \frac{1}{2}F} = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F} \cdot \frac{2}{3F} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Ответ: 1) $f = 3F$; 2) $\alpha = 45^\circ$ ($\tan \alpha = \frac{1}{2}$) 3) $u = 5,6U$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$u_k \cos \alpha = u \cos \beta$
 $u_k = u \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 75 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 75 \text{ см/с}$

$10300 \cdot 36 = 17.5$

$180 - (\alpha + \beta) = \gamma$
 $L = \frac{360 - 2\gamma}{2} = 180 - \gamma = \alpha + \beta$

$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$
 $\sin \alpha = \sqrt{289 - 225} = \frac{8}{17}$
 $\sin \beta = \sqrt{25 - 16} = \frac{3}{5}$
 $\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$

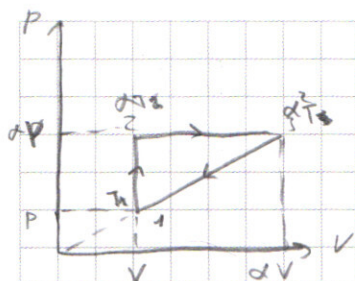
$u^2 = u_k^2 + u^2 - 2u_k u (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$
 $u_k = \sqrt{5625 + 4624 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5}} = 10249$

$u_{\text{min}} = u \cos \beta - u_k = 75 \cdot \frac{4}{5} - 68 = -8 \text{ см/с}$
 $\sqrt{48^2 + 8^2} = \sqrt{2089} = 45.7$

$u \sin \beta = 75 \cdot \frac{3}{5} = 45$

$u_{\text{min}} = u \cos \beta - u_k = 75 \cdot \frac{4}{5} - 68 = -8 \text{ см/с}$

$\sqrt{48^2 + 8^2} = \sqrt{2089} = 45.7$



$i=3$

1-2: TTP

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

2-3: TTP

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

$$P_{AV} = \frac{1}{2} R \Delta T_2$$

$$C_{21} = \frac{5}{2} R \Delta T_2 \cdot A = \frac{5}{2} R \Delta T_2$$

$$\frac{Q_{21}}{A_{21}} = \frac{\frac{5}{2} R \Delta T_2}{R \Delta T_2} = \frac{5}{2}$$

$$\eta = \frac{A_E}{Q_H} =$$

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

$$P_V = R T$$

$$= 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{10}$$

$$\eta = \frac{A_E}{Q_H} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{R \Delta T_2 \cdot P_{AV} \cdot V + 2 P_V (\alpha - 1) - \frac{P_V}{2} (\alpha^2 - 1)}{2 \left(\frac{3}{2} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} R \Delta T_2 \right)}$$

$$S = \frac{V(\alpha - 1) \cdot P(\alpha + 1)}{2} = \frac{P_V}{2} (\alpha^2 - 1)$$

$$= \frac{2 P_V (\alpha - 1) - P_V (\alpha^2 - 1)}{R \Delta T (3 \alpha + 5)}$$

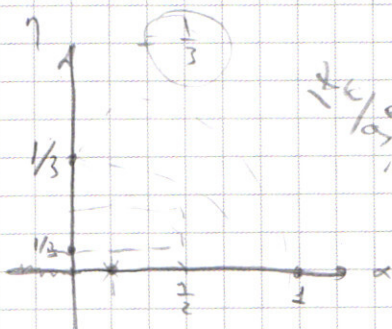
$$= \frac{2 P_V (\alpha - 1) - P_V (\alpha^2 - 1)}{3 R T (\alpha - 1) + 5 R T (\alpha - 1) \alpha} = \frac{P_V (2(\alpha - 1) - (\alpha^2 - 1))}{R T (3(\alpha - 1) + 5(\alpha - 1) \alpha)} = \frac{(\alpha - 1)(2 - \alpha - 1)}{(\alpha - 1)(3 + 5\alpha)} = \frac{1 - \alpha}{3 + 5\alpha}$$

$$\eta = \frac{1 - \alpha}{3 + 5\alpha} = \frac{1}{3 + 5\alpha} - \frac{\alpha}{3 + 5\alpha}$$

$$\eta = \alpha =$$

ca

$$3 + 5\alpha \neq 0$$



$$\frac{1 - 0,5}{3 + 2,5} = \frac{0,5}{5,5} = \frac{1}{11}$$

$$S_{\text{баш}} : C U_c$$

$$A_S = E E$$

$$C E (E - U_0 - U_c) = \frac{L I^2}{2} + \frac{C (E - U_0)^2}{2} - \frac{C U_0^2}{2}$$

$$\sqrt{2000} = 10\sqrt{20} = 20\sqrt{5}$$

$$40 \cdot 9 \cdot 5 = 0,1 \cdot x^2 + \frac{40}{2} (64 - 25)$$

$$54 \cdot 40 = 0,1 x^2 + 40 \cdot 49$$

$$40(64 - 49) = 0,1 x^2 : 40$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{84} = ?$$

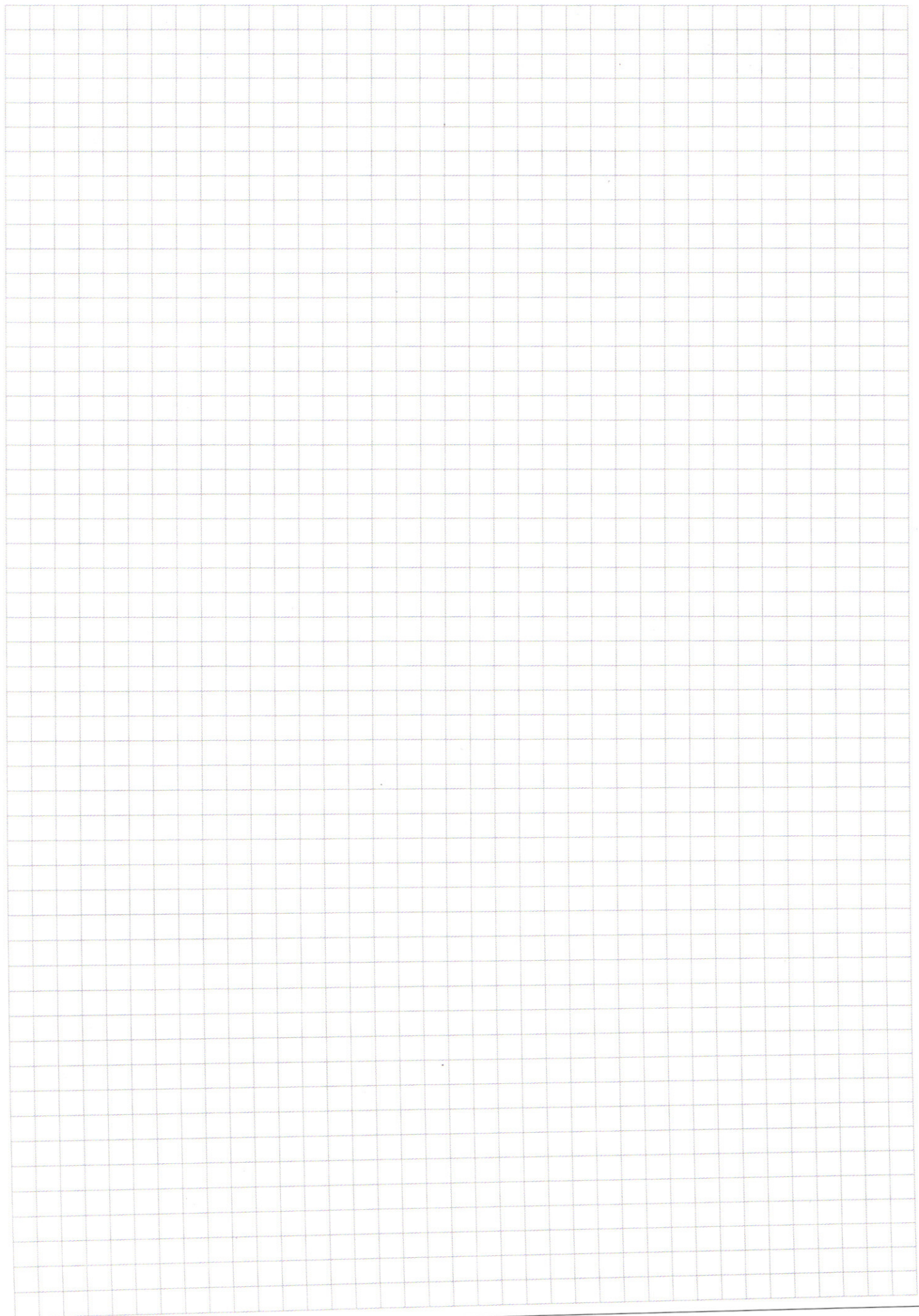
20 - 30

2 4 5 6 7 8

$$\begin{array}{r} 28 \\ 28 \\ \hline 294 \\ 56 \\ \hline 784 \end{array}$$
16
+ 5
$$\begin{array}{r} 375356 \\ \underline{3692} \\ 616 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 1000 \\ 1000 \\ \hline 500 \\ 500 \\ \hline 1000 \\ 1010025 \\ \hline 1375356 \\ 1349371 \\ \hline 289 \\ 289 \\ \hline 487 \\ 487 \\ \hline 2333 \\ 2313 \\ \hline 2071 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 2202 \\ 62 \overline{) 1312} \\ \underline{124} \\ 72 \\ 58 \overline{) 1092} \\ \underline{58} \\ 512 \\ 510 \overline{) 512} \\ \underline{2} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 23 \\ \hline 46 \\ 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ 25 \\ \hline 51 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 441 \\ - 75 \\ \hline 121 \\ \hline 121 \\ \hline 121 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 48 \\ 4 \overline{) 192} \\ \underline{16} \\ 32 \\ \underline{32} \\ 0 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper showing physics calculations and diagrams.

Top left: Diagrams of two parallel plates with a dielectric. Formulas: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$, $U = \frac{Q}{C}$.

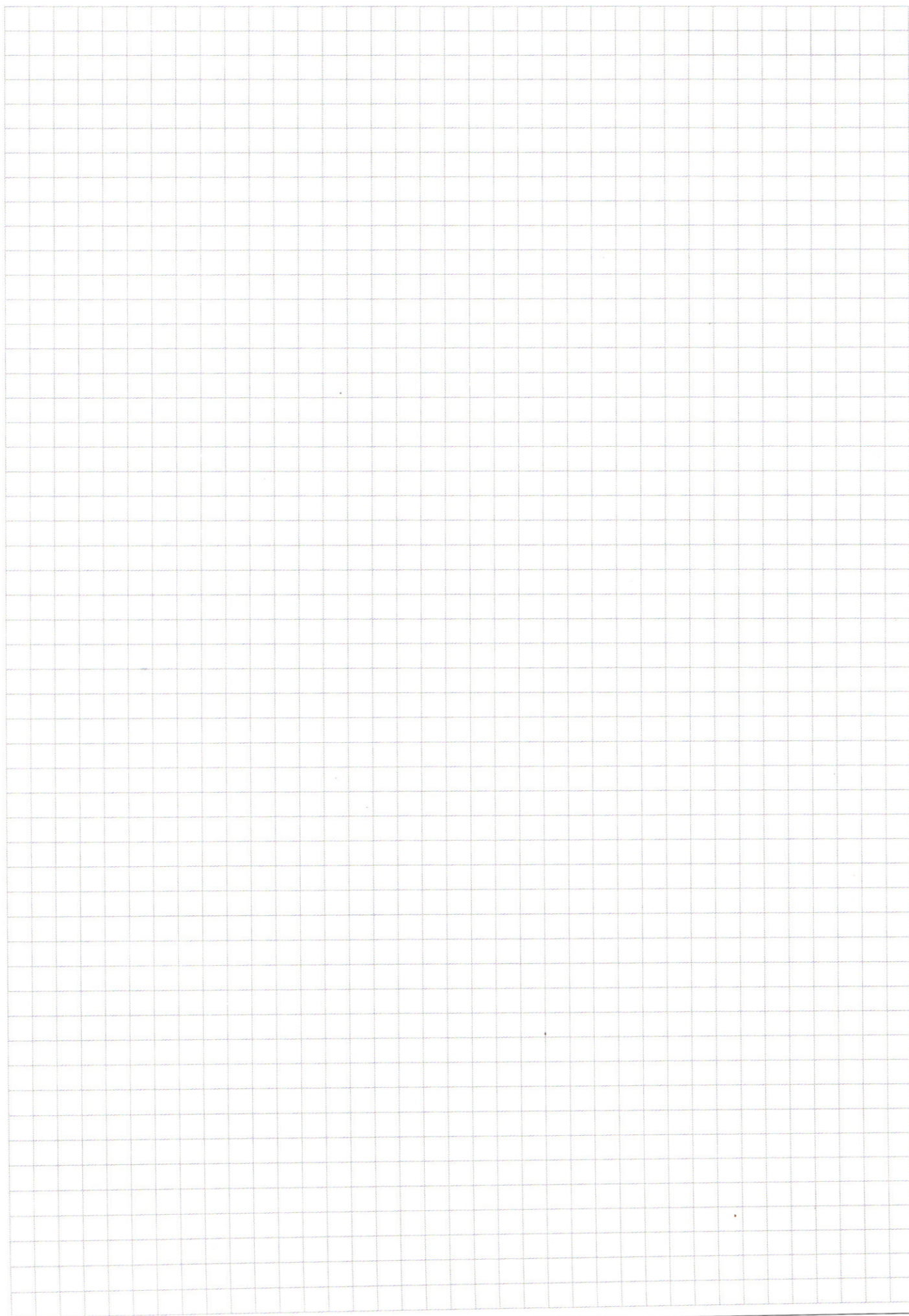
Top right: Formulas: $E = E_1 + E_2 = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, $mg = qE$, $\frac{m}{q}a = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, $\frac{Q}{q} = \frac{a}{E}$.

Middle left: Calculations: $32 + 260 = 292$, $\sqrt{292} \approx 17.1$, $17.1 \cdot 10^{-2} = 0.171$.

Middle right: Diagrams of a particle moving between plates. Formulas: $0.75d = \frac{qT^2}{2}$, $d = \frac{1.5d}{T^2}$, $U_k = aT = \frac{1.5d}{T}$.

Bottom left: Vector diagrams showing forces and angles. Calculations: $1156 - 540 = 616$, $67 \cdot 15 = 1005$, $315 \cdot 67 = 21045$.

Bottom right: Large calculation: $(75 \cdot \frac{36}{17.5} - 68)^2 + (\frac{67}{5.17} \cdot 75)^2 = (15.36 - 68)^2 + (67 \cdot 15)^2 = 172 + 122 = 139$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)