



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

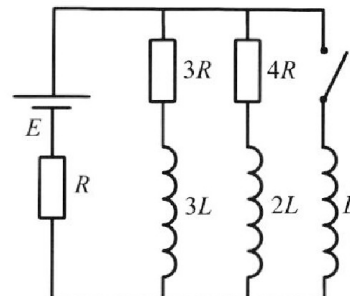
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $a = 90$ 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 $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

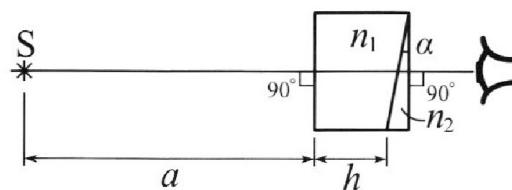


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



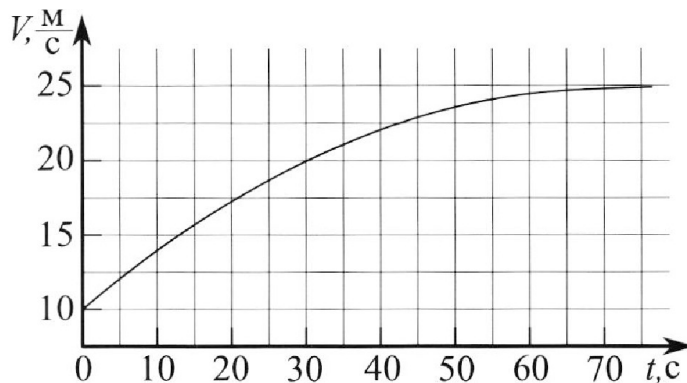
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой $m = 1500$ 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 $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

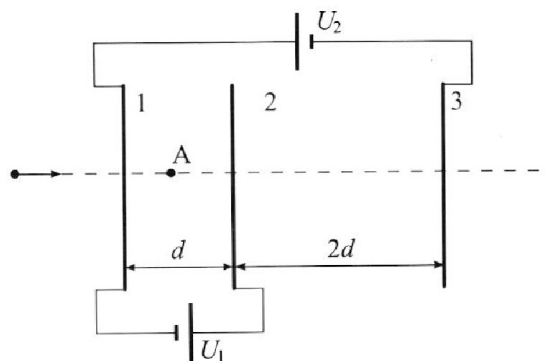
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

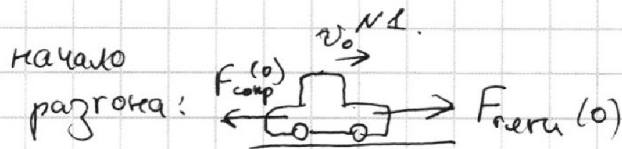
3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению 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 A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

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!



$$F_{\text{сomp}}(0) = \alpha U_0$$

Из графика видно, что в первые 5 секунд $U(t)$ зависит практически линейно, т.е. ускорение с некоторой погрешностью можно считать на этом участке постоянным.

В момент времени $t = 5$ с скорость машины примерно 12 м/с , имеем:

$$a_0 = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{12 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{5 \text{ с}} \approx \frac{2}{5} \text{ м/с}^2 \approx 0,4 \text{ м/с}^2$$

$$F_{\text{тяги}}(0) - F_{\text{сomp}}(0) = m a_0$$

$$F_{\text{сomp}} = \alpha U. \text{ Найдем } \alpha:$$

Скорость асимптот. стремиться к $U_{\text{уст}} = 25 \text{ м/с}$, т.е.:

$$F_k = \alpha U_{\text{уст}} \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{U_{\text{уст}}} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_{\text{тяги}}(0) = F_0 = m a_0 + F_{\text{сomp}}(0)$$

$$F_0 = m a_0 + \alpha U_0 = 1500 \text{ кг} \cdot \frac{2}{5} \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 10 \text{ м/с}$$

$$F_0 = (600 + 240) \text{ Н} = 840 \text{ Н}$$

$$P_0 = F_0 \cdot U_0 = 840 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 8400 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,4 \text{ м/с}^2$ 2) $F_0 = 840 \text{ Н}$ 3) $P_0 = 8400 \text{ Вт}$



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!

Решим *полученные*

$$U_{grn}^* = \frac{U_r}{2} + \frac{1}{4} p_0 V \cdot k$$

$$U_{grn}^* = \frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{1}{4} p_0 V \cdot k$$

уравн:

$$U_r = \frac{p_0 V}{2 R T_0}$$

$$U_r R = \frac{p_0 V}{2 T_0}$$

$$p_{grn} = p^* - 2p_0$$

$$p^* = \frac{5 U_r R T_0}{V} = \frac{5 p_0 T_0}{2 T_0}$$

$$p_{grn} = \frac{5 p_0 T_0}{2 T_0} - 2 p_0$$

$$\frac{11}{20} V \left(\frac{5 p_0 T_0}{2 T_0} - 2 p_0 \right) = R T_0 \left(\frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{1}{4} p_0 V \cdot k \right) / : p_0 V$$

$$\frac{11}{20} \left(\frac{5 T_0}{2 T_0} - 2 \right) = \frac{1}{4} R T_0 \left(\frac{1}{R T_0} + k \right) / : 4$$

$$\frac{11}{8} \frac{T_0^*}{T_0} - \frac{11}{10}$$

$$\frac{11}{5} \left(\frac{5 T_0^*}{2 T_0} - 2 \right) = R T_0^* \left(\frac{1}{R T_0} + k \right)$$

$$\frac{11}{2} \frac{T_0^*}{T_0} - \frac{22}{5} = \frac{T_0^*}{T_0} + R T_0^* \cdot k$$

$$\frac{9}{2} \frac{T_0^*}{T_0} = \frac{22}{5} + R T_0^* \cdot k = \frac{22}{5} + 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} =$$

$$= \frac{22}{5} + \frac{3}{2} = \frac{44}{10} + \frac{15}{10} = \frac{59}{10}$$

$$\frac{9}{2} \frac{T_0^*}{T_0} = \frac{59}{10}$$

$$\boxed{\frac{T_0^*}{T_0} = \frac{59}{45}}$$

Order: 1) $\frac{U_r}{U_{grn}} = 2$

2) $\frac{T_0^*}{T_0} = \frac{T_0}{T_0} = \frac{59}{45}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

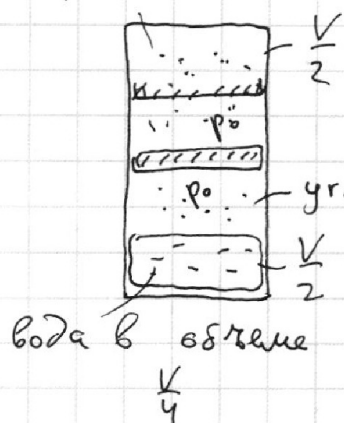
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№ 2.

Рассч. ситуацию до нагревания:

гелий.



угл. газ в газ.
сосл.
в объеме
 $\frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$

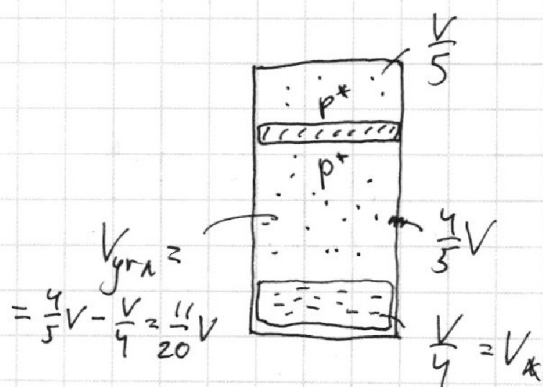
$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{г}} R T_0$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{угл}} R T_0$$

$$\frac{\nu_{\text{г}}}{\nu_{\text{угл}}} = 2$$

$$\nu_{\text{расв}} = k p w = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{1}{4} p_0 \cdot V \cdot k$$

После нагревания:



Поскольку при $T^* = 373\text{K}$

угл. газ не расш. в воде, верно, что:

$$\nu_{\text{г}}^* = \nu_{\text{г}} + \nu_{\text{расв}}$$

$$p^* \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{г}}^* R T^*$$

$$p_0 \cdot \frac{11}{20} V = \nu_{\text{г}}^* R T^*$$

Из условия энт. равновесия:

$$2p_0 + p_{\text{угл}} = p^*$$

тогда при $T = 373\text{K}$ равно $p^* = 2p_0$

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

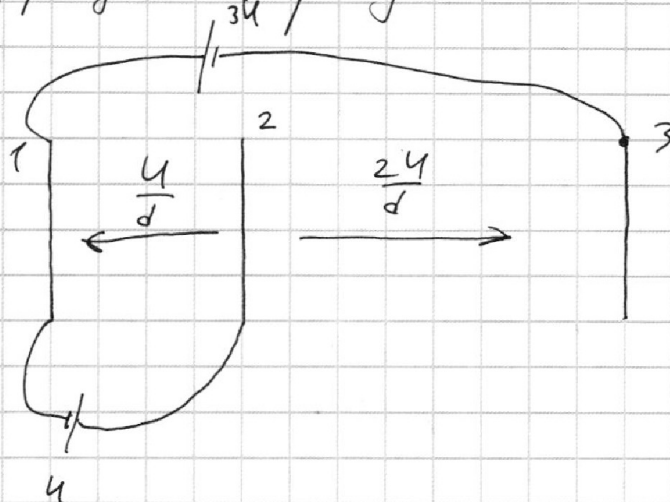
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Перерисуем рисунок:



Вне всех пластин (заряд ~~кажд.~~) поле не,
т.к. суммарный заряд всех пластин равен
нулю.

На участке 1-2:

$$m a_{12} = E_{12} q \Rightarrow \left[a_{12} = \frac{E_{12} q}{m} = \frac{U q}{m d} \right]$$

$$\left[K_1 = \frac{1}{2} m v_0^2 \right] \text{ (т.к. поле вне не)}$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

На уч. 1-2 $a_{12} = \text{const}$,

поэтому:

$$v_0^2 + \frac{v_0^2 - v_2^2}{2 a_{12}} = d$$

$$v_2^2 = v_0^2 - 2 a_{12} d$$

$$v_2^2 = v_0^2 - 2 \frac{U q}{m} \cdot d$$

$$v_2 = \sqrt{v_0^2 - 2 \frac{U q}{m}}$$

вычитаем
 $v_{\text{кон}}^2$, а не $v_{\text{нач}}^2$,
т.к. частица
тормозит.

$$\left[K_2 = \frac{1}{2} m \left(v_0^2 - 2 \frac{U q}{m} \right) \right]$$

$$\left[K_1 - K_2 = U q \right] = A_{\text{Фэл.}}$$

~~З.Ф.~~



В области м/у сетками 2 и 3:

$$U - (-3U) = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) \cdot 2d$$

$$4U = \left(\frac{q_1}{\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{\epsilon_0 S} \right) \cdot d$$

$$(***) 4U\epsilon_0 S = (q_1 + q_2 - q_3) \cdot d$$

Получили 3 ур-ия. Решая их, находим q_1, q_2, q_3

$$q_1 + q_2 = -q_3$$

$$4U\epsilon_0 S = -2q_3 \cdot d \Rightarrow \boxed{q_3 = -\frac{2U\epsilon_0 S}{d}}$$

$$q_2 + q_3 = -q_1$$

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

$$\boxed{q_2 = -q_1 - q_3 = \frac{3\epsilon_0 S U}{d}}$$

Вне зависимости от предположения, что $q_1 > 0$, результат верный.

$$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = -\frac{U}{2d} + \frac{U}{d} - \frac{3U}{2d} = -\frac{U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = -\frac{U}{2d} + \frac{3U}{2d} + \frac{U}{d} = \frac{2U}{d}$$

Мы нашли результ. напряженности м/у сетками 1 и 2 (E_{12}) и 2 и 3 (E_{23}).

Знак "-" указывает на другое направление.

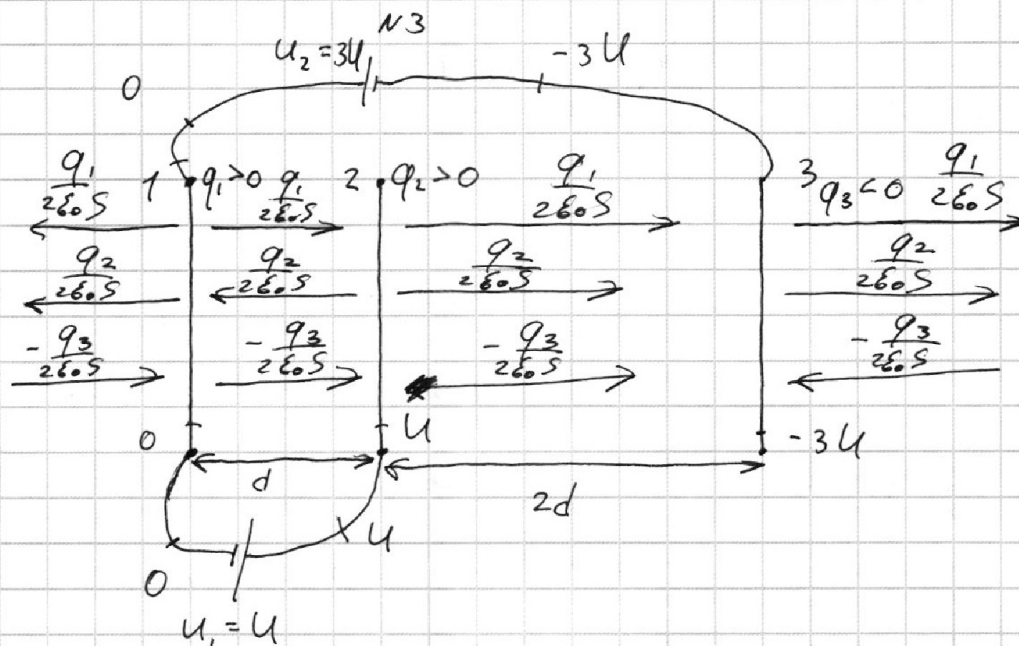
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



В решении использует метод потен.
 циалов.

Допустим сетки 1 и 2 заряжены
 положительно, а сетка 3 отрицательно. При-
 положении на ответ не повлияет. Расставим
 напряженности: $E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$ $E_3 = -\frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$ (модуль)

$$E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}$$

$$\text{З.С.З: } q_1 + q_2 + q_3 = 0 (*)$$

На В области м/у сетками 1 и 2:

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

$$(**) 2\epsilon_0 S U = (q_2 - q_1 + q_3) \cdot d$$

стр. 1.

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!



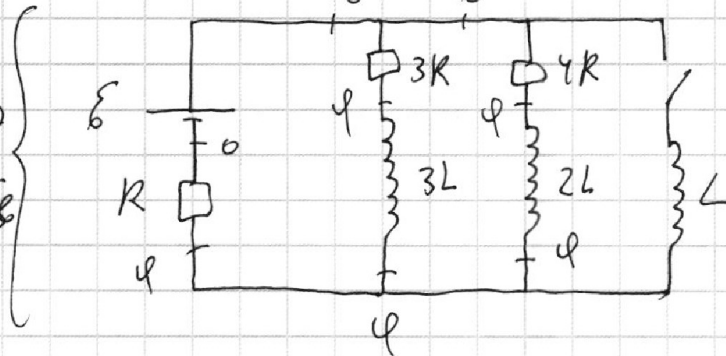
До замык:

и т

Решим уся,

$$U_{2L} = 0 \text{ и } U_{3L} = 0$$

метод
поиск.
уравн.



$$\frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} = \frac{\varphi}{R} \quad | \cdot 12$$

$$4E - 4\varphi + 3E - 3\varphi = 12\varphi$$

$$19\varphi = 7E$$

$$\varphi = \frac{7}{19} E$$

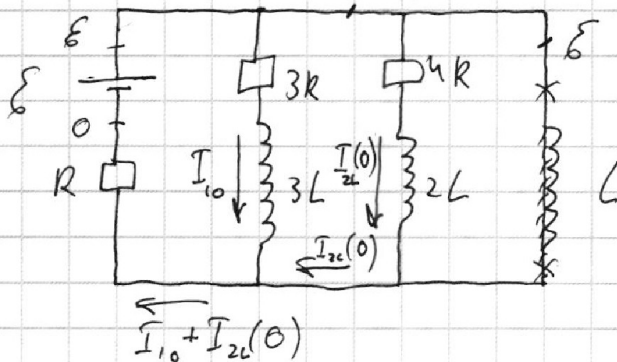
$$I_{2L}(0) = \frac{3E}{19R}$$

$$I_{10} = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{12E}{19 \cdot 3R} = \frac{4E}{19R}$$

Сразу после замык. ключа:

Ток через катушки скачком не изменит.

и т.



т.к. ток через катушки скачком не изменится, и напряжение на рез. R

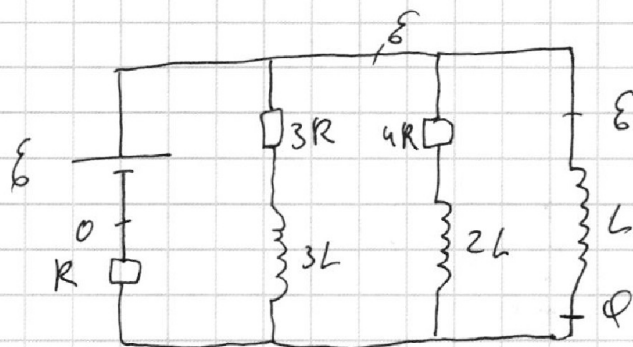
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Напряж. на резисторе R после замык.
 ключа ^{сначала} не изменится, т.к. на катушках
 сначала не изменится ток, а их сумма
 равна току через резистор R .

Поэтому $U = \varepsilon - \varphi = L I_L' \Rightarrow \left[I_L' = \frac{\varepsilon - \varphi}{L} = \frac{12\varepsilon}{19L} \right]$
 сразу после

После замык. катушка ток через L
 будет растёт до выравнивания потенциа-
 лов на ее концах, но тогда когда
 $U_L = 0$, она станет ид. проводником и ^{весь} ток
 пойдёт через нее.

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

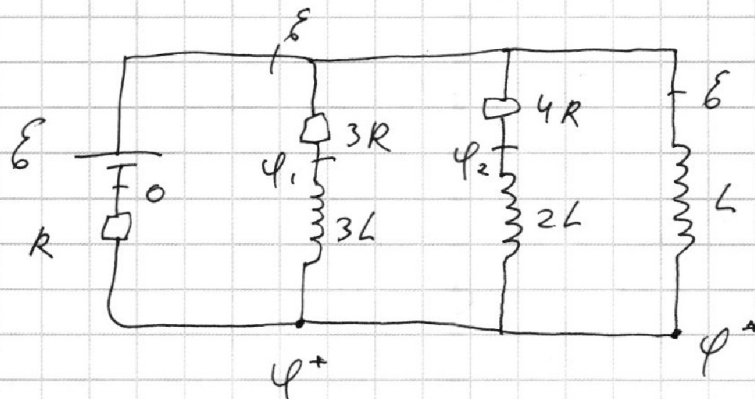
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Рассч. контр. моменты после $\rightarrow$:



$$\varepsilon - \varphi_1 = 3 I_{3R} \cdot R$$

$$\varphi_1 - \varphi^* = 3 L I_{3R}' < 0 \text{ (ток } \downarrow \text{)}$$

$$\varepsilon - \varphi^* = L I_L' > 0$$

$$\varepsilon - \varphi^* - 3 L I_{3R}' = 3 I_{3R} \cdot R$$

$$L I_L' - 3 L I_{3R}' = 3 I_{3R} \cdot R$$

$$L \frac{dI_L}{dt} - 3 L \frac{dI_{3R}}{dt} = 3 I_{3R} \cdot R \quad | \cdot dt$$

$$L dI_L - 3 L dI_{3R} = 3 \underbrace{I_{3R} \cdot dt}_{dq_{3R}} \cdot R$$

Просекумируем от замык. ключа до уст. сост:

$$L \cdot I_L(t_{уст}) - 3 L (0 - I_{3R}(0)) = 3 q_{3R} \cdot R (*)$$



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

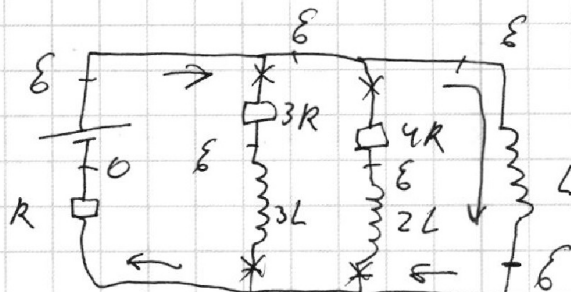
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Рассч. $t = t_{yc}$:



$$I_L(t_{yc}) = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Подставляем $\mathcal{E}$ (*):

$$\frac{\mathcal{E}L}{R} + 3L \cdot \frac{4\mathcal{E}}{19R} = 39_{3R} \cdot R$$

$$39_{3R} R = \frac{31\mathcal{E}L}{19R}$$

$$9_{3R} = \frac{31\mathcal{E}L}{57R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$

2) $I_L' = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$

3) $9_{3R} = \frac{31\mathcal{E}L}{57R^2}$



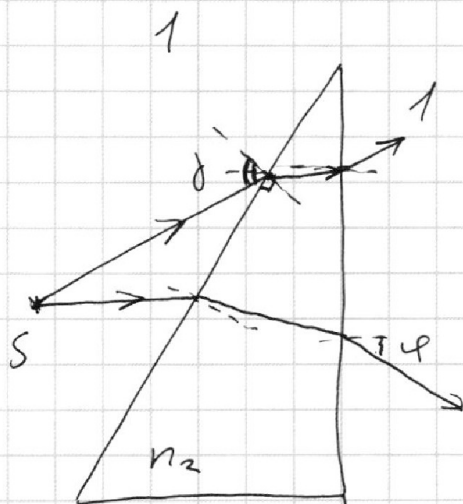
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Ответ: 1) $\gamma = 0,07 \text{ рад}$
2) и на α

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

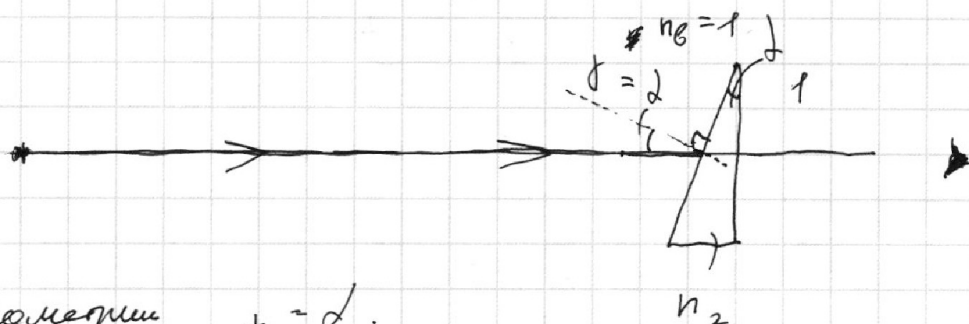
МФТИ

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



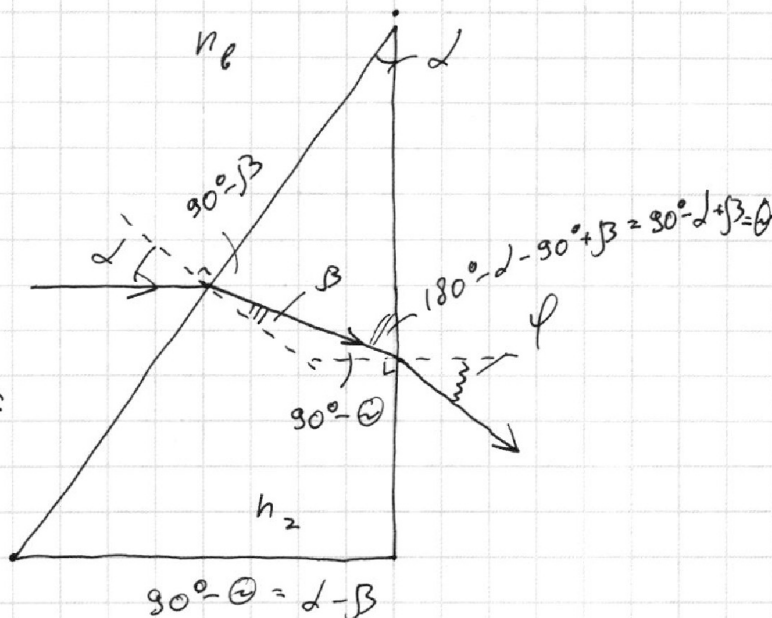
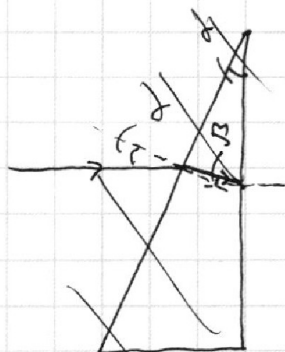
№5.

Если $n_1 = n_2$, то лучи, проходя через границу n_1 и n_2 не преломляются; можно убрать n_1 :



Из геометрии $\alpha = \beta$.

Рассм. ход света в призме:



По 3-му закону:

$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$$

т.к. углы малы:

$$\alpha \cdot n_1 = \beta \cdot n_2$$

$$\beta = \alpha \frac{n_1}{n_2}$$

$$\varphi \cdot n_1 = (\alpha - \beta) \cdot n_2$$

$$\varphi = \frac{(\alpha - \beta) \cdot n_2}{n_1} = \frac{\alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) \cdot n_2}{n_1}$$

$$\varphi = \frac{\alpha(n_2 - n_1)}{n_1} = \alpha(n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$



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!

$$\frac{1}{20}$$

$$\frac{2}{5} = 0,4$$

$$= 0,35$$

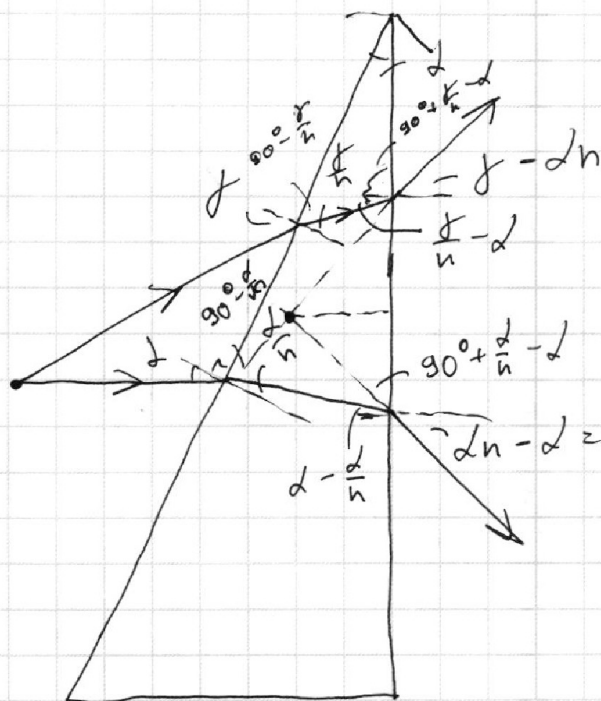
$$\frac{2}{5} = 0,4$$

$$600 = 25 \cdot d \quad d = 24$$

$$24 \cdot \frac{300}{5} - 1500 = F_r - 24 \cdot 10$$

$$F_r = 600 + 240 = 840$$

$$P_o = 8400 B_r$$



$$f \approx d$$

$$2n - d = d(n - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07$$

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!



$$\frac{11}{5} p_{\text{грн}} V = U_{\text{грн}} R T^* + \frac{V}{2} k R T^* (p_{\text{грн}} - p_0)$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = U_{\text{грн}} R T_0$$

$$U_{\text{грн}} R = \frac{p_0 V}{4 T_0}$$

$$\frac{11}{5} p_{\text{грн}} V = \frac{p_0 V}{4 T_0} \cdot T^* + \frac{V}{2} k R T^* = \frac{11}{5} \left(5 T^* \cdot \frac{1}{2 T_0} - 2 \right)$$

$$\frac{9}{2} \frac{T^*}{T_0} = \frac{22}{5} \Rightarrow \frac{T^*}{T_0} = \frac{22}{5} \cdot \frac{2}{9} = \frac{44}{45} \approx 0.978$$

$$\frac{T^*}{T_0} + k \frac{T^*}{T_0} = \frac{11 T^*}{2 T_0} = \frac{22}{5} \Rightarrow \frac{T^*}{T_0} = \frac{22}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{11}{5} = 2.2$$

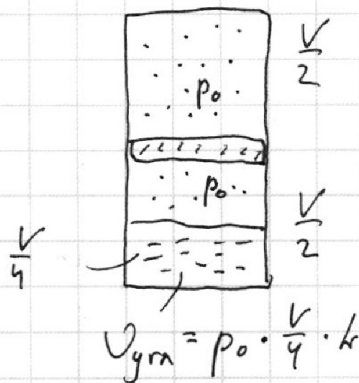
До нагревания:

$$\frac{9}{2} \frac{T^*}{T_0} = \frac{59}{10} \Rightarrow \frac{T^*}{T_0} = \frac{59}{10} \cdot \frac{2}{9} = \frac{59}{45} \approx 1.31$$

$$\frac{U_r R}{V} = \frac{p_0}{2 T_0}$$

$$\frac{1}{2} p_0 V = U_r \cdot R \cdot T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = U_{\text{грн}} R T_0 \Rightarrow U_{\text{грн}} = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$



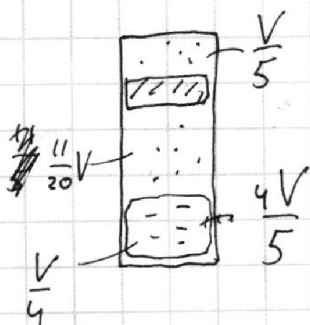
$$U_{\text{грн}} = p_0 \cdot \frac{V}{4} \cdot k$$

$$\frac{U_r}{U_{\text{грн}}} = 2$$

$$2 p_0 + p_{\text{грн}}^* = \frac{5 U_r R T^*}{V}$$

$$p_{\text{грн}}^* = \left(\frac{5 U_r R T^*}{V} - 2 p_0 \right)$$

Решение:



$$p_r^* \cdot \frac{V}{5} = U_r R T^*$$

$$(2 p_0 + p_{\text{грн}}^*) = p_r^*$$

$$p_{\text{грн}}^* \cdot \frac{11}{20} V = (U_{\text{грн}} + \frac{1}{4} p_0 V k) \cdot R T^*$$

$$\left(\frac{5 U_r R T^*}{V} - 2 p_0 \right) \cdot \frac{11}{20} V = \frac{1}{4} p_0 V \left(\frac{1}{R T} + k \right) \cdot R T^*$$

$$\left(5 T^* \cdot \frac{p_0}{2 T_0} - 2 p_0 \right) \cdot \frac{11}{20} = \frac{1}{4} p_0 \left(\frac{1}{R T} + k \right) R T^*$$

$$\left(\frac{5}{2} \frac{T^*}{T_0} - 2 \right) \cdot \frac{11}{5} = \frac{T^*}{T_0} + k \frac{T^*}{T_0}$$



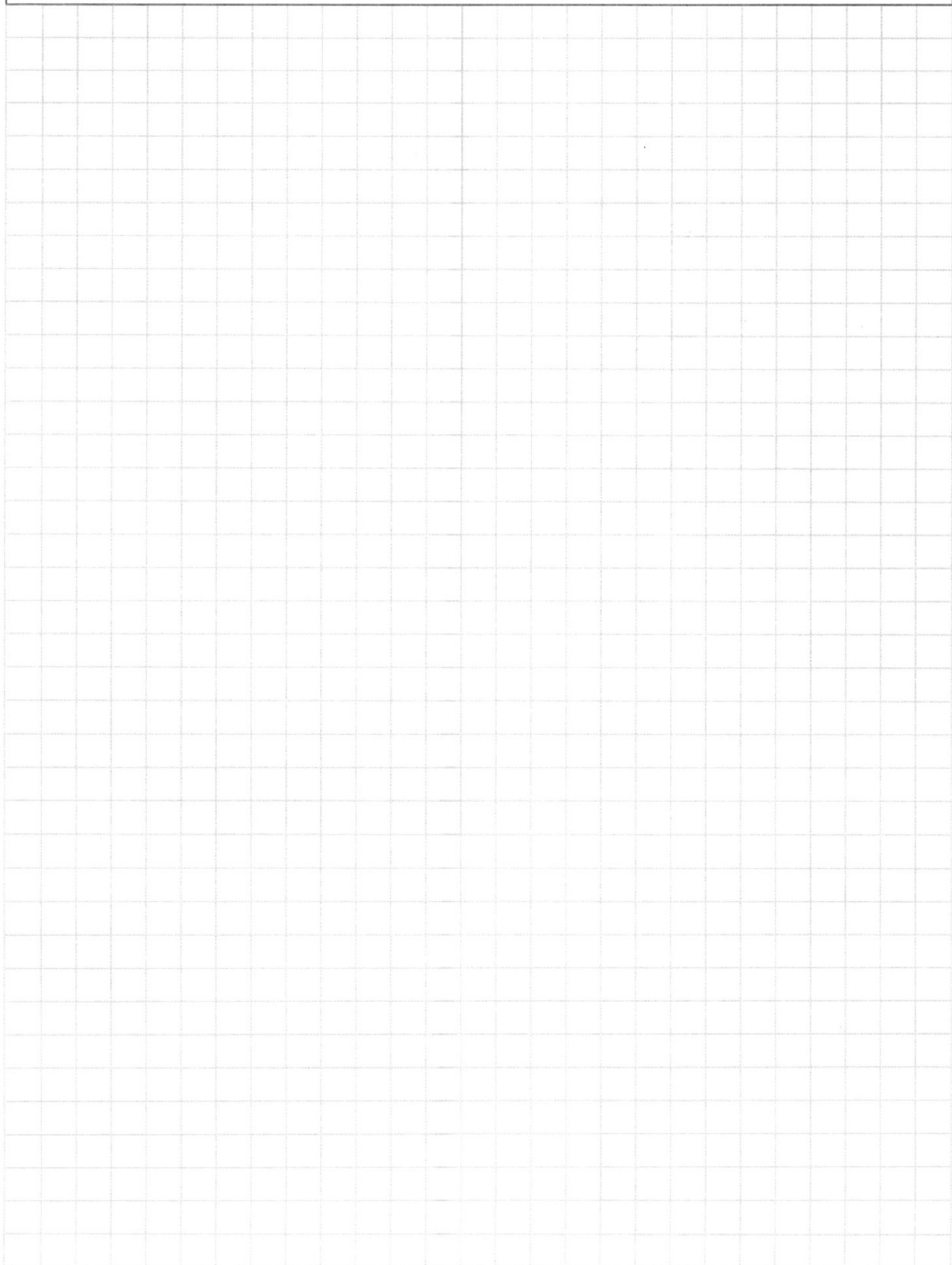
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

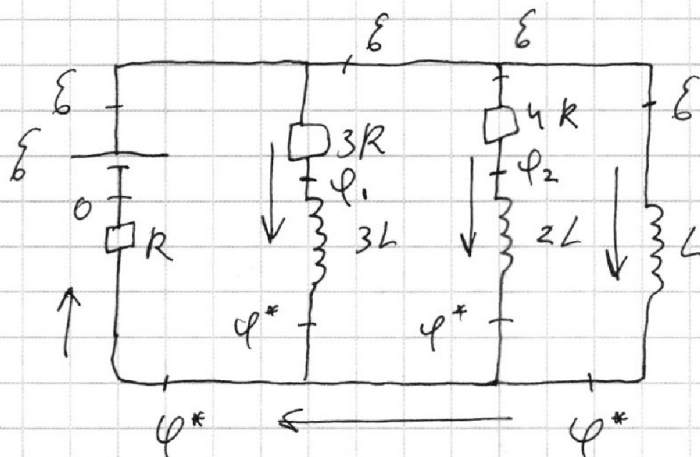
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



Рассч. произв. момент после $\rightarrow$:



$$\delta - \varphi^* = \angle I_1'$$

$$\frac{\varphi^*}{R} = \bar{I}_{3L} + \bar{I}_{2L} + \bar{I}_L$$

$$\varphi_1 - \varphi^* = 3 \angle \overline{I}_{3L}^1$$

$$\varphi_2 - \varphi^* = 2I_2'$$

$$\frac{6 - \varphi_1}{3R} = I_{3L}$$

$$\frac{8 - \varphi_2}{4R} = \bar{I}_{2L}$$

$$\varphi_1 = 8 - 3 \frac{1}{3} R$$

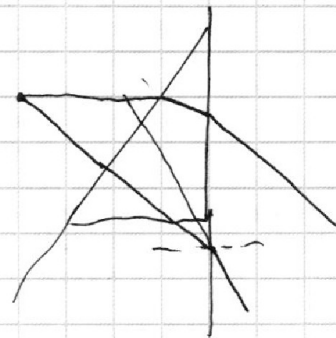
$$f_2 = 6 - 4I_{24} R$$

$$\varepsilon - 3 \bar{I}_{3L} R - \varphi^* = 3L \bar{I}_{3L}'$$

$$\delta - 4 \mathbb{I}_{24} R - \varphi^2 = 2 \mathbb{L} \mathbb{I}_{24}'$$

$$4 \int_{2L} R - 3 \int_{3L} R = 3 \int_{3L} I' - 2 \int_{2L} I' / \cdot dt$$

$$(*) \quad 4d_{2L}R - 3d_{3L}R = 3Ld\bar{I}_{3L} - 2Ld\bar{I}_{2L}$$



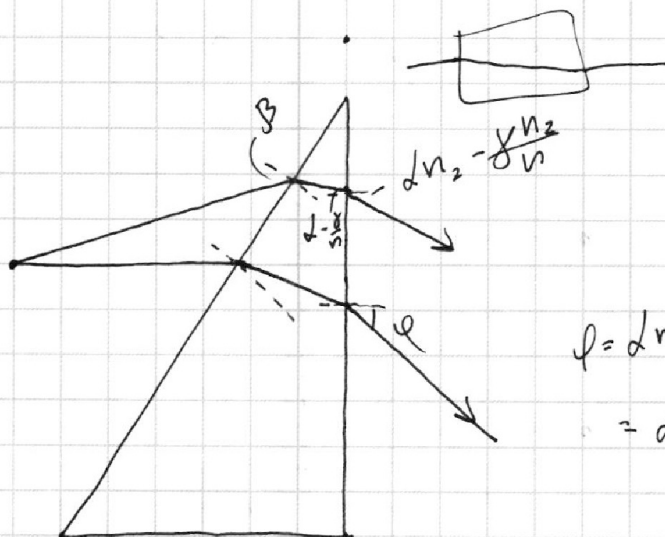
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

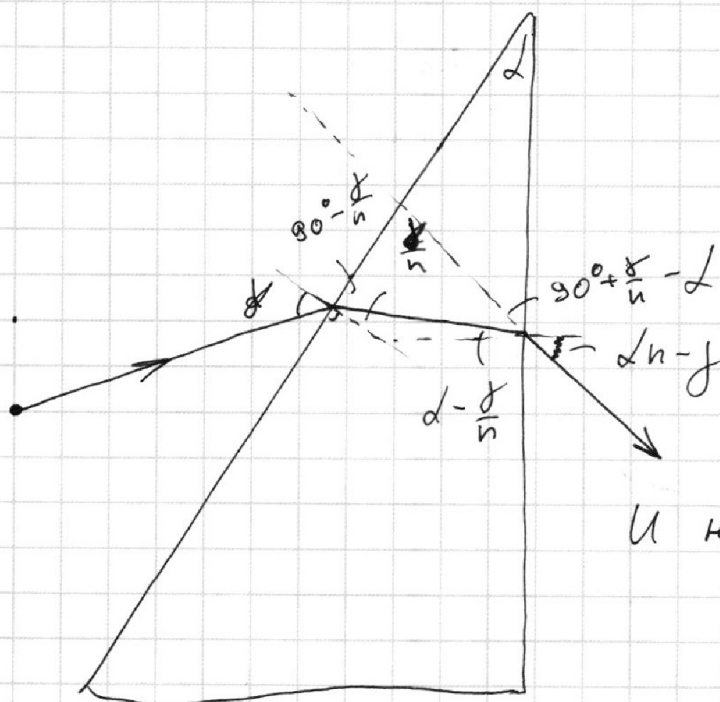
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\begin{aligned} \varphi &= d n_2 - d \frac{n_2}{n} = \\ &= d n_2 \left(1 - \frac{1}{n} \right) \end{aligned}$$



и на ∞ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

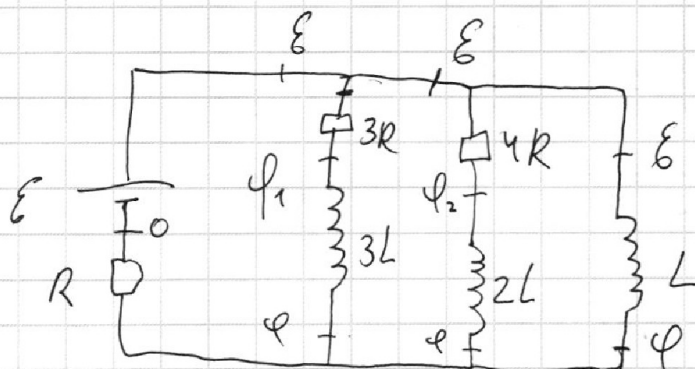
МФТИ

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



Просецируем (+) от ~~6~~ ~~маленькой~~ ~~замкнутой~~ ~~кнопки~~ ~~20~~
усл. соед:

$$4\varphi_{2L}R - 3\varphi_{3L}R = -3L\bar{I}_{3L}(0) + 2L\bar{I}_{2L}(0)$$



$$\bar{I}_L + \bar{I}_{2L} + \bar{I}_{3L} = \frac{\varphi}{R}$$

$$\frac{\varepsilon - \varphi_1}{3R} + \frac{\varepsilon - \varphi_2}{4R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{L} = 0$$

$$\varepsilon - \varphi_1 = 3\bar{I}_{3R}R$$

$$\varepsilon - \varphi_2 = 4\bar{I}_{4R}R$$

$$\varepsilon - \varphi = L\bar{I}_L'$$

$$\varphi_2 - \varphi = 2L\bar{I}_{2L}' < 0$$

$$\varphi_1 - \varphi = 3L\bar{I}_{3L}' < 0$$

$$\varepsilon - 3L\bar{I}_{3L}' - \varphi = 3\bar{I}_{3R}R$$

$$\varepsilon - 2L\bar{I}_{2L}' - \varphi = 4\bar{I}_{4R}R$$

$$L\bar{I}_L' - 3L\bar{I}_{3L}' = 3\bar{I}_{3R}R$$

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

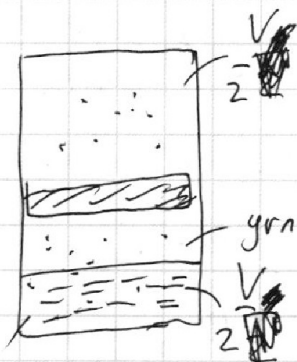
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Пусть ~~высоте~~ было растворено $V_{\text{раств}}$

$$V_{\text{раств}} = k p_0 \cdot \frac{V_0}{2}, \text{ тогда в конце}$$

$$V_{\text{раств}}^* = k p^*.$$



$$V_{\text{grn}}^* = V_{\text{grn}0} + V_{\text{исп.}}$$

$$V_{\text{исп.}} = V_{\text{раств}0} - V_{\text{раств}}^* = k(p_{\text{grn}} \cdot \frac{V}{2} - p_0 \cdot \frac{V}{2})$$

grn. raz в кон-ве $\frac{V}{4}$

$$\frac{V_{\text{grn}} R}{V} = \frac{p_{\text{grn}}}{2V_0}$$

$$p_{\text{gr}} = 50^* \cdot \frac{p_0}{2V_0}$$

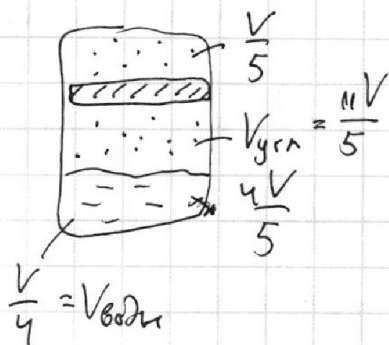
вода в кон-ве $\frac{V}{4}$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_{\text{gr}} R T_0$$

$$p_{\text{gr}} \cdot \frac{V}{4} = V_{\text{gr}0} \cdot R \cdot T_0$$

$$\frac{V_{\text{gr}}}{V_{\text{gr}0}} = 2.$$

$$p_{\text{gr}} = \frac{50 R T_0^*}{V}$$



$$p_{\text{grn}} \cdot \frac{11}{5} V + p_0 \cdot \frac{11}{5} V = (V_{\text{grn}}^* + V_{\text{исп.}}) \cdot R$$

$$p_{\text{grn}} \cdot \frac{11}{5} V = V_{\text{grn}}^* \cdot R \cdot T_0^*$$

$$V_{\text{grn}}^* = k p_{\text{grn}}$$

$$w = \frac{V}{4} \quad V_{\text{grn}}^* = \frac{1}{4} p_{\text{grn}}^* V \cdot k$$

$$p = p^* \quad p_{\text{grn}} \cdot \frac{11}{5} V = V_{\text{grn}0}$$

$$V_{\text{grn}}^* = V_{\text{grn}0} + k(p_{\text{grn}} \cdot \frac{V}{2} - p_0 \cdot \frac{V}{2})$$

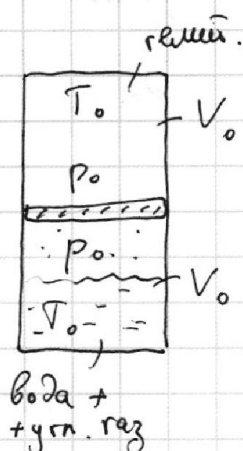
$$p_{\text{grn}} + 2p_0 = p_{\text{gr}} \quad p_{\text{grn}} + 2p_0 = \frac{5}{2} p_0 \cdot \frac{T_0^*}{T_0}$$

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!



До нагрева:



N2.

$$V = 2V_0; V_* = \frac{V_0}{2}$$

$$\Delta U = k p w$$

$$w = \frac{V_0}{2} \quad p_* = p_0$$

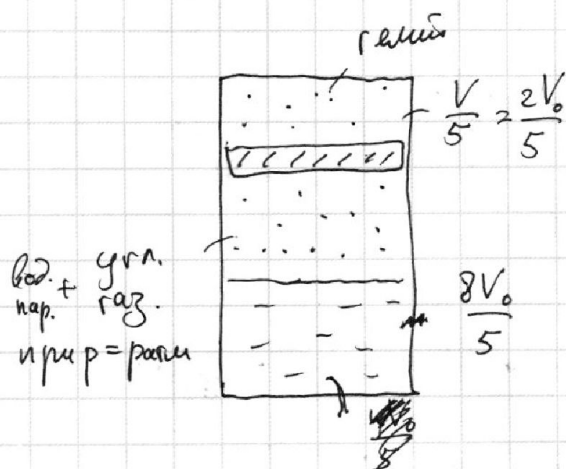
$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

по ур-ню Менд.-Клан:

$$\frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = V_{\text{гр}0} \cdot R \cdot T_0$$

$$(p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = V_r R T_0)$$

После нагрева:



$$\frac{V_r}{V_{\text{гр}0}} = 2$$

Найдем давление газа:

$$p_r \cdot \frac{2V_0}{5} = V_r R T_*$$

$$p_r \cdot \frac{2}{5} V_0 = p_0 V_0$$

$$p_r = \frac{5}{2} p_0 = \frac{5}{4} p_{\text{атм.}}$$

$$p_{\text{гр}0} = \frac{5}{4} p_{\text{атм.}} \quad \text{т.к.} \quad \text{дн.} \quad \text{равновесие,}$$

$$p_{\text{гр}} \cdot \frac{1}{10} V_0 = V_{\text{гр}}^* \cdot R \cdot T$$

$$p_{\text{пара}} p_{\text{гр}} = p_{\text{атм}} = 2 p_0$$

$$p_r^* = 2 p_0 + p_{\text{гр}}$$

$p_{\text{гр}}$ сначала в воде было $V_{\text{гр}0} = \frac{V_0}{2}$

тогда в конце