



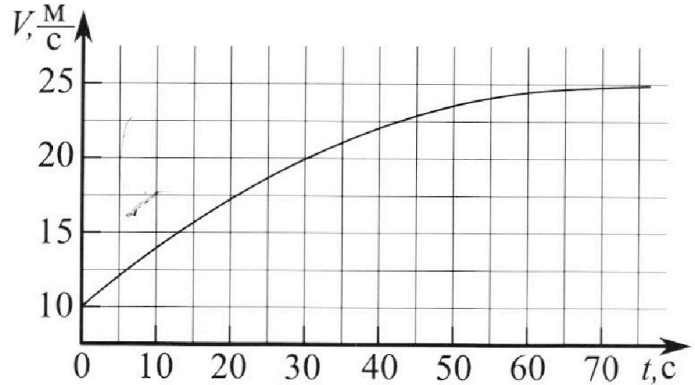
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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  $V_1$ ?

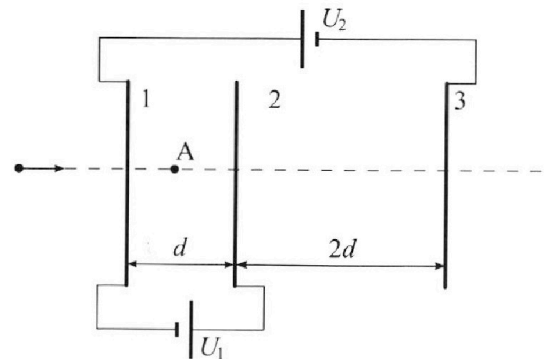
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $\Delta v$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите 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

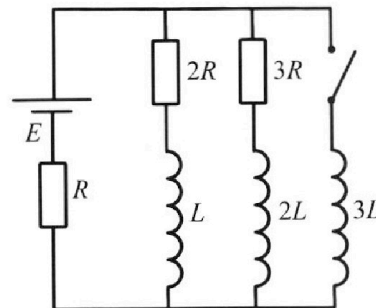
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_{10}$  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.

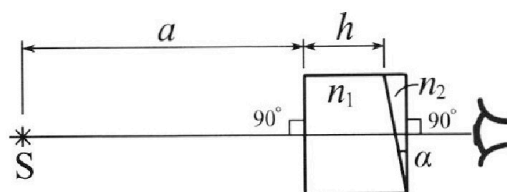


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

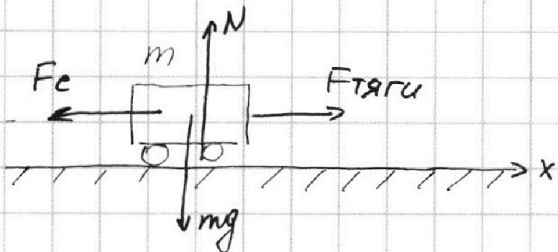
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$F_c = 500 \text{ Н}$$

$F_c \sim v$ , коэффициент пропорц.

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

$\tan \alpha$  (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,

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

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

В момент  $t$  при скорости  $v$ ,

$$F_{\text{тяги}} = ma + F_c = m \cdot a + d \cdot v, = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$= 0,25 \cdot 1800 + 400 = \frac{1800}{4} + 400 = 450 + 400 = 850 \text{ Н}$$

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

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

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

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

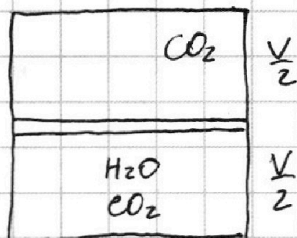
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

$$V_{\text{жидк}} = \frac{V}{4}$$

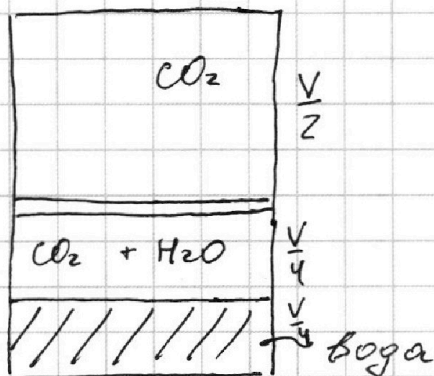
$$T_0 \rightarrow T = \frac{5T_0}{4}$$

$$V_{\text{вжид}} = \frac{V}{5}$$

$$\Delta D = \kappa p W$$

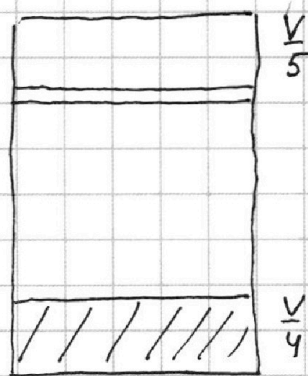
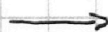
1)  $\frac{\Delta p_{\text{газ верх}}}{\Delta p_{\text{газ ниж}}} - ?$

2)  $p_0 - ?$



до нагрева

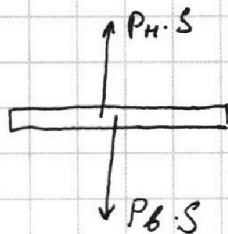
$T_0$



после нагрева

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

1) условие равновесия поршня:



по условию поршень невесом и давлением водяных паров можно пренебречь, тогда

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

Запишем уравк:

$$P_B = P_H = P_0$$

$$\begin{cases} P_B \cdot \frac{V}{2} = \nu_B \cdot R T_0 \\ P_H \cdot \frac{V}{4} = \nu_H \cdot R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{P_B V \cdot 4}{P_H V} = \frac{\nu_B R T_0}{\nu_H R T_0}$$

$$\frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$$

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

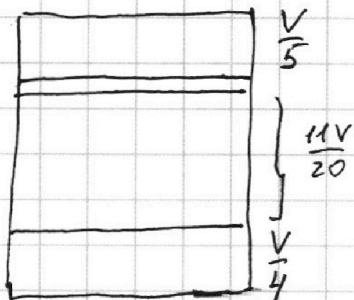
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

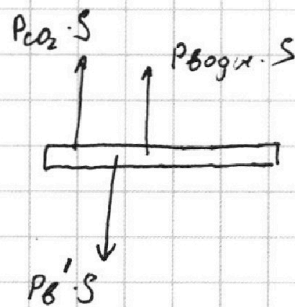
МФТИ

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

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



Условие равновесия поршня



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

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

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

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

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

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

$P_B'$  УМК для верхнего газа:

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

ш.к. при конечной  $T$   $\text{CO}_2$  не раств., то весь раств. в жидк. газ вышел из неё, тогда

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

$\Delta \nu = k_p \cdot w$  измачивано при  $T_0$  было растворено  $\Delta \nu = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$ , тогда

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

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!



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

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

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

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

$$\frac{25}{4} \cdot \frac{p_0 \cdot V}{2 \cdot V} = P_{ATM} + \frac{\frac{25}{2} \cdot \frac{p_0 \cdot V}{2} + 20 \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0}{11 V_0}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: а)  $\frac{V_0}{V_H} = 2$

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

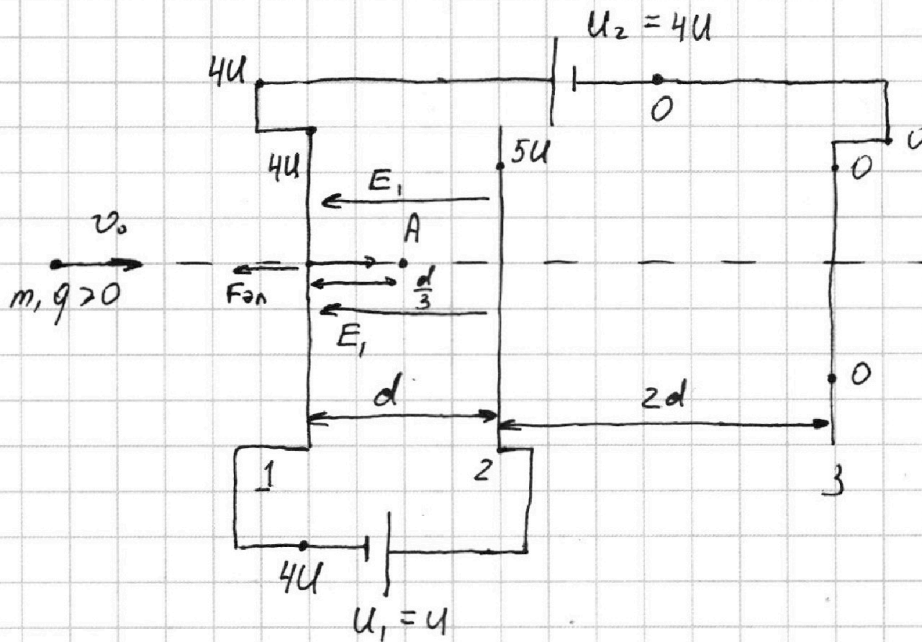
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



Расставим потенциалы, выбрав 0 на 3 сетке

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

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

по 2ЗН 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.

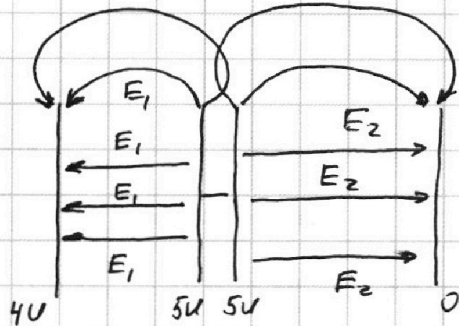
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

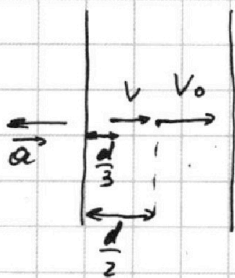
**МФТИ**

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

на схеме разведем пластину 2:



на оси симметрии можно считать эквивалентно п.в. с  $\varphi = 0$ , т.к. осяз уходят 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)  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{3m}}$

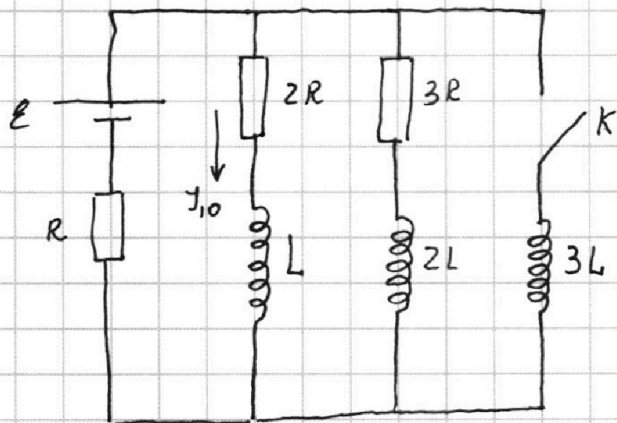
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

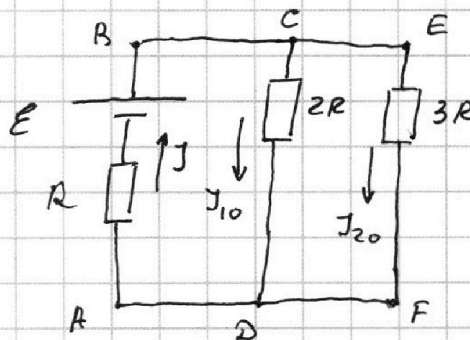
1  2  3  4  5  6  7

**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 резистивный ток не меняется  $\Rightarrow U_L = L \frac{dI}{dt} = 0$  и катушка ведет себя как провод. Эквив. схема



при параш. след напряж. одинаковы:

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

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

$J_{10}$  правым 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.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

ветке с  $J_{10}$  и  $2R$

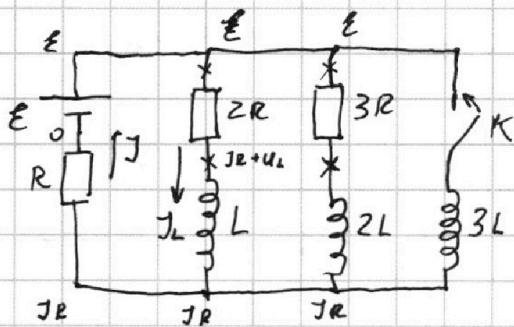
$$U_{3L} = J_{10} \cdot 2R = \frac{3\varepsilon}{11R} \cdot 2R = \frac{6\varepsilon}{11}$$

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

$$\frac{2 \cdot 8\varepsilon}{11} = 3L \frac{\Delta J}{\Delta t}$$

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

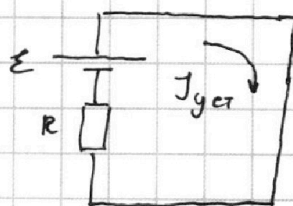
3) уст. режим для такой цепи:



ток постоянен  $\Rightarrow$

$U_{3L} = 0 \Rightarrow U$  на ветках с резисторами равно 0. Этот участок — ну-

вод, который фиксирует часть внешнего и уст. ток будет таким:



$$J_{уст} = \frac{\varepsilon}{R}$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

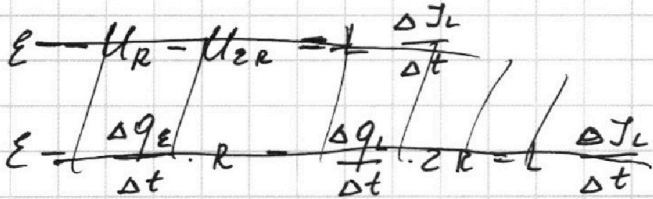
МФТИ

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



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 цепи до установившегося режима (когда ток через 2R и 3R = 0)

справа после замыкания остаются вершины

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$q_{2L} = \frac{37LE}{11R} \cdot \frac{1}{3R} = \frac{37LE}{33R^2} \quad (2) \text{ Подставим (2) в (1):}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

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

$$= \frac{37LE \cdot 3R}{33R^2} - \frac{LE}{11R} = \frac{37LE}{11R} - \frac{LE}{11R} = \frac{36LE}{11R}$$

$$q_L = \frac{36LE}{22R^2}$$

Ответ: а)  $J_{10} = \frac{3E}{11R}$

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

в)  $\Delta q_{2R} = \frac{36LE}{22R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



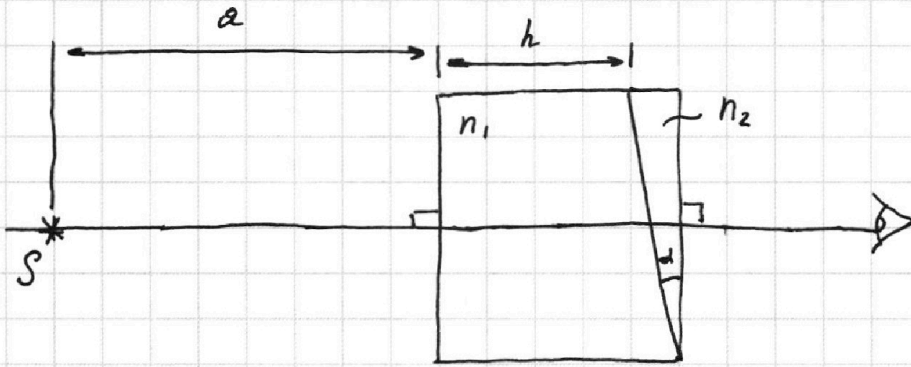
$$n_1 = 1$$

$$a = 194 \text{ см}$$

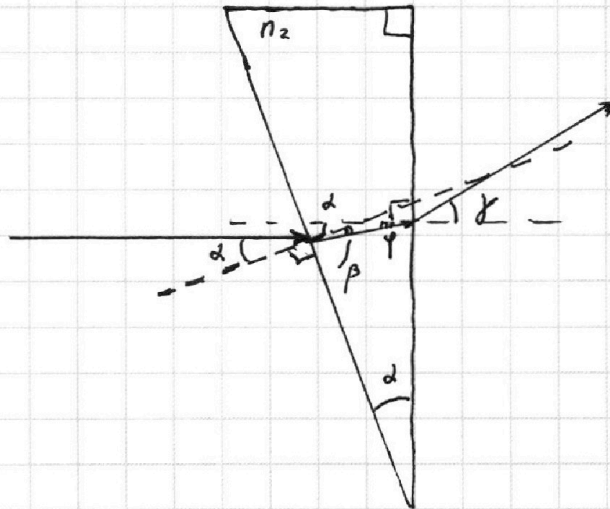
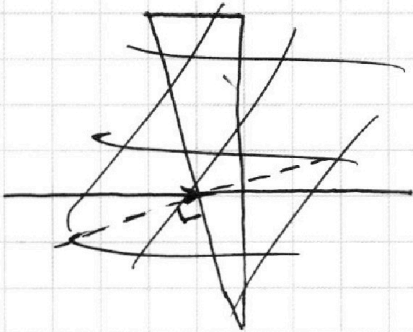
$$d = 91 \text{ мкг}$$

$$h = 9 \text{ см}$$

$$n_2 = 1,7$$



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:

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

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

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:

МФТИ

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!



$$\begin{cases} n_2 \cdot (\alpha - \beta) = n_1 \gamma \\ n_1 \cdot \alpha = n_2 \beta \end{cases}$$

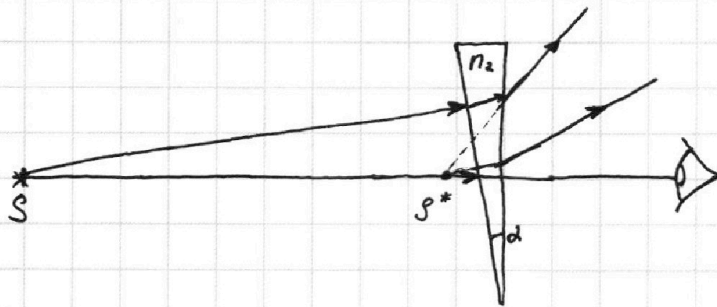
$$n_2 \alpha - n_2 \beta = n_1 \gamma$$

$$n_2 \alpha - n_1 \alpha = n_1 \gamma$$

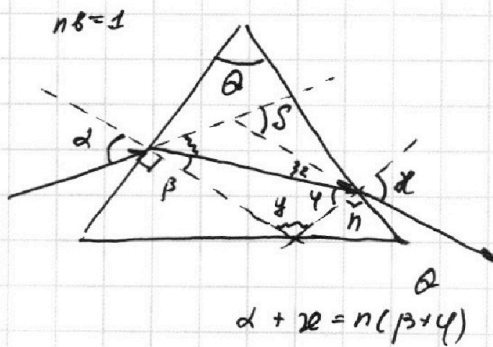
$$\alpha (n_2 - n_1) = n_1 \gamma$$

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

2) т.к.  $n_1 = n_2 = 1$ , то 1 призму можно вобрести и считать воздухом, тогда следующая ситуация:



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



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

малые углы

$$\begin{cases} \delta = n \beta \\ \delta = n \gamma \end{cases}$$

$$\delta = \alpha - \beta + \delta - \gamma$$

$$\delta = \alpha + \delta - (\beta + \gamma) =$$

$$= \alpha + \delta - \theta =$$

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

$$\gamma = 180 - \theta$$

$$\beta + \gamma + \alpha = 180$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

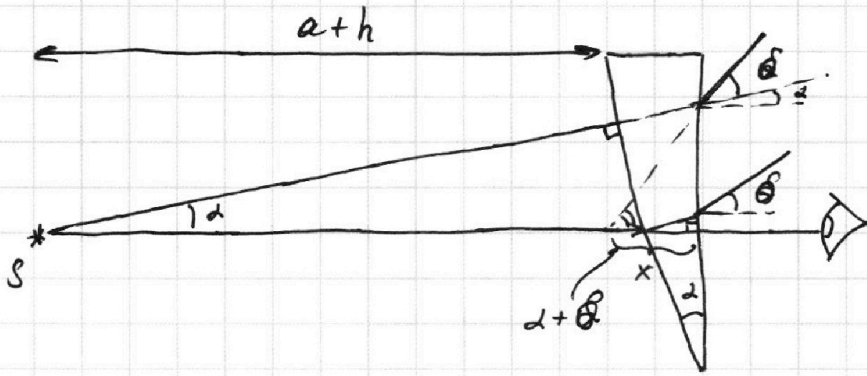
1  2  3  4  5  6  7

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  $\delta = d(n-1)$



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

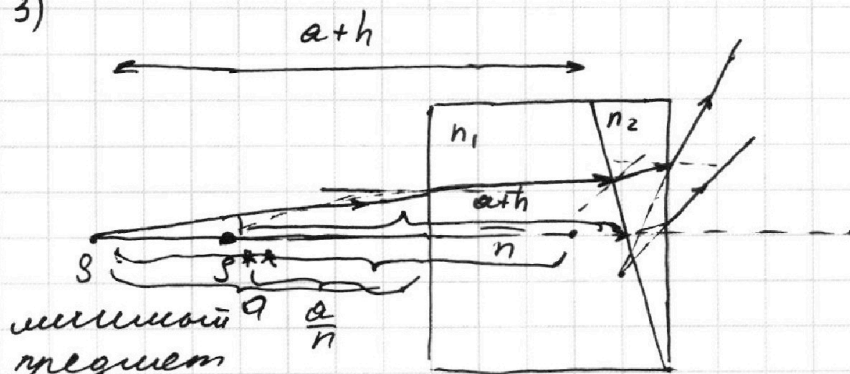
$$\delta = d(n-1)$$

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

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

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

3)



мммной  $\frac{a}{n}$  предмет на расст.

$\frac{a}{n}$  от 1 призмы и он явл. действ. для призм расст между ними и создб.

тогда расст увелише

$$a+h - \left( a - \frac{a}{n} + \frac{a}{n} + \frac{a+h}{n} - \frac{a}{n} \right) = \frac{a+h}{n} \frac{a}{n}$$

0i бет: а)  $d(n-1) =$

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

$$\beta \left( a + \frac{a+h}{n} - \frac{a}{n} \right)$$



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

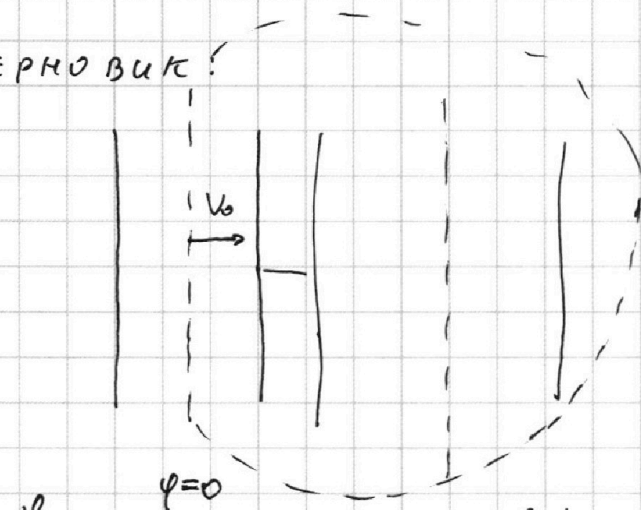
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

Черновик!



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

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

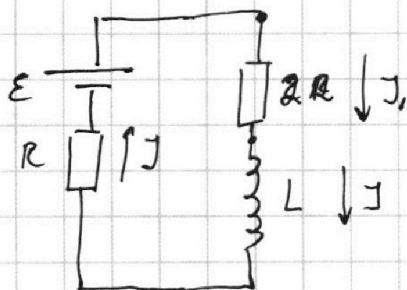
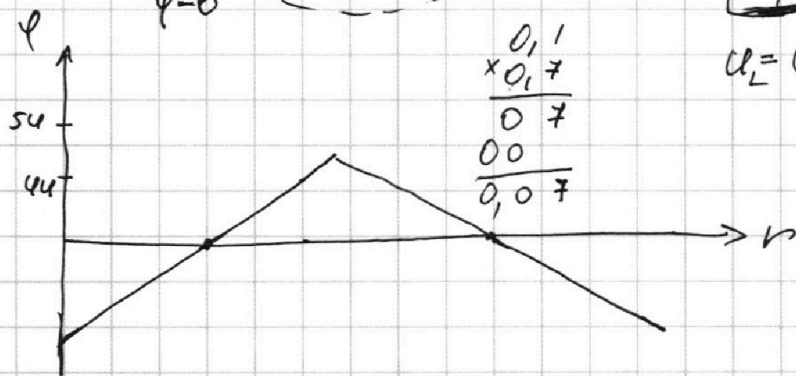
$$U = J R = L \frac{\Delta J}{\Delta t}$$

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

$$\Delta q R = L \Delta J$$

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

$$U_L \neq U_R$$



$$U_L \text{ и } U_R \text{ по 2х 20900}$$

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

$$U_R \quad U_L = E - J R - U_{2R}$$

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

$$J = J_1 + J_{2R}$$

$$J_L = J_{2R}$$

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

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

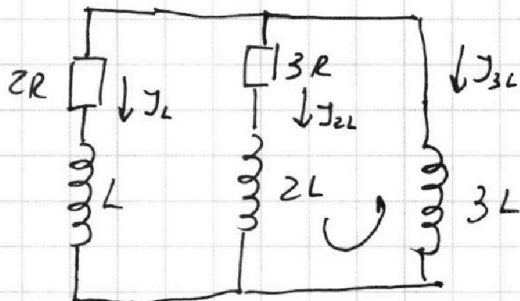
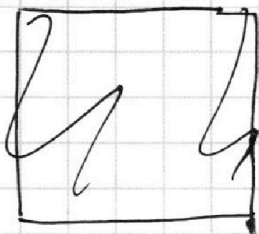
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



УФРК



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

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

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

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

$q_1$  и  $q_2$

$$q_\varepsilon = q_1 + q_2 + q_3$$

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

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

$$\varepsilon - \frac{\Delta q_\varepsilon}{\Delta t} \cdot R = 3L \frac{\Delta J_3}{\Delta t}$$

$$\varepsilon \Delta t - \Delta q_\varepsilon R = 3L \Delta J_3$$

$$\varepsilon t - q_\varepsilon R = 3L J_3$$

$$J = J_1 + J_2 + J_3$$

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

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

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

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

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

$q_{2L}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

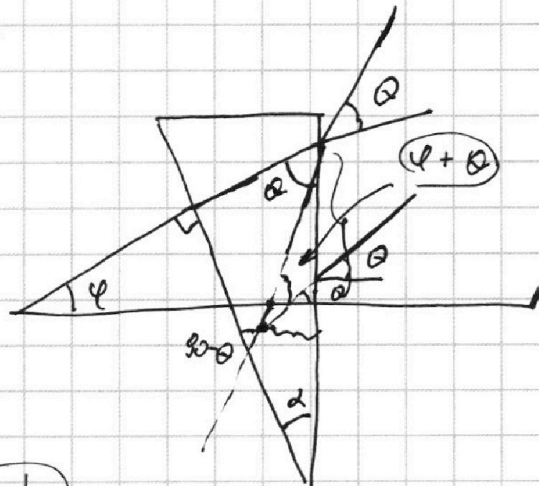
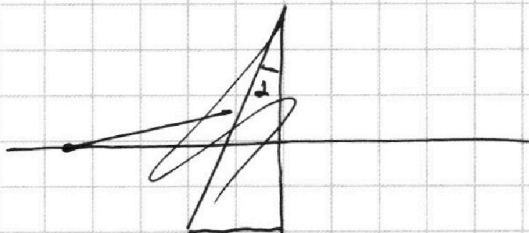
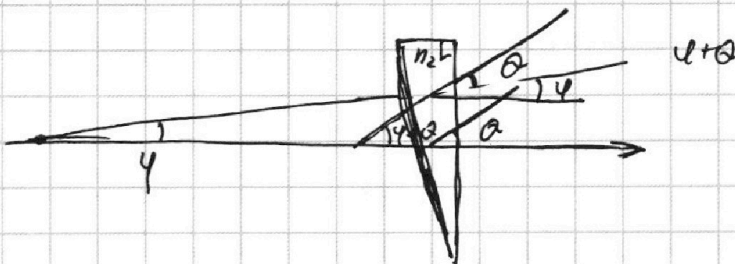
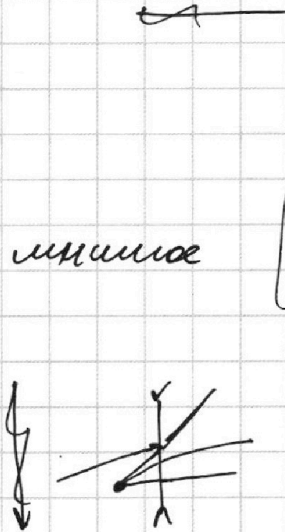
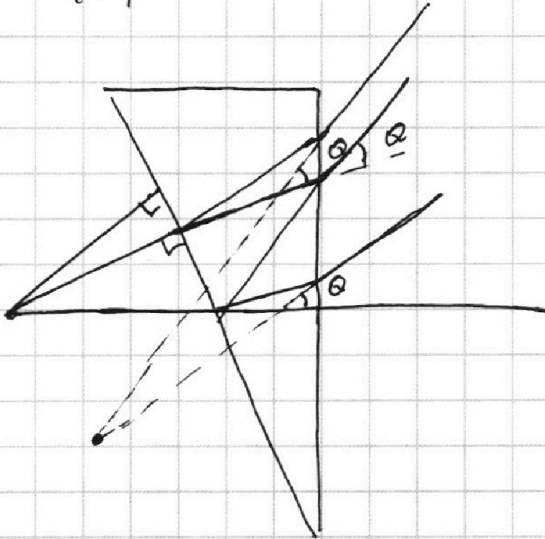
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



Черч.



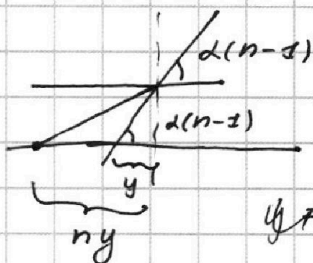
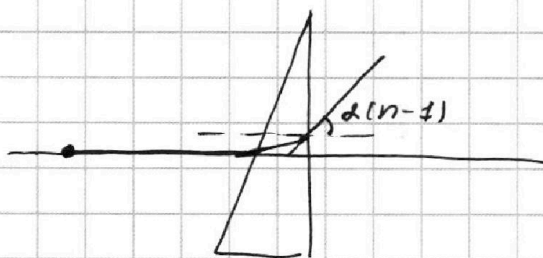
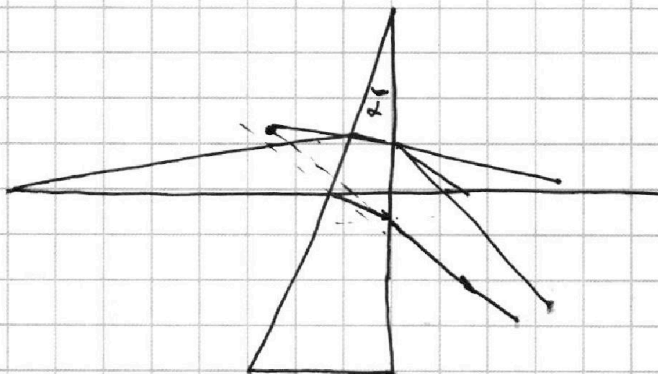
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

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

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

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

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

$$\alpha = \frac{x}{y}$$

$$\alpha = \frac{x}{ny}$$

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

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

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