

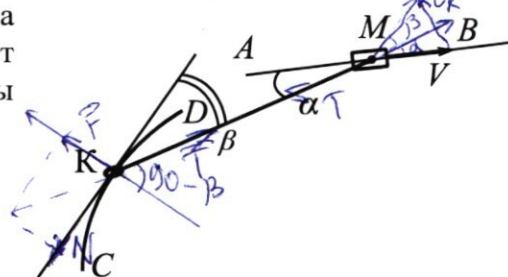
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



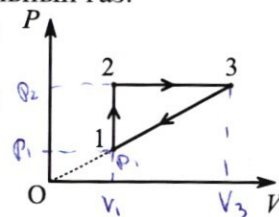
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

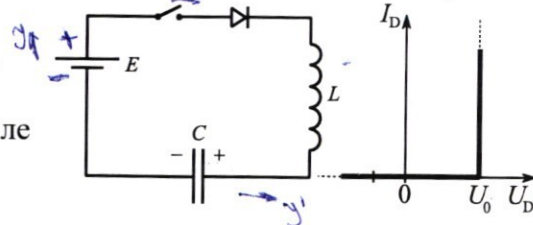
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

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.

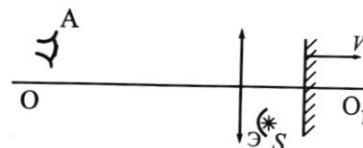


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

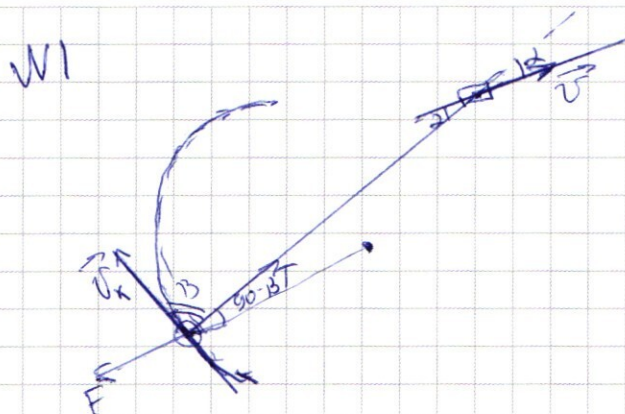
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) Т.к. путь не прямолинейный $v_{\text{ос}} = v_k \cos \beta$

$$\frac{68 \cdot 15}{17} = \frac{v_k \cdot 2}{5}$$

$$v_k = 75 \text{ см/с}$$

2) v_p - скорость палки относительно мурты



$$v_p = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2(\cos(\alpha + \beta)) \cdot v_k \cdot v}$$

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

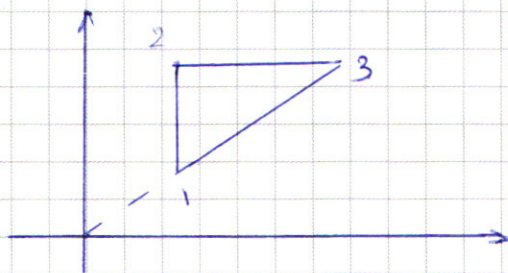
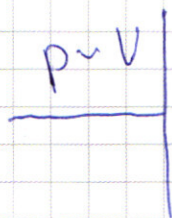
$$v_p = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17} \cdot 68 \cdot 75} =$$

По 2-му закону Ньютона

3) $T = ma$, а - центростремительное ускорение
 $T = m \frac{v_k^2}{R}$

$$T = \frac{0,1 \cdot 75^2}{1,9} \approx 281,2 \text{ Н}$$

W2



12 - изохоры

2-3 - изобария

1) $Q_{31} < 0; \Delta U_{31} < 0$ $Q_{23} > 0; \Delta U_{23} > 0; Q_{12} > 0$
 $\Delta U_{12} > 0$

$Q_{12} = \Delta U_{12}$ т.к. процесс изохорный

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T_{12}$

$Q_{12} = C_{12} m \Delta T_{12}$

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

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$ $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$

$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$

$p_3 V_3 = \nu R T_3$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$

$A_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$

$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

$Q_{23} = C_{23} m \Delta T_{23}$

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

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

$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}}$

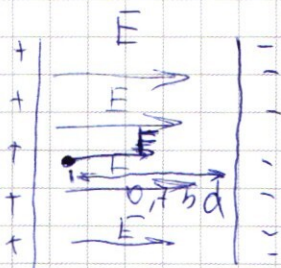
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) Q_{23} = \frac{5}{2} \varnothing R \sigma T_{23}$$

$$A_{23} = \varnothing R \sigma T_{23}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} = 2,5$$

W3



$$2) \text{ На частицу действующим сила } F = E \cdot q$$

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

$$U = \frac{Q}{C}$$

$$U = \frac{Q d}{\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$E = \frac{Q d^2}{\epsilon_0 S}$$

$$F = \frac{Q d^2 q}{\epsilon_0 S}$$

$$F = m a$$

$$a = \frac{Q d^2 q}{\epsilon_0 S m}$$

$$0,75 d = \frac{a T^2}{2}$$

$$1,5 d = a \cdot T^2$$

$$Q = \frac{1,5 \epsilon_0 S}{T^2 q d}$$

$$1) \quad 0,75d = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \quad v_0^2 = 0$$

$$S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \quad 1,5da = v_1^2$$

$$1,5d \cdot \frac{Q \gamma d^2}{\epsilon_0 S} = v_1^2$$

$$1,5d \cdot \frac{\gamma d^2}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{1,5 \epsilon_0 S}{T^2 \gamma d} = v_1^2$$

$$\frac{1,5^2 \cdot d^2}{T^2} = v_1^2$$

$$\boxed{v_1 = \frac{1,5d}{T}}$$

v_1 - скорость при t_0

3) На бесконечно большой расстоянии напряжение почти поле создаваемого конденсатора равно нулю

Потенциал у обкладки конденсатора равен

$$\frac{UE}{d} = \varphi$$

$$q(\varphi - \varphi_0) = E - E_0$$

$$E_0 = 0$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$q \frac{E}{d} = \frac{mv'^2}{2}$$

$$q \frac{Q d^2}{\epsilon_0 S d} = \frac{mv'^2}{2}$$

$$\frac{2 Q d}{\epsilon_0 S m} = v'^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{0,2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}}{T^2 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}} = v'^2$$

$$\frac{3}{T^2} = v'^2$$

$$v' = \frac{\sqrt{3}}{T}$$

v' - скорость заряда на бесконечности

ИИ

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 10 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) v - скорость возращения тока сразу после замыкания цепи

$$v = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

В начальный момент времени напряжение на катушке равно

$$U_k = E - U_1$$

В катушке возникает ЭДС самоиндукции противоположная возращению тока

$$\mathcal{E}_i = E - U_1 \text{ (в начальный момент}$$

времени)

$$\mathcal{E}_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = L v$$

$$E - U_1 = L v$$

$$\boxed{\frac{E - U_1}{L} = v} ; v = 30 \text{ А/с}$$

3) Установившееся напряжение на конденсаторе после замыкания ключа равно E т.к. э. д. сил конденсатора не имеют сопротивления

$$u_2 = E$$

$$U_2 = 9 \text{ B}$$

2)

$$y_m = \omega q_m$$

$$q_m = N_m C = E C$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{2}c}$$

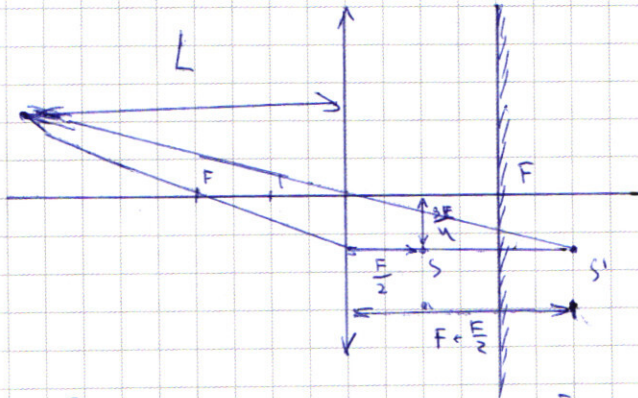
$$\gamma_m = \frac{E C}{\sqrt{L C}}$$

$$y_m = \frac{9 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{0,1 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}} = \frac{9 \cdot 40 \cdot \sqrt{10^{-6}}}{\sqrt{0,1}} \approx 18 \cdot 10^{-2} \text{ A.}$$

 $\sqrt{b}$

$$l_1 = \frac{3F}{4}$$

$$l_2 = \frac{r}{2}$$



По формуле мощной линзы

1)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

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

$$f = L$$

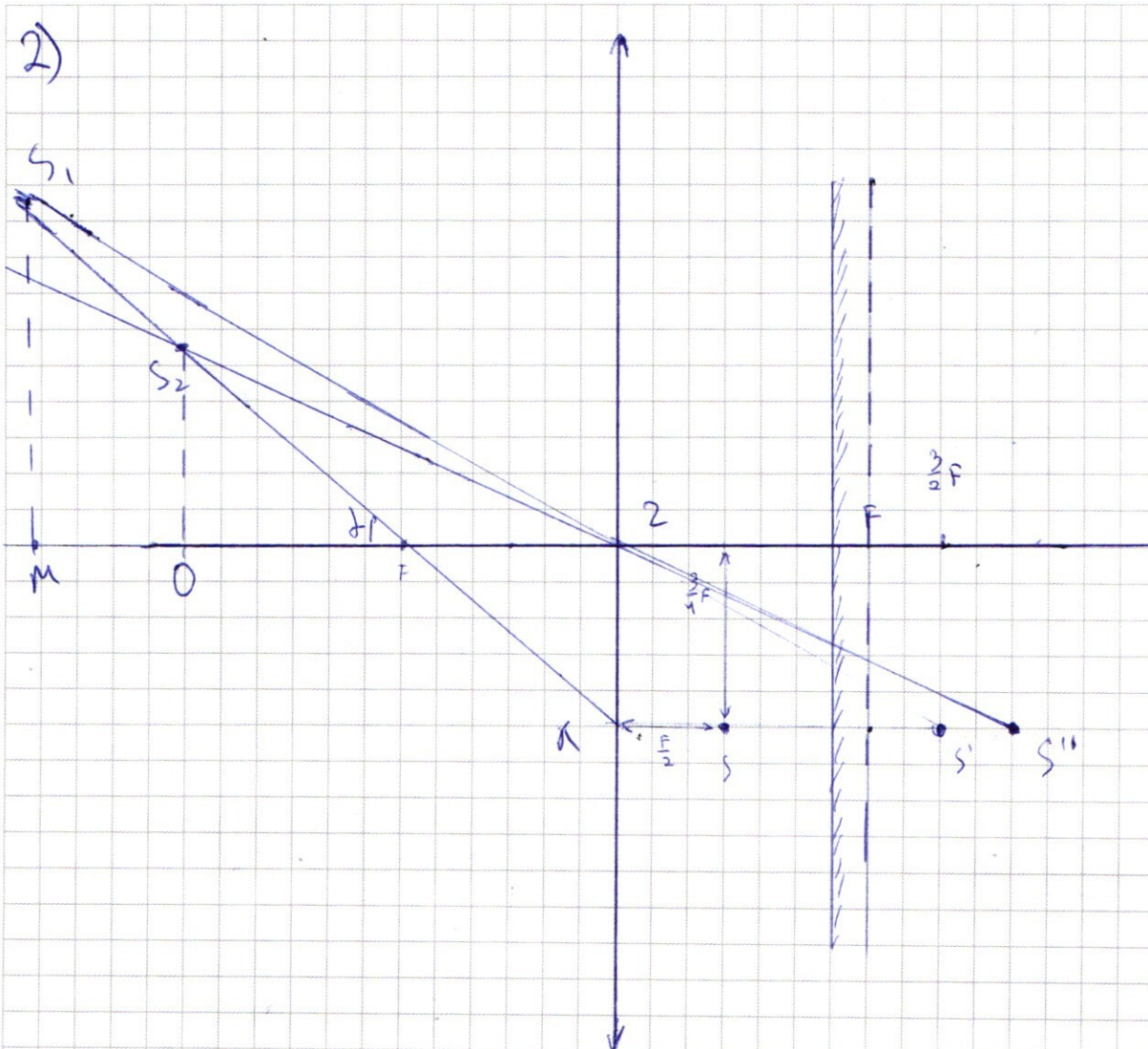
$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{L}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{L}$$

$$\frac{3-2}{3F} = \frac{1}{L}$$

$$; \boxed{L = 3F}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть через время Δt зерно переместится на
 сл. позицию Δr относительно источника, тогда
 испущенный угол $\angle S, \text{ FM}$
 $\Delta S, 2 \text{ м} \sim \Delta 2 S^{12} \text{ K}$

$$\frac{2K}{S'M} = \frac{X \text{ kg}}{m^2}$$

$$2 \frac{3F}{4 \sin \theta} = \frac{3F}{2 \cdot 3R}$$

$$S_{1M} = \frac{3}{2} F$$

$$M F = 3F - F = 2F$$

$$\operatorname{tg} \angle S'FM = \frac{S_1M}{MF} = \frac{3F}{22F} = \frac{3}{4}$$

$$\boxed{\operatorname{tg} \angle S'FM = \frac{3}{4}}$$

3) Путь за время от зеркала проши
расстояние $l_1 = \frac{F}{4}$

Тогда преобразование проши расстояние l_2

$$l_2 = S_1F - S_2F$$

$$S_1F = \sqrt{\left(\frac{3}{2}F\right)^2 + (2F)^2} = \frac{5}{2}F$$

$$\Delta S_2O \sim \Delta OS''K$$

$$\frac{S_2O}{2K} = \frac{OK}{KS''}$$

$$\frac{S_2O}{\frac{3}{4}F} = \frac{2F}{2F}$$

$$S_2O = \frac{3}{4}F$$

$$OF = 2F - F = F$$

$$S_2F = \sqrt{\left(\frac{3}{4}F\right)^2 + F^2} = \sqrt{\frac{9F^2}{16} + \frac{16F^2}{16}} = \sqrt{\frac{9+16}{16}F^2} =$$

$$\frac{5}{4}F$$

$$l_2 = \frac{5}{2}F - \frac{5}{4}F = \frac{10-5}{4} = \frac{5}{4}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{S''K} + \frac{1}{OK}$$

$$S''K = \frac{3F}{2} + \frac{2F}{4} = 2F$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{OK}$$

$$\frac{2-1}{2F} = \frac{1}{OK}$$

$$OK = 2F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{l_2}{v_1} = \Delta t$$

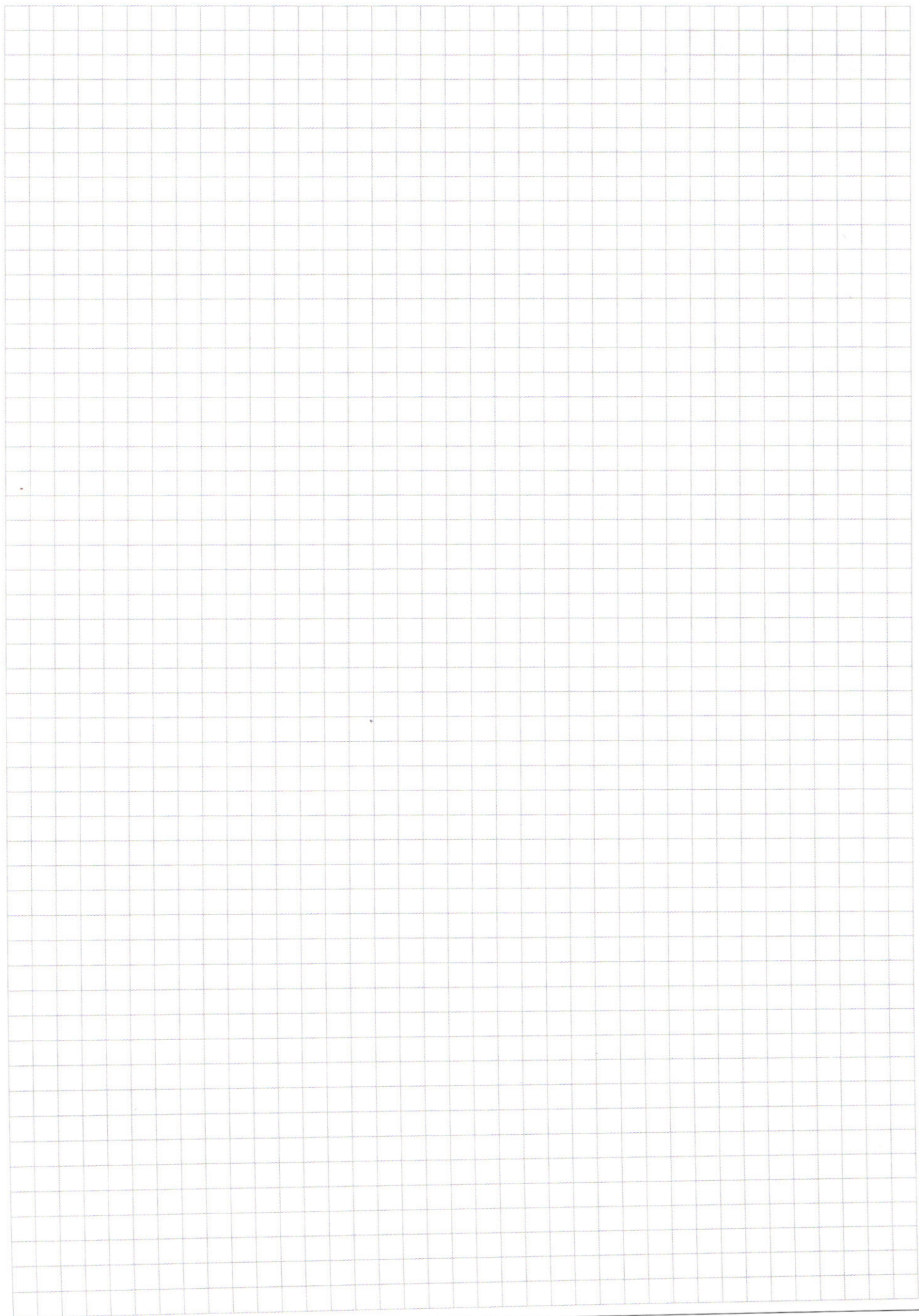
$$\frac{l_1}{v} = \Delta t$$

$$\frac{l_2}{v_1} = \frac{l_1}{v}$$

$$\frac{5V}{4v_1} = \frac{4}{5V}$$

$$\boxed{5V = v_1}$$

v_1 - скорость изобрешения.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = 2,5$$

$$\frac{V_1^2}{V_3^2} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$T_3 = \frac{V_1^2}{V_3^2} \cdot T_1$$

$$V_3^2 = \frac{T_3}{T_1} V_1^2$$

3)

$$\eta = \frac{A_{\text{ч}}}{Q_1}$$

; Q_1 - кол-во теплоты полученное от нагревателя

$A_{\text{ч}}$ - работа в цикле численно равна площади под этим графиком

$$A_{\text{ч}} = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_2)$$

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2)$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}$$

$$Q_1 = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2)$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_2}$$

$$p_1 = \alpha V_1$$

$$p_3 = \alpha V_3$$

$$\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$p_2 \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_3}$$

$$\frac{\alpha V_1}{T_1} = \frac{\alpha V_3}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_2^2 = T_1 \cdot T_3$$

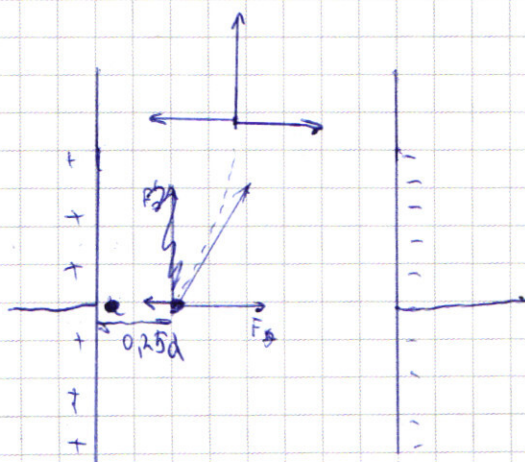
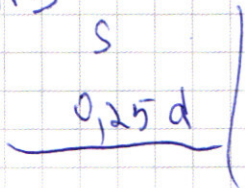
$$Q_{12} = \frac{3}{2} \sigma R (T_1 - T_2)$$

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

A_0

~~Q_{31}~~

вз



V_1

в $\frac{d}{2}$ расстоянии друг от друга выемки из
областка

$$F_x = \frac{\sigma T^2}{2} \times \frac{0,15}{1,50}$$

$$F = \frac{Q \cdot q \cdot d^2}{\epsilon_0 S}$$

$$0,75 \cdot 2d = \frac{Q q d^2}{\epsilon_0 S} T^2 \quad 2 \cdot 0,75d =$$

$$\frac{1,5 \epsilon_0 S}{T^2 q d^2} = Q$$

$$F_{12} = F$$

$$Eq = F \quad ma = \frac{Q q d^2}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 d}$$

$$a = \frac{Q q d^2}{\epsilon_0 S}$$

$$u = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0} - d = E$$

$$\frac{Q d}{\epsilon_0 S} \cdot d = E$$

$$E = \frac{Q d^2}{\epsilon_0 S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

WU ~~2020~~

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$u_1 = 5 \text{ B}$$

$$u_0 = 1 \text{ B}$$

$$E = qB$$

$$L = 0,17 \text{ n}$$

U-7

1) Скорость вращения пленки сразу после заминки кинора

$$E_i = E - u$$

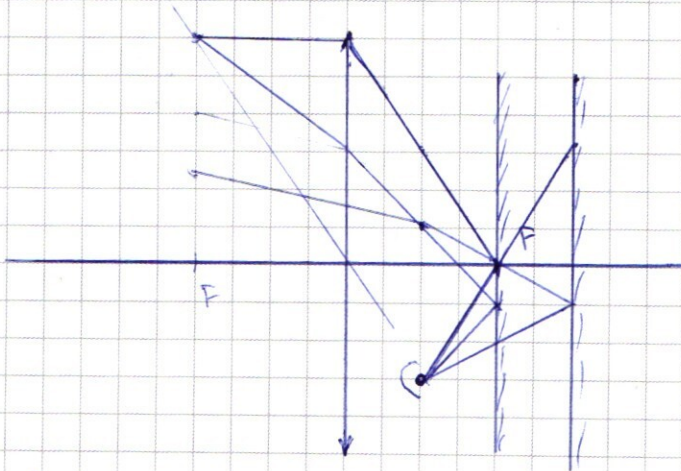
$$U_0 + E - \frac{1}{2} L \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

No. E-26 L. 25

$$v = \frac{E - n + n_0}{L}$$

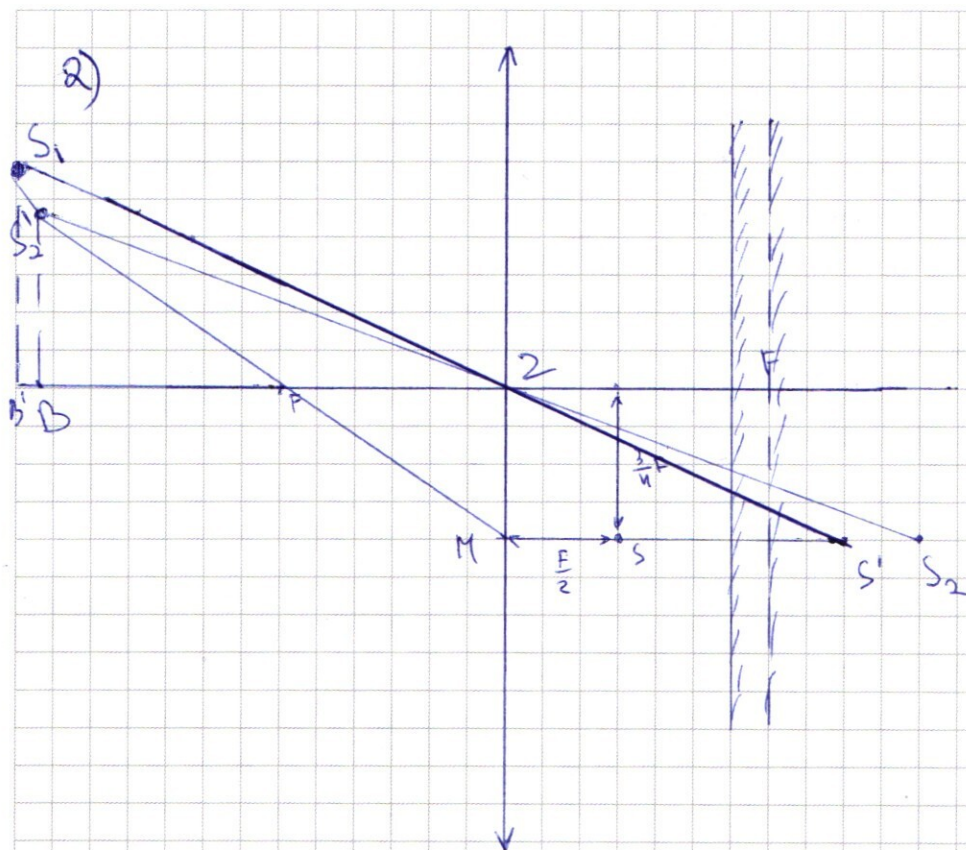
$$3) u_2 = E$$

V5



i) На расстоянии F

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть через пролетушок от зеркала
пересечения на расстояние Δl
построим изображение источника света
используя угол $\angle S_2'FB$

~~$\Delta S_1'FB \sim \Delta S_2'FM$~~

$$\Delta S_1'FB \sim \Delta S_2'FM$$

~~$$\frac{S_1B}{B} = \frac{S_2M}{M}$$~~

$$\frac{S_1B'}{B} = \frac{S_2'F}{FM}$$

$$v \cdot \Delta t = l_1$$

$$\frac{l_1}{\Delta t} = v$$

$$|v| = 1$$

$$\left(\frac{3}{2} F\right)^2 + (2F)^2 =$$

$$l_1 = \frac{F}{6}$$

$$= \frac{9}{4} F^2 + 4F^2 = \frac{9F^2 + 16F^2}{4} = \frac{25F^2}{4} = \frac{5}{2} F$$

$$\frac{3}{2} F + \frac{1}{3} F = \frac{9+2}{6} F = \frac{11}{6} F$$

$$v_1 = v_2$$

$$|v| = 1$$

$$S''K = \frac{3F}{2} + \frac{2F}{2} = \frac{3F+F}{2} = \frac{4F}{2} = 2F$$

$$\frac{2}{2} = 1$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

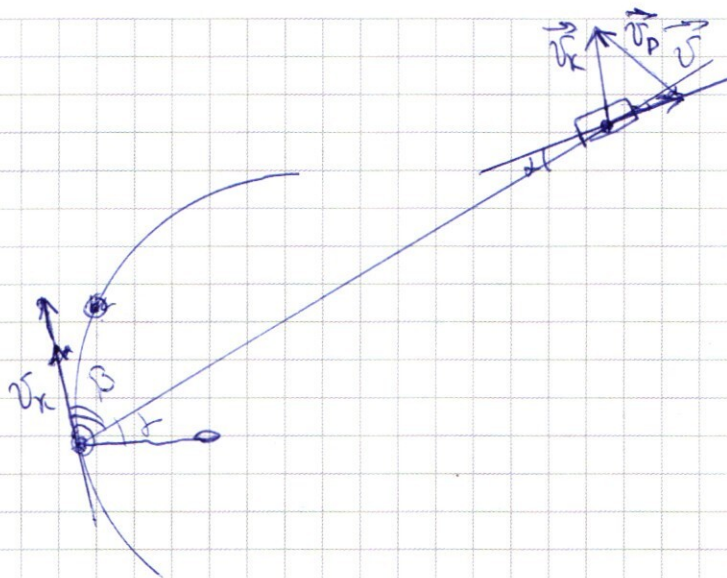
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1)



v_k - скорость камня

Т.к. нить нерастяжима

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

$$1) \frac{68 \cdot 15}{17} = \frac{v_k \cdot 17}{5}$$

$$v_k = 15 \cdot 5 = 75 \text{ см/с}$$

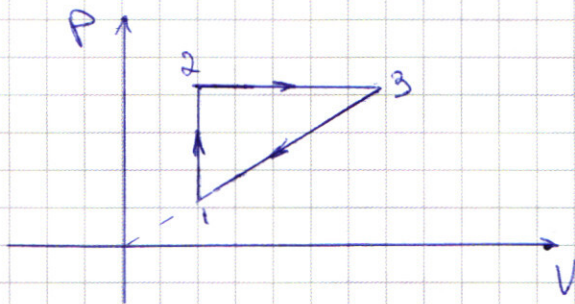
2) v_p - скорость камня относительно муравья

$$v_p^2 = v_k^2 + v^2 - 2 \cdot \cos \gamma \cdot v_k \cdot v$$

$$\cos \gamma = \cos \alpha + \cos \beta$$

$$v_p = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2(\cos \alpha + \cos \beta) \cdot v_k \cdot v}$$

$$p \sim V$$



12 - процесс изохорный
2-3 - изобарный
3-1 -

$$1) \quad Q_{31} < 0; \Delta U_{31} < 0 \quad Q_{23} > 0; \Delta U_{23} > 0 \quad Q_{12} > 0; \Delta U_{12} > 0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} \quad \text{т.к. процесс изохорный}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T_{12}$$

$$Q_{12} = C_{12} m \Delta T_{12}$$

$$C_{12} m \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T_{12}$$

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

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

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2); \quad p_2 = p_3$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$A_{23} = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = C_{23} m \Delta T_{23}$$

$$C_{23} m \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R \Delta T_{23}$$

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

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

$$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}}$$