

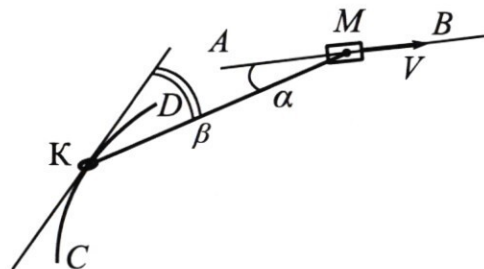
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

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

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.



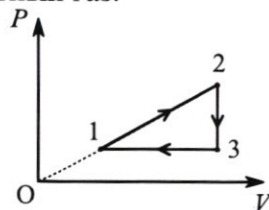
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

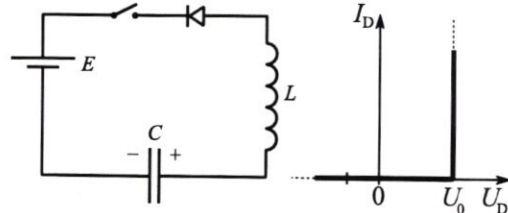
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

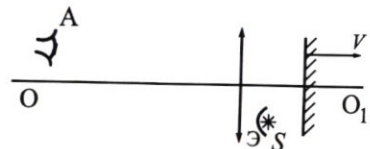


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

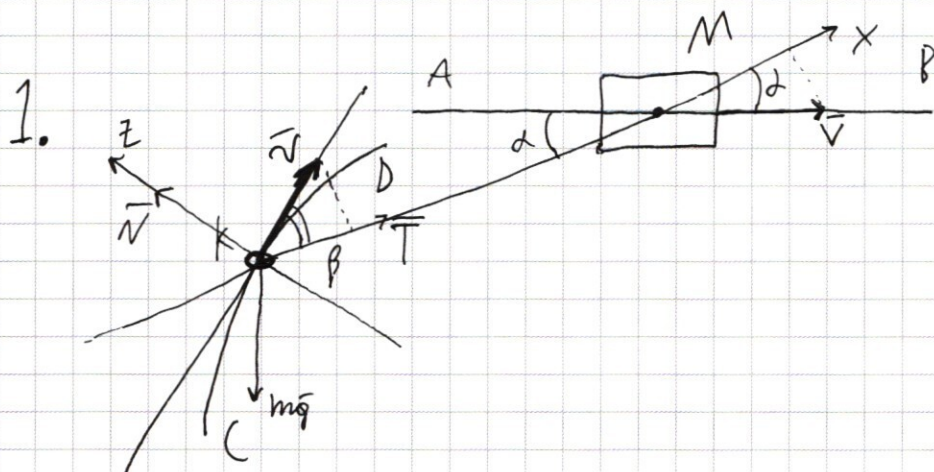
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) Расположим Ox по трассе.

$\bar{U}$ — скорость калыца.

П.к. трасс не разрывался и не растягивался, то ~~проекции~~ расстояние между калыцом и муфтой должно все время оставаться равным $l = \frac{17}{15}R \Rightarrow$ проекции V_x и U_x должны быть равны.

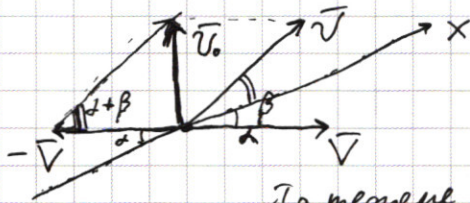
$$\begin{cases} V_x = V \cdot \cos \alpha \\ U_x = U \cdot \cos \beta \end{cases} \Rightarrow V \cdot \cos \alpha = U \cdot \cos \beta$$

$$U = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{5} (\text{м/с}) = 3,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ: $\frac{17}{5} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 3,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$

2) Чтобы узнать, с какой скоростью движется калыц относительно муфты, нужно из: $\bar{U} - \bar{V}$



U_0 - скорость камня относительно земли.

По теореме косинусов.

$$U_0^2 = U^2 + V^2 - 2U \cdot V \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta = -\frac{13}{85}$$

$$U_0 = \frac{21}{5} \left(\frac{m}{c} \right) = 4,2 \left(\frac{m}{c} \right)$$

Ответ: $4,2 \frac{m}{c}$

3) Второй закон Ньютона для камня:

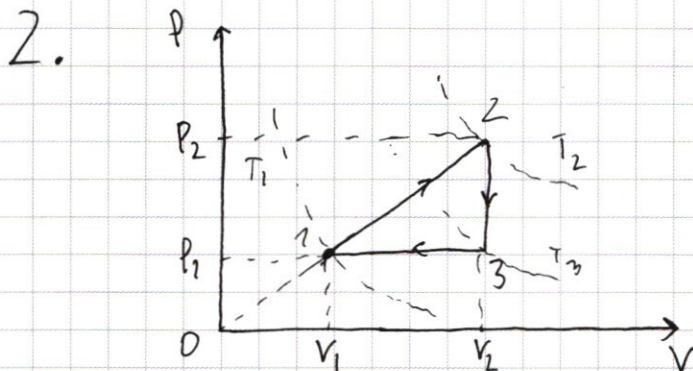
Расположим OZ перпендикулярно касательной к CD в точке K

$$\begin{cases} X) N \cdot \sin \beta + mg \cdot \sin \alpha = T \cdot \cos \beta \\ Z) mg \cos(\alpha + \beta) + T \cdot \sin(\beta + \alpha) - N = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \end{cases}$$

$$\Rightarrow T = \frac{m \left(\frac{v^2}{R} - \frac{g \sin \alpha}{\sin \beta} - g \cos(\alpha + \beta) \right)}{\sin(\alpha + \beta) - \cot \beta}$$

$$T =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Показание температуры произошло в процессах 2-3 и 3-1

$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}}$ - отношение молярных теплоемкостей в 2-3 и 3-1

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{Q_{2-3} \Delta T_{3-1}}{\Delta T_{2-3} Q_{3-1}}$$

$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3}$, т.к. работа не совершается в процессе 2-3

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + P_1 (V_1 - V_2)$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_3$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\Rightarrow Q_{3-1} = \frac{5}{2} (P_1 V_1 - P_1 V_2) = \frac{5}{2} P_1 (V_1 - V_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} V_2 (P_1 - P_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

т.к. в 1-2 На участке 1-2: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{3(T_3 - T_2)(T_3 - T_1)}{5(T_2 - T_3)(T_1 - T_3)} = \frac{3}{5}$$

Ответ: $\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{3}{5}$

2) Процесс 1-2

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

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

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

$$\frac{\Delta U}{A} = 3$$

Ответ: 3

$$3) \quad \eta = \frac{A}{Q} = \frac{A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}}{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}} = \frac{\frac{1}{2} p_2 V_2 - p_1 V_2 + \frac{1}{2} p_2 V_2}{2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1} \quad (1)$$

т.е. Q_{2-3} и $Q_{3-1} < 0$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

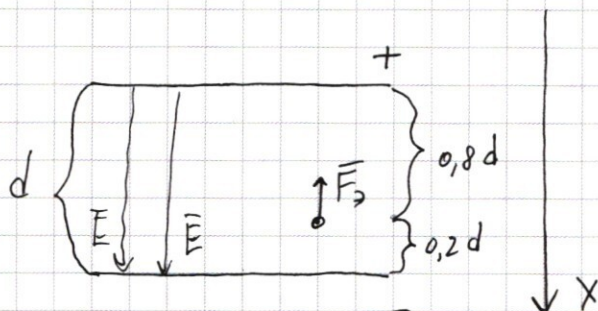
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_2}{V_1} \quad (2)$$

Подставив (2) в (1) получим:

$$\eta = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



1) ~~М.к~~ Когда частица входит в конденсатор, она движется равнозамедленно;

II закон Ньютона:

$$x) F_{эл} = ma$$

$$F_{эл} = qE, \quad q - \text{заряд частицы}, \quad E - \text{напряженность поля},$$

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

$$a = \frac{Uq}{dm} = -\frac{U}{d}\gamma; \quad \frac{q}{m} = -\gamma; \text{ т.к. } q < 0$$

Согласно уравнению равнозамедленного движения:

$$d - 0,2d = V_1 t + \frac{at^2}{2}$$

т.к. конечная скорость равна 0, $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 2(d - 0,2d)a = -V_1^2; \quad \frac{1,6dU\gamma}{d} = V_1^2 = 1$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{V_1^2}{1,6U}$$

$$[\gamma] = \frac{\frac{m^2}{c^2}}{8} = \frac{m^2}{8 \text{ Кл} \cdot \text{Ам}} = \frac{\text{В} \cdot \text{м}}{\text{С} \cdot \text{Кл} \cdot \text{Ам}} = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \frac{\text{А}}{\text{с}} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Кл}}{\text{м}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{V_1^2}{1,6U}$$

2) Частица вылетит из кондензатора ^{горизонта} частица
 пройдя расстояние $0,8d$ со ~~то~~ с ускорением $\frac{u}{d}$,

~~а потом вернется с тем же~~

$$0,8d = \frac{u}{d} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{V_1^2}{1,6u} \cdot \frac{u}{d} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{V_1^2 t^2}{3,2d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{1,6d}{V_1}$$

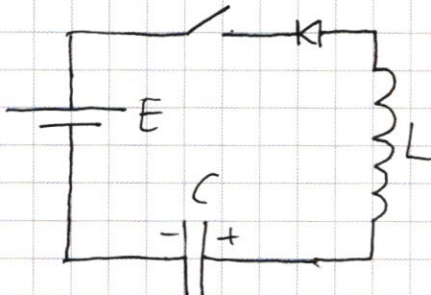
Ответ: $1,6 \frac{d}{V_1}$

3) Частица вылетит из кондензатора со скоростью V_1
 Согласно закону сохранения энергии

$$= \frac{mV_0^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



1) Сколько возрастания тока сразу после замыкания
ключа $I_{t_0} \neq 0$

$$\mathcal{E}_{i_0} = -L I'_{t_0}$$

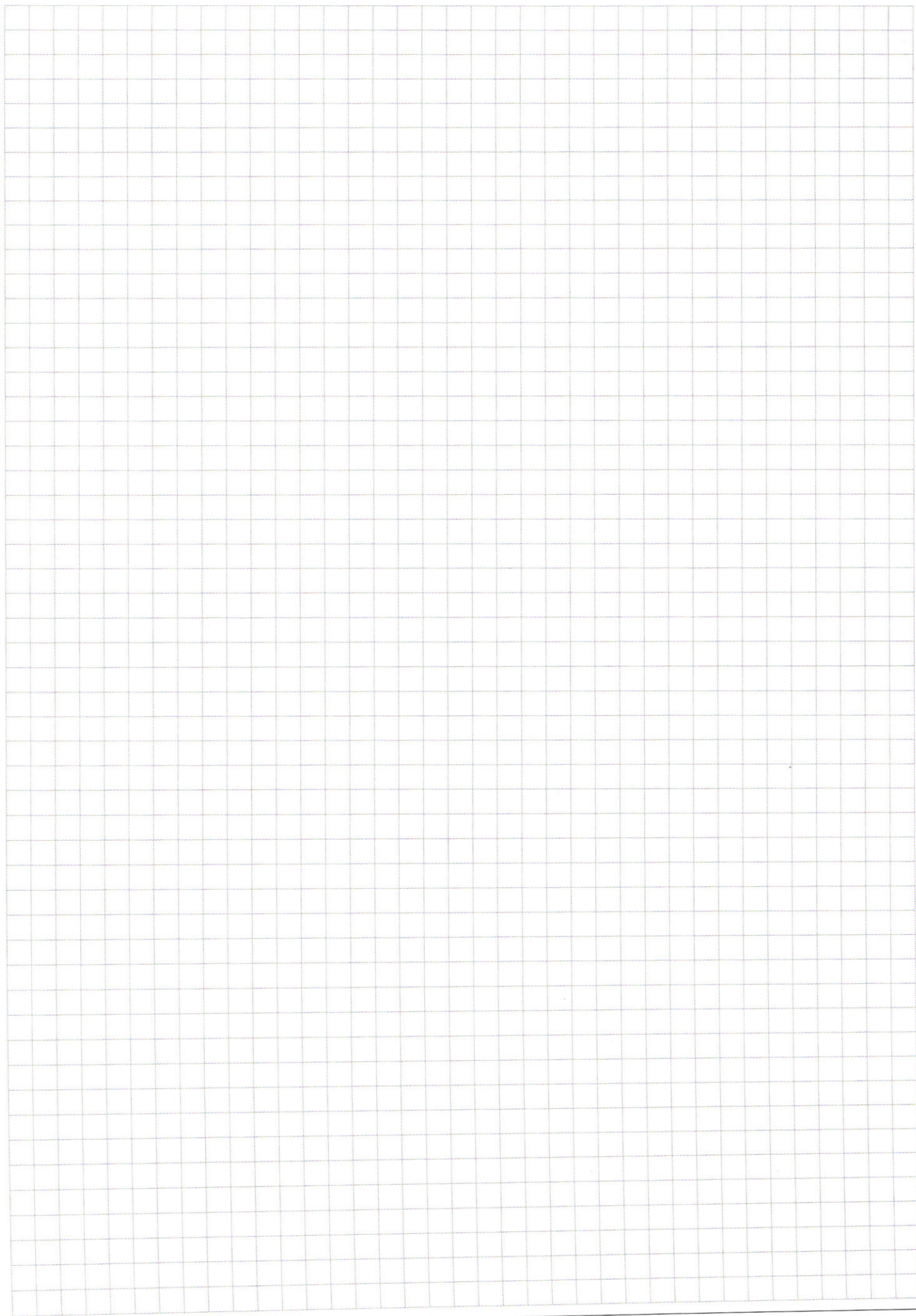
П.к. диод не физем позволяет Е иметь ток $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ U на катушке будет равно: $U = \frac{q}{C}$ $U = U_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_1 = L I'_{t_0} \Rightarrow I'_{t_0} = \frac{U_1}{L} = \frac{9}{0,4} = 22,5 \left(\frac{A}{C} \right)$$

Ответ: $22,5 \frac{A}{C}$

2)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \quad \frac{v_{из}}{v'} = \Gamma^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = \frac{25}{16} \quad ; v_{из} = \frac{25}{16} v'$$

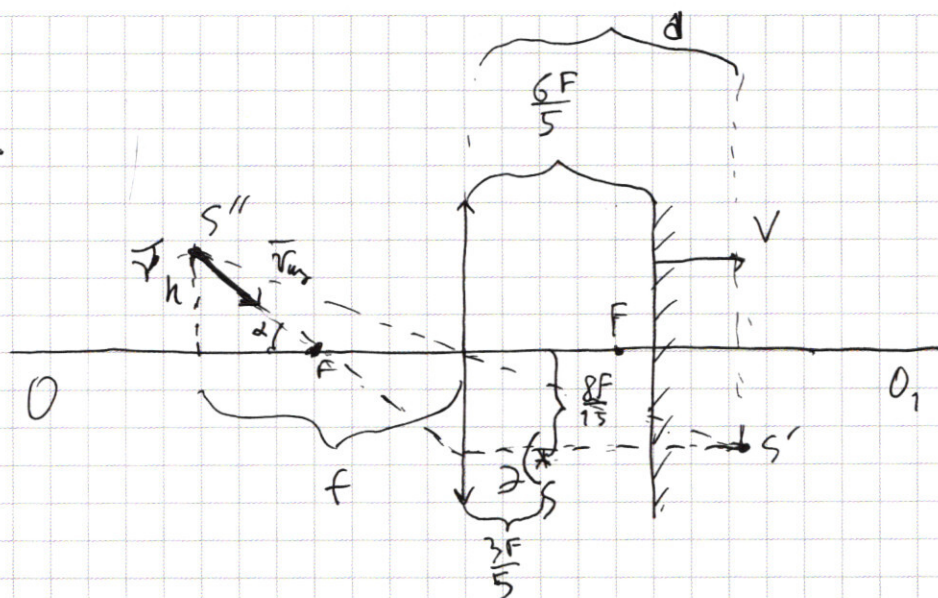
v' — скорость S'

$$v' = 2 \text{ V}$$

$$v_{из} = \frac{25}{16} \cdot 2 \text{ V} = \frac{25}{16} \cdot 2 \cdot \text{V} = \frac{50}{16} \cdot \text{V} = \frac{25}{8} \text{ V}$$

Ответ: $\frac{25}{8} \text{ V}$

5.



1) Отражение источника S в зеркале S' будет происходить на расстоянии $\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5}$ от зеркала и $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ на расстоянии $2 \cdot \left(\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} \right) + \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5}$ от линзы -

- это будет источник света для линзы

По формуле линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad d = \frac{9F}{5}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{9F}{4}$$

Ответ: $\frac{9F}{4}$

2) $V_{\text{из}}$ - линейное изображение $\frac{2}{3}F$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\frac{9F}{4} - F} = \frac{\frac{2}{3}F}{\frac{5F}{4}} = \frac{8}{15}$$

$$\frac{h}{\frac{8F}{15}} = \frac{\frac{9F}{4}}{\frac{9F}{5}} = \frac{5}{4} \quad ; h = \frac{2}{3}F$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams for a physics problem involving a block on an inclined plane.

Diagram 1: A block of mass m is on an inclined plane at angle α . Forces shown: Normal force N , tension T , weight mg , and reaction force R . The block is moving up the incline with velocity v . The angle between the incline and the horizontal is α . The angle between the tension T and the incline is β . The angle between the weight mg and the vertical is γ .

Diagram 2: A vector diagram showing the decomposition of forces. The tension T is decomposed into components $T \cos \alpha$ and $T \sin \alpha$. The weight mg is decomposed into components $mg \cos \alpha$ and $mg \sin \alpha$. The normal force N is perpendicular to the incline.

Equations:

$$N = Mg + T \cdot \sin \alpha$$

$$F = T \cdot \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$v \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

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

$$a_3 = \frac{v^2 + 4 \sin \alpha \sin \beta}{R}$$

$$90^\circ + \alpha = 90^\circ - \beta$$

$$x = d + \beta$$

$$\sin 2 = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\cos 2 = \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{89}} = \frac{15}{17}$$

$$v_0^2 = v^2 + V^2 - 2vV \cos(\beta + \alpha)$$

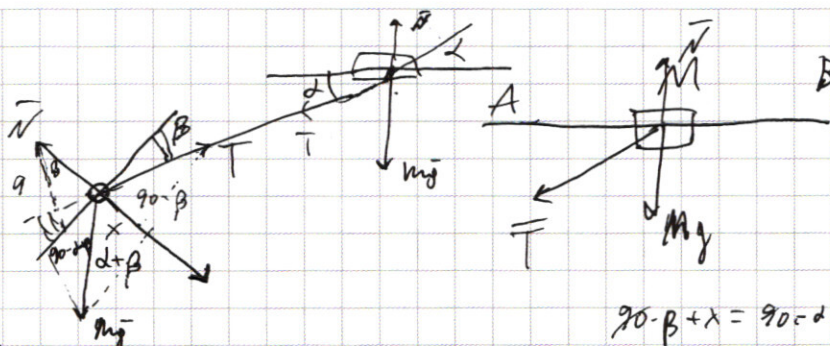
$$T \cdot \sin \beta + mg \cdot \cos(\alpha + \beta) = ma$$

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

$$Q_{2-3} = \frac{1}{2} (p_1 v_1 - p_2 v_2) + \frac{1}{2} (p_1 v_1 + p_2 v_2) = p_1 v_1 - p_2 v_2$$

$$Q_{2-3} = \frac{1}{2} (p_1 v_1 - p_2 v_2) + \frac{1}{2} (p_1 v_1 + p_2 v_2) = p_1 v_1 - p_2 v_2$$

$$Q_{2-3} = \frac{1}{2} (p_1 v_1 - p_2 v_2) + \frac{1}{2} (p_1 v_1 + p_2 v_2) = p_1 v_1 - p_2 v_2$$



$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$P_1 = \frac{V_1 P_2}{V_2}$$

$$\frac{5}{2} \frac{V_1 P_2}{V_2} (V_1 - V_2) =$$

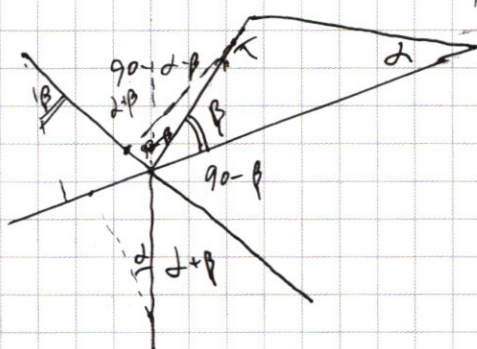
$$90 - \beta + \alpha = 90 - \alpha$$

$$mg \cdot \cos(\alpha + \beta) + T \cdot \cos(90 - \beta) - N = \frac{mv^2}{R}$$

$$90 - (90 - \alpha - \beta) = \alpha + \beta$$

$$N \cdot \sin \beta = mg \cdot \cos(90 - \alpha - \beta) = T \cdot \cos \beta$$

$$= \frac{5}{2} \left(\frac{V_1^2}{V_2} P_2 \right)$$



$$180 - (\alpha + \beta + 90 - \beta) = 180 - \alpha - 90 = 90 - \alpha$$

$$180 - (\alpha + \beta) = 180 - (\alpha + \beta + \beta + 90 - \beta) =$$

$$= 90 - \alpha - \beta$$

$$N = \frac{T \cdot \cos \beta - mg \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$mg \cos(\alpha + \beta) + T \cdot \sin(\alpha + \beta) + \frac{mg \sin \alpha - T \cos \beta}{\sin \beta} = \frac{mv^2}{R}$$

$$T \sin(\alpha + \beta) - \frac{mv^2}{R} + mg \sin \alpha$$

$$mg \cos(\alpha + \beta) + T \cdot \sin(\alpha + \beta) + \frac{mg \sin \alpha}{\sin \beta} - T \cot \beta = \frac{mv^2}{R}$$

$$T (\sin(\alpha + \beta) - \cot \beta) = \frac{mv^2}{R} - \frac{mg \sin \alpha}{\sin \beta} - mg \cos(\alpha + \beta)$$

$$T (\sin(\alpha + \beta) - \cot \beta) = m \left(\frac{v^2}{R} - \frac{g \sin \alpha}{\sin \beta} - g \cos(\alpha + \beta) \right)$$

$$\frac{289}{25 \cdot 19} - \frac{10 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 15} + 10 \cdot \frac{13}{85} = \frac{289}{475} - \frac{520}{75} + \frac{130}{85} =$$

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$V R T_1 = P_1 V_1 - \frac{1}{2} P_1 V_2$$

$$\frac{2}{3} V R (T_1 - T_2) + (V_1 - V_2) P_1 = \frac{1}{2} (P_1 V_1 - P_1 V_2) + P_1 V_1 - P_1 V_2 =$$

$$\frac{2}{5} \frac{(T_2 - T_1) \left(\frac{1}{2} (T_2 - T_1) \right)}{T_1}$$

$$\frac{2}{5} \frac{(V R T_1 - V R T_2)}{(V R T_1 - V R T_2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) \\
 & \frac{3}{2} VR (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} VR (T_1 - T_3) + 2 VR (T_2 - T_1) = \frac{\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_1)}{VR \left(\frac{3}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_2 + \frac{5}{2} T_1 - \frac{5}{2} T_3 + 2 T_2 - T_1 \right)} \\
 & \frac{1}{2} (VR T_2 - 2 VR T_3 + VR T_1) = \frac{T_2 - 2 T_3 + T_1}{3 T_1 + T_2 - \frac{T_3}{2}} \quad 3,2 = 0,8 \cdot 4 \\
 & \quad \quad \quad 9 \quad 1,6 \\
 & \frac{V_1^2}{1,6 \mu} \quad t^2 = 0,8 \cdot 3,2 d^2 \quad t = \frac{1,6}{V_1} d \\
 & \frac{3}{2} (P_1 V_2 - P_2 V_2) + \frac{5}{2} (P_1 V_1 - P_1 V_2) + 2 (P_1 V_2 - P_1 V_1) = \\
 & = \frac{3}{2} P_1 V_2 - \frac{3}{2} P_2 V_2 + \frac{5}{2} P_1 V_1 - \frac{5}{2} P_1 V_2 + 2 P_1 V_2 - 2 P_1 V_1 = \\
 & - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_2 V_2 + \frac{1}{2} P_1 V_1 \\
 & \frac{P_1 V_1 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1)}{\frac{1}{2} P_2 V_2 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_1 V_1} = \frac{P_1 V_1 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} (P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1)}{\frac{1}{2} P_2 V_2 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_1 V_1} \\
 & \frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_2 V_2}{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{P_1 V_1 - 2 P_1 V_2 + P_2 V_2}{4 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{VR (T_1 - 2 T_2 + T_3)}{4 VR (T_1 - T_2)} \\
 & \frac{P_2 V_1}{2} = P_1 V_1 = VR T_1, \quad P_2 V_2 = VR T_2 \\
 & \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad P_1 = \frac{P_2 V_1}{V_2} \\
 & \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{T_1}{T_2} \quad T_1 = \frac{V_1^2}{V_2^2} T_2 \\
 & I T = \frac{C K \mu \alpha}{C K \mu \alpha} \\
 & \frac{B}{C^2} = \frac{B}{C^2} \\
 & 1,6 \mu = V_1^2
 \end{aligned}$$

$$P_1 V_1 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_1 =$$

$$= \frac{1}{2} P_2 V_2 - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_2 V_2$$

$$\frac{V_2 \cdot \frac{V_2}{3}}{4(V_2 + \frac{V_2}{3})} = \frac{\frac{2V_2^2}{3}}{4 \cdot \frac{4V_2}{3}} =$$

$$2(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$= \frac{2}{16}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{V_2 - \frac{V_2}{2}}{4(V_2 + \frac{V_2}{2})} = \frac{\frac{V_2}{2}}{4 \cdot \frac{3V_2}{2}} = \frac{1}{12}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_2}{V_1}$$

$$\frac{\frac{1}{2}(P_2 V_2 + P_1 V_1) - P_1 V_2}{2(P_2 V_2)}$$

$$2(P_2 V_2)$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{P_1 V_2^2}{V_1} - P_1 V_2 + \frac{1}{2} P_1 V_1}{2 \frac{P_1 V_2^2}{V_1} - 2 P_1 V_1}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \frac{V_2^2}{V_1} - V_2 + \frac{1}{2} V_1}{\frac{2V_2^2}{V_1} - 2V_1}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \frac{V_2^2}{V_1} - V_2 + \frac{1}{2} V_1}{\frac{2V_2^2}{V_1} - 2V_1} = \frac{V_2^2 - 2V_1 V_2 + V_1^2}{2V_1(V_2^2 - 2V_1 V_2 + V_1^2)}$$

$$= \frac{V_2^2 - 2V_1 V_2 + V_1^2}{2V_1(V_2^2 - 2V_1 V_2 + V_1^2)} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{2V_1(V_2 - V_1)^2}$$

$$= \frac{(V_2 - V_1)^2}{2V_1(V_2 - V_1)^2} = \frac{V_2 - V_1}{2V_1(V_2 + V_1)}$$

$$f = \frac{F_d}{d-f} = \frac{8}{3.5} = \frac{8}{15}$$

$$\frac{81}{25}$$

$$\frac{25 \cdot 81}{81 \cdot 18} = \frac{25}{18}$$