

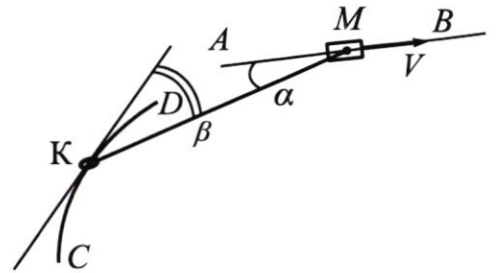
Олимпиада «Физтех» по физике, фе

Класс 11

Вариант 11-02

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

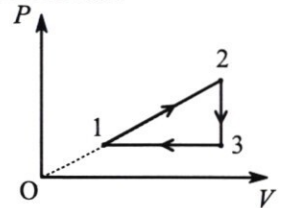
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

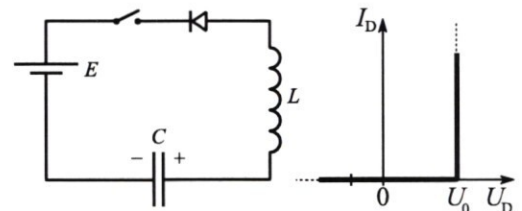


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

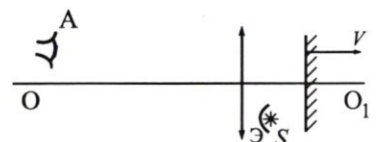
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



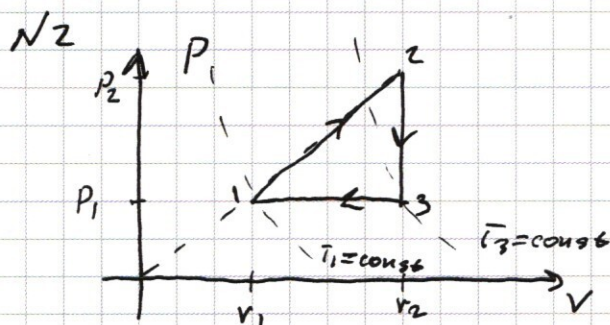
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана 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 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 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) В процессе 1-2 газ получает тепло и нагревается

В процессе 2-3 газ отдает тепло и охлаждается

В процессе 3-1 газ отдает тепло, или как изотерма,

присоединяя через T_1 соответствующую минимальную температуру

$\eta = \frac{C_{31}}{C_{23}}$ — отношение модулей теплоемкостей

Процесс 23 является изохорой $\Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$

Процесс 31 является изобарой $\Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2} R$

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

$$2) A_{12} = \frac{P_2 + P_1}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

Процесс 1-2 линейный и описывается уравнением

$P = aV$, где a некоторая константа.

$$V = \frac{P}{a}, \quad V_1 = \frac{P_1}{a}, \quad V_2 = \frac{P_2}{a}.$$

$$A_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_2 \frac{P_1}{a} + P_1 \cdot \frac{P_2}{a} - P_1 V_1}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{4P_2 V_2 - 4P_1 V_1}{2} = 2(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$(P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} Q_{12}$$

$$A_{12} = \frac{1}{4} Q_{12}$$

3) $\eta = \frac{A_y}{Q_{12}}$, $A_y = (v_2 - v_1)(p_2 - p_1) \frac{1}{2}$, $Q = Q_{12}$, так как Q_{23} и $Q_{31} < 0$

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

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

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(p_2 v_2 - p_1 v_1) + \frac{p_1^2}{2} - \frac{p_2 p_1}{2}}{2(p_2 v_2 - p_1 v_1)} = \frac{1}{4} + \frac{\frac{p_1^2}{2} - \frac{p_2 p_1}{2}}{2(p_2 v_2 - p_1 v_1)} = \frac{1}{4} + \frac{p_1^2 - p_2 p_1}{p_2^2 - p_1^2} =$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{p_1(p_1 - p_2)}{(p_2 - p_1)(p_2 + p_1) \cdot 2} = \frac{1}{4} - \frac{p_1}{(p_2 + p_1) \cdot 2}$$

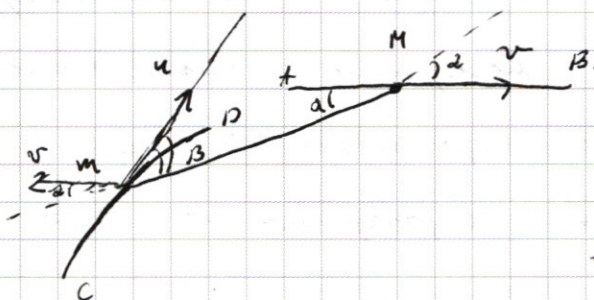
Если в пределе считаем $p_1 \rightarrow 0$, то $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

Ответ: $n = \frac{5}{3}$, $A_{12} = \frac{1}{4} Q_{12}$; $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

N1

1) u_0 ? 2) u_0 ? 3) β ?

$v = 40 \text{ см/с}$
 $m = 1 \text{ м}$
 $R = 1,7 \text{ м}$
 $L = \frac{17\beta}{15}$
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$
 $\cos \beta = \frac{8}{17}$

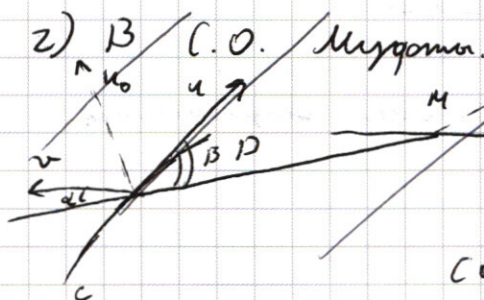


1) Если нам известно направление скорости и направление нормали, то для нахождения угла β можно использовать формулу:

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

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 51 \text{ см/с}$$

$$u = 51 \text{ см/с}$$



$$u_0^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(180^\circ - (\alpha + \beta))$$

$$\cos(180^\circ - (\alpha + \beta)) = -\cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{24}{85} - \frac{60}{85} = -\frac{36}{85}$$

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

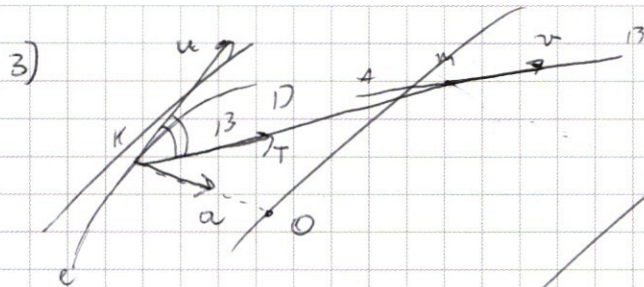
$$u_0^2 = 51^2 + 40^2 - 2 \cdot 51 \cdot 40 \cdot \left(-\frac{36}{85}\right) = 51^2 + 40^2 + \frac{2 \cdot 51 \cdot 40 \cdot 36}{85} = 2601 + 1600 + 1728 = 5929$$

$$u_0^2 = 51^2 + 40^2 - 1728 = 2601 + 1600 - 1728 = 2473$$

$$u_0 = \sqrt{2473} \text{ см/с}$$

Решение задачи 2 на 7-ой листе.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Которо К движется по окружности,
ища $\vec{r}$ -й закон Ньютона
применяем формулу

$$F = m \frac{u^2}{R}, \quad \vec{T} - \text{прямая сила } T \text{ на радиус}$$

$$T \cdot \sin \beta = m \frac{u^2}{R}$$

$$T = \frac{m u^2}{R \cdot \sin \beta} = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 10^{-4}}{1,7 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{51^2 \cdot 10^{-4} \cdot 17}{17 \cdot 10^1 \cdot 15}$$

$$T = \frac{51^2}{15} \cdot 10^{-3} = \frac{2601}{15} \cdot 10^{-3} = \frac{867}{5} \cdot 10^{-3}$$

$$T = 1734 \cdot 10^{-4} = 0,1734 \text{ Н.}$$

Решение п. 3 на

7-м месте

Ответ: $u = 51 \text{ м/с}$; $u_0 = \sqrt{2473} \text{ м/с}$; $T = 0,1734 \text{ Н.}$

N4

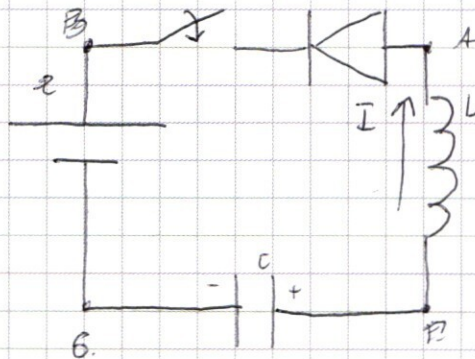
$$R = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



1) В начальный момент
ток через катушку и
сверхконденсатор во всей
цепи равен нулю.

$$\varphi_A - \varphi_B = U_L + U_1 = E, \quad U_1 - \text{напряжение на катушке.}$$

$$U_L = L \cdot \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{E - U_1}{L} = -\frac{3 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}} = -15 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

- $\dot{I} = ?$
2) $\dot{I}_{\text{max}} = ?$
3) $U_2 = ?$

Знак минус означает, что ток начнется течь
в обратную сторону, а не в ту, в которую было
предусмотрено.

$$\dot{I} = 15 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

2) Ток ток ток в цепи есть, но напряжение на
катушке $U_3 = U_0 = 1 \text{ В}$.

Запишем разность потенциалов в данной момент.

$$\varphi_A - \varphi_B = U_C \neq U_L = U_0 + E, \quad U_C - \text{напряжение на конденсаторе}$$

$$\text{Ток ток } I = I_{\text{max}} \Rightarrow U_L = 0$$

$$U_K = U_0 + \mathcal{E} = 413$$

3. СЭ.

$$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}q = \frac{CU_K^2}{2} + \frac{L\bar{I}_m^2}{2}$$

$$q = CU_K - CU_1$$

~~$$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}(CU_K - CU_1) = \frac{CU_K^2}{2} + \frac{L\bar{I}_m^2}{2}$$~~

$$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}(CU_K - CU_1) = \frac{CU_K^2}{2} + \frac{L\bar{I}_m^2}{2}$$

$$CU_1^2 + 2C\mathcal{E}(U_K - U_1) - CU_K^2 = L\bar{I}_m^2$$

$$L\bar{I}_m^2 = C(U_1^2 + 2(U_K - U_1) - U_K^2)$$

$$\bar{I}_m = \sqrt{\frac{C}{L} \cdot \frac{U_1^2 + 2(U_K - U_1) - U_K^2}{2}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} \cdot \frac{36 - 16 - 4}{1}}$$

$$\bar{I}_m = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2}} \cdot \sqrt{16} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

3) В установившемся режиме ток в цепи должен равен нулю. Тогда разность потенциалов где ток течет, где ток не течет.

$$A \text{ и } B \quad \varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} = U_2 \Rightarrow U_2 = \mathcal{E} = 313$$

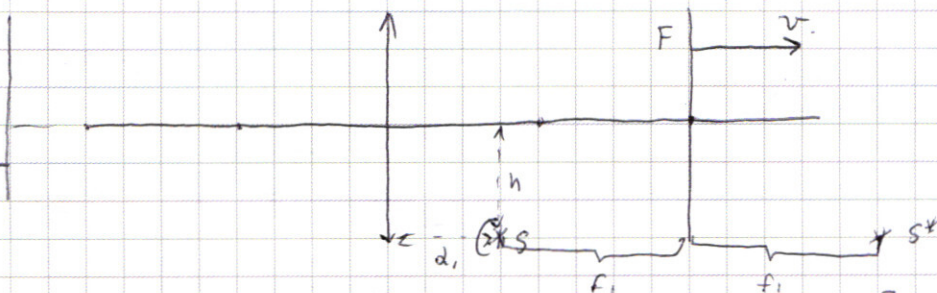
Ответ: 1) $\bar{I} = 15 \text{ Гн}$ 2) $\bar{I}_m = 4 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ 3) $U_2 = 313$

N5

$$h = \frac{2F}{3}$$

$$d_1 = F/3$$

1) $f = ?$
2) $d = ?$
3) $u = ?$



1) Рассчитать от S до зеркала $f_1 = F - d_1 = \frac{2}{3}F$

Изображение S^* предмета S будет находиться на расстоянии f_1 от зеркала.

$d_2 = f_1 + F$ - расстояние от S^* до линзы.

$$d_2 = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$$

Точечная формула тонкой линзы.

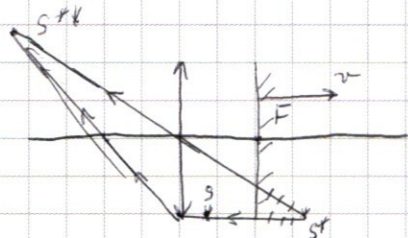
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F \cdot d_2}{d_2 - F}; \quad f_2 - \text{расстояние от изображения}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

S^{**} 90 мин.

$$f_2 = \frac{F \cdot \frac{5}{3}F}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F$$

2) Построим изображение S^{**} в момент времени $t=0$, когда зеркало находится в фокусе и в момент времени $t=\tau$



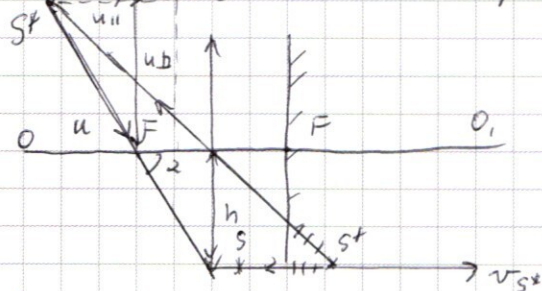
В С.О. между скоростью предмета и изображением мы пересекаемся на миге, мы параллельны.

Из построений видно, что при сдвиге зеркала изображение S^{**} приближается к ОО.

⇓

Скорости S^{**} и S^* пересекаются на миге.

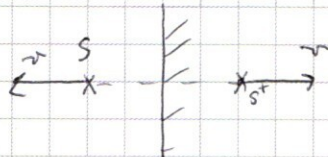
Скорость S^* направлена со скоростью зеркала.



$$\tan 2 = \frac{h}{F} = \frac{8}{15}$$

$$\sin 2 = \cos 2 = \frac{15}{17}$$

3) Скорость v_{S^*} в С.О. зеркала равна v , значит в С.О. миги $v_S = 2v$



Параллельные скорости изображения и предмета соответственно соотношены

$$\frac{u_{||}}{v_{||}} = \Gamma^2$$

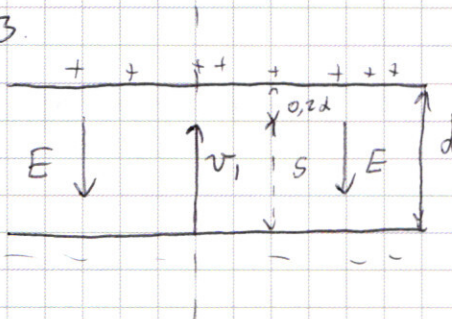
$$u_{||S^*} = v_{S^*} \Gamma^2, \quad \Gamma = \frac{f_2}{f_1} = \frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F} = \frac{3}{2}$$

$$u_{||S^*} = v_S \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 2v \cdot \frac{9}{4} = \frac{9}{2}v$$

$$u = \frac{u_{||S^*}}{\cos 2} = \frac{\frac{9}{2}v \cdot 17}{2 \cdot 15} = \frac{3 \cdot 17}{2 \cdot 5} = \frac{51}{10}v = 5,1v \quad - \text{ скорость } S^{**}$$

Ответ: а) $f_2 = \frac{5}{2}F$ д) $\tan 2 = \frac{8}{15}$ в) $u = 5,1v$

N3.



$$\begin{aligned} & \xi = 0,8d \\ & v_1 \\ & \gamma = \frac{q}{m} \\ & 1) T = ? \\ & 2) U = ? \\ & 3) v_0 = ? \end{aligned}$$

1) Плати нах нах электрополе,
мо сила $F = Eq$ нах
нахна.

II-й Закон Ньютона

$$F = ma. \quad a - \text{ускорение нахна.}$$

$$Eq = ma.$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

$$v(t) = v_1 + at.$$

Плати нах в нахн внахн $t = T$ нахна остановна.

$$v(T) = 0 \Rightarrow v_1 = aT$$

$$v_1 = \frac{Eq}{m} \cdot T = E\gamma T$$

$$E = \frac{v_1}{\gamma T}$$

$$S = v_1 t - \frac{at^2}{2}, \quad S - \text{расстояние нахна нахна нахна}$$

$$S = v_1 \cdot t - \frac{E\gamma t^2}{2} = v_1 \cdot \frac{v_1}{E\gamma} - \frac{\frac{v_1}{E\gamma} \cdot T^2}{2} = \frac{v_1 T}{2} - \frac{v_1 T}{2} = \frac{v_1 T}{2}$$

$$S = d - 0,2d = 0,8d.$$

$$\frac{v_1 T}{2} = 0,8d.$$

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

$$2) E = \frac{v_1}{\gamma T} = \frac{v_1}{\frac{1,6d}{v_1} \cdot \gamma} = \frac{v_1^2}{1,6d \cdot \gamma}$$

$$U = \Delta\varphi = E \cdot d = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$

3) Плати нах $a \gg d$, нах a - сила нахна, нах
нах нахна нахна нах нах нах нахна.

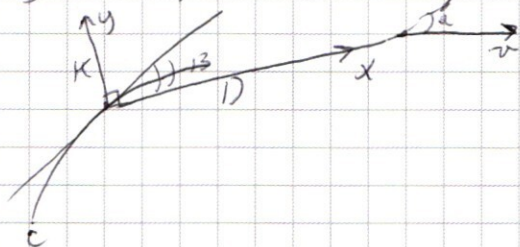
$$v_0 = v_1$$

$$\text{Анахн: } T = \frac{1,6d}{v_1}; \quad U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}; \quad v_0 = v_1$$

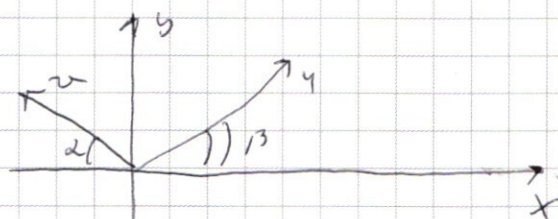
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

2) Введем систему координат.



Тогда скорости u_0 - скорости.
направления движения будут составлять
из проекций u_x и u_y



$$u_x = u \cdot \cos 13 - v \cdot \cos 2 = 51 \cdot \frac{8}{17} - 40 \cdot \frac{3}{5} = 24 - 24 = 0$$

$$u_y = u \cdot \sin 13 + v \cdot \sin 2 = 51 \cdot \frac{15}{17} + 40 \cdot \frac{4}{5} = 3 \cdot 15 + 8 \cdot 4$$

$$u_y = 45 + 32 = 77 \text{ м/с}$$

$$u_0 = u_y = 77 \text{ м/с}$$

Ответ: 2) $u_0 = 77 \text{ м/с}$

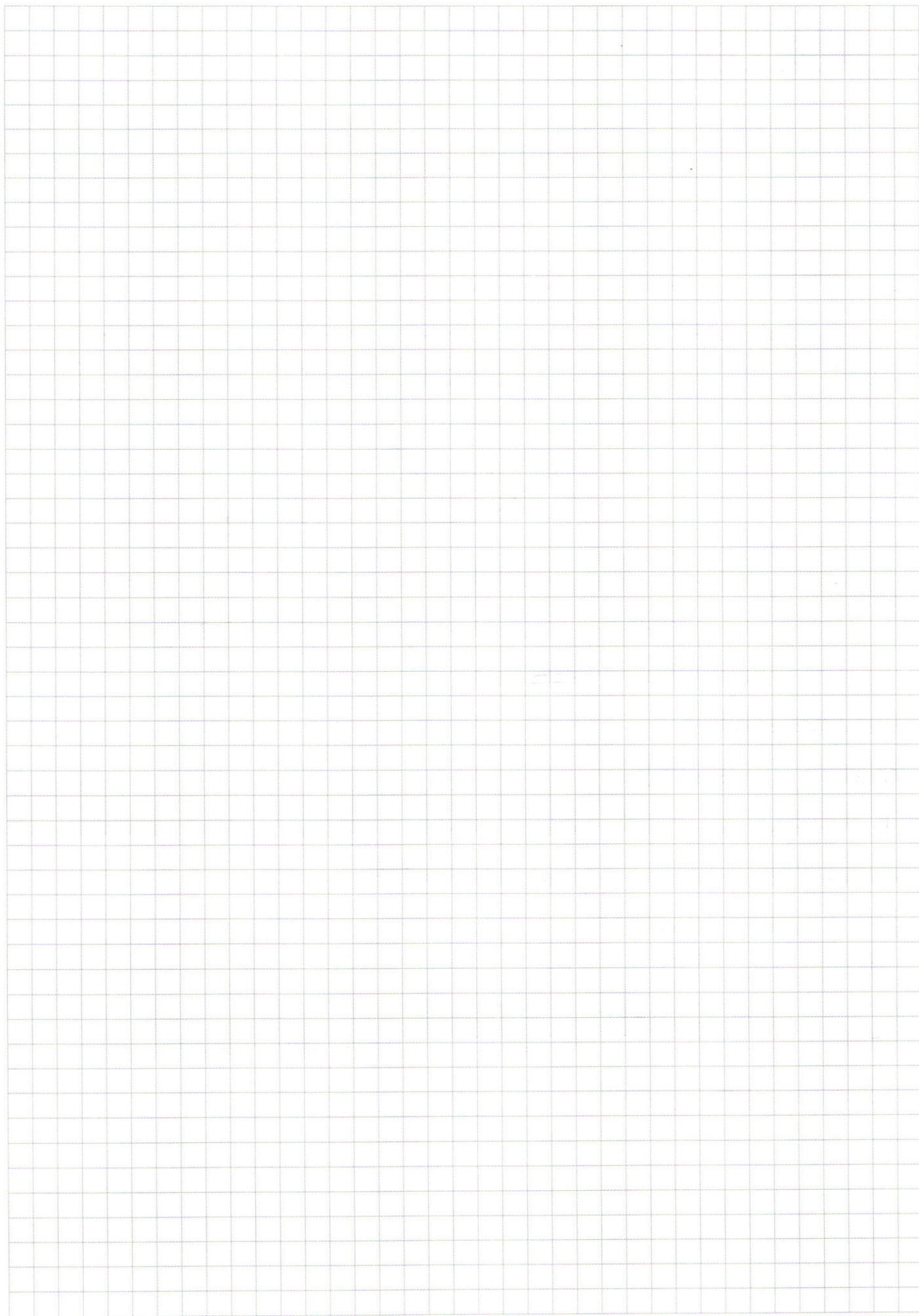
3) Камень к движению отп. муфта из окружности,
радиуса R , со скоростью $u_0 = 77 \text{ м/с}$.

$\vec{T}$ - центр вращения

$$T = m a = m \frac{u_0^2}{R}$$

$$T = 1 \cdot \frac{77^2 \cdot 15 \cdot 10^{-4}}{17 \cdot 17} = \frac{77 \cdot 11^2 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{17^2} = 4,5^2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,303 \text{ Н}$$

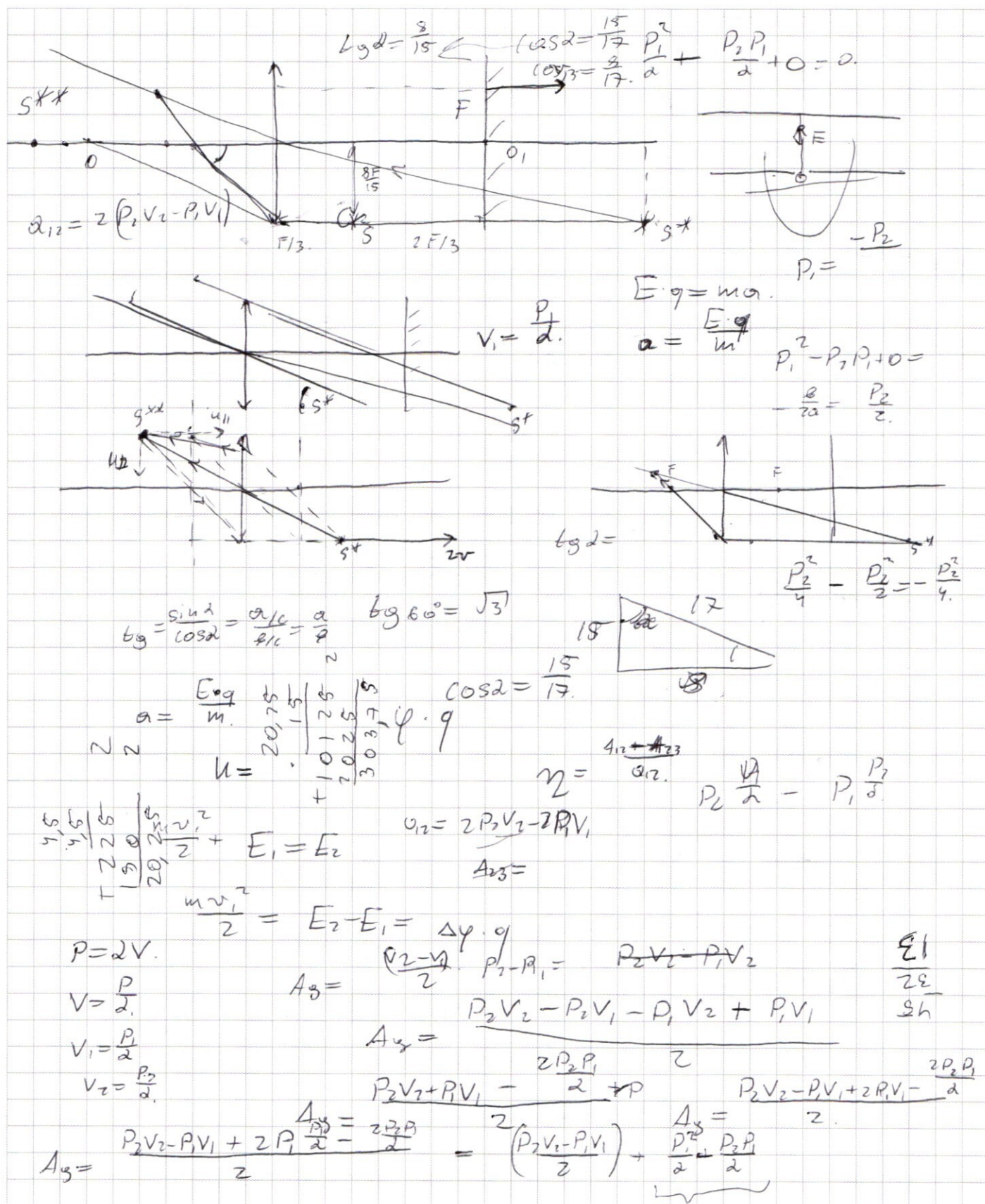
Ответ: 3) $T = 0,303 \text{ Н}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$V_2 = \frac{P_2}{2}$$

$$(\chi)' = 1$$

$$\eta = \frac{1}{4} + \frac{\frac{P_1^2}{2} - \frac{P_2 P_1}{2}}{2(\frac{P_2 P_2}{2} - \frac{P_1 P_1}{2})} = \frac{1}{4} + \frac{P_1^2 - P_2 P_1}{2P_2 P_2 - P_1 P_1} = \frac{1}{4} + \frac{P_1(P_1 - P_2)}{2P_1 P_2}$$

$$\eta = \frac{1}{4} + \frac{P_1^2 - P_2 P_1}{2(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)} = \frac{1}{4} + \frac{P_1(P_1 - P_2)}{\frac{1}{P_1}(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)} = \frac{1}{4} - \frac{P_1}{P_2 + P_1}$$

$$\eta = \frac{1}{4} + \frac{P_1(P_1 - P_2)}{P_1(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)} = \frac{1}{4} - \frac{P_1}{P_2 + P_1}$$

$$\eta = \frac{1}{4} + \frac{P_1^2 - P_2 P_1}{2(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)} = \frac{1}{4} - \frac{P_1}{P_2 + P_1}$$

$$\eta = \frac{1}{4} - \frac{P_1(P_2 - P_1)}{2(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)} = \frac{1}{4} - \frac{P_1}{2(P_2 + P_1)}$$

$$\eta = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(\frac{P_2}{P_1} + 1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{\frac{2P_2}{P_1} + 2}$$

$$v_0 = v_{H_2} \approx v_0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = Uq$$

$$T =$$

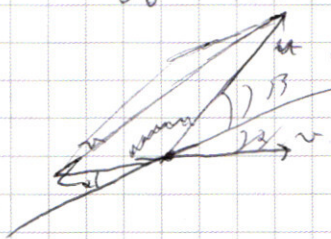
$$v_0^2 = \frac{2Uq}{m} = \frac{2 \cdot 10^4}{1,6}$$

98.

$$\frac{48^2}{186^2}$$

$$48 = 8 \cdot 6 = 16 \cdot 3$$

$$86 \div 43 = 2$$



$$W = \varphi \cdot q = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{2\varphi q}{m}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\varphi q}{m}}$$

$$\frac{77217}{684,54}$$

$$86 = 2 \cdot 43$$

$$\frac{17}{4} = 4,25$$

$$\frac{68}{2} = 34$$

$$\frac{68}{1,7} = 40$$

$$\frac{17}{0,425} = 40$$

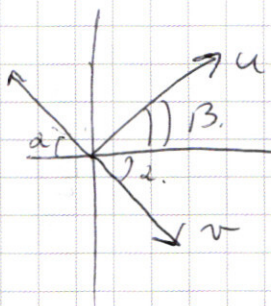
$$\frac{68}{0,3} = 226,67$$

$$\frac{17}{0,425} = 40$$

$$\frac{68}{0,3} = 226,67$$

$$\frac{17}{0,425} = 40$$

$$\frac{68}{0,3} = 226,67$$



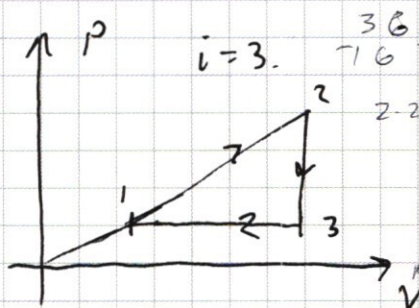
$$u_0 = u \cdot \sin \beta + v \cdot \sin \beta$$

$$u_1 = u \cdot \cos \beta + v \cdot \cos \beta$$

$$u_0 = \frac{51 \cdot 15}{17} = 45 + 32 = 86$$

$$u_1 = \frac{51 \cdot 8}{17} = 24 + 24 = 48$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$e_{23} = \frac{3}{2} \text{ IR}$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} JR$$

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

$$Q = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$3P_2V_2 - 3P_1V_1 \quad P_1V_2 - P_1V_1 + P_2V_2 - P_2V_1$$

$$Q = \frac{4P_2V_2 - 4P_1V_1}{2} + \frac{P_1V_2}{2} + \frac{P_2V_1}{2}$$

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

$$Q = 2 (P_2 V_2 + P_1 V_1)$$

$$3) \eta_L = \frac{A}{a}$$

$$A_3 = (P_2 - P_3) \cdot (V_3 - V_1) \cdot \frac{1}{2} = A_{12} - A_{31} \quad \frac{P_2}{\rho} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\alpha_{12} =$$

$$n = \frac{A_{12} - A_{31}}{a_{12}} = \frac{A_{12}}{a_{12}} - \frac{A_{31}}{a_{12}}$$

$$A_{31} = P_1 (V_2 - V_1)$$

$$A_{31} = P_3(V_2 - V_1)$$

$$A_{3,1} = (p, v_2 - p, v_1)$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$Q_{12} = 2(P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 \left(\frac{V_2}{V_1} P_1 V_2 - P_1 V_1 \right) = 2 P_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1 \right)$$

$$Q_{12} = 2P_1 \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1} \right)$$

$$\frac{A_{31}}{a_{12}} = \frac{P_1(V_2 - V_1)}{2P_1 \left(\frac{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{\gamma} \right)} = \frac{V_1}{2(V_2 + V_1)}$$

友