



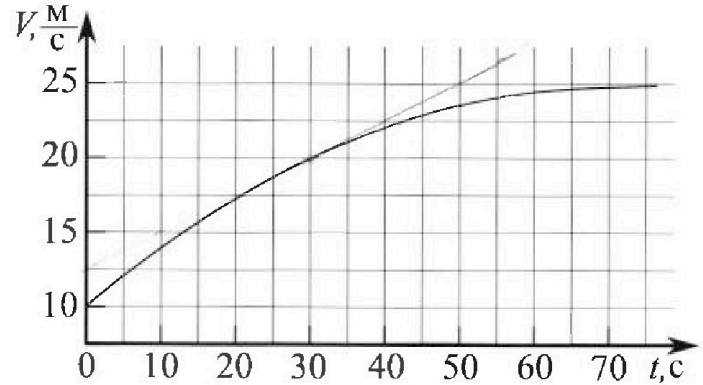
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

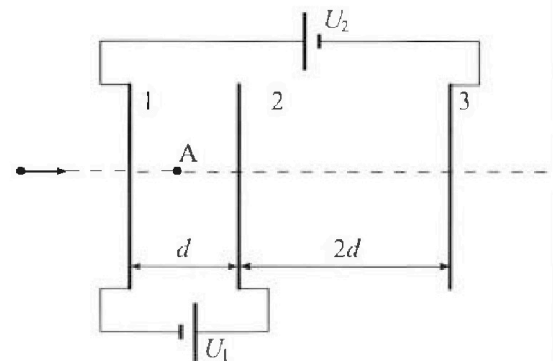
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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 углекислый газ, 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 $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·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 начальное давление в сосуде P_0 . 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 $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. 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 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

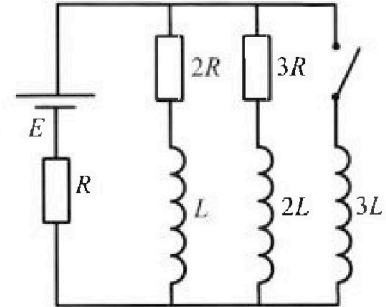
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



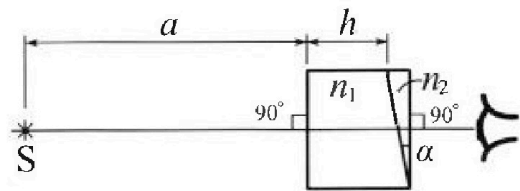
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.

3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

Handwritten calculations for problem 5:

5) $1000000 \div 215 = 4647,88$

$L \frac{dI}{dt} = \epsilon - IR = 350$

$\frac{dI}{dt} = \frac{\epsilon - IR}{L} = -\frac{R}{L} (I - \frac{\epsilon}{R})$

$I(t) = \frac{\epsilon}{R} (1 - e^{-\frac{Rt}{L}})$

$\frac{1}{L} R = 0^{-1}$

Additional calculations: $25 \div 22 = 1,136$; $15,8 \div 8 = 1,975$; $50 \div 50 = 1$; $550 \div 120 = 4,583$; $430 \div 88 = 4,886$; $215 \div 88 = 2,443$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$m \frac{dv}{dt} = F_T - F_c; \quad F_T - \text{сила тяги}; \quad F_c - \text{сила сопротивления}$$

$$F_c \sim v^2 \Rightarrow F_c = \alpha v^2; \quad F_{TK} \sim v_{TK}^2$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{F_{TK}}{v_{TK}^2} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2} \quad \text{цел. рез. } v_{TK} = 5 \text{ м/с}$$

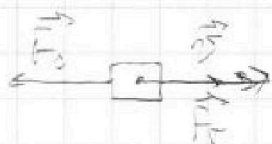
для нахождения ускорения в момент времени когда скорость равна v , проверим касательную на графике в этой

$$\text{точке } a = \frac{20 - 12,5}{30} = \frac{7,5}{30} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$$m a + \alpha v^2 = F_T(v) = 1300 \text{ м} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2} \cdot 20 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$F_T(v) = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = (\vec{F}_T \cdot \vec{v}) \Rightarrow P = F_T(v) v = 850 \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17 \text{ кВт}$$



Ответ: 1) $a = 0,25 \text{ м/с}^2$ 2) $F_T = 850 \text{ Н}$ 3) $P = 17 \text{ кВт}$

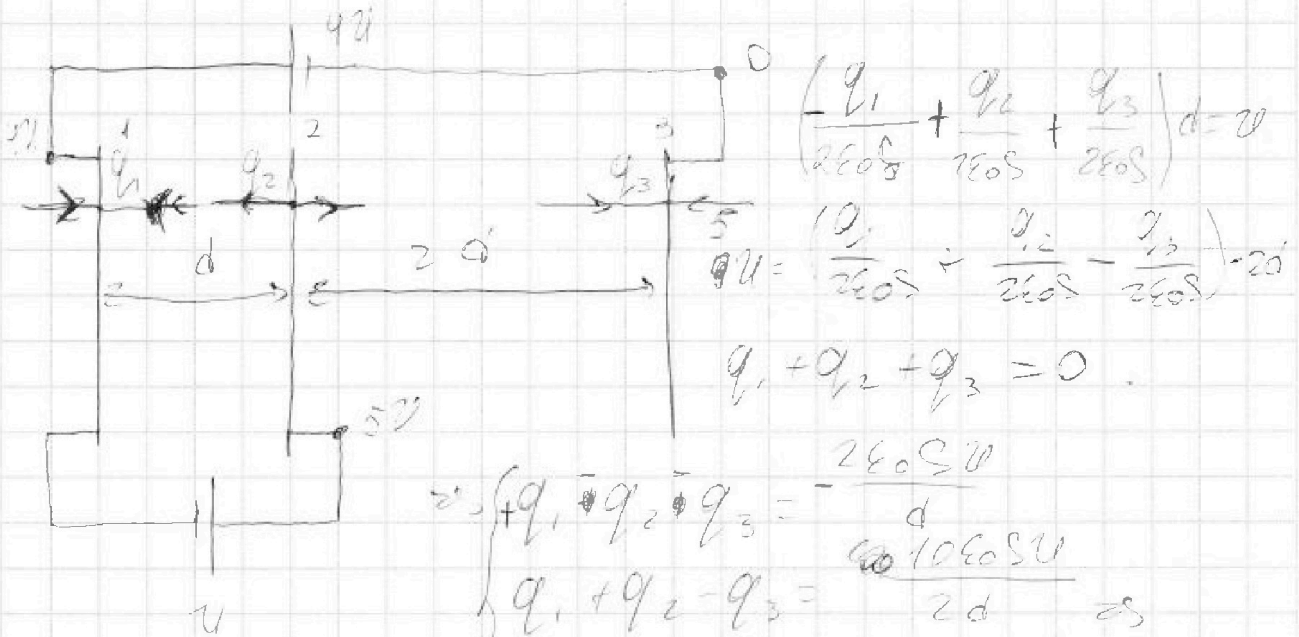
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



$$\left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) d = U$$

$$U = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) \cdot 2d$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = -\frac{2\epsilon_0 S U}{d} \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U}{2d} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2q_1 = -\frac{2\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow q_1 = -\frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$2q_1 + 2q_2 = \frac{5\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow 2q_2 = \frac{5\epsilon_0 S U}{d} + \frac{2\epsilon_0 S U}{d}$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{7\epsilon_0 S U}{2d}; \quad q_3 = -(q_1 + q_2) = -\frac{5\epsilon_0 S U}{2d}$$

$$\left(\frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) q = ma = a \left(\frac{q^2}{4d} + \frac{q^2}{2d} - \frac{q^2}{4d} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ma = \frac{q}{d} q \Rightarrow a = \frac{q^2}{md} \Rightarrow |a| = \frac{q^2}{md}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + q\varphi_1 = \frac{mv_2^2}{2} + q\varphi_2 \Rightarrow k_1 - k_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU$$



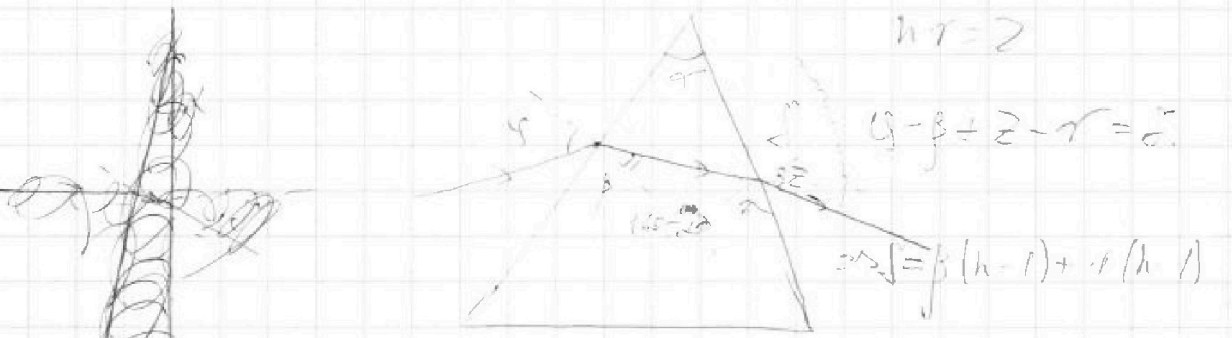
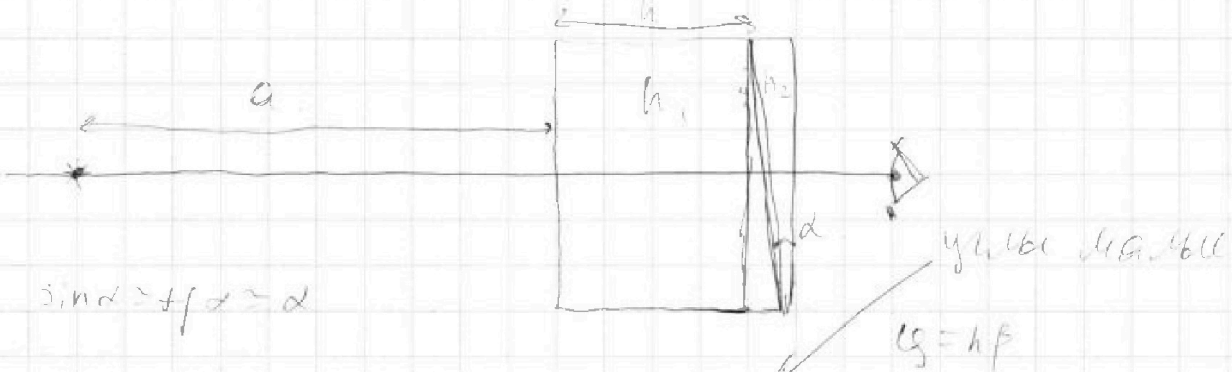
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

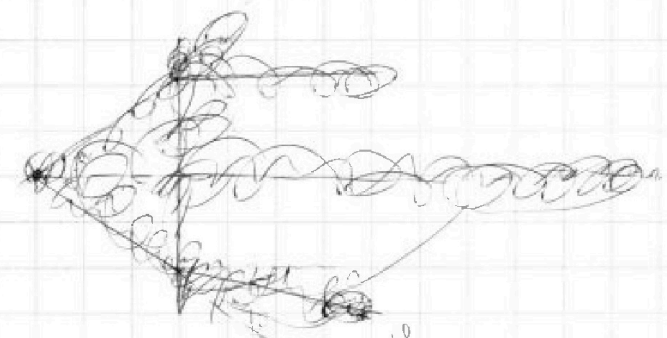
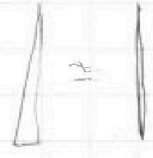
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\Rightarrow \delta = (h-1)(\beta + \alpha)$; $180 - \alpha + \beta + \gamma = 180 \Rightarrow \alpha = \beta + \gamma$

$\Rightarrow \delta = x(h-1) = 0,1 \cdot (1,1 - 1) = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01$ рад

max как α малый \Rightarrow



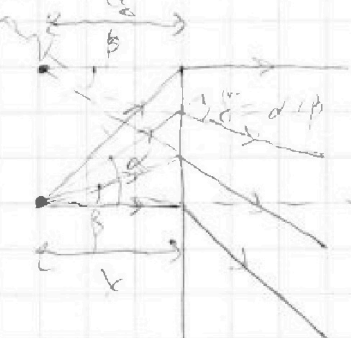
декабри тмс

$\delta = \alpha + \beta$ сурьвертуба.

если $\alpha = x$

$\delta = \alpha + \beta$; $\alpha = x$

$\Rightarrow \delta = \alpha + \beta$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

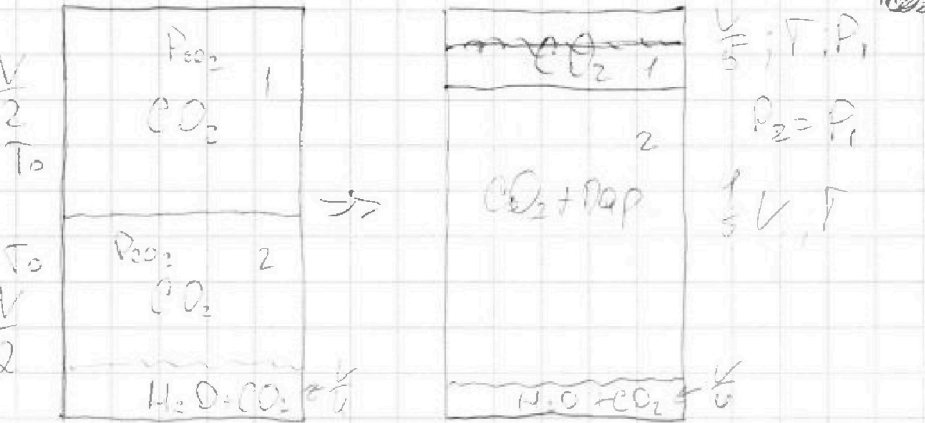
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



$$P_{CO_2} \frac{V}{2} = \nu_{CO_2} R T_0 \Rightarrow \nu_{CO_2} = \frac{P_{CO_2} V}{2 R T_0}$$

$$P_{CO_2} \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_{max} R T_0 \Rightarrow \nu_{max} = \frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0}; \Delta P = k \frac{P_{CO_2} V}{4}$$

$$\Rightarrow \nu_{max} \varepsilon = \frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0} + k \frac{P_{CO_2} V}{4} \Rightarrow \beta = \frac{\frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0} + k \frac{P_{CO_2} V}{4}}{\frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0}}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{1}{\frac{1}{4 R T_0} + k} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{k R T_0}{2}}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{2}{1 + k R T_0}; \quad \frac{5}{4} R T_0 = 3 \cdot 10^3 \frac{J}{mol} \Rightarrow R T_0 = 2,4 \cdot 10^3 \frac{J}{mol}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{2}{1 + 2,4 \cdot 10^3 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^3 \frac{1}{Pa}} = \frac{2}{1 + 0,8} = \frac{2}{1,8} = \frac{10}{9}$$

$$\beta = 1,1$$

и учитываем, что давление насыщенного пара при $T = 3 = 300 K$

$$P_{\text{н}} \approx 10^5 Pa = P_{\text{от}}, \text{ при } T = 3 = 300 K$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

$$P_1 \frac{V}{5T} = \frac{P_{CO_2} V}{2T_0} \Rightarrow P_1 = \frac{5}{2} P_{CO_2} \frac{T}{T_0} = \frac{25}{8} P_{CO_2}$$

$$P_1 = P_{H_2} + P' \Rightarrow P' = P_1 - P_{H_2} = \frac{25}{8} P_{CO_2} - P_{H_2}, \quad P_{H_2} = P_{at}$$

~~$$P' \left(\frac{4}{5} V - \frac{V}{4} \right) = \Delta P T = P' V \frac{11}{20} \Rightarrow P' = \frac{11 P V}{20 K R T}, \quad \Delta P = k \frac{L}{4} P'$$~~

~~$$P' \left(\frac{4}{5} V - \frac{V}{4} \right) = \Delta P T = P' V \frac{11}{20} \Rightarrow P' = \frac{11 P V}{20 K R T}, \quad \Delta P = k \frac{L}{4} P'$$~~

$\frac{1}{5} = \frac{1}{4}$ ~~количество молей~~ CO_2 ~~соединяется~~

$$\Rightarrow \frac{P_{CO_2} V}{4 K R T_0} (1 + k R T_0) = \frac{11 P' V}{20 K R T} + \frac{k P' V R}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_{CO_2}}{4 T_0} (1 + k R T_0) = \frac{P'}{4 T} \left(\frac{11}{5} + k R T \right) \Rightarrow P' = P_{CO_2} \frac{T}{T_0} \frac{1 + k R T_0}{\frac{11}{5} + k R T}$$

$$\frac{25}{8} P_{CO_2} - P_{at} = P_{CO_2} \frac{T}{T_0} \frac{1 + k R T_0}{\frac{11}{5} + k R T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{25}{8} P_{CO_2} - P_{at} = P_{CO_2} \frac{1.2 \cdot 5}{4 \cdot 3.3} = P_{CO_2} \frac{3}{17.2} = P_{CO_2} \frac{5}{4.4}$$

$$\Rightarrow \frac{25}{8} P_{CO_2} - P_{at} = P_{CO_2} \frac{35}{44} \Rightarrow P_{at} \left(\frac{25}{8} - \frac{15}{22} \right) P_{CO_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{CO_2} = P_{at} \left[\frac{25}{8} - \frac{15}{22} \right]^{-1} = P_{at} \left[\frac{25 \cdot 22 - 15 \cdot 8}{8 \cdot 22} \right]^{-1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{CO_2} = P_{at} \frac{8 \cdot 22}{25 \cdot 22 - 15 \cdot 8} = \frac{176}{430} \cdot P_{at} = \frac{37}{215} \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$P_{CO_2} = 40840 \text{ Па} \approx 41 \text{ кПа}$ ~~равенство~~ CO_2 ~~нагревания~~

Объемы: 1) $V = 1,1$

2) $P_{CO_2} = 41 \text{ кПа}$

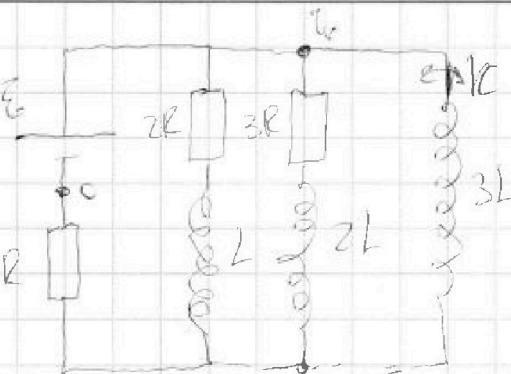
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

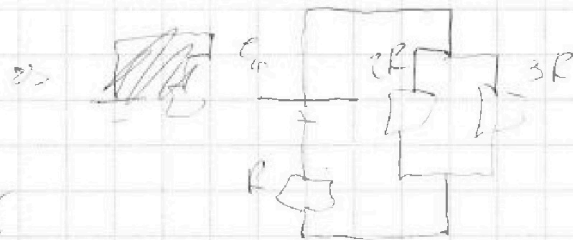
1 2 3 4 5 6 7



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



при разомкнутом ключе и узр. решим.
 $\varphi_{01} \text{ и } \varphi_{02} = 0.$



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} \Rightarrow \frac{6R}{5} = R'$$

$$R_0 = \frac{11R}{5} \Rightarrow I_0 = \frac{5E}{11R}$$

$$I_{2R} = \frac{3}{5} I_0 = \frac{3E}{11R}$$

сразу после замыкания

ключа ключа через катушку 3L ток не пойдет.

$\Rightarrow \varphi_{02L}$ и φ_{0L} поперечному сдвигу равны 0

$$\Rightarrow \varphi_{02L} = \frac{6E}{11}; I_{3L(0)} = \frac{E}{R}$$

ток мгновенно в цепи не изменится

$$2R I_{2R} + L \frac{dI_{2R}}{dt} = 3L \frac{dI_{3L}}{dt} \Rightarrow I_{2R} \frac{d\varphi_{2R}}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int 2R dq_{2R} + \int L dI_{2R} = \int 3L dI_{3L} \Rightarrow 2R q_{2R} - L I_{2L} = 3L I_{3L(0)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2R q_{2R} = L \left(3 \frac{E}{R} + \frac{3E}{11R} \right) = L \left(\frac{33+3}{11} \right) \frac{E}{R} = \frac{36LE}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_{2R} = \frac{18LE}{11R^2}; \varphi_{02L} = \frac{6E}{11}; 3L \frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{6E}{11} \Rightarrow \frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{2E}{11L}$$

Ответы: 1) $I_{2R} = \frac{3E}{11R}$

2) $\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{2E}{11L}$

3) $q_{2R} = \frac{18LE}{11R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



Вместо следует что при помощи
 призмы с малым углом ~~рефракции~~
 изображение не отклоняется а
 смещается вверх или вниз в зависи-
 мости от ориентации призмы.

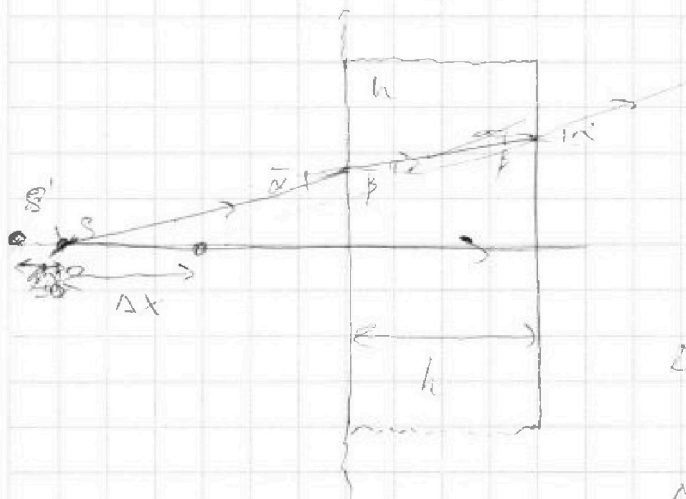


$$y = (a+h) \cdot \alpha = (2036 \cdot 0,07) = 1425$$

$$y = \frac{1425}{100} = 14,25 \approx 52$$

$$y^2 \approx 2$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{(a+h)^2 + y^2}; \quad a+h \ll y \Rightarrow S \approx a+h = 2036 \mu$$



$$\alpha \cdot n \beta$$

$$h \beta = z_1$$

$$h \alpha = z_2$$

$$\Delta y = z_2 - z_1 = h(\alpha - \beta) = h \times (1 - \frac{1}{n})$$

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{\alpha} = h(1 - \frac{1}{n}) \cdot n \approx 900 \mu / \frac{3}{2}$$

$$\Delta x \approx 3 \mu$$

$$a' = a - \Delta x = 1999 \mu \Rightarrow y' = a' + h = 2000 \mu; \quad y'^2 = (a+h)^2 = 52$$

$$S_2 = \sqrt{(a'+h)^2 + y'^2} = 2000 \mu$$

Ответы: 1) $S = 0,07 \mu$ 2) $S = 202 \mu$ 3) $S_2 = 200 \mu$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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

$$\frac{q_2}{240s} + \frac{q_3}{240s} - \frac{q_1}{240s} = \frac{10}{d} \quad \epsilon_1 = \frac{q_1}{d}$$

$$\frac{q_1}{240s} + \frac{q_2}{240s} - \frac{q_3}{240s} = \frac{5}{2d} \cdot 25$$

$$\frac{4}{5} - \frac{1}{4}$$

$$\frac{16-5}{20} q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\frac{11}{20} \cdot \frac{240s}{d}$$

$$q_2 + q_3 - q_1 = \frac{11}{20} \cdot \frac{240s}{d}$$

$$q_1 + q_2 - q_3 = \frac{5240s}{d}$$

$$q_1 + q_2 + q_3$$

$$1 + 0,8$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{4,3}{5} = 0,42$$

$$\frac{25}{8} \cdot 40 = 1,25$$

$$1,25 \cdot 1000$$

$$\frac{25}{8} - \frac{15}{22}$$

$$\frac{\sqrt{c_1}}{\sqrt{c_2}} = \frac{P_{c1}}{2P_{c2}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{P_{c1}}{P} = \frac{176}{8} \cdot \frac{40}{25} = 11$$

$$\frac{7}{2} - \frac{1}{1} = \frac{5}{2} \cdot 5$$

$$\frac{50}{25} = 2$$

$$\frac{75 \cdot 10^{-2}}{3}$$

$$\frac{1150^2}{2} - \frac{100^2}{2} + 400$$

$$0,55$$

$$0,25$$

$$11 \overline{) 122}$$

$$10 \overline{) 22}$$

$$10 \overline{) 10}$$

$$10 \overline{) 10}$$

$$1,25 \cdot 10 \cdot 100$$

$$\frac{176}{8} = 22$$

$$\frac{155}{8} = 19,375$$



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



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

