



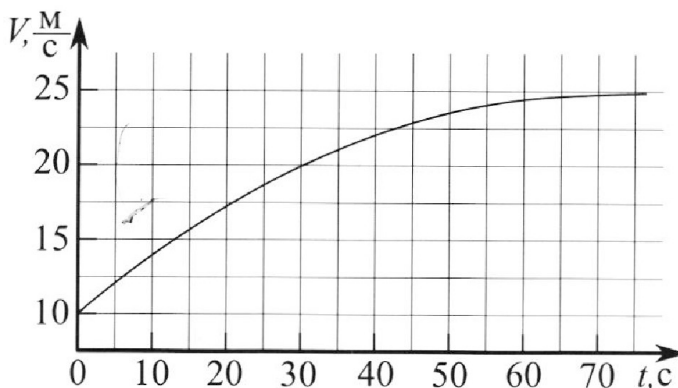
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



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

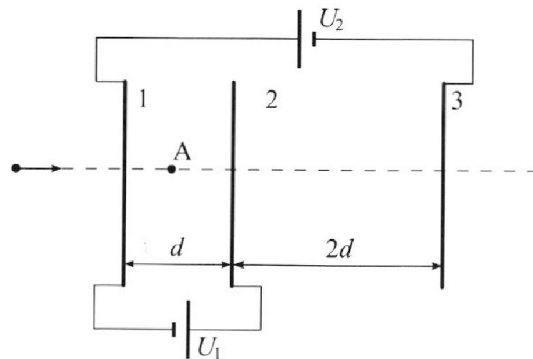
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

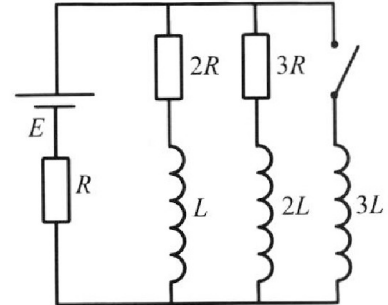
Вариант 11-01

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) Как ой 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.

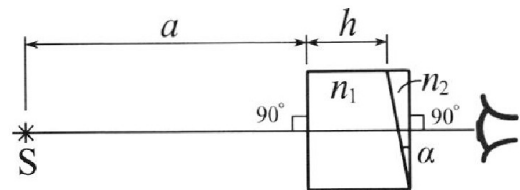


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

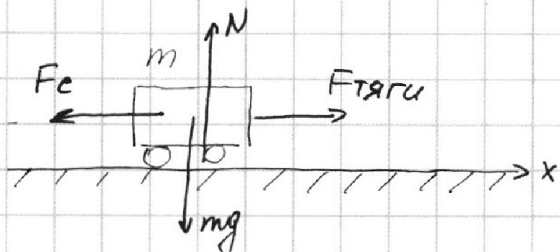
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$F_c = 500 \text{ Н}$$

$F_c \sim v$, пусть α — коэфф. пропорц.

$$\text{Данное: 1) } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v'(t) =$$

$+g\alpha$ (также угол наклона касательной в требуемой точке).

$$a = \frac{25 - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \text{ с}} = \frac{5}{20} \approx 0,25 \text{ м/с}^2$$

2) 23Н для автомобиля в произв. момент

$$\text{Время: } 0x: F_{\text{тяги}} - F_c = ma$$

вкл в конце разгона $a \approx 0$ и движ. можно считать равномерным с уст. скоростью,

$$\text{тогда } F_{\text{тяги}} = F_c = \alpha \cdot v$$

$$F_c = \alpha \cdot v_c \Rightarrow \alpha = \frac{F_c}{v_c} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \Rightarrow$$

в момент t при скорости v ,

$$F_{\text{тяги}} = ma + F_c = m \cdot a + \alpha \cdot v, = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 0,25 \cdot 1800 + 400 = \frac{1800}{4} + 400 = 450 + 400 = 850 \text{ Н}$$

$$3) P = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{\vec{F} \Delta \vec{s}}{\Delta t} = \vec{F} \vec{v}$$

$$P_{\text{дв}} = \vec{F}_{\text{тяги}} \cdot \vec{v} = F_{\text{тяги}} \cdot v, = 850 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 85 \cdot 2 \cdot 100 =$$

$$= 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

Ответ: а) $0,25 \text{ м/с}^2$ б) 17 кВт
в) 850 Н

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

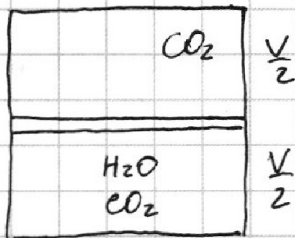
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



T_0 - равновесие

$$V_{\text{жидк}} = \frac{V}{4}$$

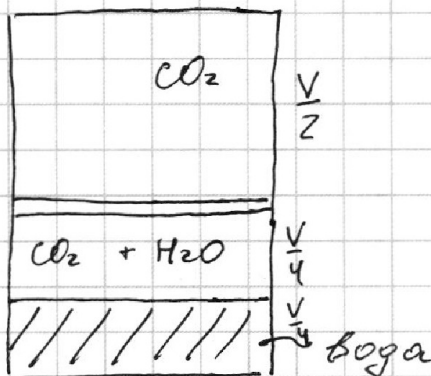
$$T_0 \rightarrow T = \frac{5T_0}{4}$$

$$V_{\text{верхн}} = \frac{V}{5}$$

$$\Delta Q = \kappa p W$$

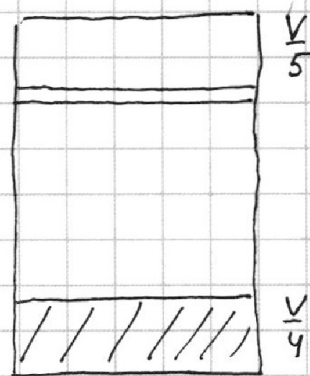
$$1) \frac{V_{\text{газ верх}}}{V_{\text{газ ниж}}} - ?$$

$$2) p_0 - ?$$



до нагрева

T_0

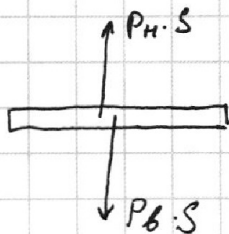


после нагрева

$$T = \frac{5}{4} T_0$$

1)

условие равновесия принять:



по условию пренебречь весом и давлением водяных паров можно пренебречь, тогда

$$P_H \cdot S = P_B \cdot S, \text{ где } S - \text{площадь поршня}$$

Запишем уравн.:

$$P_B = P_H = p_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} P_B \cdot \frac{V}{2} = \nu_B \cdot R T_0 \\ P_H \cdot \frac{V}{4} = \nu_H \cdot R T_0 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} \frac{P_B V}{P_H V} \cdot \frac{4}{2} = \frac{\nu_B R T_0}{\nu_H R T_0} \\ \frac{\nu_B}{\nu_H} = 2 \end{array} \right.$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

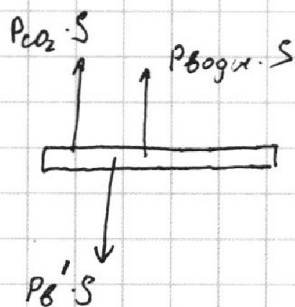
МФТИ

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

2) Р вод. паров при $T = \frac{5}{4} T_0 \approx P_{\text{атм}} (100^\circ \text{C})$



Условие равновесия поршня



$$P_B' \cdot S = P_{\text{CO}_2} \cdot S + P_{\text{вод. пар.}} \cdot S$$

$$P_B' = P_{\text{CO}_2} + \underbrace{P_{\text{вод. пар.}}}_{P_{\text{атм}}}$$

$$T = \frac{5}{4} T_0$$

$$V = \frac{V_1}{5} - \frac{V_2}{4} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$P_B' = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} \quad (1)$$

P_B' — ЧДК для верхнего газа:

$$P_B' \cdot \frac{V}{5} = \nu_B \cdot R T \quad (2)$$

Д.т.к. при конечной T CO_2 не раств., то весь
раств. в жидк. газ вышел из неё, тогда

$$P_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11V_0}{20} = (\nu_H + \Delta \nu) R T$$

$\Delta \nu = \nu_{\text{р}} \cdot w$ — количество при T_0 было раство-
ро $\Delta \nu = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$, тогда

$$P_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11V_0}{20} = \left(\nu_H + k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} \right) R T \quad (3)$$

подставляем (3) и (2) в (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!



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{5V_B R T}{V} = P_{ATM} + \frac{20(V_H + k p_0 \cdot \frac{V}{4}) R T}{11 V_0} \\ p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B R T_0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} T = \frac{5}{4} T_0 \\ 4T = 5T_0 \\ T_0 = \frac{4T}{5} \end{array} \right.$$

$$\frac{V_B}{V_H} = 2 \rightarrow V_B = 2V_H \rightarrow V_H = \frac{V_B}{2}$$

$$\frac{5 \cdot V_B R \cdot 5T_0}{4V} = P_{ATM} + \frac{20 \cdot V_H \cdot R T + 20 \cdot k p_0 \cdot \frac{V}{4} R T}{11 V_0}$$

$$\frac{25}{4} \cdot \frac{V_B R T_0}{V} = P_{ATM} + \frac{20 \cdot V_H R \cdot \frac{5}{4} T_0 + 20 \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} R \cdot \frac{5}{4} T_0}{11 V_0}$$

$$\frac{25}{4} \cdot \frac{p_0 \cdot \frac{V}{2}}{2 \cdot \frac{V}{2}} = P_{ATM} + \frac{\frac{25}{2} \cdot \frac{p_0 \cdot V}{2} + 20 \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0}{11 V}$$

$$\frac{25}{8} p_0 = P_{ATM} + \frac{25 p_0 V}{44 \cdot V} + \frac{25 k p_0 V R T_0}{44 V}$$

$$\frac{25}{8} p_0 = P_{ATM} + \frac{25 p_0}{44} + \frac{25 \cdot k \cdot p_0 \cdot R \cdot \frac{4T}{5}}{44 \cdot 11}$$

$$\frac{25 p_0}{8} = P_{ATM} + \frac{25 p_0}{44} + \frac{5 k p_0 \cdot R T}{11}$$

$$\frac{25 p_0}{8} - \frac{25 p_0}{44} - \frac{5 k p_0 \cdot R T}{11} = P_{ATM}$$

$$p_0 \left(\frac{25}{8} - \frac{25}{44} - \frac{5 \cdot \frac{1}{5} \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^3}{11} \right) = P_{ATM}$$

$$p_0 \left(\frac{25}{8} - \frac{25}{44} - \frac{5}{11} \right) = P_{ATM}$$

$$p_0 \left(\frac{25}{8} - \left(\frac{25}{44} + \frac{5}{11} \right) \right) = P_{ATM}$$

$$p_0 \left(\frac{25}{8} - \frac{45}{44} \right) = P_{ATM}$$



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!

$$P_0 \cdot \left(\frac{25 \cdot 11 - 45 \cdot 2}{88} \right) = P_{\text{ATM}}$$

$$P_0 \cdot \left(\frac{275 - 90}{88} \right) = P_{\text{ATM}}$$

$$P_0 \cdot \frac{185}{88} = P_{\text{ATM}}$$

$$P_0 = \frac{88}{185} P_{\text{ATM}}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 11 \\ \hline \end{array}$$

$$25$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 11 \\ \hline 275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 275 \\ - 90 \\ \hline 185 \end{array}$$

Ответ: а) $\frac{V_0}{V_H} = 2$

б) $P_0 = \frac{88}{185} P_{\text{ATM}}$

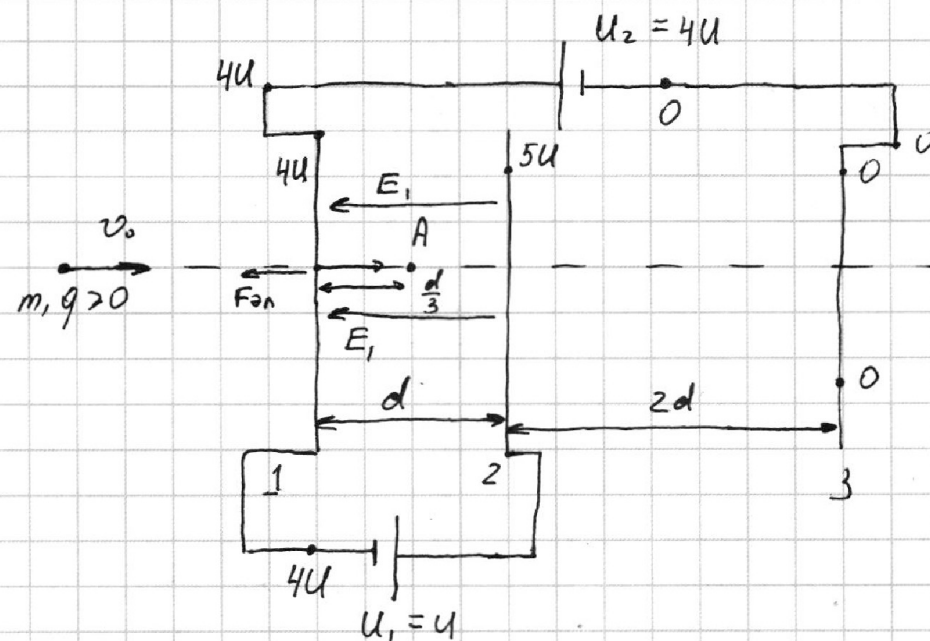
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

МФТИ



Расставим потенциалы, выбрав 0 на 3 сетке

1) в центре симметрии (вдоль траектории полёта поле пластин можно считать однородным)

$$\Delta \varphi = -E \Delta r \Rightarrow U = E \cdot d$$

но ЗЗН для частицы:

$$F_{ЭП} = m \cdot a$$

$$q \cdot \frac{U}{d} = m \cdot a$$

$$a = \frac{qU}{md}$$

2) $K_1 - K_2$, по теореме о кинетической энергии $\Delta E_k = \sum A_{всех сил}$

$$\Delta E_k = A_{поля} = -q \cdot U \Rightarrow K_1 - K_2 = q \cdot U$$

3)

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

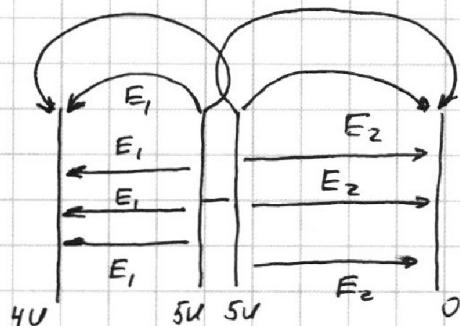
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

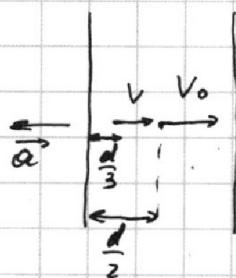
МФТИ

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

насловно разделим пластину 2:



на оси симметрии можно считать эк-
випотенц. лев. с $\varphi = 0$, т.к. ося уходящая на
бесконечность, тогда из ЗЭЭ следует, что в этой
точке $V = V_0$, т.е. на расстоянии $\frac{d}{2}$ $V = V_0$



т.к. известно ускорение $a = \frac{qU}{md}$ и

оно постоянно, то

$$\frac{v_0^2 - v^2}{-2a} = s$$

$$v_0^2 - v^2 = -2a \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) = -2a \cdot \left(-\frac{d}{6} \right)$$

$$v_0^2 - v^2 = -\frac{a \cdot d}{3}$$

$$v_0^2 + \frac{a \cdot d}{3} = v^2$$

$$v_0^2 + \frac{qU}{md} \cdot \frac{d}{3} = v^2$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{3m}}$$

Ответ: а) $a = \frac{qU}{md}$

б) $K_1 - K_2 = qU$

в) $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{3m}}$

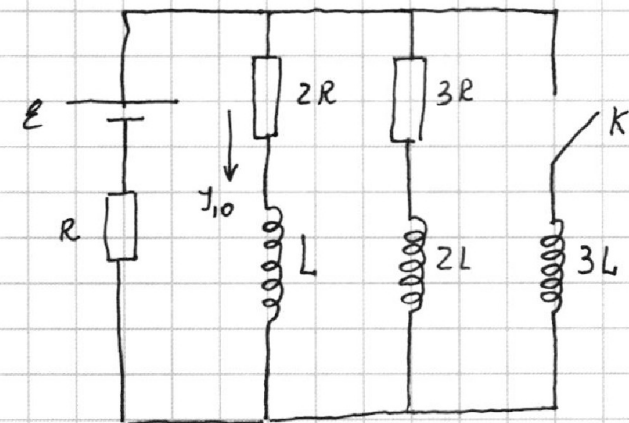
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

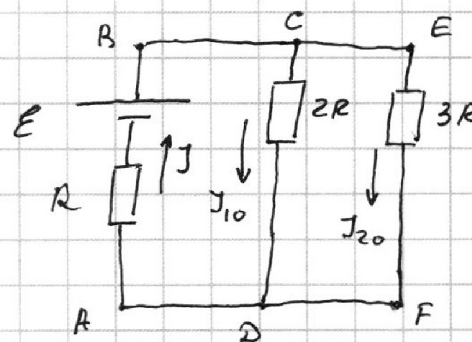
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



1) При размыкании
ключа в цепи
резистив ток не
меняется $\Rightarrow U_L = L \frac{dI}{dt} = 0$
и катушка ведет себя
как провод. Эквив. схема



при парам. след.
напряж. одинаковы:

$$J_{10} \cdot 2R = J_{20} \cdot 3R$$

$$J_{20} = \frac{2J_{10}}{3}$$

J_{10} правилом Кирхгофа:

$$J = J_{10} + J_{20}$$

контур ABCD $\odot$: $E = JR + J_{10} \cdot 2R$

$$E = (J_{10} + J_{20})R + 2J_{10} \cdot R = J_{10} \cdot R + J_{20} \cdot R +$$

$$2J_{10} \cdot R = 3J_{10} \cdot R + \frac{2J_{10}}{3} \cdot R = J_{10} \cdot R \left(3 + \frac{2}{3} \right)$$

$$E = J_{10} \cdot R \cdot \frac{11}{3}$$

$$J_{10} = \frac{3E}{11R}$$

2) сразу после замыкания ток не может
резко измениться $\Rightarrow$ резко не меняется
напряжение.

$$U_{3L} = 3L \cdot \frac{\Delta J}{\Delta t}; \text{ напряж. на } 3L \text{ равно напряжению } U_{3R}$$

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!

Ветке с J_{10} и $2R$

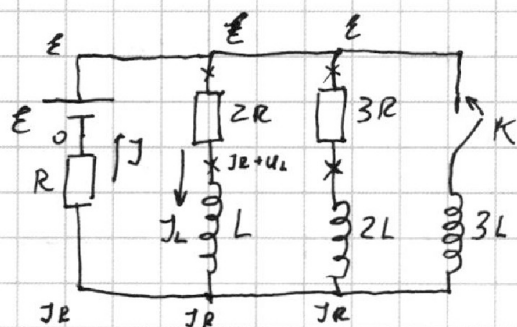
$$U_{3L} = J_{10} \cdot 2R = \frac{3\varepsilon}{11R} \cdot 2R = \frac{6\varepsilon}{11}$$

$$U_{3L} = 3L \frac{\Delta J}{\Delta t}$$

$$\frac{6\varepsilon}{11} = 3L \frac{\Delta J}{\Delta t}$$

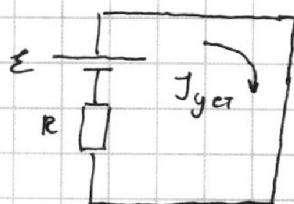
$$\frac{\Delta J}{\Delta t} = \frac{2\varepsilon}{11L}$$

3) уст. режим для такой цепи:



ток постоянен $\Rightarrow$

$U_{3L} = 0 \Rightarrow U$ на ветках
с резисторами равно
0. Этот участок — ну-
вод, который закорачива-
ет часть внешней и уст.
ток будет таким:



$$J_{уст} = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$U_L = L \frac{\Delta J_L}{\Delta t} ; J_{2R} = J_L \text{ при послед. ссгд.}$$

$$\varepsilon = J_{уст} R + \underbrace{J_{уст} \cdot 2R}_{U_{2R}} + U_L \Rightarrow U_L = \varepsilon - \underbrace{J_{уст} R}_{U_R} - U_{2R} = \varepsilon - U_R - U_{2R}$$

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

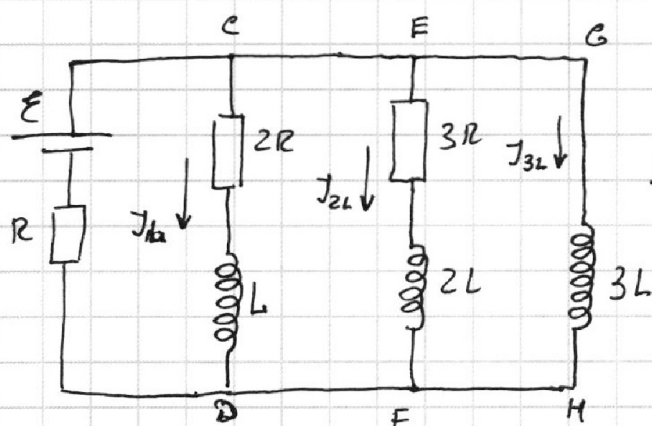
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

МФТИ

$$\begin{aligned} \mathcal{E} - U_R - U_{2R} &= 0 \\ \mathcal{E} - \frac{\Delta q_L}{\Delta t} \cdot R - \frac{\Delta q_L}{\Delta t} \cdot 2R &= L \frac{\Delta J_L}{\Delta t} \end{aligned}$$



контур CDFE:

$$J_L \cdot 2R + L \frac{\Delta J_L}{\Delta t} = J_{2L} \cdot 3R + 2L \frac{\Delta J_{2L}}{\Delta t}$$

$$J = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta q_L}{\Delta t} \cdot 2R + L \frac{\Delta J_L}{\Delta t} = \frac{\Delta q_{2L}}{\Delta t} \cdot 3R + 2L \frac{\Delta J_{2L}}{\Delta t}$$

$$\sum \Delta q_L \cdot 2R + L \Delta J_L = \sum \Delta q_{2L} \cdot 3R + 2L \Delta J_{2L}$$

суммируем от момента замыкания ключа до установив. режима (когда ток через $2R$ и $3R \rightarrow 0$)

справа после замыкания остается верным

$$J_L \cdot 2R = J_{2L} \cdot 3R$$

$$J_{2L} = \frac{J_L \cdot 2}{3} = \frac{8\mathcal{E}}{11R} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2\mathcal{E}}{11R}$$

$$q_L \cdot 2R + L \left(0 - \frac{3\mathcal{E}}{11R}\right) = q_{2L} \cdot 3R + 2L \left(0 - \frac{2\mathcal{E}}{11R}\right)$$

$$q_L \cdot 2R - \frac{3L\mathcal{E}}{11R} = q_{2L} \cdot 3R - \frac{4L\mathcal{E}}{11R}$$

$$q_L \cdot 2R - \frac{3L\mathcal{E}}{11R} = q_{2L} \cdot 3R - \frac{4L\mathcal{E}}{11R} \quad (1)$$

контур EGHF: $J_{2L} \cdot 3R + U_{2L} = U_{3L}$

$$\frac{\Delta q_{2L}}{\Delta t} \cdot 3R + 2L \frac{\Delta J_{2L}}{\Delta t} = 3L \cdot \frac{\Delta J_{3L}}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\sum \Delta q_{2L} \cdot 3R + 2L \cdot \Delta J_{2L} = \sum 3L \cdot \Delta J_{3L}$$

$$q_{2L} \cdot 3R + 2L \left(0 - \frac{2\mathcal{E}}{11R}\right) = 3L \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0\right)$$

$$q_{2L} \cdot 3R - \frac{4L\mathcal{E}}{11R} = \frac{3L\mathcal{E}}{R}$$

$$q_{2L} \cdot 3R = \frac{4L\mathcal{E}}{11R} + \frac{3L\mathcal{E}}{R} = \frac{4L\mathcal{E} + 33L\mathcal{E}}{11R} = \frac{37L\mathcal{E}}{11R}$$

$$q_{2L} = \frac{37L\mathcal{E}}{11R} \cdot \frac{1}{3R} = \frac{37L\mathcal{E}}{33R^2}$$

(2) Подставим (2) в (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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐



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

$$q_L \cdot 2R = q_{2L} \cdot 3R + \frac{3L\mathcal{E}}{11R} - \frac{4L\mathcal{E}}{11R} = q_{2L} \cdot 3R - \frac{L\mathcal{E}}{11R} =$$
$$= \frac{37L\mathcal{E} \cdot 3R}{33R^2} - \frac{L\mathcal{E}}{11R} = \frac{37L\mathcal{E}}{11R} - \frac{L\mathcal{E}}{11R} = \frac{36L\mathcal{E}}{11R}$$

$$q_L = \frac{36L\mathcal{E}}{22R^2}$$

$$\text{Ответ: а) } J_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{11R}$$

$$\text{б) } \frac{\Delta J_{3L}}{\Delta t} = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$$

$$\text{в) } \Delta q_{2L} = \frac{36L\mathcal{E}}{22R^2}$$

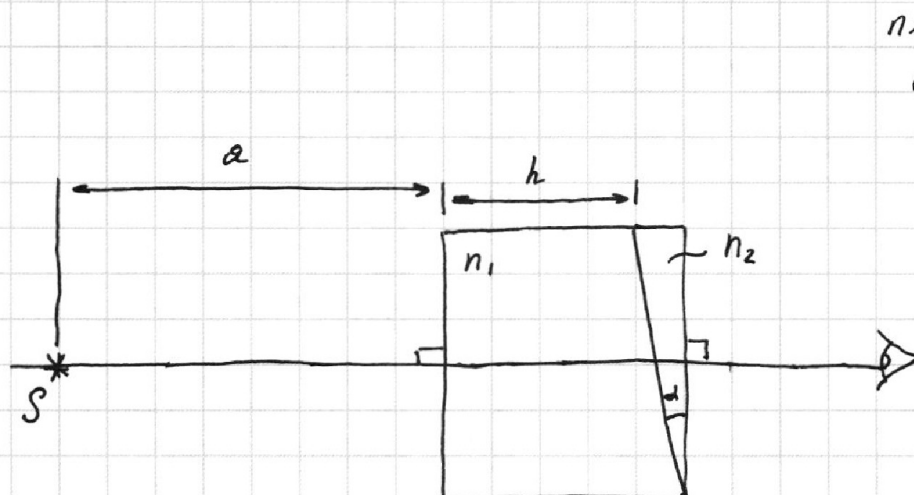
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$n_1 = 1$$

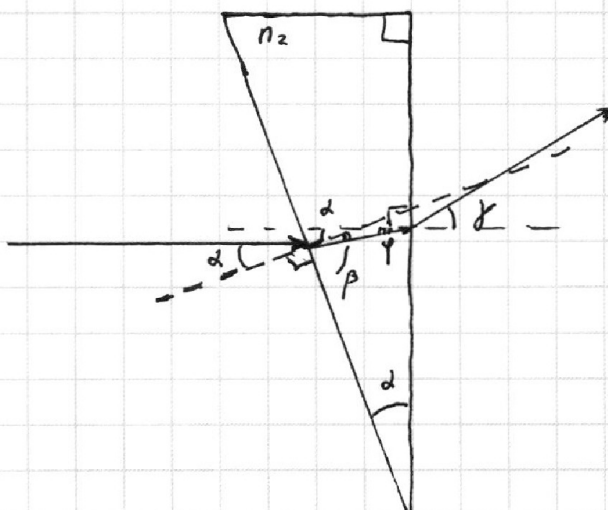
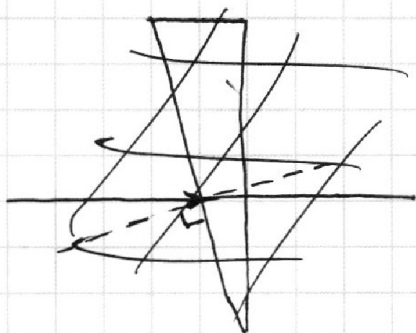
$$a = 194 \text{ см}$$

$$\alpha = 91^\circ$$

$$h = 9 \text{ см}$$

$$n_2 = 1,7$$

1) луч, идущий $\perp$ 1 призме не преломляется
и попадает на 2 призму



Закон преломления
света:

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

из геометрии: $\alpha = \beta + \varphi \rightarrow \varphi = \alpha - \beta$

на в преломл. на другой грани:

$$n_2 \cdot \sin \varphi = n_1 \cdot \sin \gamma$$

Плюс
$$\begin{cases} n_2 \cdot \varphi = n_1 \cdot \gamma \\ n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta \\ \varphi = \alpha - \beta \end{cases}$$

при малых
углах

$$\sin x \approx x \approx \tan x$$

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!

$$\begin{cases} n_2 \cdot (\alpha - \beta) = n_6 \cdot \gamma \\ n_6 \cdot \alpha = n_2 \beta \end{cases}$$

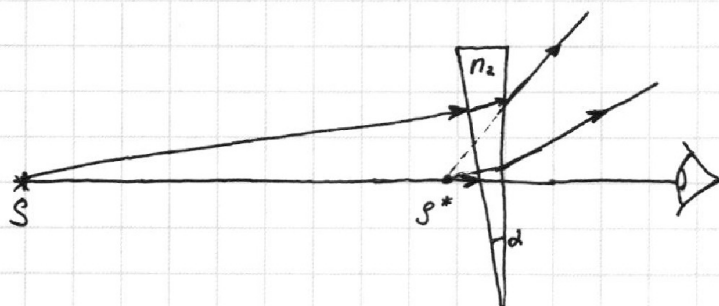
$$n_2 \alpha - n_2 \beta = n_6 \cdot \gamma$$

$$n_2 \alpha - n_6 \cdot \alpha = n_6 \cdot \gamma$$

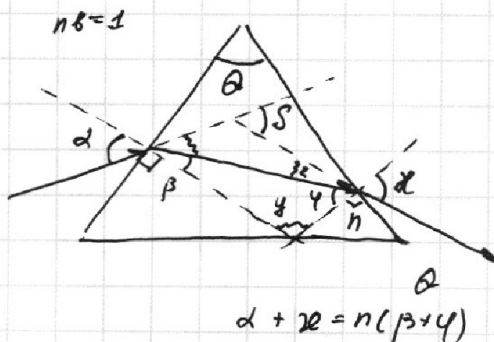
$$\alpha (n_2 - n_6) = n_6 \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{\alpha (n_2 - n_6)}{n_6} = \frac{0,1 \cdot (1,7 - 1)}{1} = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

2) т.к. $n_1 = n_6 = 1$, то 1 призму можно выбросить и считать воздухом, тогда следующая ситуация:



т.к. призма тонкая, то она отклоняет все лучи на опред. угол. Покажем это



$$\begin{aligned} n \cdot \sin \alpha &= n \sin \beta \\ n \cdot \sin \gamma &= x \end{aligned}$$

малые
углы

$$\begin{cases} \alpha = n \beta \\ x = n \gamma \end{cases} \quad \text{①}$$

$$\gamma = 180 - \theta$$

$$\beta + \gamma + \theta = 180$$

$$\beta + \gamma = \theta$$

$$S = \alpha - \beta + x - \gamma$$

$$S = \alpha + x - (\beta + \gamma) =$$

$$= \alpha + x - \theta =$$

$$= n \theta - \theta = \theta (n - 1)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

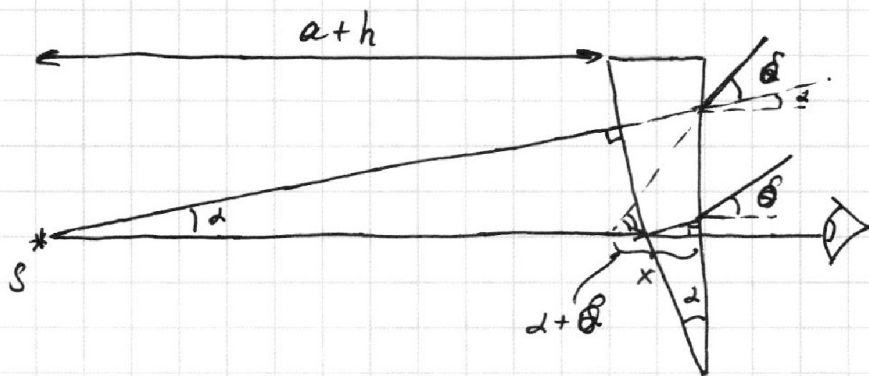
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

⇒ призма формирует изображение при
малых углах

$$\delta = \alpha(n-1)$$



$$\alpha + \delta = \alpha + \alpha(n-1) = \alpha \cdot n$$

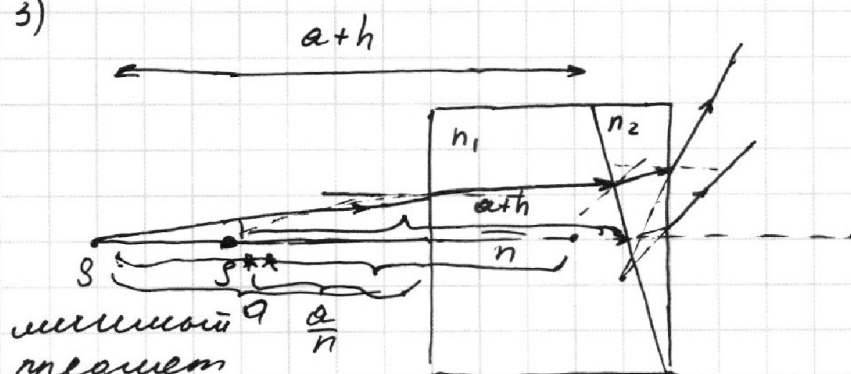
$$\delta = \alpha(n-1)$$

$$(a+h)\alpha = x \cdot n\alpha$$

$$x = \frac{(a+h)\alpha}{n\alpha} = \frac{a+h}{n}$$

$$\begin{aligned} \text{расст: } a+h-x &= a+h - \frac{a+h}{n} = \\ &= \frac{(a+h)(n-1)}{n} = \frac{203 \cdot 0,7}{1,7} = \frac{2030,7}{17} \end{aligned}$$

3)



мнимый предмет
на расст.

$\frac{a}{n}$ от 1 призмы и он экв. действ. для
призмы расст между ними и созд. $\frac{a+h}{n}$

тогда расст искомое $a+h - \frac{a}{n} + \frac{a}{n} + \frac{a+h}{n} - \frac{a}{n} = \frac{a+h}{n}$

0! Вер: $\alpha(n-1) =$

$$\delta \mid \frac{a+h}{n}$$

$$\delta \mid a + \frac{a+h}{n} - \frac{a}{n}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

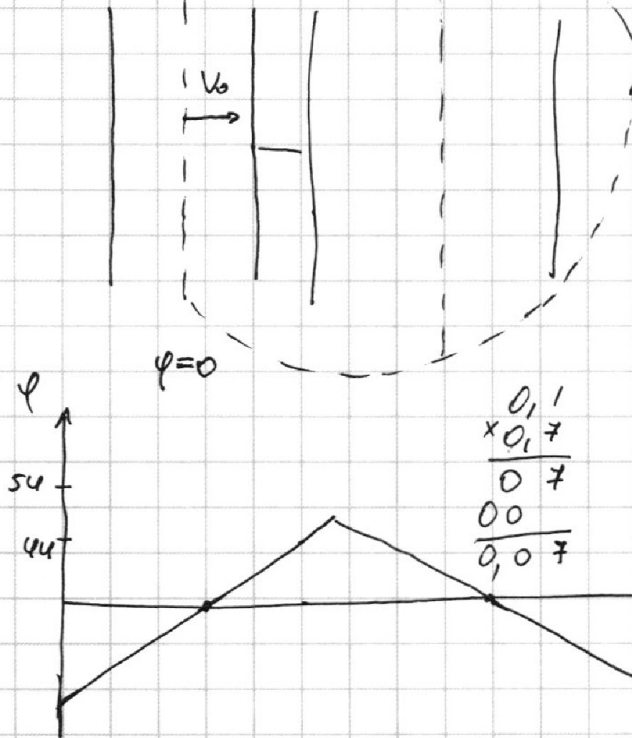
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Черновик!



$$A_{\text{чет}} + A_{\text{мех}} = \Delta W + Q?$$

$$q_E E = \Delta W + Q?$$

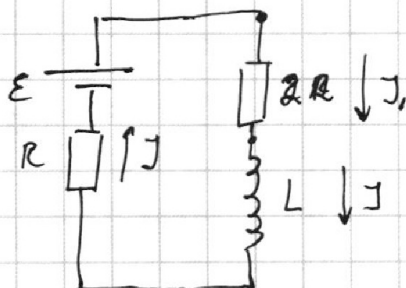
$$U = \gamma R = L \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} 2R = L \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$$

$$\Delta q R = L \Delta \gamma$$

$$U_L = U_R \quad \text{а у нас носим.}$$

$$U_L \neq U_R$$



$$U_L \text{ и } U_R \text{ по второму}$$

$$E = J R + J_1 \cdot 2R + U_L$$

$\underbrace{J_1 \cdot 2R}_{U_R}$

$$U_L = E - J R - U_R$$

$$E - J R - J_{2R} \cdot 2R$$

$$J_L = J_{2R}$$

или

$$E - (J_{2R} + J_{3R}) \cdot R - J_{2R} \cdot 2R = U_L = L \frac{\Delta J_L}{\Delta t}$$

$$E - 3 J_{2R} R$$

$$E - 3 \frac{\Delta q_L}{\Delta t} R - \frac{\Delta q_{2L}}{\Delta t} R =$$

$$L \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$$

$$E - J_{2R} \cdot R - J_{3R} \cdot R - J_{2R} \cdot 2R = U_L$$

$$E - 3 J_{2R} \cdot R - J_{3R} \cdot R = U_L = L \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

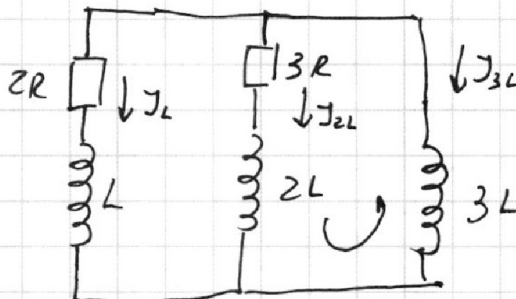
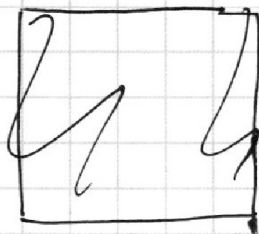
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



УФРК



$$J_1 \cdot 2R + U_L = J_{2L} \cdot 3R + U_{2L}$$

$$\frac{\Delta q_L}{\Delta t} \cdot 2R + L \frac{\Delta J_L}{\Delta t} = \frac{\Delta q_{2L}}{\Delta t} \cdot 3R + 2L \cdot \frac{\Delta J_{2L}}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta q_L \cdot 2R + L \Delta J_L = \Delta q_{2L} \cdot 3R + 2L \Delta J_{2L}$$

$$q_L \cdot 2R + L \left(0 - \frac{3E}{11R} \right) = q_{2L} \cdot 3R + 2L (0 - J_2)$$

q_1 и q_2

$$q_E = q_1 + q_2 + q_3$$

$$U_L = 3L \frac{\Delta I}{\Delta t} = E - J_2 R$$

J_{2L}

$$E - J_2 R = 3L \frac{\Delta J_3}{\Delta t}$$

$$E - \frac{\Delta q_E}{\Delta t} \cdot R = 3L \frac{\Delta J_3}{\Delta t}$$

$$E \Delta t - \Delta q_E R = 3L \Delta J_3$$

$$E \Delta t - q_E R = 3L$$

$$J = J_1 + J_2 + J_3$$

$$J_{2L} \cdot 3R + U_{2L} = U_{3L}$$

$$\frac{\Delta q_{2L}}{\Delta t} \cdot 3R + 2L \frac{\Delta I_{2L}}{\Delta t} = 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$\Delta q_{2L} \cdot 3R + 2L \Delta I_{2L} = 3L \Delta I_3$$

$$q_{2L} \cdot 3R + 2L \cdot I_{2L} = 3L \left(I_3 - \frac{E}{R} \right)$$

$$q_{2L} \cdot 3R + 2L \cdot J_{2L} = 3L \frac{E}{R}$$

q_{2L}



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

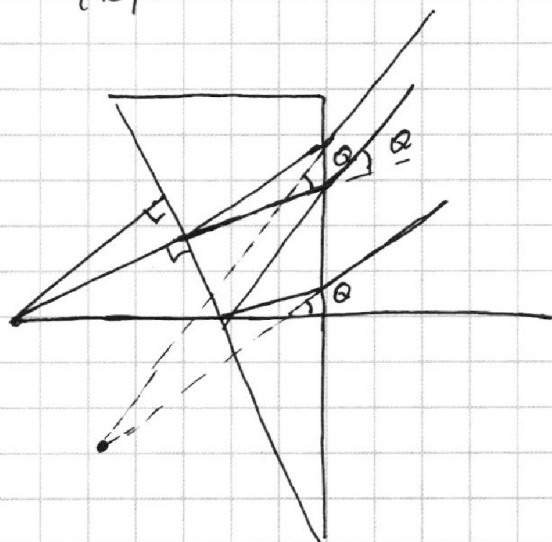
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

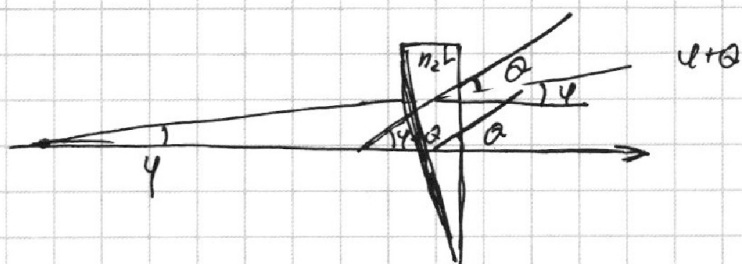
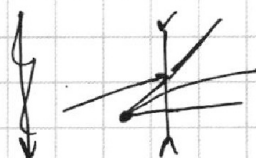
МФТИ

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

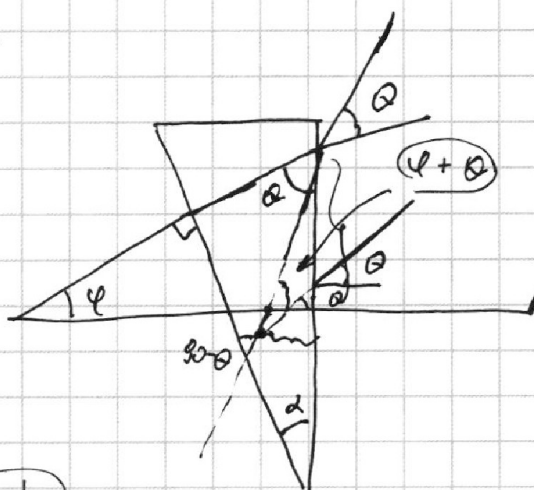
Черч.



минимое



$x=h$





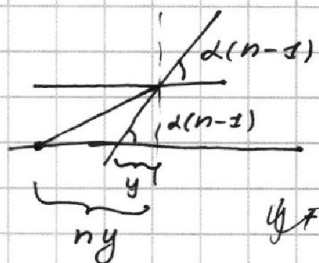
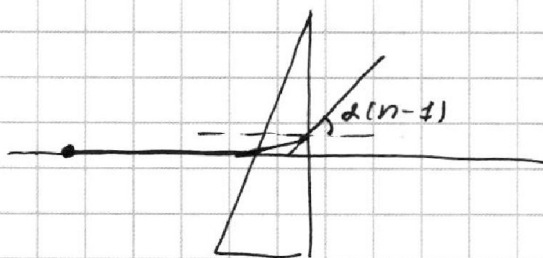
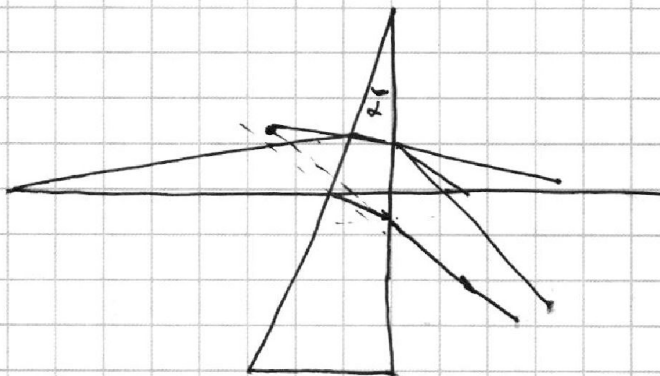
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\alpha(n-1) = \frac{x}{y}$$

$$\alpha(n-1) = \frac{n}{\alpha(n-1) \cdot y}$$

$$y = \alpha^2(n-1)^2 y = n$$

$$y = \frac{n}{\alpha^2(n-1)^2}$$

$$ny \cdot x = y \cdot \alpha(n-1)$$

$$x = \frac{n}{\alpha(n-1)}$$

$$\tan \alpha =$$

$$\tan \alpha$$

$$\alpha(n-1) = \frac{x}{ny}$$

$$ny = \frac{x}{\alpha(n-1)} = \frac{n}{\alpha(n-1)} \cdot \alpha(n-1)$$

$$ny = \frac{n}{\alpha^2(n-1)^2}$$