



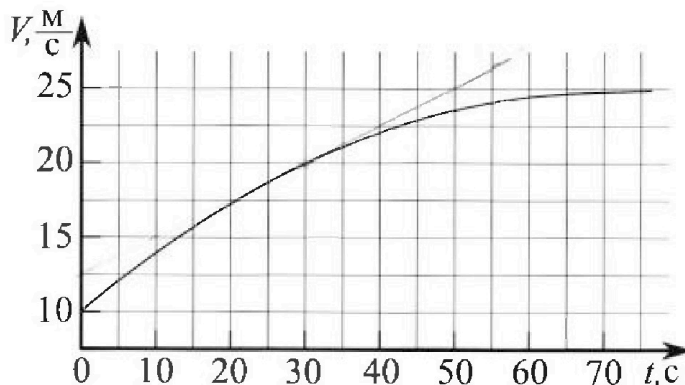
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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 ?

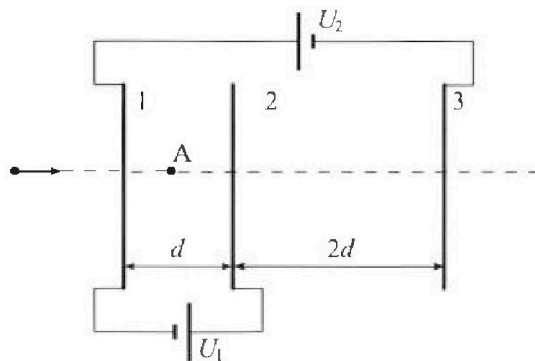
Треб уемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

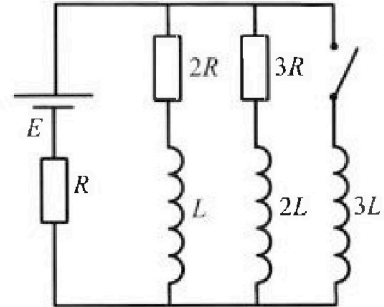
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



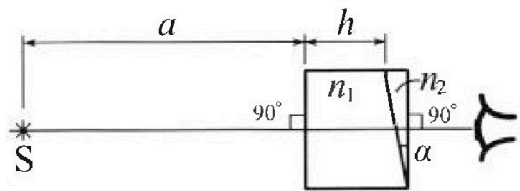
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $1000000 \div 215 = 4647,88$

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

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

$I(t) = \frac{\epsilon}{R} (1 - e^{-\frac{Rt}{L}})$ $\frac{1}{L} R = 0$

Arithmetic: $194 \div 1,7 = 113,529$

Arithmetic: $113,529 \div 1,5 = 75,686$

Arithmetic: $194 - 75,686 = 118,314$

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!

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

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

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

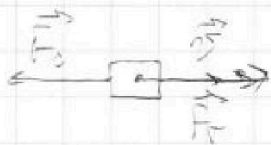
для максимальной ускорения в момент ~~времени~~ когда скорость равна v , проверим касательную на графике в этой

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

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

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

$$P = \frac{dW}{dt} = (\vec{F}_T \cdot \vec{v}) \Rightarrow P = F_T(v) v = 850 \cdot 10 \cdot 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = 17000 \text{ Вт}$$



Ответ: 1) $a = 0,25 \text{ м/с}^2$ 2) $F_T = 850 \text{ Н}$ 3) $P = 17000 \text{ Вт}$

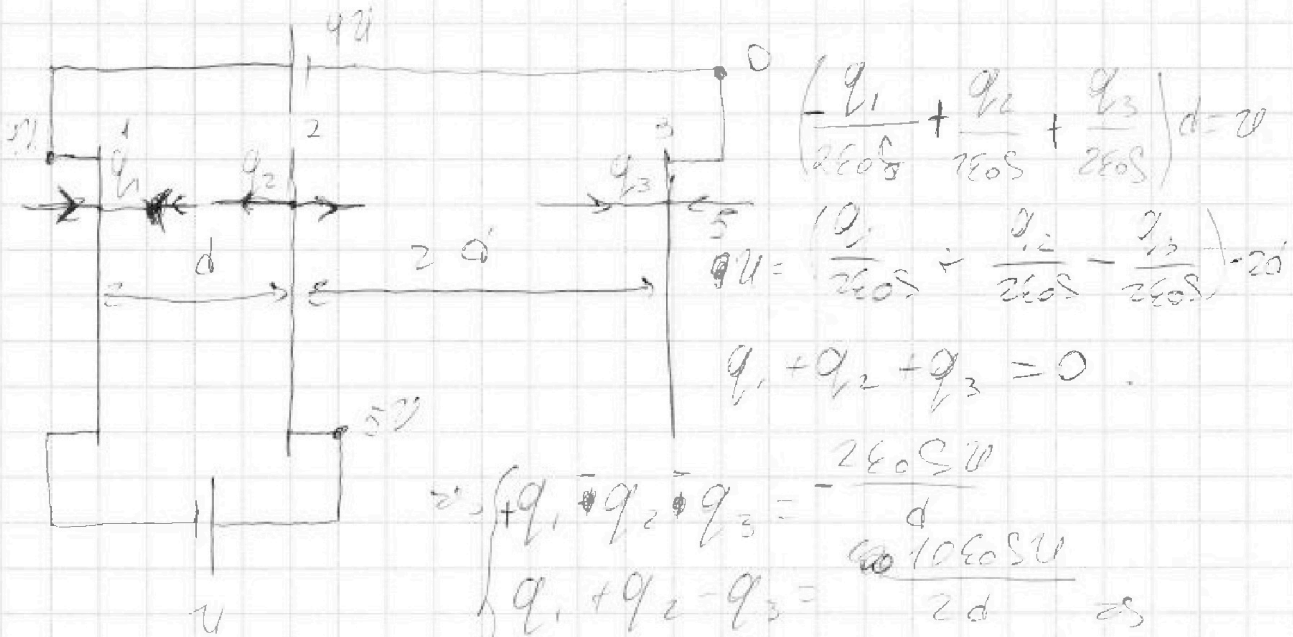
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{5 \epsilon_0 S U}{2d} \end{cases} \Rightarrow$$

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

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

$$2q_2 = \frac{10 \epsilon_0 S U}{2d} ; q_3 = -(q_1 + q_2) = -\frac{5 \epsilon_0 S U}{2d}$$

$$\left(\frac{q_2}{2 \epsilon_0 S} + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2 \epsilon_0 S} \right) d = m a \Rightarrow \left(\frac{5 \epsilon_0 S U}{4d} + \frac{5 \epsilon_0 S U}{2d} - \frac{5 \epsilon_0 S U}{4d} \right) d = m a$$

$$\Rightarrow m a = \frac{5 \epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow a = \frac{5 \epsilon_0 S U}{m d} \Rightarrow |a| = \frac{5 \epsilon_0 S U}{m d}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + q_1 \varphi_1 = \frac{m v_2^2}{2} + q_2 \varphi_2 \Rightarrow k_1 - k_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q U$$

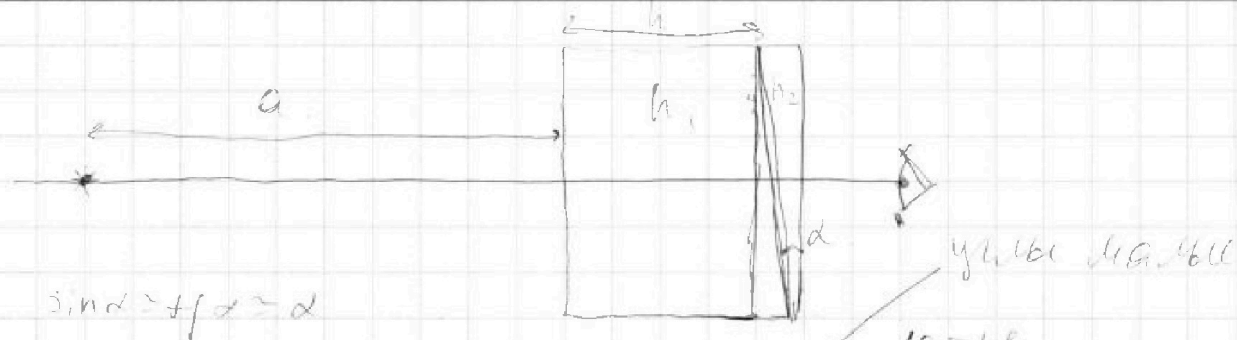
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\sin \alpha \approx \alpha \approx \alpha$$

$$l \approx h \alpha$$

$$h \alpha \approx l$$

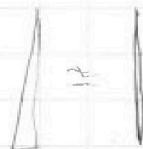
$$l - \beta + \alpha - \gamma = 0$$

$$\Rightarrow l = \beta(h-1) + \alpha(h-1)$$

$$\Rightarrow l = (h-1)(\beta + \alpha) ; \beta = \alpha \Rightarrow l = \alpha(h-1) + \alpha(h-1) = 2\alpha(h-1)$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{l}{2(h-1)} = \frac{0,1}{2(1,7-1)} = \frac{0,1}{1,4} \approx 0,07 \text{ рад.}$$

max как α малый \Rightarrow



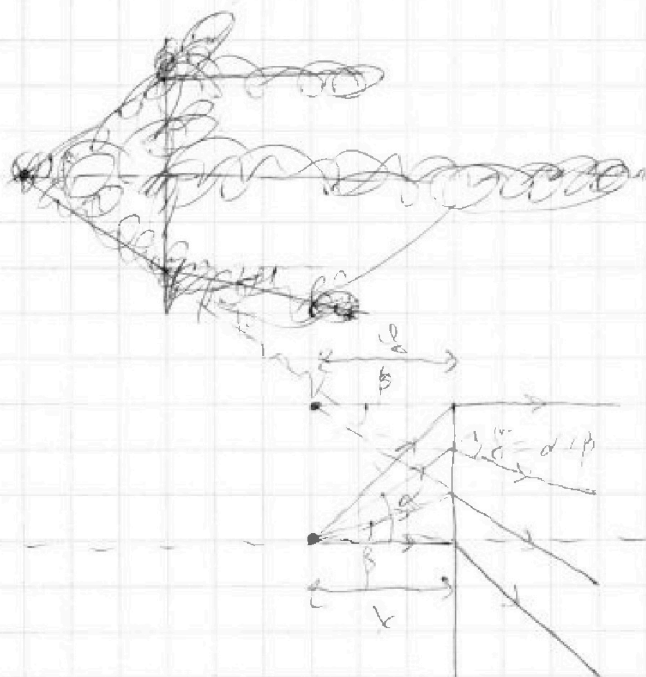
делаем это

$\delta = \alpha \cdot f$ справедливо.

если $y = x$

$$l \delta = \alpha f + y f ; y = x$$

$$\Rightarrow \delta = \alpha + \frac{x}{f}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

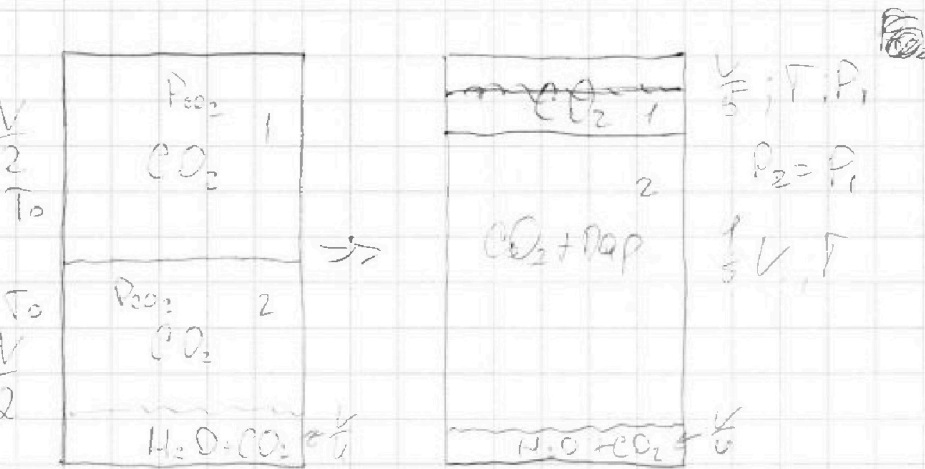
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



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

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

$$\Rightarrow \nu_{max} \varepsilon = \frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0} + k \frac{P_{CO_2} V}{4} \Rightarrow \beta = \frac{\frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0} + k \frac{P_{CO_2} V}{4}}{\frac{P_{CO_2} V}{4 R T_0}} = \frac{1 + k R T_0}{1}$$

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

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

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

$$\beta = 1,1$$

и учитываемся давлением
 воды и пар дурит насыщенным

$$P_0 \approx 10^5 Pa = P_{sat} \text{ при } T = 3 = 3 K$$

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.

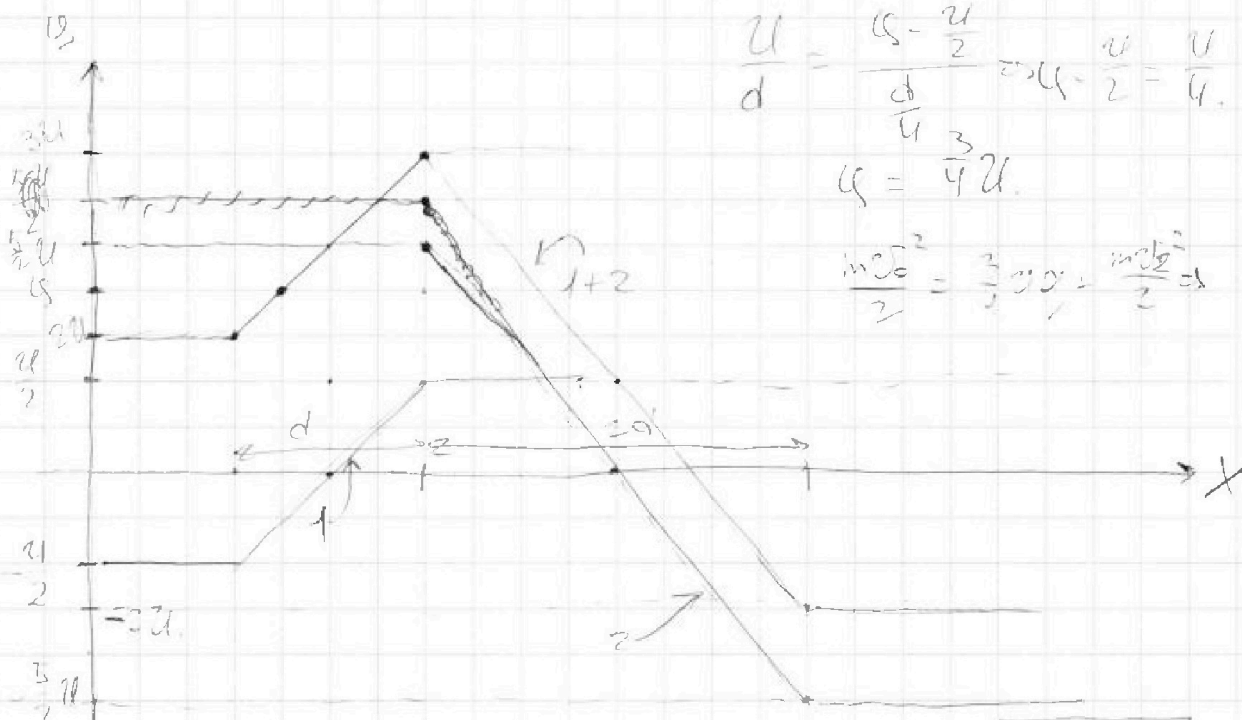
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

~~Условие задачи~~
~~Решение задачи~~
~~Условие задачи~~
~~Решение задачи~~



$$\frac{U}{d} = \frac{U - \frac{U}{2}}{\frac{d}{4}} \Rightarrow U - \frac{U}{2} = \frac{U}{4}$$

$$U = \frac{3}{4}U$$

$$\frac{m\sigma_0^2}{2} = \frac{3}{2} \sigma_0^2 = \frac{m\sigma_2^2}{2} \Rightarrow \sigma_2 = \sigma_0$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \sqrt{\sigma_0^2 - \frac{3Uq}{4l\epsilon_0}}$$

3) $\sigma_2 = \sqrt{\sigma_0^2 - \frac{3Uq}{4l\epsilon_0}}$
 Ответы: 1) $Q = \frac{Uq}{4\epsilon_0 d}$ 2) $q \cdot U = k_1 - k_2$

данный элемент можно рассмотреть как два
 ряда ~~два~~ элемента конденсатора конденсатор
 1 с напряжением U и конденсатор 2
 с напряжением $5U \Rightarrow$ зарядки конденсатора
 ем собой суммарный заряд конденсатора
 создаваемый ~~конденсаторами~~ конденсаторами

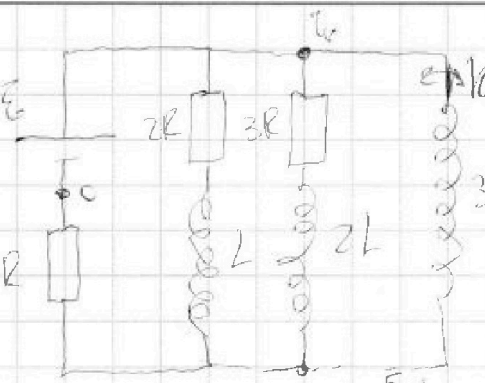
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

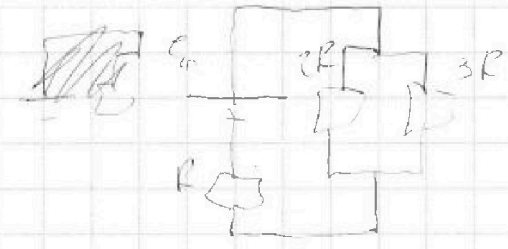
1 2 3 4 5 6 7



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



при замыкании ключа и заданных резисторах φ_{01} и $\varphi_{02} = 0$.



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

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

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

сразу после замыкания ключа через катушку 3L ток не пойдет.

φ_{02} и φ_{01} непрерывно будут равны 0 пока индукция в цепи не изменится

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

$$\int_0^{\varphi_{2R}} 2R dq_{2R} + \int_0^{I_{2R}} L dI_{2R} = \int_0^{I_{3L}} 3L dI_{3L} \Rightarrow 2R q_{2R} - L I_{2R} = 3L I_{3L} \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow q_{2R} = \frac{18LE}{11R^2} ; \varphi_{02} = 0 ; 3L \frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{6E}{11} \Rightarrow \frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{2E}{11L}$$

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

МФТИ

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 от
 источника света или лучу зависи-
 мости от ориентации призмы.

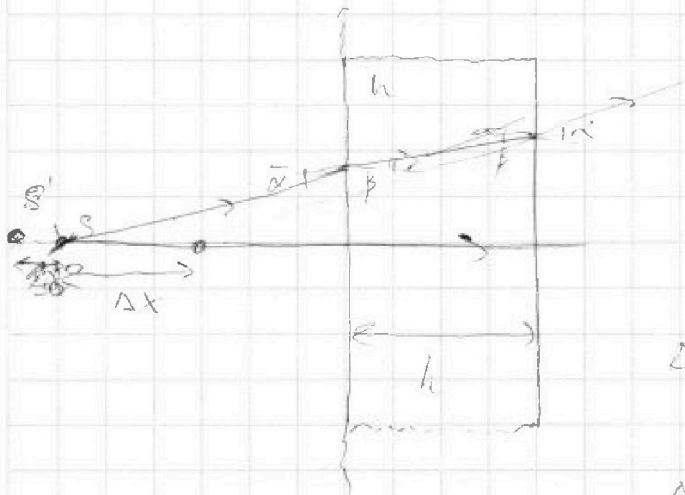


$$y = (a+h)z = (2036 \cdot 0,07) = 142,52$$

$$y = \frac{142,52}{100} = 1,4252 \approx \sqrt{2}$$

$$y^2 \approx 2$$

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



$$\alpha \cdot h \beta$$

$$h \beta = z_1$$

$$h \alpha = z_2$$

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

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{\alpha} = h(1 - \frac{1}{n}) \approx 900 \text{ м} \left(\frac{2}{3} \right)$$

$$\Delta x \approx 300 \text{ м}$$

$$a' = a - \Delta x = 1900 \text{ м} \Rightarrow y' = a' + h = 2000 \text{ м}; \quad y'^2 = (a'+h)^2 = 52$$

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

Ответы: 1) $S = 0,07 \text{ м}$ 2) $S = 2000 \text{ м}$ 3) $S_2 = 2000 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

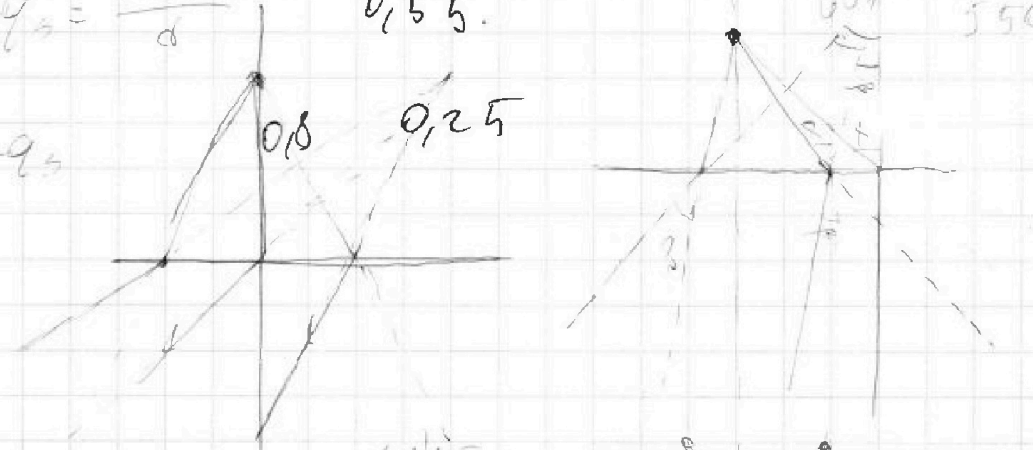
решение которой представлено на странице:

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!

$\frac{q_2}{240s} + \frac{q_3}{240s} - \frac{q_1}{240s} = \frac{U}{d} \quad \epsilon_1 = \frac{d^2}{d}$
 $\frac{q_2}{240s} + \frac{q_1}{240s} - \frac{q_3}{240s} = \frac{577}{2d} \cdot 25$
 $\frac{4}{5} - \frac{1}{4}$
 $\frac{16-5}{20} q_1 + q_2 + q_3 = 0$
 $q_2 + q_3 - q_1 = \frac{19}{20} \cdot \frac{240s \cdot U}{d}$
 $q_1 + q_2 - q_3 = \frac{5240s}{d}$
 $q_1 + q_2 + q_3 = 0$
 $1 + 0,8$



$\frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 3}{5} = 0,8$
 $\frac{25}{8} \cdot 40 = 125$
 $125 \cdot 1000$
 $\frac{25}{8} - \frac{15}{22}$
 $\frac{\sqrt{c_2}}{\sqrt{D}} = \frac{P_{cc2} \cdot v}{2P \cdot \frac{v}{5}} \Rightarrow \frac{v_2}{P} = \frac{5}{7c_0} \cdot \frac{P_{cc2}}{P} = \frac{1}{8} \cdot \frac{40}{105}$



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!

