

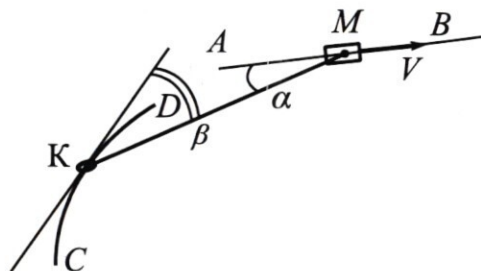
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



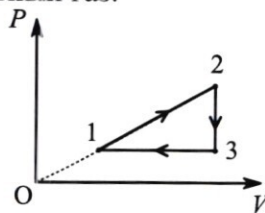
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

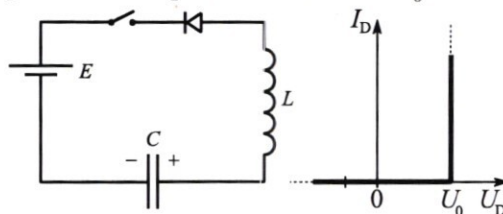
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

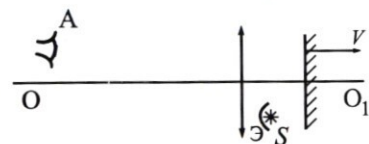


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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

Дано

$$V = 2 \text{ м/с}$$

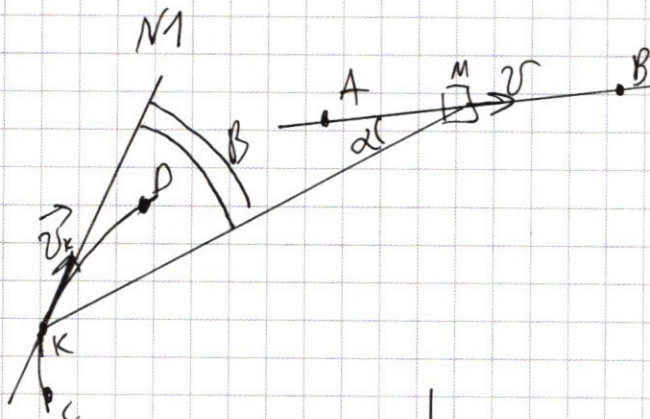
$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{17}{15} R$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$



1) $V_K = ?$ - скорость кольца

2) $V_K' = ?$ - скорость кольца относительно поверхности

3) $T = ?$ - сила натяжения троса

Решение

I 1) V_T - скорость троса на или проекция скорости шнурка на трос

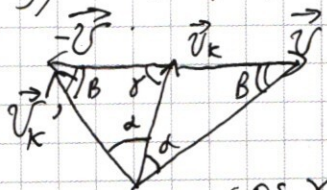
$$V_T = V \cdot \cos \alpha$$

2) $V_K = V_T \cdot \cos \beta$ - как проекция скорости троса на кольцо

$$V_K = V \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha$$

$$V_K = 2 \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{64}{85} \approx 0,75 \text{ м/с}$$

II 3) изобразим отдельно векторы $\vec{V}_K$ и $\vec{V}$



то преобразуем таблицу

$$\vec{V}_K = \vec{V} + \vec{V}_K' \Rightarrow \vec{V}_K' = \vec{V}_K - \vec{V}$$

$$\cos \gamma = \cos(180 - \alpha - \beta) = -\cos(\alpha + \beta) = (\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$$

$$\cos \gamma = -\left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}\right) = -\left(\frac{4 \cdot 8 - 3 \cdot 15}{5 \cdot 17}\right) = -\left(\frac{32 - 45}{5 \cdot 17}\right) = \frac{13}{85}$$

по теореме косинусов

$$|\vec{v}_k| = \sqrt{|\vec{v}_k|^2 + |\vec{v}|^2 - 2|\vec{v}_k| \cdot |\vec{v}| \cdot \cos \gamma} = \left(\frac{64}{85}\right)^2 + 4 - 2 \cdot \frac{64}{85} \cdot 2 \cdot \frac{13}{85} =$$

$$= \frac{64}{85^2} (64 - 4 \cdot 13) + 4 = \frac{64}{85^2} \cdot (64 - 52) + 4 = \frac{64}{85^2} \cdot 12 + 4 \approx 0,1 + 4 = 4,1 \text{ м/с}$$

ответ 4)

3) По 2 закону Кирхгофа $T = m \cdot R$ на колесо

$$T = m \frac{v_k^2}{R}$$

$$T = 0,4 \cdot \left(\frac{64}{85}\right)^2 \cdot \frac{10}{19} = \frac{4 \cdot 64^2}{85^2 \cdot 19} = \frac{16384}{137275} \approx 0,12 \text{ Н}$$

ответ 1) 0,45 м/с

2) 4,1 м/с

3) 0,12 Н

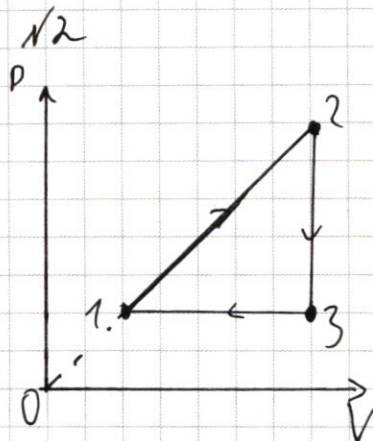
Дано - график

Найти

1) $\frac{c_{23}}{c_{12}} = ?$

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$

3) $\eta_{\text{макс}} = ?$



Решение

1) P_1, V_1, T_1 - характеристика газа в точке 1

P_2, V_2, T_2 - характеристика газа в точке 2

P_3, V_3, T_3 - характеристика газа в точке 3

2) м.к. газ одноатомный $i=3$

процесс 2-3 изохорный $V_2 = V_3$

процесс 3-1 изобарный $P_3 = P_1$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} \text{ м.к. } P_2 \text{ больше}$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{T_3}{T_1} \text{ температура уменьшается}$$

процесс 1-2 по закону Кларипера Менделеева

причем $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$ $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ м.к. $P_1 < P_2$ и $V_1 < V_2$ температура увеличивается и в первом

задаче нас интересует только $\frac{c_{23}}{c_{12}}$

3) $Q = C \cdot V = \Delta U + A$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Изометрический процесс 2-3

$$A_{23} = 0 \text{ м.к. } V = \text{const}$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \nu R \Delta T = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q = -C_{23} = \Delta U = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\therefore -C_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) = -\frac{3}{2} R (T_2 - T_3)$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_3)$$

5) Изометрический процесс 3-1

$$A = +p \Delta V \text{ м.к. давление постоянно м.к.}$$

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

$$Q_1 = C_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p(V_1 - V_3) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R (T_3 - T_1)$$

$$6) \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} \left(\frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} \right) = \frac{3}{5} \left(\frac{\frac{T_2}{T_3} - 1}{1 - \frac{T_1}{T_3}} \right) = \frac{\left(\frac{p_2}{p_3} - 1 \right)}{\left(1 - \frac{V_1}{V_3} \right)} \cdot \frac{3}{5}$$

$$7) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$8) A_{12} = \frac{(p_1 + p_2)}{2} (V_2 - V_1) \text{ м.к. площадь под графиком}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1)$$

$$\text{м.к. } \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$9) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)} = 3$$

$$10) \eta = \frac{A}{Q}$$

работу из совершает только на отрезке 1-2
и получает полезную работу на отрезке 1-3

$$\eta = \frac{A_{12}}{A_{12} + \Delta U_{12}} = \frac{A_{12}}{A_{12} + 3A_{12}} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м.р. } \Delta U_{12} = 3A_{12} \text{ из 9)}$$

$$\eta = 25\%$$

$$\text{Ответ 1) } \frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3}{5} \left(\frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} \right)$$

$$2) \frac{\delta U_{12}}{A_{12}} = 3$$

$$3) \eta_{\max} = 25\%$$

N3

Дано

$d; U$

V_1

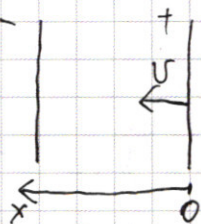
$P = 0,2d$ - расстояние от " - " до пластины

Найти

$$1) \gamma = \frac{|q|}{m} = ?$$

$$2) T = ?$$

$$3) V_0 = ?$$



Решение

$$1) E = \frac{U}{d} - \text{внутри конденсатора}$$

$$2) F = q \cdot E = \frac{q \cdot U}{d} - \text{сила действующая на заряд}$$

~~3) По закону Н.~~

$$\cancel{F = ma}$$

$$\cancel{\frac{q \cdot U}{d} = ma} \Rightarrow a = \frac{q \cdot U}{md} = \gamma \frac{U}{d}$$

3) По закону сохранения энергии

$$E_k = A_{\text{или кинетика}}$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cdot (d - P) \Rightarrow$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{qU}{d} \cdot 0,8d \Rightarrow mv_1^2 = 1,6q \cdot U \Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{1,6U}$$

4) по 2 закону Н

$$-F = ma \Rightarrow a = -\gamma \cdot \frac{U}{d}$$

$$X = X_0 + vt + \frac{at^2}{2} \text{ для } t = T$$

$$0 = 0 + v_1 T + \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T = 0 \text{ не подходит}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_1 = -\frac{aT}{2}$$

$$2V_1 = \gamma \frac{V}{d} \cdot T$$

$$T = \frac{2V_1 \cdot d}{\gamma V} = \frac{2V_1 \cdot d \cdot 1,6V}{V \cdot V_1^2} = \frac{3,2d}{V_1}$$

г) по закону сохранения энергии

$$E_{\text{кон}} = E_{\text{всех}}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + E_{\text{электр. поле}} = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$E_{\text{электр. поле}} = qV$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + q \cdot V = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$mV_0^2 = mV_1^2 + 2qV \quad | : m$$

$$V_0^2 = V_1^2 + 2\gamma V$$

$$V_0^2 = V_1^2 + 2 \frac{V_1^2 \cdot V}{1,6V} = V_1^2 + \frac{V_1^2}{0,8} = \frac{18}{8} V_1^2 = \frac{9}{4} V_1^2$$

$$V_0 = \frac{3}{2} V_1$$

$$\text{Ответ 1) } \gamma = \frac{V_1^2}{1,6V}$$

$$2) T = \frac{3,2d}{V_1}$$

$$3) V_0 = \frac{3}{2} V_1$$

Дано

$$F = \frac{8F}{15} = P(0,5; 0,01)$$

$$P_V = \frac{3}{5} F = P(5; 10 \text{ микрон})$$

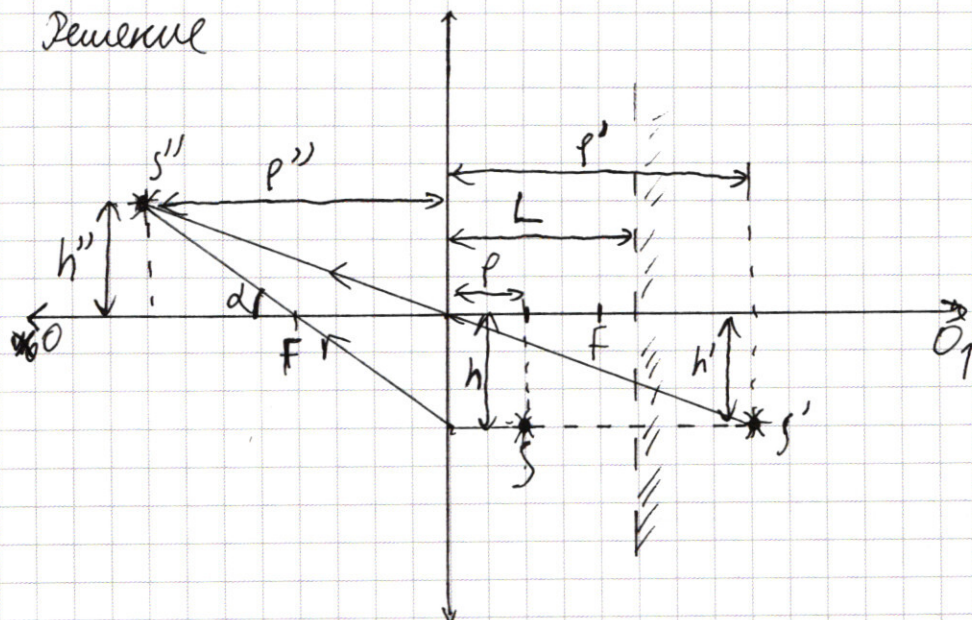
$$L = \frac{6F}{5}$$

$$1) P = ?$$

$$2) \alpha = ?$$

$$3) V_{\text{с}} = ?$$

Решение



1) S' — изображение в зеркале источника S
также на рисунке изображены $l; L; p'$ и $p''; h$ и h'' и h'
т.к. зеркало $\perp O_0O_1$ то $h = h'$

$$2) p' = L + (L - p) = 2L - p = 2 \cdot \frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{18F}{5} - \frac{3F}{5} = 3F$$

$$3) \frac{1}{p'} + \frac{1}{p''} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{p''} = \frac{1}{F} - \frac{1}{p'}$$

$$p'' = \frac{F \cdot p'}{p' - F} = \frac{F \cdot 3F}{3F - F} = \frac{3}{2} F$$

4) ~~Этот угол~~ α — это угол между O_0O_1 и лучом прошедшим
через F т.к. каждый раз изображение будет казаться
прямо т.к. угол луча не меняется при движении источ-
ника по прямой параллельной O_0O_1

$$5) \operatorname{tg} \alpha = \frac{h''}{p'' - F} \Rightarrow \operatorname{ctg} \alpha = \frac{p'' - F}{h''} = \frac{p'}{h'} - \frac{F}{h''}$$

$$\frac{h'}{p'} = \frac{h''}{p''} \Rightarrow h'' = h' \cdot \frac{p''}{p'} = \frac{8F \cdot 3F}{15 \cdot 2 \cdot 3F} = \frac{4}{15} F$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{3F \cdot 15}{8F} - \frac{F \cdot 15}{4F} = \frac{3 \cdot 15}{8} - \frac{2 \cdot 15}{8} = \frac{15}{8}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$8 \begin{array}{c} 14 \\ \alpha \\ 15 \end{array} \quad \sqrt{64 + 225} = \sqrt{289} = 14$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{14}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

б) $v' =$ скорость изображения в зеркале

$$v' = \lambda v$$

 v'' — скорость изображения в линзе v_x'' — проекция v'' на ось OO_1

$$4) \frac{v_x''}{v'} = \frac{p'' \cdot dt}{dt \cdot p'} = \frac{p''}{p'} = \frac{3f}{2f} \cdot \frac{1}{3f} = \frac{1}{2}$$

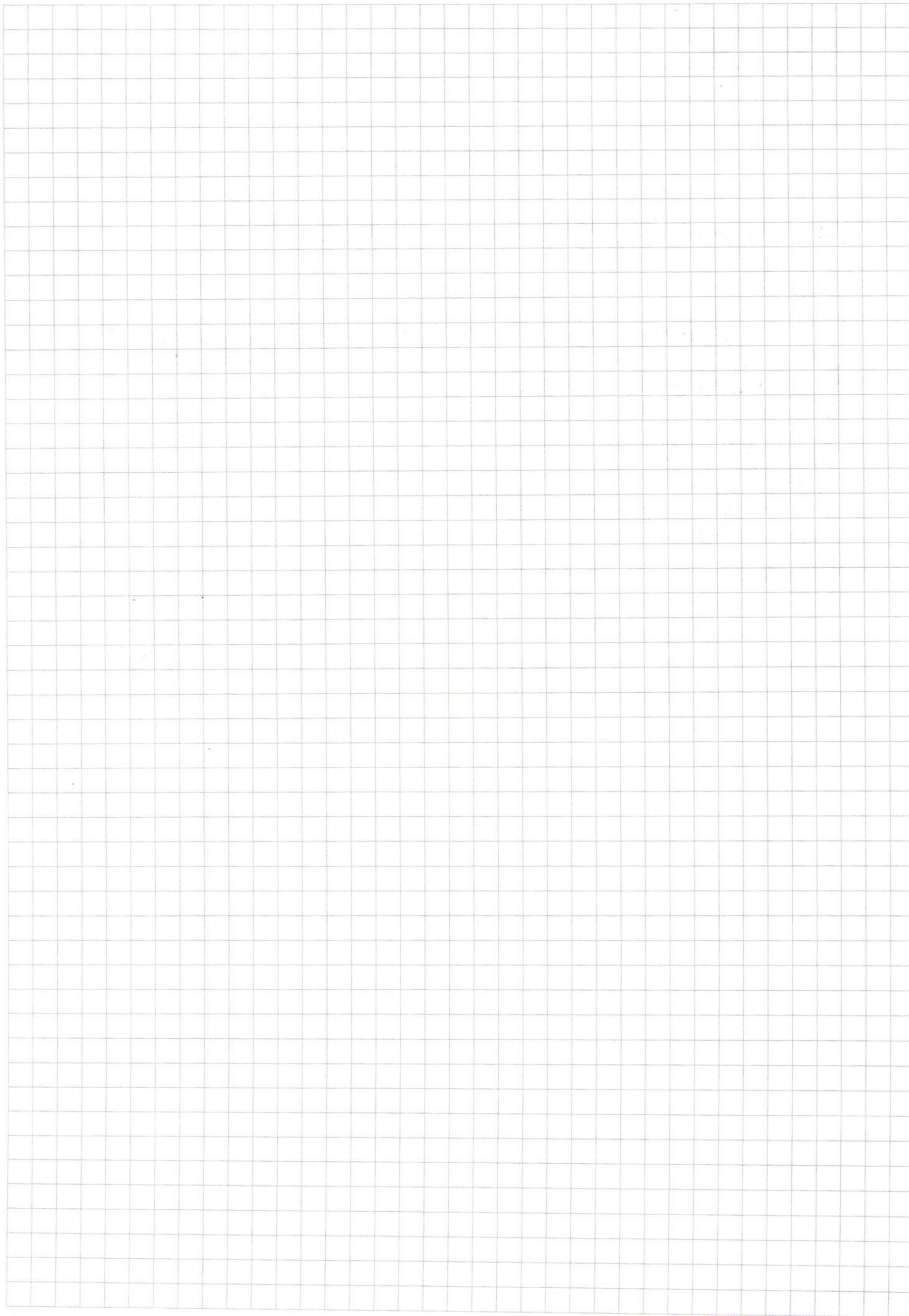
$$v_x'' = \frac{1}{2} v' = v$$

$$v'' = \frac{v_x''}{\cos \alpha} = \frac{v \cdot 17}{15} = \frac{17}{15} v$$

Ответ 1) $p'' = \frac{3}{2} f$

2) $\alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$

3) $v'' = \frac{17}{15} v$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 14 \\ 85 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \overline{) 000985} \\ 595 \\ \hline 450 \\ 425 \\ \hline 250 \\ 250 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$64$$

$$85 = 5 \cdot 17$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 12 \\ \hline 128 \\ 64 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 885 \\ 85 \\ \hline 425 \\ 680 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 74 \\ \hline 179 \\ 14 \\ \hline 289 \\ 69 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$64 = 2^6$$

$$1024$$

$$4 \cdot 64^2 = 2^2 \cdot 2^{12} = 2^{14} = 2 \cdot 2^{13}$$

$$\begin{array}{r} 2048 \\ 8 \\ \hline 16384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2048 \\ 2 \\ \hline 4096 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7225 \overline{) 19} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 224 \\ 7225 \\ \hline 65025 \\ 4225 \\ \hline 137275 \end{array}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{p_2 V_2 - p_3 V_3}{p_3 V_3 - p_1 V_1} = \frac{V_2 (p_2 - p_3)}{p_2 (V_2 - V_1)} = \frac{V_1 (p_2 - p_3)}{p_1 (V_2 - V_1)}$$

$$= \frac{V_2 - V_2 \cdot \frac{T_3}{T_2}}{V_2 - V_2 \cdot \frac{T_3}{T_2}}$$

$$\frac{T_2}{T_3 - T_1} = \left(\frac{T_3}{T_2} - \frac{T_1}{T_2} \right)^{-1} =$$

$$= \frac{p_3}{p_2} - \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} =$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{p_1}{p_3}$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{p_2 V_2 - p_3 V_3}{p_3 V_3 - p_1 V_1} = \frac{\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} - 1}{1 - \frac{p_1 V_1}{p_3 V_3}} = \frac{\frac{p_2}{p_3} - 1}{1 - \left(\frac{V_1}{V_3}\right)} = \frac{(p_2 - p_3) V_3}{p_3 (V_3 - V_1)} =$$

$$= \frac{p_2 V_3 - p_3 V_3}{p_3 V_3 - p_3 V_1} = \frac{V_3}{p_3} \left(\frac{p_2 - p_3}{V_3 - V_1} \right) =$$

$$E = \cancel{\frac{q \cdot V}{d}} \cdot \cancel{\frac{q^2}{d}} = E \cdot d = q \cdot \frac{V}{d} \cdot d = qV$$

