



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

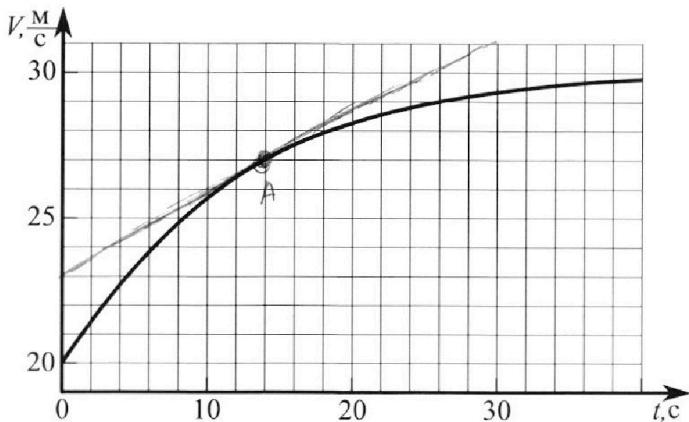
## Вариант 11-02



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.

- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?



Треугольная точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

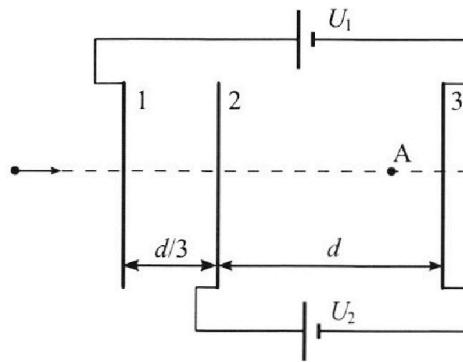
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp\omega$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.

- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

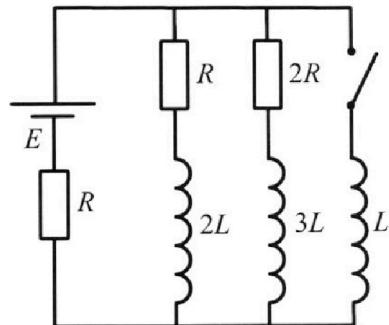
## Вариант 11-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

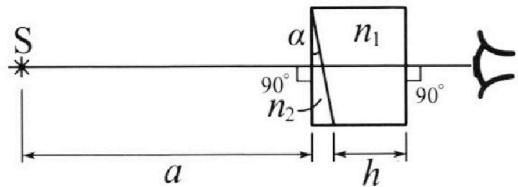
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

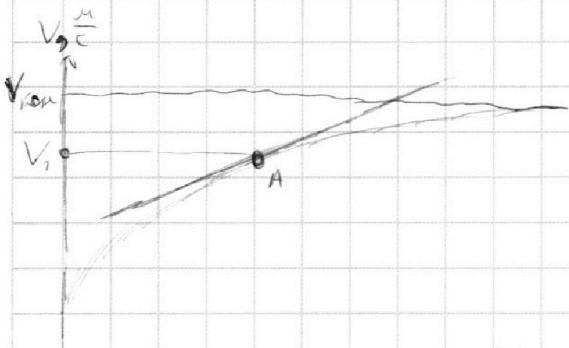
решение которой представлено на странице:

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N

$$V_1 = 27 \frac{m}{s} \quad F_k = 405 N$$

$$m = 300 \text{ kg}$$

F<sub>gb</sub> - сила, в которой колесо  
 движется

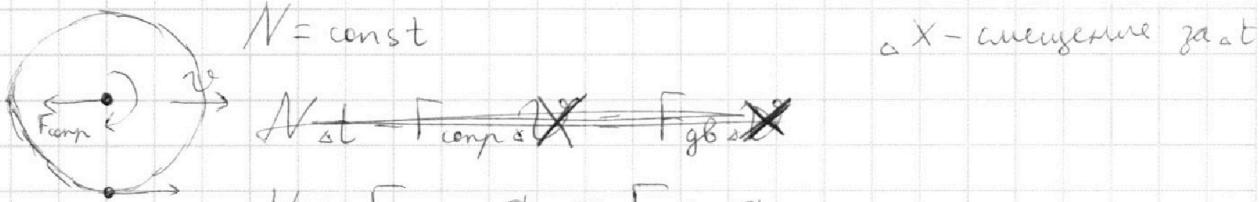
V<sub>kon</sub> ≈ 29,8  $\frac{m}{s}$  из графика

1) Проведём в м. А касательную для определения ускорения

$$\Delta t = 30 \text{ s} \quad \Delta V = 8 \frac{m}{s}$$

$$a_A = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{4}{75} \frac{m}{s^2}$$

$$2) m a_A = F_{gb} - F_{comp}$$



$$N_{at} - F_{comp} \alpha X = F_{gb} \alpha X$$

$$N - F_{comp} \alpha t = F_{gb} \alpha t$$

В т=35с график - норма прямая, F<sub>gb</sub> = 0

$$N = F_{comp} \quad V_{kon} = F_k V_{kon}$$

$$\begin{cases} F_k V_{kon} - F_{comp} V_1 = F_{gb} V_1 \\ m a_A = F_{gb} - F_{comp} \end{cases}$$

Из этих ур-ий найдем F<sub>comp</sub>

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

✓1 (продолжение)

$$\left\{ \begin{array}{l} F_k \frac{V_{komp}}{V_1} - F_{comp} = F_{gb} \quad (1) \\ m a_A = F_{gb} - F_{comp} \quad (2) \end{array} \right.$$

$$(2) = (1) \quad (1) - (2)$$

$$F_k \frac{V_{komp}}{V_1} - m a_A = 2 F_{comp}$$

$$F_{comp} = \frac{F_k \frac{V_{komp}}{V_1} - m a_A}{2} = \frac{\frac{29,8 \cdot 405}{27} - 300 \cdot \frac{u}{15}}{2} \approx 15 \cdot 29,8 - 80 \text{ H} \approx 183,5 \text{ H}$$

$$3) N_{F_{comp}} = \frac{\alpha \times F_{comp}}{\alpha t} = \sqrt{V_1} F_{comp}$$

$$N_{F_{comp}} = \frac{\sqrt{V_1} F_{comp}}{N} = \frac{\sqrt{V_1} F_{comp}}{F_k V_{komp}} \approx \frac{27 \cdot 183,5}{29,8 \cdot 405} \approx$$

$$\approx 0,4108$$

$$\text{Ошибки: 1)} a_A \approx \frac{4}{15} \frac{m}{c^2} \approx 0,267 \frac{m}{c^2}$$

$$2) F_{comp} \approx 183,5 \text{ H} ; \quad 3) \frac{N_{F_{comp}}}{N} \approx 0,41$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

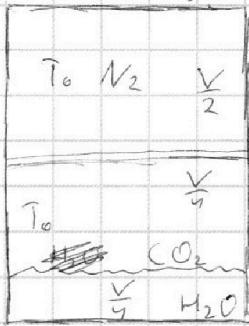


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1-я ситуация



1)

$$(1) P_{N_2} \frac{V}{2} = J_{N_2} R T_0$$

$$T = \frac{J_1 T_0}{2} = 373 K \Rightarrow T_0 = \frac{3 \cdot 373}{2} K$$

Давление паров в 1 шаре можно пренебречь (температура константна)

Давление  $\text{CO}_2$  в верхней части минимум паров равно  $P_{\text{CO}_2}$

$$(2) P_{N_2} \frac{V}{4} = J_{\text{CO}_2} R T_0$$

Поделить (1) на (2)

$$\frac{2}{1} = \frac{J_{N_2}}{J_{\text{CO}_2, \text{рас}}}$$

$$\frac{J_{\text{CO}_2}}{J_{\text{CO}_2, \text{рас}}} = \frac{J_{\text{CO}_2, \text{рас}} + J_{\text{CO}_2, \text{пар}}}{J_{\text{CO}_2, \text{рас}}} = K \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}_2} + P}$$

2) Давление насыщенного пара при  $T = 373 K$  пары, весь растворённый  $\text{CO}_2$  выделяется из воды в раз, сухим воду нормы не поменял.

$$P_{N_2, \text{нов}} \frac{V}{6} = J_{N_2} R T_0$$

$P_{N_2, \text{нов}}$  - давление  $N_2$  в новой системе

$$P_{\text{CO}_2} \left( V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} \right) = J_{\text{CO}_2} R T$$

$$P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2} = P = P_{N_2, \text{нов}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№2 (продолжение)

$$P_{CO_2} = P_{atm} + P_{N_2\text{new}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Найдем  $\Delta V_{CO_2}$

$$RT_0 \approx \frac{3}{4} RT = \frac{9}{10} \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Из закона Генри

$$\alpha V_{CO_2} = K P_{N_2} \frac{V}{4}$$

$$\Delta V_{CO_2\text{раз}} + \alpha V_{CO_2} = \Delta V_{CO_2}$$

$$(2) \rightarrow P_{N_2} \frac{V}{4} = \Delta V_{CO_2} RT_0$$

$$K \Delta V_{CO_2} RT_0 = \alpha V_{CO_2}$$

$$\left\{ P_{N_2\text{new}} \frac{V}{6} = \Delta V_{N_2} RT \right.$$

$$\left\{ (P_{N_2\text{new}} - P_{atm}) \left( V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} \right) = (\Delta V_{CO_2} + \alpha V_{CO_2}) RT \right.$$

$$(P_{N_2\text{new}} - P_{atm}) \left( \frac{14V}{24} \right) = \Delta V_{CO_2} (1 + KRT_0) RT$$

$$\left\{ (P_{N_2\text{new}} - P_{atm}) \frac{14V}{24} = \Delta V_{CO_2\text{раз}} (1 + KRT_0) RT \right.$$

$$\left\{ P_{N_2\text{new}} \frac{V}{6} = 2 \Delta V_{CO_2\text{раз}} \right. \quad \left. \begin{matrix} \uparrow \\ \text{из пачинского пункта} \end{matrix} \right. RT$$

поделим из пачинского пункта  $2 = \frac{V_2}{\Delta V_{CO_2\text{раз}}}$

$$\left( 1 - \frac{P_{atm}}{P_{N_2\text{new}}} \right) \cdot 3,5 = \frac{1}{2} \frac{(1 + KRT_0) RT}{RT}$$

$$\frac{P_{atm}}{P_{N_2\text{new}}} = 1 - \frac{1}{7} (KRT_0 + 1)$$

$$\begin{aligned} P_{N_2\text{new}} &= P = \frac{P_{atm}}{1 - \frac{1}{7}(KRT_0 + 1)} = \\ &= \frac{P_{atm}}{1 - \frac{1}{7} \cdot (0,6 \cdot \frac{9}{10} + 1)} = \frac{P_{atm}}{0,7433} = \frac{P_{atm}}{0,78} \end{aligned}$$

$$\text{Объем: 1) } \frac{V_2}{\Delta V_{CO_2\text{раз}}} = 2 ; \quad 2) P = \frac{P_{atm}}{0,78} \quad P_{atm} = ?$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

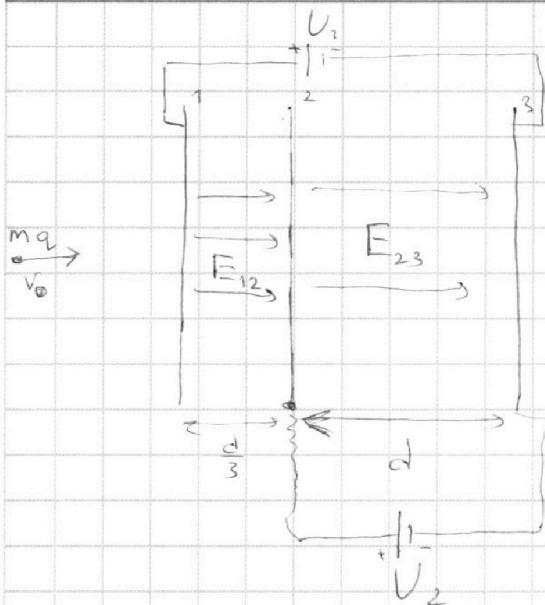
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ**



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$U_1 = 2U \quad U_2 = U$$

$$1) E_{23} d = U_2$$

$$E_{23} = \frac{U}{d}$$

$$E_{12} \frac{d}{3} + E_{23} d = U_1$$

$$E_{23} d = U_1 - E_{12} \frac{d}{3} =$$

$$E_{12} \frac{d}{3} + U = 2U$$

$$E_{12} = \frac{3U}{d}$$

Между 2 и 3:

$$ma_{23} = E_{23} q \Rightarrow a_{23} = \frac{Uq}{md}$$

(V2)

2) Определите скорость при переходе через 2-ую щель

$$\text{Аналогично } ma_{12} = E_{12} q \Rightarrow a_{12} = \frac{3Uq}{md}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{V_2^2 - V_0^2}{2a_{12}} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{2da_{12}}{3} + V_0^2} = \sqrt{\frac{2Uq}{m} + V_0^2}$$

Через 3-ю щель (V3)

$$d = \frac{V_3^2 - V_2^2}{2a_{23}} \Rightarrow V_3 = \sqrt{2da_{23} + V_2^2} = \sqrt{2 \cdot \frac{Uq}{m} + V_2^2} =$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$= \sqrt{4 \frac{Uq}{m} + V_0^2}$$

$$K_3 - K_2 = \frac{m V_3^2}{2} - \frac{m V_2^2}{2} = \frac{m}{2} \frac{2 Uq}{m} = Uq$$

3)  $V_A$  - скорость б. м. А

$$\frac{2d}{3} = \frac{V_A^2 - V_2^2}{2 \alpha_{23}} \Rightarrow V_4^2 = \frac{4d \alpha_{23}}{3} + V_2^2 =$$
$$= \frac{4}{3} \frac{Uq}{m} + \frac{2Uq}{m} + V_0^2$$

$$V_A = \sqrt{\frac{10}{3} \frac{Uq}{m} + V_0^2}$$

Ошибки:  $\alpha_{23} = \frac{Uq}{md}$ ;  $K_3 - K_2 = Uq$ ;  $V_A = \sqrt{\frac{10}{3} \frac{Uq}{m} + V_0^2}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

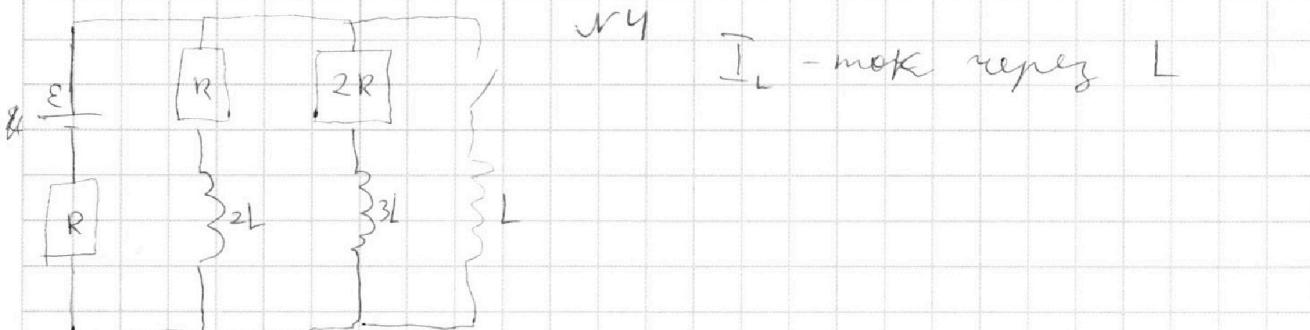
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

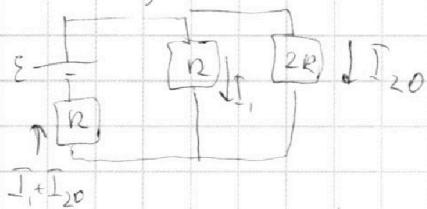
**МФТИ**



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Ток установился, напряжение на катушке нет, пишем схему



$$(1) \quad E = I_1 R + (I_1 + I_{20}) R \quad |$$
$$E = I_{20} 2R + (I_1 + I_{20}) R \quad | \cdot 2$$

$$(2) \quad 2E = 6I_{20} R + 2I_1 R$$

Вспомним из (2) (1)

$$E = 5I_{20} R \Rightarrow I_{20} = \frac{E}{5R}$$

2) Сразу после ток не начнется

$$E - L I'_L = (I_{20} + I_1) R$$

$$I'_L = \frac{E - (I_{20} + I_1) R}{L}$$

$$\text{Из (1)} \quad E - \frac{E}{5} = 2I_1 R \Rightarrow I_1 = \frac{2E}{5R}$$

$$I'_L = \frac{E - \frac{E}{5} - \frac{2E}{5}}{L} = \frac{2E}{5L}$$

3) После замыкания ток ~~не~~ через Lрастётся, пока

$I_{\text{кон}} R \leftarrow E$  не достигнет  $I_{\text{кон}}$ , на  $2L$  и  $3L$  появится тока нет

$$I_{\text{кон}} = \frac{E}{R}$$

в конце



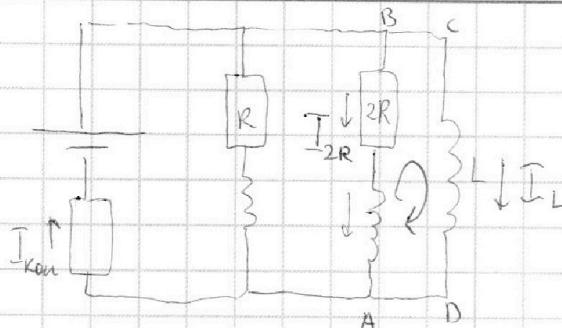
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№ 4 (продолжение)

Контур АВСД

$$-I_{2R} - L \frac{dI_{2R}}{dt} + \cancel{I_{kon}} \cancel{\frac{dI_{kon}}{dt}} \quad L \frac{dI_L}{dt} = 0$$

$$\frac{2R dI_{2R}}{dt} + \frac{L dI_{2R}}{dt} = \frac{L dI_L}{dt}$$

$$2R \int_0^{q_{2R}} dq_{2R} + L \int_{I_{20}}^0 dI_{2R} = L \int_0^{I_{kon}} dI_L$$

$$2R q_{2R} + L (-I_{20}) = L I_{kon} \quad C = 0$$

*из начальных  
условий*

$$q_{2R} = \frac{L(I_{kon} + I_{20})}{2R} = \frac{L}{2R} \left( \frac{\varepsilon}{R} + \frac{\varepsilon}{5R} \right) =$$

$$= \frac{6L\varepsilon}{10R^2} = \frac{3}{5} \frac{L\varepsilon}{R^2}$$

Ответ:  $I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R}$ ;  $I'_L = \frac{2\varepsilon}{5L}$ ;  $q_{2R} = \frac{3}{5} \frac{L\varepsilon}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

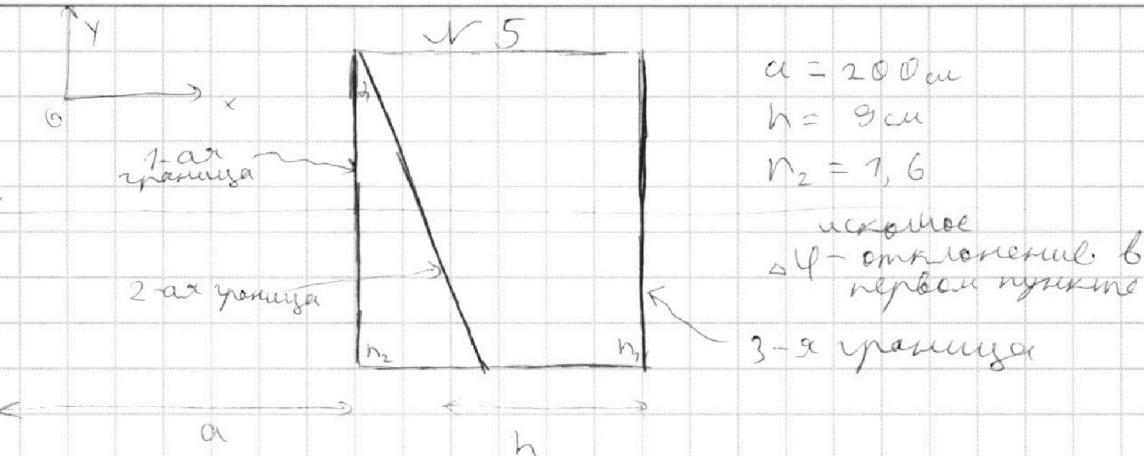
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ**

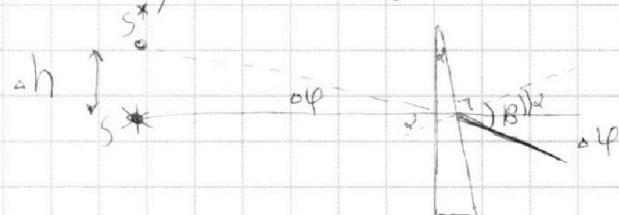
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$1) n_1 = 1 \Rightarrow \text{в линии луч не преломляется}$$

$$n_2 \sin \alpha = \sin \beta$$

Углы малые  
 $n_2 \alpha = \beta$



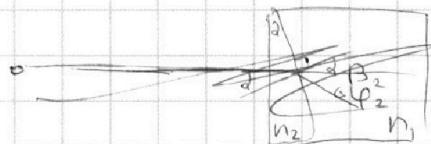
$$\Delta\varphi = \beta - \alpha = (n_2 - 1) \alpha = 0,6 \cdot 0,05 \text{ rad} = 0,03 \text{ rad}$$

2) ~~Все~~ Как известно, все лучи преломываются  
на угол  $\Delta\varphi$  при прохождении через призму.  
Перемещение ~~изображения~~ по оси Ох можно пренебречь,  
поскольку  $\Delta\varphi$  мал, так как призма тонкая, пог-  
ла изображение и смещение вверх на расстояние  
 $\Delta h = \tan \varphi \cdot a \approx \varphi a = 6 \text{ см}$

$$3) n_1 = 1,8$$

Луч при прохождении через 1-ую и 2-ую грани-  
цы изображение смещается вверх аналогично  
2-ому пункту, но меняется  $\Delta\varphi$ , найдем  $\Delta\varphi_2$

$$\begin{aligned} n_2 \sin \alpha &= n_1 \sin \beta_2 \\ \cancel{\Delta\varphi_2 = \beta_2 - \alpha} &\cancel{=} n_1 \beta_2 \\ \cancel{\Delta\varphi_2 = n_1 \beta_2} & \\ \cancel{\Delta\varphi_2 = \beta_2 - \alpha} &= (n_2 - 1) \alpha \\ \cancel{\Delta\varphi_2} & \end{aligned}$$



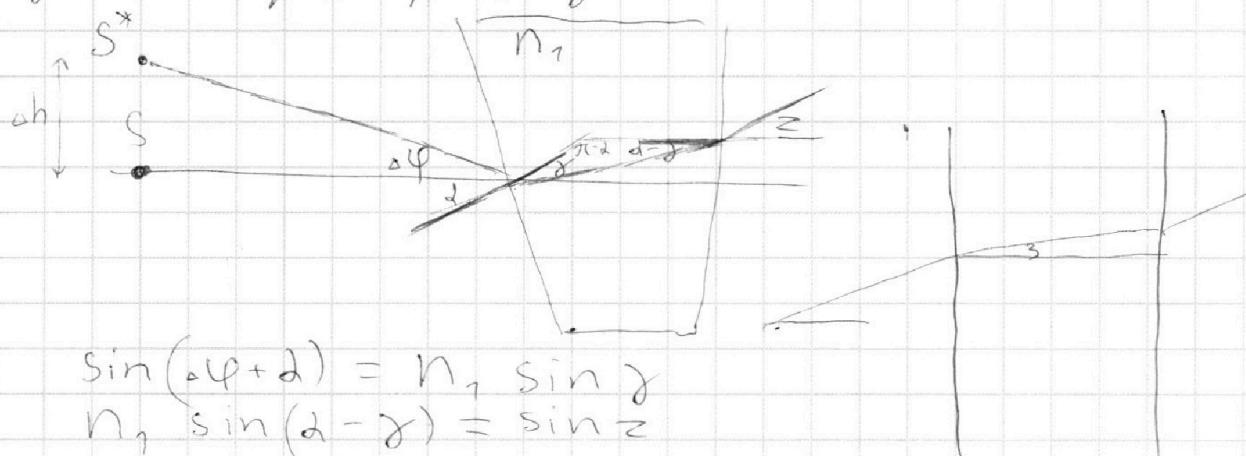
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

v5 продолжение

3)  $n_1 = 1,8$

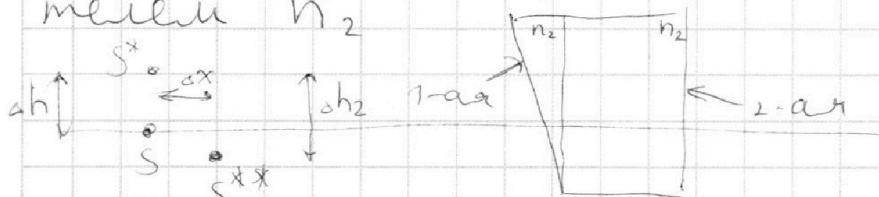
При прохождении через призму с  $n_2$  мы меняем направление на  $\delta\varphi$ , необходимо рассмотреть изображение  $S^*$  после прохождения через призму с  $n_1$ .



$$\sin(\alpha + \delta) = n_1 \sin \gamma$$

$$n_1 \sin(\delta - \gamma) = \sin z$$

Можно рассматривать призму  $n_2$ , как комбинацию 2 призм с ~~точка~~ с суммой показателей  $n_2$ .



Тогда 1-ая перенесет  $S^*$  из аналогичного промежутку пучку, а 2-ая — вправо

$$\Delta h_2 = \tan \alpha \Delta \varphi_2 \Delta$$

~~$\Delta \varphi_2 = n_2 \sin \Delta \varphi_2$~~

Аналогично промежутку пучку

$$\Delta \varphi_2 = (n_2 - 1) \alpha \Delta$$

$$\Delta h_2 = (n_2 - 1) \alpha \Delta$$

$$\Delta h_{\text{sum}} = \Delta h_2 - \Delta h$$

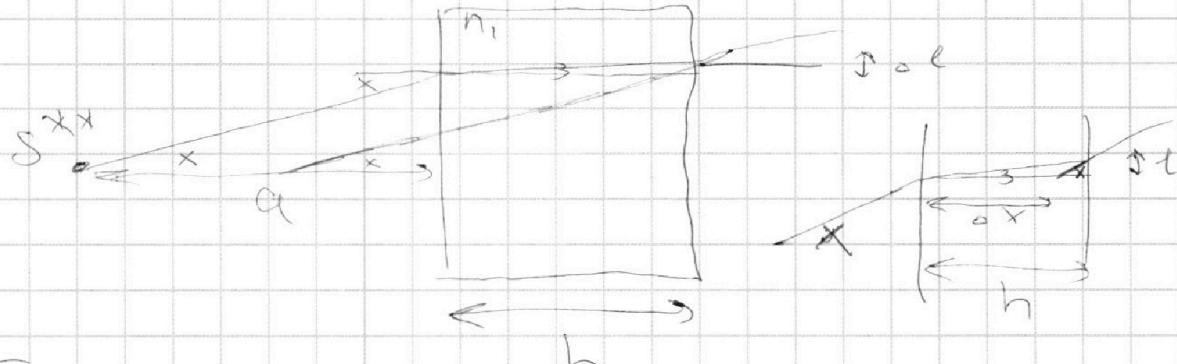
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



При прохождении через квадратичную прозрачную среду

$$\cancel{\tan \alpha} = \sin \alpha = h, \sin \beta \\ \alpha = n_1 \beta$$

~~$\Delta S = \sqrt{\alpha^2 + h_{\text{ум}}^2}$~~  ← суммарное изменение  
расстояния

$$\tan \beta = \frac{l}{h}$$

$$\tan \alpha = \frac{l}{h - \alpha x}$$

$$\alpha x = \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) h = \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) h$$

$$S = \sqrt{\alpha^2 + h_{\text{ум}}^2} = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^2 h^2 + (\alpha h_2 - \alpha h)^2} = \\ = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^2 h^2 + ((n_1 - 1) \alpha a - 6 \text{ см})^2}$$

Система: 1)  $\alpha \psi = 0,03 \text{ рад}$  2)  $\alpha h = 6 \text{ см}$

$$3) S = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^2 h^2 + ((n_1 - 1) \alpha a - 6 \text{ см})^2} =$$

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Изображение вправо, м.к. №5 (продолжение)

$$n_1 > n_2$$

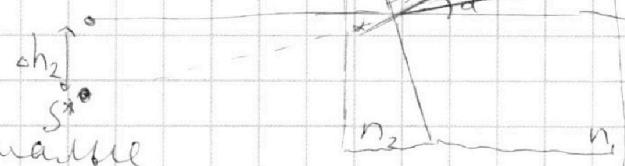
$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta_2$$

$$\Delta \varphi_2 = d - \beta_2$$

$$n_2 \alpha = n_1 \beta_2 \quad \text{учи малые}$$

$$\Delta \varphi_2 = d \left( 1 - \frac{n_2}{n_1} \right) = \frac{d}{9}$$

$$\Delta h_2 = \tan \varphi_2 d \approx \varphi_2 d = \frac{d}{9} \approx d \frac{1}{9}$$



При прохождении через 3-ю границу изображение смешается вправо ( $n_1 > 1$ )

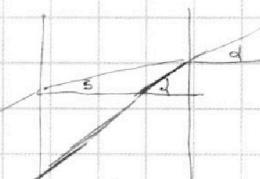
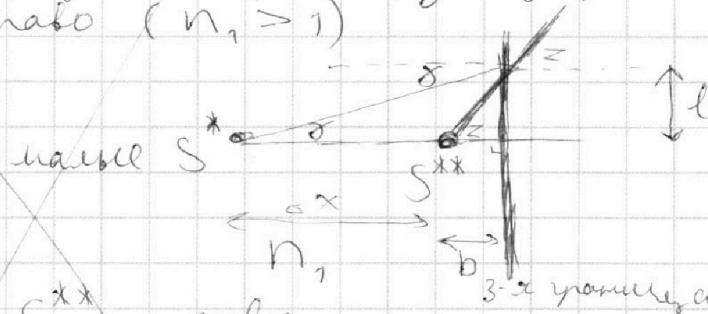
$$n_1 \sin \gamma = \sin z$$

$$n_1 \gamma = z \quad \text{учи малые}$$

$$\tan \gamma \approx \gamma = \frac{l}{a}$$

$$\tan z \approx z = \frac{l}{b}$$

$$\gamma = \frac{b}{a}$$



$$\text{Смещение вправо } x = a - b = a \left( 1 - \frac{\gamma}{z} \right) = a \left( 1 - \frac{1}{n_1} \right) = a \frac{5}{9}$$

Умножение смещения (расстояние) от S до S'''

$$\text{составляем } \sqrt{a^2 + \Delta h_2^2} = \sqrt{a^2 \left( \frac{d^2}{9^2} + \frac{5^2}{9^2} \right)}$$

$$\Delta h_2 = \sqrt{a^2 + \Delta h_2^2} \approx \sqrt{a^2 \frac{5^2}{9^2}} \approx \frac{5}{9} a \approx 22,2 \text{ см}$$

Объем: 1)  $\Delta V = 0,03 \text{ м}^3$  2)  $\Delta h = 6 \text{ см}$  3)  $\Delta S = 111,1 \text{ см}^2$

$$\left( 1 - \frac{5}{9} \right)^2 \cdot 9^2 + \left( \frac{4}{5} \cdot 6 \text{ см} - 6 \text{ см} \right)^2$$

На одной странице можно оформлять **только** одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Diagram showing a vertical distance V between two horizontal lines. A right-angled triangle is drawn below the top line, with the vertical leg labeled  $V$  and the hypotenuse labeled  $L$ .

Handwritten calculations:

- Division:  $4050 \overline{)19}$ ,  $36 \overline{)450}$ ,  $370 \overline{)185}$
- Subtraction:  $405 - 36 = 459$ ,  $459 - 370 = 89$
- Multiplication:  $\frac{9}{10} \cdot \frac{183,5}{405} = 18,35$
- Division:  $18,35 \overline{)45}$
- Equation:  $1 - \frac{1}{7}(0,6 \cdot \frac{9}{10} + 1)$
- Division:  $18,35 \overline{)45}$ ,  $780 \overline{)0,408}$ ,  $350 \overline{)0}$ ,  $14 \overline{)34} \cdot 6 = \frac{14}{4}$
- Equation:  $L = \frac{V_k^2 - V_0^2}{2a}$
- Equation:  $L = \frac{V_0 t + at^2}{2} = \frac{t V_k}{2} + \frac{V_0 t}{2}$
- Equation:  $V_0 + at = V_k \quad t = \frac{V_k - V_0}{a}$
- Equation:  $\frac{V_k + V_0}{2} \cdot \frac{(V_k - V_0)}{a}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> |

**МФТИ.**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

$$-I_{2R} 2R - L \frac{dI_{2R}}{dt} + L \frac{dI_{\text{кон}}}{dt} = 0$$

$$dq_{2R} 2R + L dI_{2R} = L dI_{\text{кон}}$$

$$\lambda = n \beta$$

$$n(x - \beta) = \gamma$$

$\gamma - x$  - искомый

$$nx - \lambda = \gamma$$

$$\sqrt{1 - \frac{n^2}{n}} = \sqrt{1 - \frac{8}{9}} = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{1000}{9} \frac{1}{1,11}$$

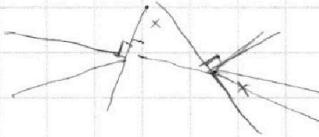
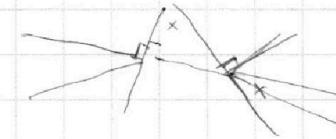
$$\frac{5}{9} 200 = \frac{1000}{9}$$

$$P_{N_2} = P_{\text{атм}} + P_{CO_2}$$

$$\begin{array}{r} 405 \\ - 22 \\ \hline 183 \end{array} \quad \begin{array}{r} 27 \\ \times 15 \\ \hline 135 \end{array} \quad \begin{array}{r} 75 \\ \times 9,8 \\ \hline 705 \end{array}$$

$$\underline{27 \cdot 183,5}$$

$$405, 29, 8$$



$$\begin{array}{r} 705 \\ - 451 \\ \hline 254 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000 \\ - 951 \\ \hline 49 \\ - 45 \\ \hline 4 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1333 \\ - 250 \\ \hline 1083 \end{array}$$

~~1000, 8~~

$$2700 \frac{298}{9}$$

$$\begin{array}{r} 250 \\ \times 29,8 \\ \hline 225 \\ + 74 \\ \hline 329 \end{array} \quad \begin{array}{r} 298 \\ - 447 \\ \hline 80 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1,0000 \\ - 0,2567 \\ \hline 0,7433 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 367 \\ \times 183,5 \\ \hline 16 \\ 35 \\ \hline 1,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 183,5 \\ \times 405 \\ \hline 1620 \\ 145 \\ \hline 34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2150 \\ - 2010 \\ \hline 140 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ - 1215 \\ \hline 1850 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 15 \\ \hline 30 \\ 10 \\ \hline 2666 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ - 50 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 41,534 \\ \times 1,5 \\ \hline 2 \\ 35 \\ \hline 1,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,9 \\ - 0,8 \\ \hline 1,1 \\ - 0,8 \\ \hline 0,3 \\ - 0,3 \\ \hline 0,0 \\ - 0,0 \\ \hline 0,0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1,54 \\ \times 1,6 \\ \hline 12 \\ 34 \\ \hline 0,2567 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 40806 \\ \times 0,06 \\ \hline 9 \\ 0,54 \\ \hline 1,541 \\ \hline 6 \end{array}$$