

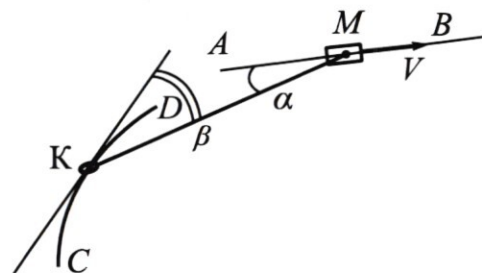
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



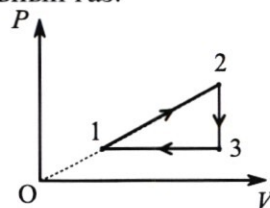
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, 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. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной

обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

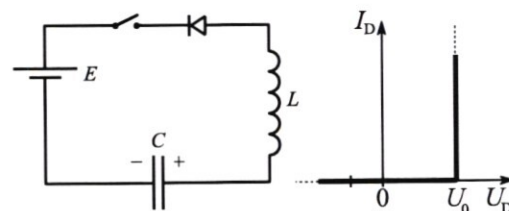
- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ 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.

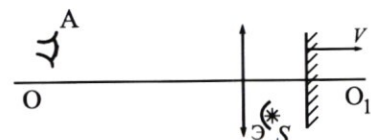


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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 A 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.



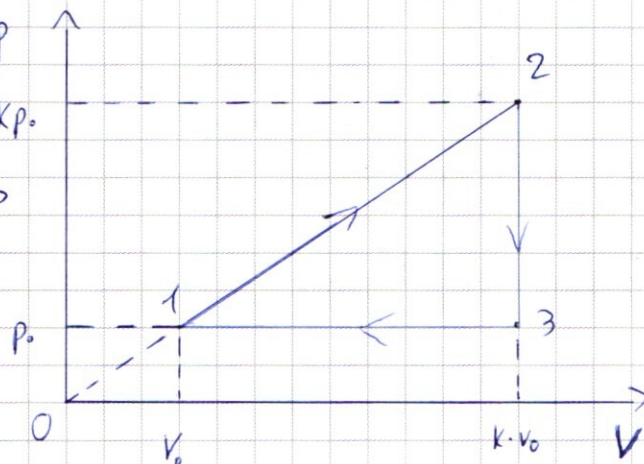
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2

Т.к. продолжение отрезка, обозначая $k p_0$.
Итого процесс 1-2 попадает в $O \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ в процессе 1-2 ^{идет} давление
прямо пропорционально объему:

$$p_1 = p_0 \quad p_2 = k \cdot p_0$$

$$V_1 = V_0 \quad V_2 = k \cdot V_0, \quad k > 1$$



1) На участке 2-3 и 3-1 температура падает

$$\begin{cases} C_{23} \cdot \Delta T_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \\ A_{23} = 0 \\ \Delta U_{23} = -\frac{3}{2} \Delta T_{23} \end{cases}$$

$$C_{23} = -\frac{3}{2} R$$

$$\begin{cases} C_{31} \cdot \Delta T_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \\ A_{31} = -p_0 \cdot (k-1) V_0 = -\Delta T_{31} \\ \Delta U_{31} = -\frac{3}{2} \Delta T_{31} \end{cases}$$

$$C_{31} = -\frac{5}{2} R$$

$$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$$

$$2) \quad A_{12} = \frac{p_0(k+1)}{2} \cdot V_0(k-1) = \frac{(k^2-1)}{2} \cdot p_0 V_0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \cdot (k^2 p_0 V_0 - p_0 V_0) + \frac{(k^2-1)}{2} \cdot p_0 V_0 = 2(k^2-1)p_0 V_0$$

$$\boxed{\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4}$$

$$3) A = (k-1) \cdot p_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot (k-1) v_0 = (k-1)^2 p_0 v_0 \cdot \frac{1}{2}$$

$$Q = Q_{12} = 2(k^2 - 1) p_0 v_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{1}{4} - \frac{2}{4k+4}$$

при $k \rightarrow \infty$: $-\frac{2}{4k+4} \rightarrow 0 \Rightarrow \eta \rightarrow \frac{1}{4} \Rightarrow$ предельно возможное значение $\eta = 0,25$

Ответ: 1) $\frac{c_{23}}{c_{31}} = 0,6$.

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3) $\eta = 0,25$.

№ 3

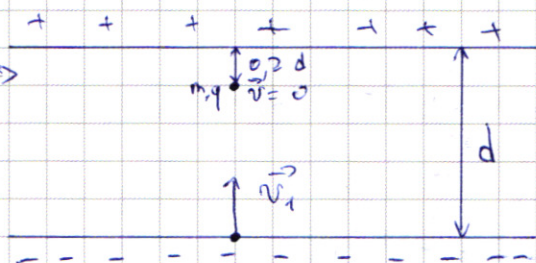
положительно заряженная

Т.к. сказано, что частица остановилась $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ что частица пришла со стороны

отрицательно заряженной

пластины



$$1) \begin{cases} d - 0,2d = v_1 T - \frac{aT^2}{2} \\ aT - v_1 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} 0,8d = \frac{v_1 T}{2} \\ aT = v_1 \end{cases}$$

$$T = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$2) \begin{cases} ma = Eq \\ E = \frac{u}{d} \\ a = \frac{v_1}{T} \end{cases}$$

$$\frac{mv_1^2}{1,6d} = \frac{uq}{d} \quad | : q$$

$$\frac{m}{q} \cdot \frac{v_1^2}{1,6} = u$$

$$u = \frac{mv_1^2}{1,6q}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) по ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = Uq - \frac{mv_1^2}{2}$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{v_1^2 q}{1,6 \gamma} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{0,4 v_1^2}{3,2}$$

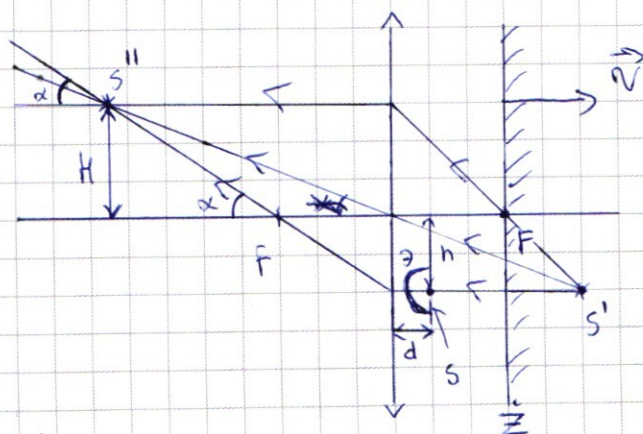
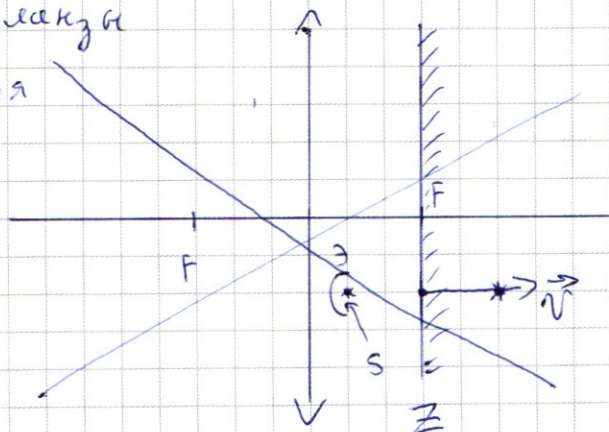
$$v_0 = \frac{v_1}{2}$$

Ответ: 1) $T = \frac{1,6 d}{v_1}$

2) $U = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma}$

3) $v_0 = \frac{v_1}{2}$

N 5 а - расстояние от предмета до линзы
 $h = \frac{8}{15} F$ б - расстояние от изображения
 $d = \frac{1}{3} F$ до линзы
 F - фокусное расстояние
 линзы



1) S' симметричен S относительно зеркала $Z \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S' - \text{изображение предмета } S \\ \text{в зеркале} \end{array} \right\}$
 $\Rightarrow S'$ расположен на расстоянии $f - d = \frac{2}{3}f$ от зеркала

S' - предмет для линзы

$$\begin{cases} a = f + \frac{2}{3}f = \frac{5}{3}f \\ \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \end{cases}$$

$$b = \frac{5}{2}f$$

$$\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{a}{b} \Rightarrow \frac{8f}{15H} = \frac{2}{3}$$

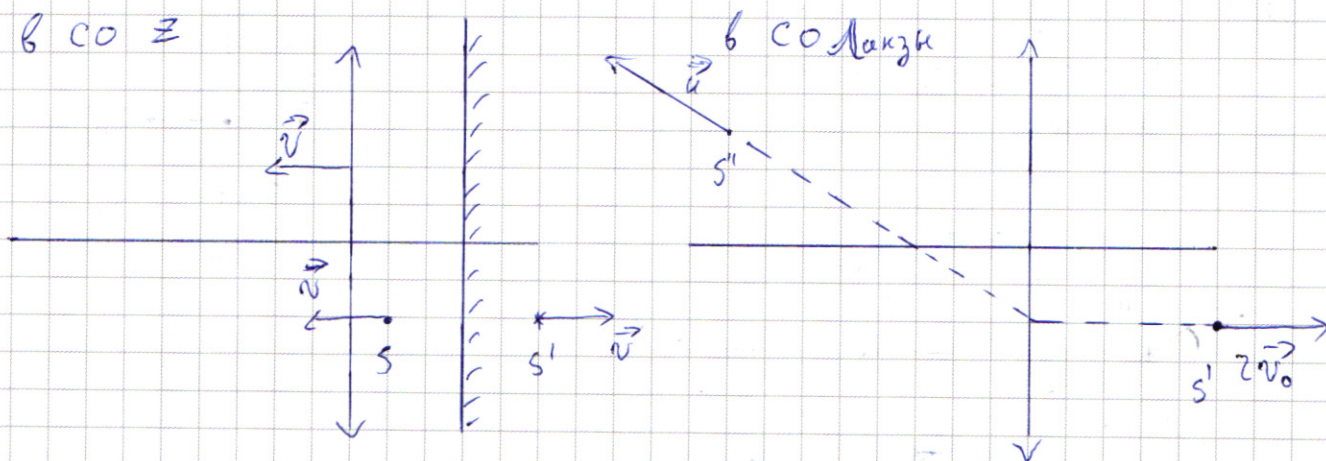
$$H = 0,8f$$

2) продолжения лучей скоростей предмета и изображения пересекаются на линзе. А так как скорости S и S' направлены горизонтально $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ скорость изображения S'' направлена под α , как показано на рисунке (стр. 3)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{b-f} = \frac{0,8}{1,5} = \frac{8}{15}$$

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

3) v со Z



$$\frac{2v_0}{u} = \frac{a}{b} \Rightarrow u = 3v - v \text{ со линзы}$$

$$v \text{ со } Z: \vec{u}_1 = \vec{u} + \vec{v}; \quad v \text{ со Земли: } \vec{u}_2 = \vec{u}$$

$$u = 3v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

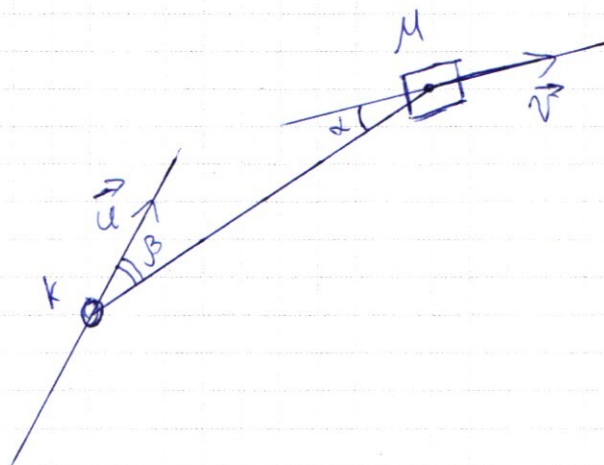
- Ответ: 1) $K = 0,8 f$
2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$
3) $u = 3v$.

№1 Механика цветного пятна

1) $m v \cos \alpha = u \cos \beta$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$u = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

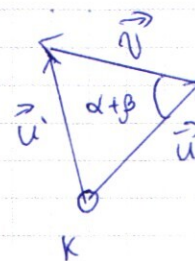


2) u' — скорость кольца в системе

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = -\frac{36}{85}$$

$$u' = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta)}$$

В СО муфты M



$$u' = v \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - \frac{2 \cos \alpha \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}}$$

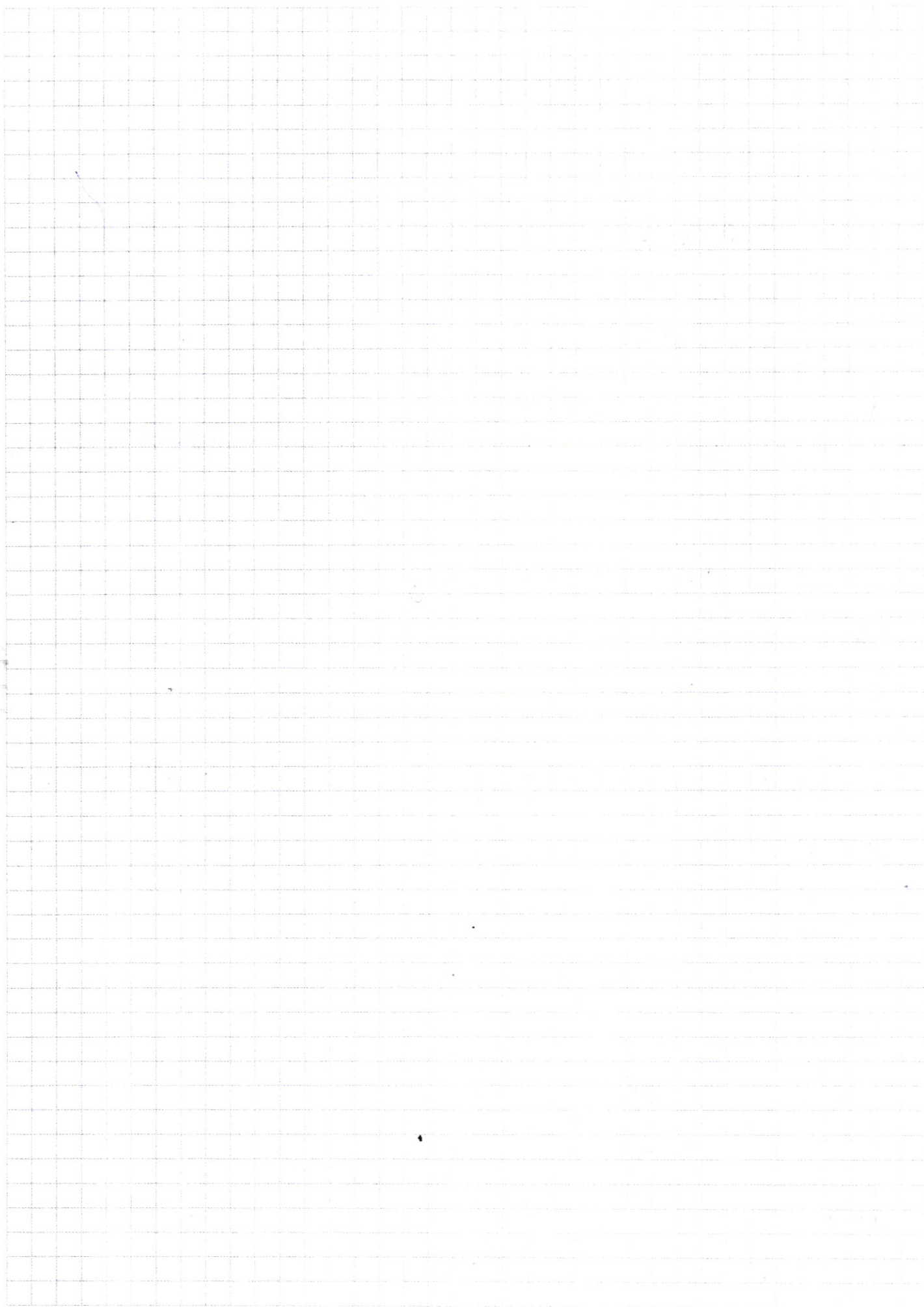
$$u' = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

- Ответ: 1) $u = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
2) $u' = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

№4. 2) $\frac{Cu_1^2}{2} = \frac{L I_m^2}{2}$

$$I_m = u \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_m = 6 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$



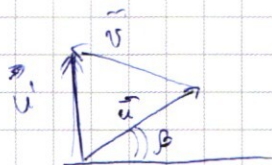
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1 $u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 9,51 \frac{m}{c}$

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



$\frac{3}{5} \cdot \frac{3}{17} - \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = -\frac{36}{17 \cdot 5}$

$v^2 + \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - 2 \frac{v^2 \cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$

$u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta) = \frac{16}{100} + \frac{(17 \cdot 3)^2}{100} - 2 \cdot \frac{4 \cdot 51 \cdot 36}{17 \cdot 5 \cdot 100}$

~~$46 \cdot 10^{-2}$~~

~~$6,4 \cdot 10^{-2}$~~

N4 $N = U \cdot I$

$\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{2} = \frac{0,2 \cdot I^2}{2} \cdot \frac{2}{10}$

$40^2 + 51^2 - 40 \cdot 51 \cdot 2 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5}$

$16 \cdot 36 \cdot 3$

$\frac{48}{36}$

268

1728

$\begin{array}{r} 1600 \\ \times 2601 \\ \hline 1728 \end{array}$

$\begin{array}{r} 51 \\ 151 \\ \hline 255 \end{array}$

$\begin{array}{r} 77 \\ 77 \\ \hline 539 \end{array}$

$I = 0,06 \text{ A}$

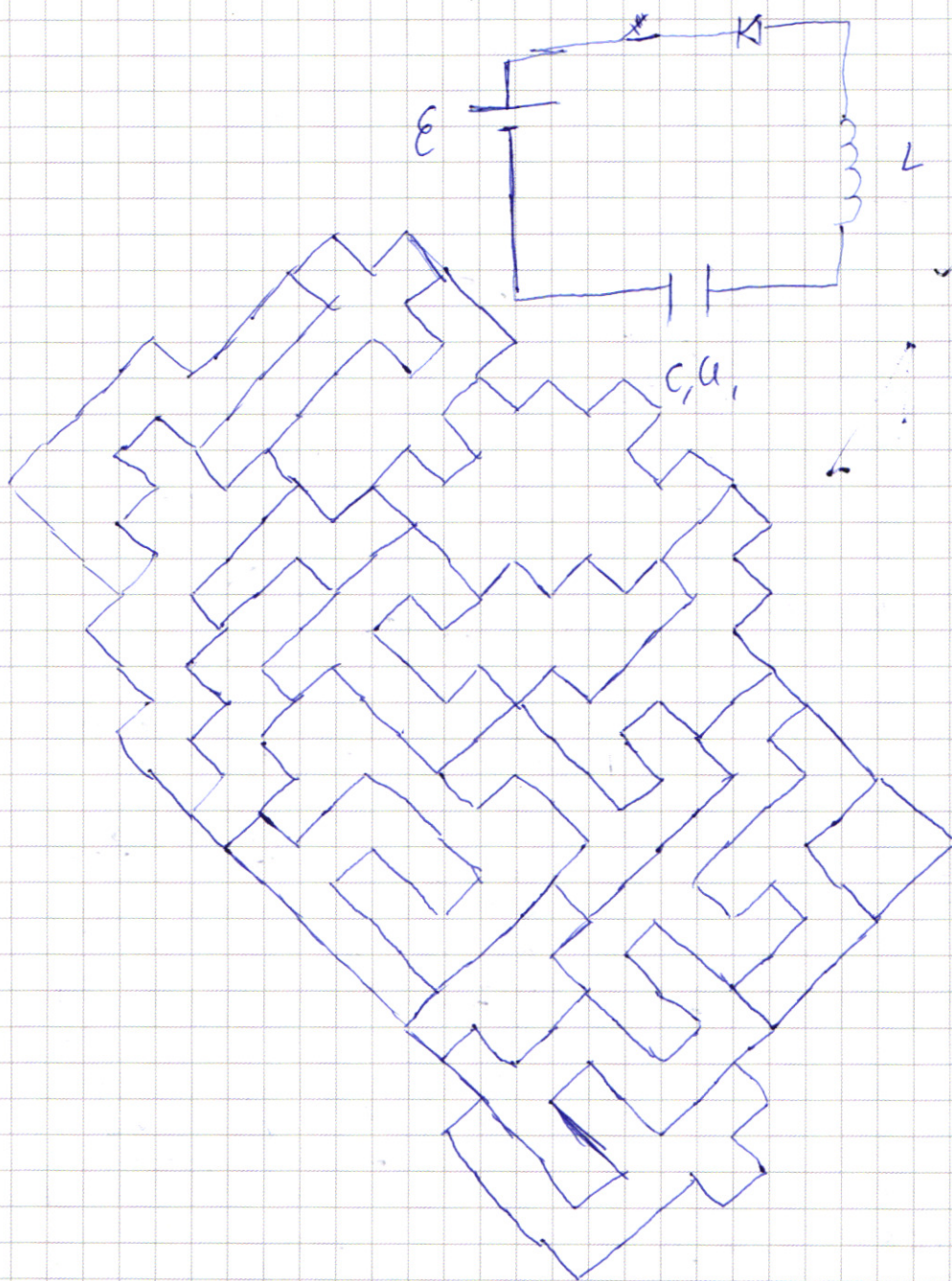
$\begin{array}{r} 1600 \\ \times 2601 \\ \hline 4201 \end{array}$

$u' = 77 \frac{m}{c}$

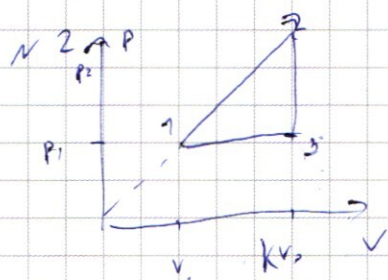
$$\mathcal{E} = 30$$

$$U_c = 60$$

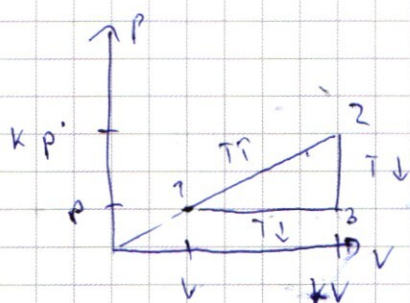
$$U_0 = 10$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad T_2 = k^2 T_1 \quad P$$



$$\frac{P V}{T_1} = \frac{k^2 P V}{T_2} = \frac{k P V}{T_3} \quad \underline{k > 1}$$

$$T_2 = k^2 T_1$$

$$T_3 = k T_1$$

$$T_2 > T_1$$

$$T_3 < T_2$$

$$T_1 < T_3$$

$$C_{\Delta T} = Q_{23}$$

$$Q_{23} = \Delta U + A \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

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

$$\underline{C_{23} = -\frac{3}{2} R}$$

$$C_{\Delta T} = Q_{31}$$

$$Q_{13} = \Delta U + A = -\frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$\underline{C_{31} = -\frac{5}{2}}$$

$$1) \quad \boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$$

$$2) \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{P + kP}{2} \cdot (kV - V) = \frac{P V}{2} (k^2 - 1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (k^2 P V - P V) = \frac{3}{2} (k^2 - 1) P V$$

$$Q_{1,2} = 2 \frac{P}{D} pV (k^2 - 1)$$

$$A_{1,2} = \frac{1}{2} pV (k^2 - 1)$$

$$2) \left[\frac{Q_{1,2}}{A_{1,2}} = 4 \frac{P}{D} \right]$$

$$3) A = (k-1)^2 pV \cdot \frac{1}{2}$$

$$Q_{1,2} = 2 \frac{P}{D} pV (k^2 - 1)$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{1,2}} = \frac{k-1}{4(k+1)}$$

$$\eta' = \frac{k+1 - k+1}{(k+1)^2} = \frac{2}{(k+1)^2}$$

$$\eta' = k^2 + 3(k+1) = 3k + 3$$

$$\begin{array}{r|l} k-1 & 3k+3 \\ \hline k+1 & 1 \\ \hline -2 & 3 \end{array}$$

$$\frac{1}{3} - \frac{2}{3(k+1)}$$

$$\eta \text{ при } k \rightarrow \infty \rightarrow \frac{2}{3(k+1)} \rightarrow 0 \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{k-1}{4(k+1)}$$

$$\begin{array}{r|l} k-1 & 4k+4 \\ \hline k+1 & 1 \\ \hline -2 & 1 \end{array}$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \frac{1}{3}}$$

$$\eta = \frac{1}{4} - \frac{2}{(k+1)^4}$$

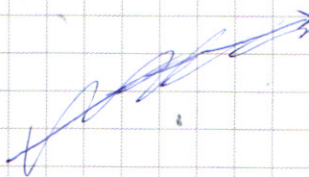
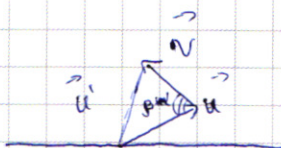
$$k \rightarrow \infty \quad - \frac{2}{(k+1)^4} \rightarrow 0 \Rightarrow \eta \rightarrow \frac{1}{4}$$

$$\boxed{\eta = 0,25}$$

$$N \cos \alpha = N \cos \beta$$

$$\boxed{u = \frac{N \cos \alpha}{\cos \beta}}$$

$$1) u = \frac{0,4 \cdot 3 \cdot 17}{40} = 0,51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

$$0,3d = v_1 T - \frac{a T^2}{2}$$

$$ma = Eq$$

$$a = \gamma E$$

$$0,3d = v_1 T - \frac{\gamma E T^2}{2}$$

$$a T = v_1$$

$$0,3d = \frac{1}{2} v_1 T$$

$$T = \frac{1,6d}{v_1}$$

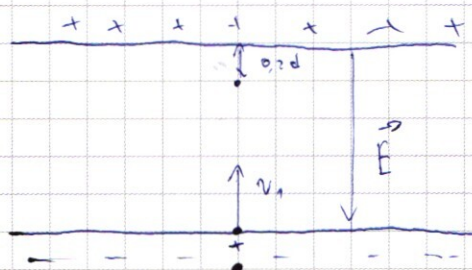
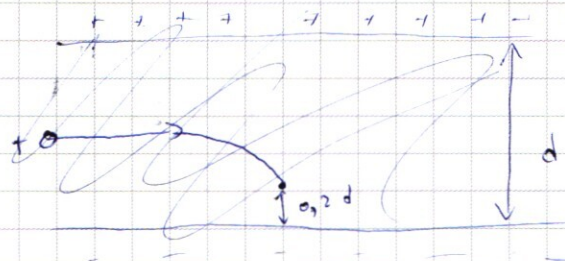
$$E \gamma \cdot \frac{1,6d}{v_1} = v_1$$

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

$$U \cdot \gamma = \frac{v_1^2}{1,6}$$

$$T = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$



$$0,3d = v_1 T + \frac{a T^2}{2}$$

$$\frac{U \cdot \gamma}{c^2 \cdot k_1} = \frac{H \cdot d}{k_1} = \frac{Q m \cdot B}{k_1}$$

$$\frac{U \cdot \gamma}{c^2} = H$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + U q$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = U q$$

$$U_1 = E$$

$$\frac{m v_1^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} = \frac{v_1^2}{1,6\gamma} \frac{q}{m}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + U q$$

$$U q = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$

$$\left(\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_1^2}{1,6} \right) = \frac{v_0^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{v_1}{2} \quad v_0 = \frac{3}{2} v_1$$

$$\frac{0,4 v_1^2}{3,2} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2}{4} = v_0^2$$

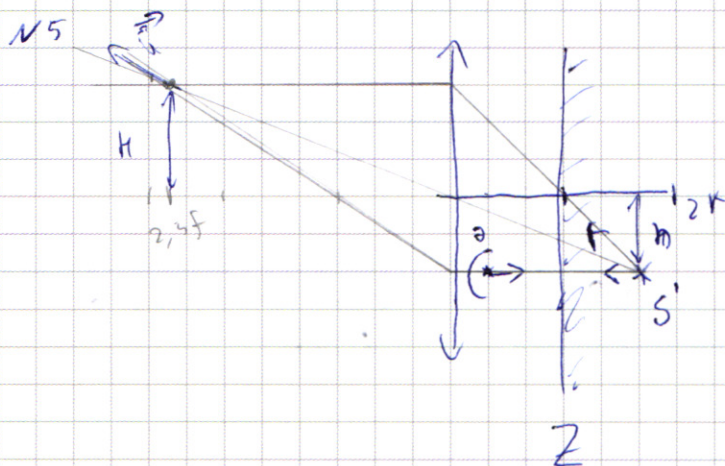
$$v_0 = \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{3,6}{3,2} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{3,6}{3,2} \cdot \frac{1,6}{2} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{0,9}{2} = \frac{v_0^2}{2}$$

N42 $N = 42 =$



$$\frac{h}{H} = \frac{a}{b}$$

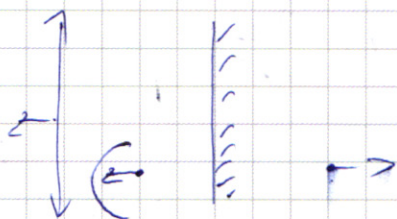
$$\frac{8f}{15H} = \frac{5f \cdot 2}{3 \cdot 5f}$$

$$\frac{8f}{15H} = \frac{2}{3}$$

$$24f = 30H$$

$$1) \left[H = \frac{4}{3}f = 0,8f \right]$$

b c o z



b c o 1



$$\frac{20f}{H} = \frac{2}{3}$$

$$H = 30f$$

$$\frac{2}{15}$$

$$\frac{H+h}{b}$$

$$\frac{\frac{2}{10} + \frac{2}{15}}{\frac{5}{2}}$$

$$\frac{2 \cdot 0,2}{3} = \frac{0,4}{3}$$

$$\frac{4 \cdot 2}{15}$$

$$16 + 24 = 40$$

$$40$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} + \frac{3}{2f}$$

$$\frac{5}{2f}$$

$$-\frac{3}{5f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f} + \frac{3}{5f}$$

$$\frac{1}{f} - \frac{3}{5f} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{2}{5f} = \frac{1}{f} \quad b = \frac{5}{2}f$$

$$\text{and } \tan \alpha = \frac{0,2}{2,5} = \frac{4 \cdot 2}{5 \cdot 5} =$$

$$= \frac{8}{25} = 0,32$$

$$\tan \alpha = 0,32$$

