

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

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



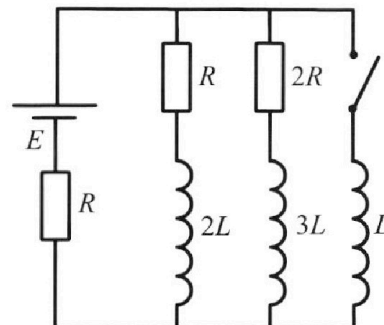
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.

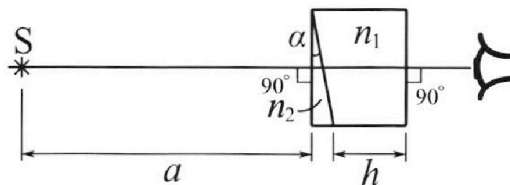
2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.

3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.

3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



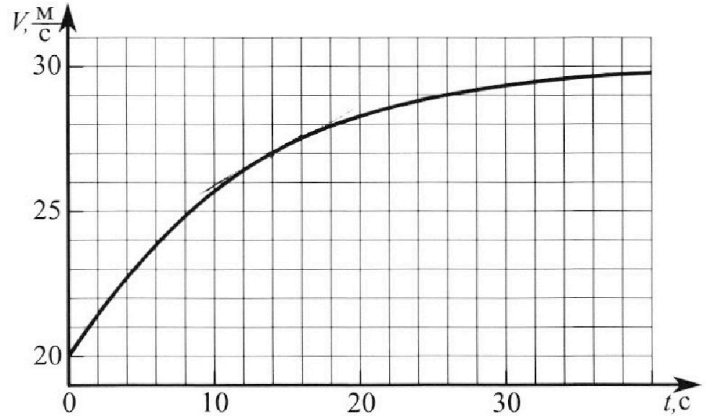
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

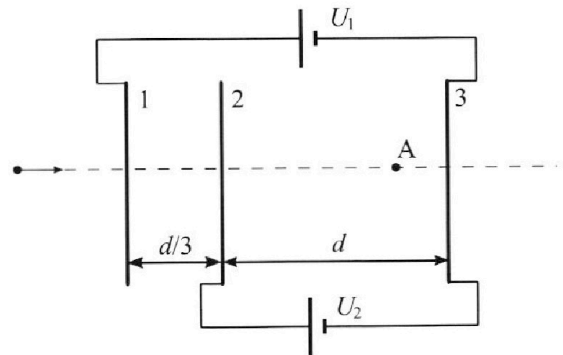
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объем  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объем его верхней части стал равен  $V/6$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.

2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 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!

N1

101

Дано:  
 $m = 300 \text{ кг}$   
 $F_k = 405 \text{ Н}$

1)  $a = \frac{dV}{dt}$ ; по графику видно, что в точке  $V = 27 \text{ м/с}$ , касательная имеет ~~угловый~~ тангенс "угла" наклона равный:  $\frac{dV}{dt} = \frac{28-26}{8} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м/с}^2$ . Соответственно

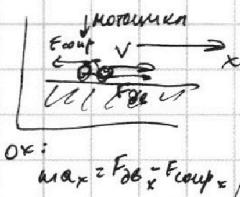
ускорение  $a = 0,25 \text{ м/с}^2$

- 1)  $a$  при  $V = 27 \text{ м/с}$   
 2)  $F_1$  при  $V_1$

- 3)  $\frac{P}{P_0} = ?$ ;  $P$  - мощность передвигаемого соуп.

2) II закон Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{\text{дв}} - \vec{F}_{\text{соуп}}$$



$\vec{F}_{\text{дв}}$  - сила, благодаря которой едет машина.

$\vec{F}_{\text{соуп}}$  - сила сопротивления.

В конце участка  $a = 0 \Rightarrow m\vec{a} = 0 \Rightarrow F_{\text{дв}} = F_{\text{соуп}}$ .

Следовательно  $F_{\text{дв}} = F_{\text{соуп}} = 405 \text{ Н}$ . ~~по~~ ~~исходя~~  
 конечная сила движения

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F dk}{dt} =$$

мощность

$$= F \cdot V = \text{const}$$

$$P \sim \frac{1}{V}$$

по графику, конечная скорость  $V_k = 30 \text{ м/с}$

$$P = \text{const} = F \cdot V = F_{\text{дв}}' \cdot V_k = 405 \cdot 30 = 12150 \text{ Вт} = F_{\text{дв}} \cdot V_1; F_{\text{дв}} = \frac{12150}{27} = 450 \text{ Н}$$

мощность двигателя

$$m a_1 = F_{\text{дв}} - F_1; F_1 = F_{\text{дв}} - m a_1 \quad (2)$$

сила, благодаря которой едет машина в момент, когда скорость равна  $V_1$ .

$$(2) 450 - 300 \cdot 0,25 = 450 - 75 =$$

$$= 375 \text{ Н}$$

3)

$$P_{\text{соуп}} = F \cdot V = F_1 \cdot V_1 = 375 \cdot 27 \text{ Вт}$$

мощность, которая идет на преодоление силы сопротивления

сила, которая равна  $F_{\text{соуп}}$ , но направлена в противоположную (для преодоления)

$$\frac{P}{P_0} = \frac{375 \cdot 27}{12150} = \frac{15}{18} = \frac{5}{6}$$

мощность двигателя

Ответ:  $0,25 \text{ м/с}^2$ ;  $375 \text{ Н}$ ;  $\frac{5}{6}$



- 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!

N2

Дано:

$$\frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$$

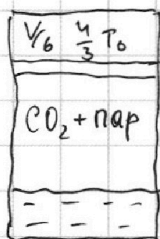
$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

$$R \cdot \frac{4}{3} T_0 = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

1)  $\frac{\partial N_2}{\partial \text{CO}_2}$

2)  $p - ?$

2) После:



т.к. поршень ~~не~~ **нависший** давление в обеих частях одинаковое.

$$p' \frac{V}{6} = \partial N_2 R \frac{4}{3} T_0$$

давление после нагрева

$$\partial N_2 = \frac{p' V \cdot 8}{6 \cdot 4 R T_0}$$

$$p' \text{CO}_2 \left( \frac{5}{6} V - \frac{V}{4} \right) = \partial \text{CO}_2 R \frac{4}{3} T_0$$

$$p' \text{CO}_2 \frac{7}{12} V = (\partial \text{CO}_2 + \Delta \partial) R \frac{4}{3} T_0$$

$$p' \text{CO}_2 \frac{7}{12} V = \left( \frac{p' V}{16 R T_0} + \frac{k V p'}{16} \right) R \frac{4}{3} T_0$$

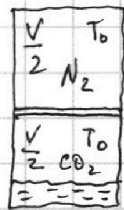
$$p' \text{CO}_2 \frac{7}{12} V = \left( \frac{p' V}{16 R T_0} + \frac{k p' V}{16} \right) 4 R T_0$$

$$p' \text{CO}_2 \frac{7}{12} V = \left( \frac{p' V}{R T_0} + k p' V \right) R T_0$$

$p' = p_0 + p' \text{CO}_2$  ;  $p' \text{CO}_2 = p' - p_0$  ;

$$\left( \frac{6}{7} - \frac{k R T_0}{7} \right) / \frac{p'}{7} = p_0 ; p' = \frac{p_0}{\frac{6}{7} - \frac{k R T_0}{7}}$$

До нагрева:



т.к. при  $T_0$   $p_{N_2} = p_{CO_2} = p_0$ , то:

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p$$

$$p \frac{V}{2} = \partial N_2 R T_0$$

кол-во вес-ва  $N_2$

$$p \frac{V}{4} = \partial \text{CO}_2 R T_0$$

кол-во вес-ва  $\text{CO}_2$

$$2 = \frac{\partial N_2}{\partial \text{CO}_2}$$

$$\begin{aligned} & \frac{7 p_0}{2} \\ & \left( 6 - \frac{3}{2} \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3}{4} \right) = \\ & = p_0 \frac{140 - \frac{3}{2}}{7} = \frac{140}{95} p_0 \end{aligned}$$

Ответ:  
2;  $\frac{140}{95} p_0$

т.к.  $\frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$ , то давление пара  $\approx 10^5 \text{ Па}$ , т.к. он наименьший (потому что в соседе еще есть вода)

$$p' = p_0 + p' \text{CO}_2$$

атмосферное давление  $\approx 10^5 \text{ Па}$

$$p' - p_0 = \frac{p' V}{7} + \frac{k p' V R T_0}{7} = 7 \chi$$

$$p' = \frac{p'}{7} + k R T_0 \frac{p'}{7} + p_0$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

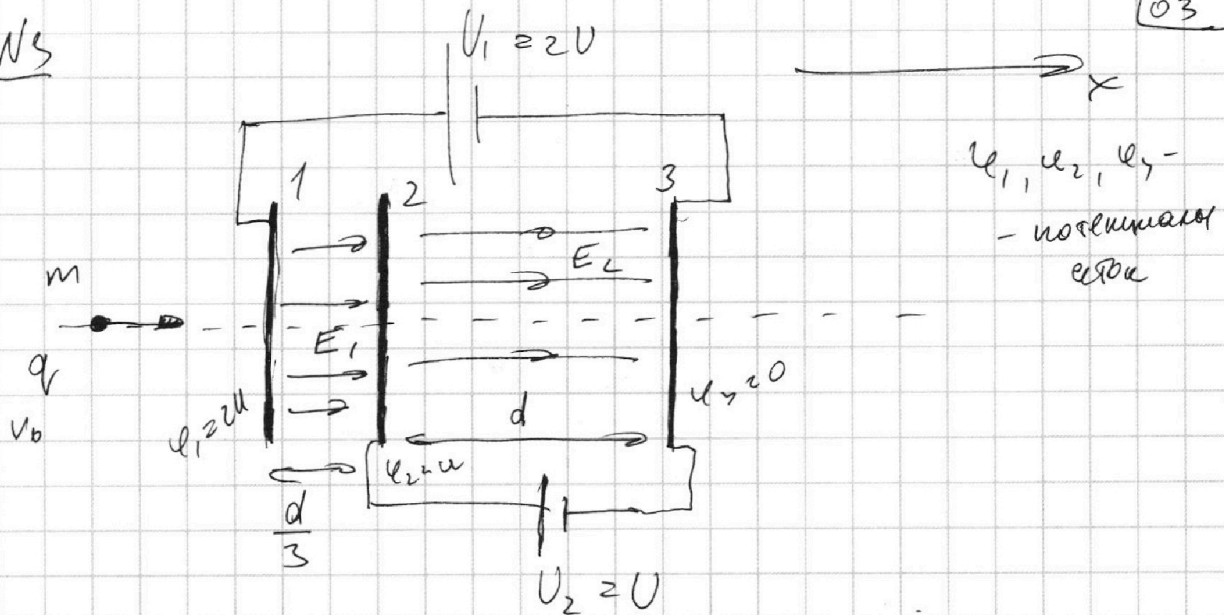
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

N5

03



$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - потенциалы сетки

$$\begin{cases} E_1 \cdot \frac{d}{3} = U_1 - U_2 \\ E_2 \cdot d = U_2 - 0 \end{cases}$$

$$E_1 = \frac{3U}{d}$$

$$E_2 = \frac{U}{d}$$

1) В области между сетками 2-3:  
2-й закон Ньютона:

$$ma_x = E_2 q$$

$$a_x = \frac{E_2 q}{m} = \frac{Uq}{dm}$$

2) ЗСЭ:

$$K_3 - K_2 = \frac{m v_0^2}{2} + \Delta\varphi_{12} q + \Delta\varphi_{23} q = \frac{m v_0^2}{2}$$

кип. энергия  $K_3$

$-\Delta\varphi_{12} q = \Delta\varphi_{23} q = q \cdot U$  — после 3-й сетки

3) ~~т.к.~~ т.к.  $d \ll$  размеров, то поле однородно. следовательно потенциал изменяется равномерно.

$\Delta\varphi_{12} = \Delta\varphi_{23} = E_2 \cdot \frac{2d}{3} = \varphi_2 - \varphi_1 = E_2 \cdot \frac{2d}{3}$  и  $\varphi_1 = \varphi_2 - \frac{U \cdot 2d}{d \cdot 3}$

потенциал 2-й сетки  $\textcircled{2} U - \frac{2}{3}U = \frac{1}{3}U$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

№3 (часть 2)

04

ЗСЭ:

скорость  $mV_A^2$   
в точке A

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + q \cdot \Delta\varphi_{12} + q \cdot (\varphi_2 - \varphi_A)$$

разность потенциалов между 1 и 2 сетками

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + q \cdot U + q \cdot \frac{2}{3} U$$

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{5}{3} qU$$

$$mV_A^2 = mV_0^2 + \frac{10}{3} qU$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{10}{3} \frac{q}{m} U}$$

Ответ: 1)  $a = \frac{qU}{md}$ ; 2)  $K_3 - K_2 = q \cdot U$ ; 3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{10}{3} \frac{q}{m} U}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

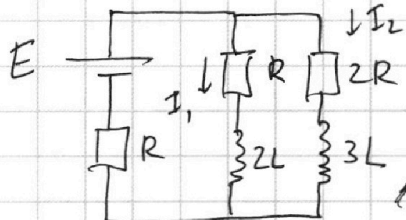


05

14 (часть 1)

До замык.:

$I_2$  - ток через реверсор  $2R$  до замык. ключа в уст. режиме;  $I_1$  - ток через  $R$



Т.к. решим установившееся (т.е. токи по индукторам ~~то ~~напряжения~~ на катушках не по катушки можно считать проводниками.~~

$$\begin{cases} E = I_1 R + (I_1 + I_2) R & \text{3-ий Кирхгофа} \\ E = I_2 \cdot 2R + (I_1 + I_2) R \\ I_1 R = I_2 \cdot 2R \end{cases}$$

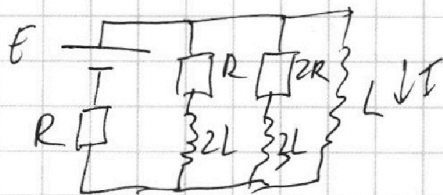
$$E = 2I_2 R + 3I_2 R$$

$$I_2 = \frac{E}{5R}; \quad I_1 = \frac{2E}{5R}$$

2) Т.к. ток через катушки быстро меняется не успевает, то сразу же после замыкания, ток <sup>I</sup> через катушку L равен нулю.

После замык.: (А также токи  $I_1$  и  $I_2$  не успели измениться)

3-ий Кирхгофа на контур с L:



$$E = LI + (I_1 + I_2) R$$

$$LI = E - (I_1 + I_2) R$$

$$I = \frac{E - (I_1 + I_2) R}{L} = \frac{E - \frac{3}{5} \frac{E}{R} \cdot R}{L} \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{2E}{5L}$$



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!



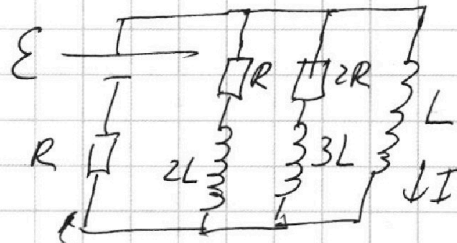
114 (маелз)

06

3) Запишем 3-и Кирхгофа на контур с L.

$$\mathcal{E} = L \dot{I} + \mathcal{E} I \cdot R$$

ток через L      сумма всех токов



Важно сразу после замыкания:

$$\mathcal{E} I = I_1 + I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R} + \frac{2\mathcal{E}}{5R} - \frac{3\mathcal{E}}{5R}; \quad \frac{3\mathcal{E}}{5R} \cdot R < \mathcal{E}$$

Ток через катушку L будет расти во тех пор, пока

ток ~~будет~~  $L \dot{I} > 0$

суммарный ток через батарею не станет таким, чтобы на резисторе R около батареи не подавало  $\mathcal{E}$ :  $\mathcal{E} = \mathcal{E} I R + L \dot{I}$ ;  $L \dot{I} = \mathcal{E} - \mathcal{E} I R$ .

Но если ~~сумма~~ на резисторе возле батареи падает  $\mathcal{E}$ , то в остальных контурах, чтобы выполнялся Кирхгоф,  $L \dot{I} < 0$ :

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_1 R + 2L \dot{I}_1 + \mathcal{E} I R \\ \mathcal{E} = 2I_2 R + 3L \dot{I}_2 + \mathcal{E} I R \end{cases}$$

- если это ~~\mathcal{E}~~  $\mathcal{E}$ , то вот это должно быть  $< 0$ .  
Если  $L \dot{I} < 0$ , то ток уменьш.

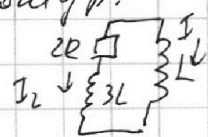
В конце, ~~через~~ ток  $I_1$  и  $I_2$  равны 0 и ток течёт только

через L.

$$\mathcal{E} = L \dot{I} + I R; \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Запишем Кирхгофа на контур:

$$2I_2 R + 3L \dot{I}_2 = I L$$



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!

~~№2~~ №4 (часть 3)

07

$\mathcal{E}_k$  заряд прошедший через  $2R$ .

$$2q_2 R + 3L \int_{I_0}^{I_2} \frac{dI_2}{dt} = \int_{I_0}^{I_2} L \frac{dI}{dt}$$

$$2q_2 R + 3L \Delta I_2 = L \Delta I$$

$$2q_2 R + 3L \left( \frac{q}{5R} \right) = L \left( \frac{\mathcal{E}}{R} \right)$$

включе замыкание

справ, включе замыкание  
исчезает ток  
замык

$$2q_2 R - 3L \frac{\mathcal{E}}{5R} = L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$2q_2 R = L \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{3}{5} \mathcal{E} \frac{L}{R}$$

$$2q_2 R = \frac{4}{5} \mathcal{E} \frac{L}{R}$$

$$q_2 = \frac{4}{5} \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$$

Ответ:  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$  ;  $i = \frac{2\mathcal{E}}{5L}$  ;  $q = \frac{4}{5} \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

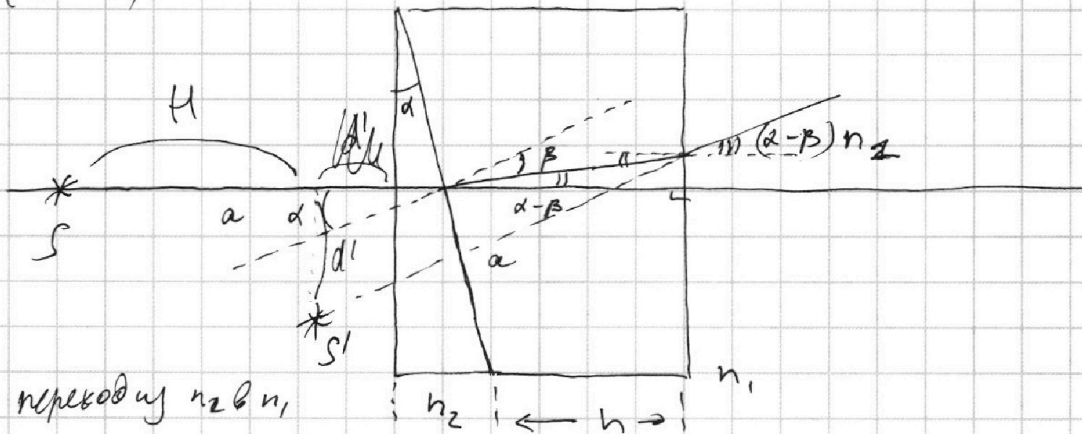
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

№5  
3) (часть 4)

10



переходу  $n_2 \rightarrow n_1$

$$1) \begin{cases} n_2 d = n_1 \beta \\ \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha \end{cases}$$

2) переходу  $n_2 \rightarrow n_1$  в воздухе:

$$(\alpha - \beta) \cdot n_1 = x \cdot n_2^I$$

$$x = (\alpha - \beta) n_1 = \left( \alpha - \frac{n_2}{n_1} \alpha \right) n_1 = n_1 \alpha - n_2 \alpha = \alpha (n_1 - n_2)$$

Т.к. призма не фокусирует параллельные лучи, то мнимое изображение источника  $S'$  будет видно на расстоянии  $a$  от правого края призмы и будет повернуто на угол  $\alpha (n_1 - n_2)$  (как на рисунке)

$$\tan \alpha (n_1 - n_2) \approx \alpha (n_1 - n_2)$$

$$d' = \alpha (n_1 - n_2) \cdot a = \alpha n_1 a - \alpha n_2 a = a - d' = a - a \cdot \frac{n_2}{n_1} = a \left( 1 - \frac{n_2}{n_1} \right) = a \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1} \right) = 200 \cdot \frac{1,05 - 1,2}{1,05} = 200 \cdot \frac{-0,15}{1,05} = -29,05 \text{ см}$$

$$H = a - a \cdot \cos \alpha + h = a \left( 1 - \frac{1}{2} \right) + h = 200 \cdot \frac{0,05^2}{2} + 9 = 29,05 \text{ см}$$



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!

N5 (на 6 б)

$n_2 = 1$

08



$\lambda = 0,05 \text{ рад}$

$h = 9 \text{ см}$

1)  $n_1 = n_2 = 1$

$n_2 = 1,6$

какой  $\phi$ ?

$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$ , т.к.  $\alpha, \beta \ll 1$ , то:  $\sin \alpha \approx \alpha$

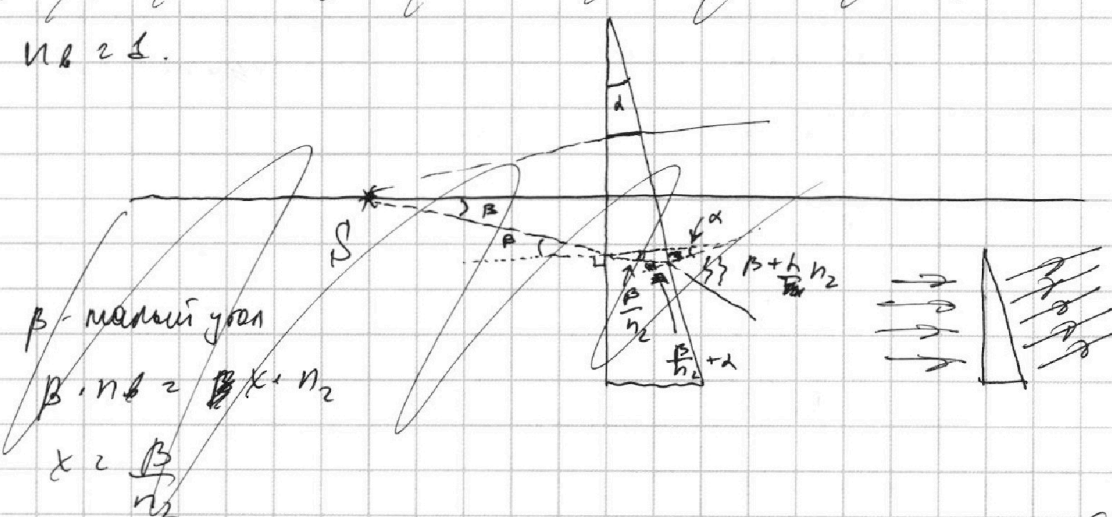
$n_2 \alpha = \beta$

$\phi = \beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha = 0,6 \lambda = 0,6 \cdot 0,05 =$

$\approx 0,03 \text{ рад.}$

2)

т.к. у ~~верха~~ ~~второй~~ ~~луча~~ ~~показатель~~ ~~преломления~~ ~~равен~~  $n_2 = 1$ ,  
то она на ход луча не влияет, т.к. у воздуха тоже  $n_2 = 1$ .



$\beta$  - малый угол

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

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

т.к. призма одинаково меняет угол всех лучей, наблюдателю будет виден мнимый изобразитель

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

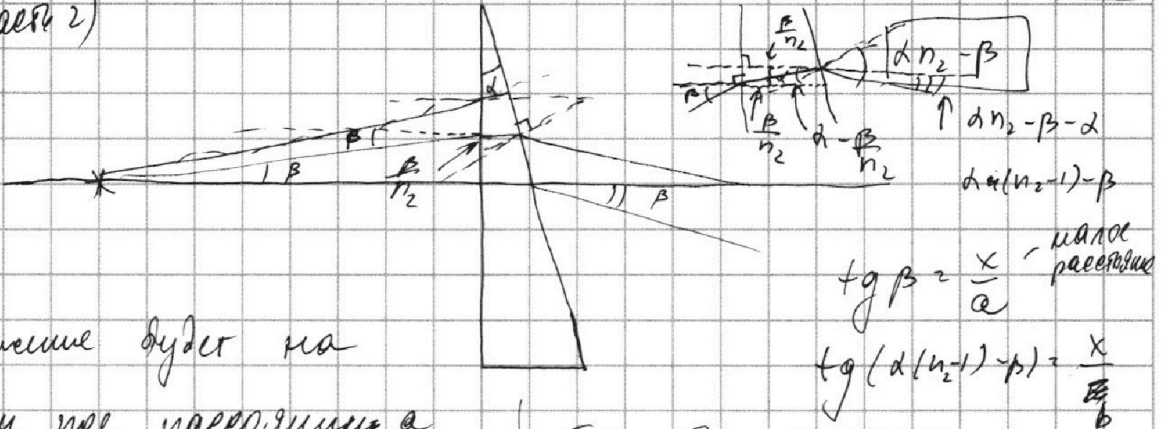
1  2  3  4  5  6  7



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

№5  
2) (часть 2)

09



Изображение будет на таком же расстоянии  $a$  от прямой, только повернуто относительно прямой ист. - глау на угол  $\alpha$ .

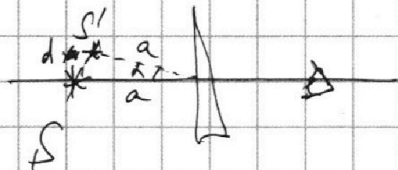
Т.к.  $\beta$  и угол малые:

$$\beta \approx \frac{x}{a}$$

$$d(n_2 - 1) - \beta \approx \frac{x}{b}$$

$$\frac{b}{a} \approx \frac{\frac{x}{a}}{\frac{x}{b}} = \frac{\beta}{d(n_2 - 1) - \beta}$$

сфокусированное расстояние  $b$  зависит от начального угла  $\alpha$  сфокусированного изображения точечного источника не будет.



следовательно расстояние  $d$  между источником и изображением будет

$$d^2 = a^2 + a^2 - 2a^2 \cos(\alpha)$$

$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

$$d^2 = 2a^2 \left(1 - \left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right)\right)$$

$$d^2 = 2a^2 \frac{\alpha^2}{2} = a^2 \alpha^2$$

$$d = a \cdot \alpha = 200 \text{ см} \cdot 0,05 = 10 \text{ см}$$



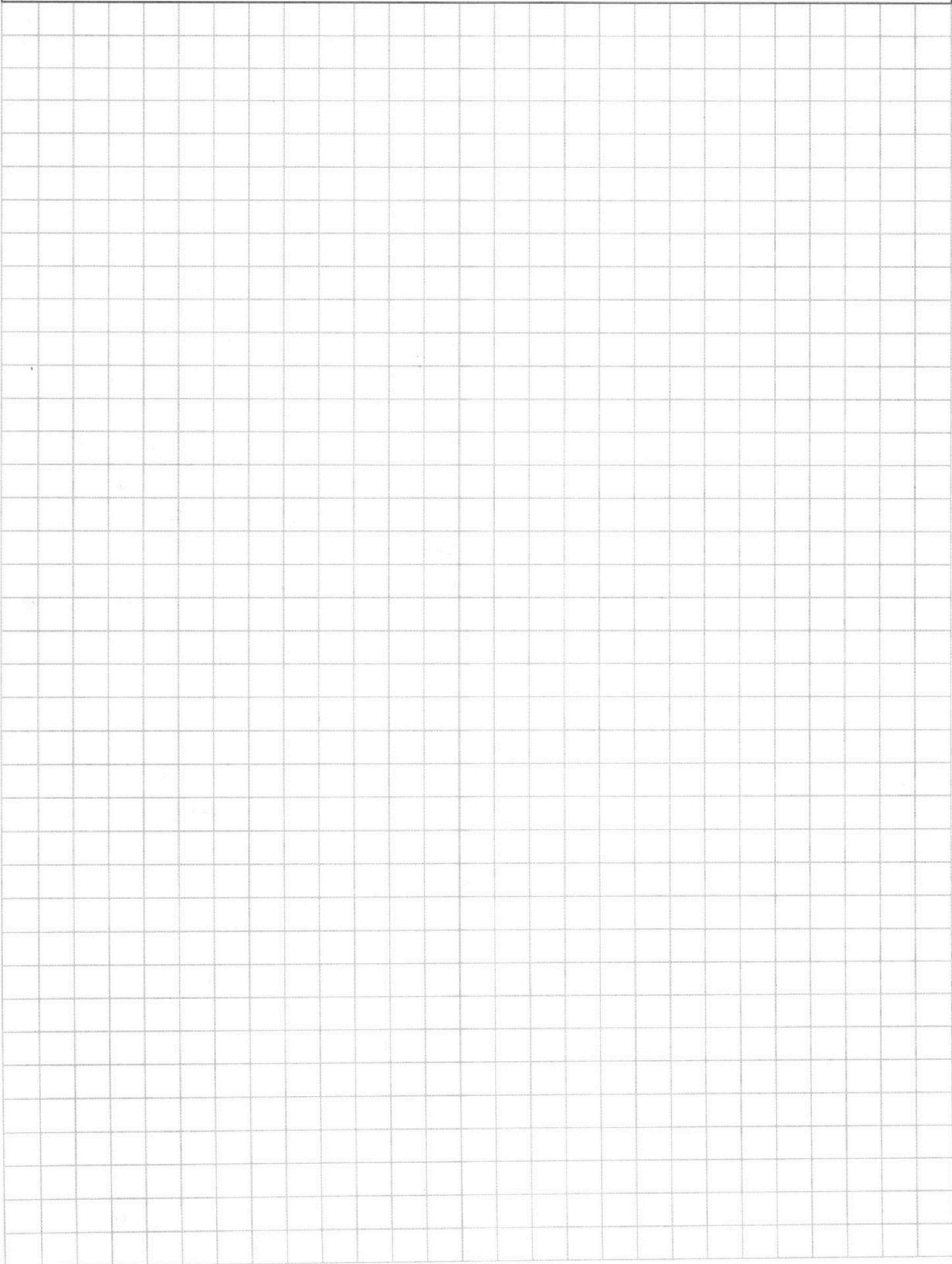
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





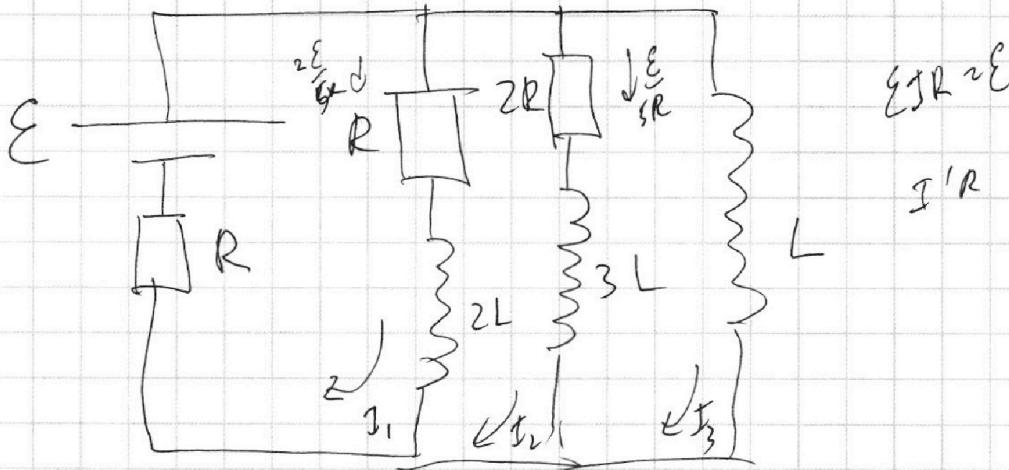
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>

**МФТИ**

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



$$\varepsilon = I_1 R + (I_1 + I_2 + I_3) R + \dot{L} I_1$$

$$L \dot{I}_3 = L \dot{I}_2 + I_2 R$$

$$\varepsilon = I R$$

$$\varepsilon = L \dot{I}_3 + \varepsilon I R$$

$$\varepsilon = I R$$

ток на вет. L будет равен до тех пор, пока на перемычке R отсутствует не будет падать ε, но сам на нём падает ε, то на остальных катушках  $L \dot{I} = 0 \Rightarrow$  в конце ток через будет течь только через L.

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$L \frac{dI}{dt} = 3L \frac{dI_2}{dt} + 2R \frac{dI_2}{dt}$$

$$L \Delta I = 3L \Delta I_2 + 2R$$

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

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



$$p'_{CO_2} \frac{7}{12} V = (\nu_{CO_2} + A \nu) RT$$

Черновик

$$p'_{CO_2} \frac{7}{12} V = \left( \frac{p'V}{16RT_0} + \frac{\kappa V p'}{16} \right) RT$$

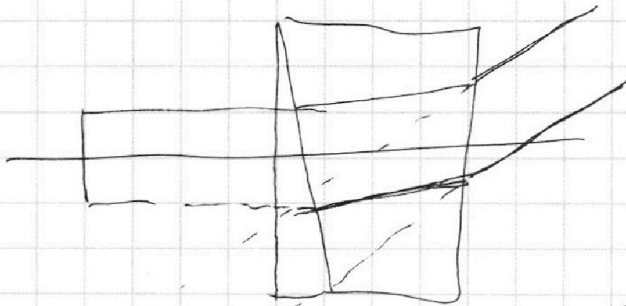
$$p'_{CO_2} \frac{7}{12} V = \frac{p'V T}{12 T_0} + \frac{\kappa p' V RT}{16}$$

$$p' = p_0 + p'_{CO_2}$$

$$p' = p_0 + \frac{12}{7} \left( p' \frac{T}{12 T_0} + \frac{\kappa p' RT}{16} \right)$$

$$p' = p_0 + \frac{12}{7} \left( p' \frac{4}{3 \cdot 12} + p' \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 16^3}{16} \right)$$

$$p' = p_0 + \frac{12}{7} p' \cdot \frac{4}{3 \cdot 12} + p' \frac{12}{7} \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 16}$$



100 · 0,0005



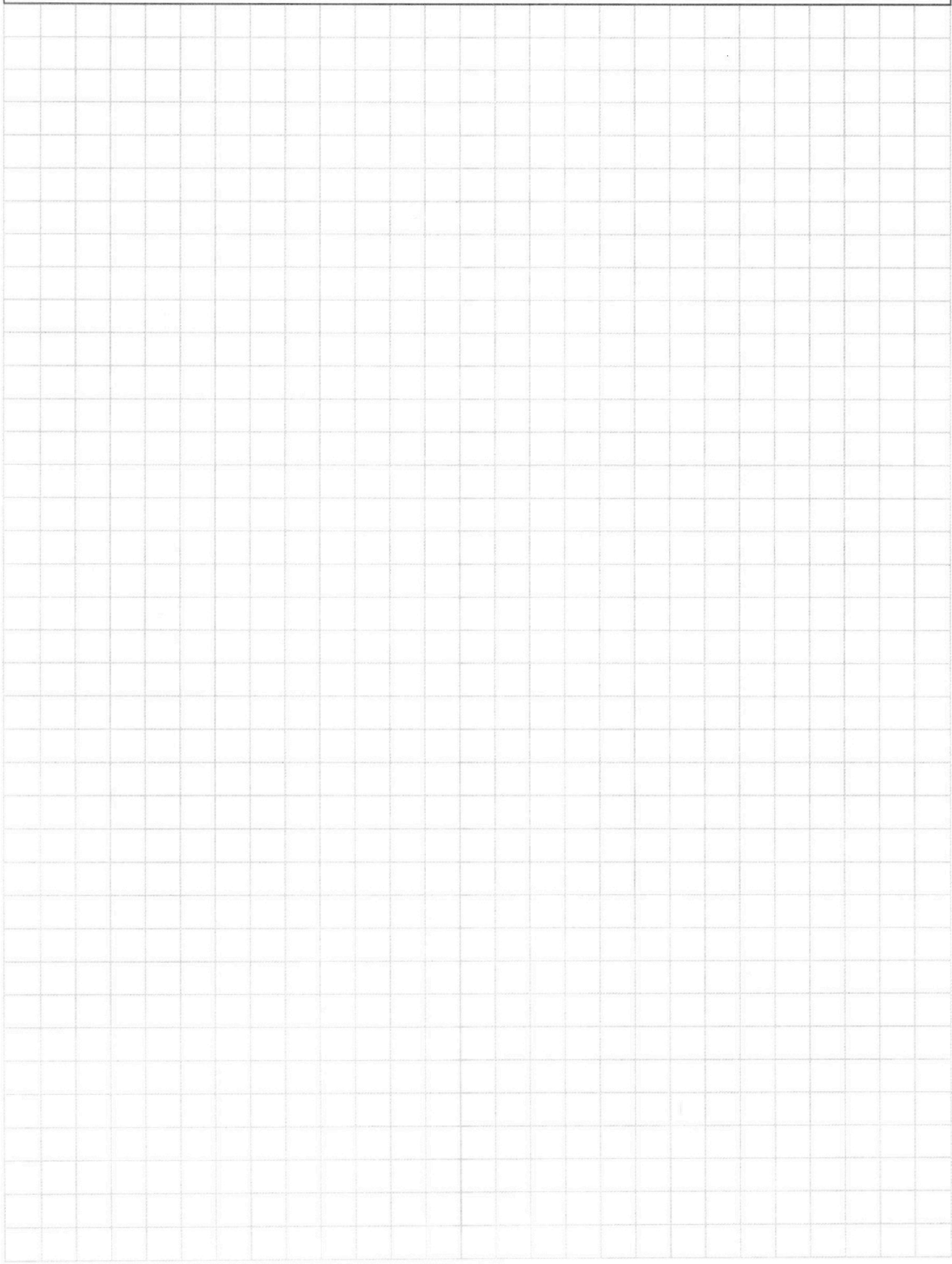
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$P = \frac{dA}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{P dx}{dt} = F \cdot V = \text{const}$$

т.к.  $V$  и  $F$  не const,  $\Rightarrow P$  не const

$$F_{\text{шт}} = \frac{1}{V} \cdot \frac{3 \cdot 3 \cdot 13}{4} = \frac{27}{20}$$

В конце разгона  $a = 0 \Rightarrow \frac{20 \cdot 7}{95} \text{ м/с} = 0 \Rightarrow \frac{120 - 27}{20} = \frac{93}{20}$

Черновик

$$RT_0 = 300 \cdot 4000$$

$$RT_0 = \frac{9000}{4} = 2250$$

$$\frac{3 \cdot 10^3 \cdot 13}{4} = RT_0; kRT_0$$

$$\frac{6}{7} P' - kRT_0 \frac{P'}{P}$$

$$P \left( \frac{6}{7} - kRT_0 \right)$$

$$\frac{3 \cdot 10^3 \cdot 13 \cdot 0,6 \cdot 10^3}{4} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 3}{5}$$

$$\Rightarrow P_{\text{об}}' = 405 \text{ Н}$$

$$P_{\text{об}}' \cdot V_{\text{концы}} = P = F_{\text{шт}} V$$

$$V_{\text{концы}} \approx 30 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{об}}' \cdot V_{\text{концы}} = F_{\text{шт}} V$$

$$405 \cdot 30 = P_{\text{об}} V$$

$$\frac{12150}{V_c} = P_{\text{об}}$$

$$\begin{array}{r} 12150 \\ - 108 \\ \hline 135 \\ - 155 \\ \hline 0 \\ 3 \\ 45 \\ \times 22 \\ \hline 315 \\ + 90 \\ \hline 1215 \end{array}$$

$$J_{N_c} = \frac{P' V}{k T_0 R}$$

$$= \frac{P' V}{k T_0 R}$$

$$m a_c = P_{\text{об}} - F_{\text{суп}}$$

$$F_{\text{суп}} = P_{\text{об}} - m a_c$$

$$F_{\text{суп}} = \frac{12150}{27} - 300 \cdot 0,25 = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$$

$$\frac{375 \cdot 27}{12150} = \frac{450}{12150}$$

$$\frac{375}{35} = \frac{25}{75}$$

$$\frac{375}{25} = \frac{15}{1}$$

$$\begin{array}{r} 375 \\ - 25 \\ \hline 125 \\ - 125 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{J_{CO_2}'}{J_{CO_2}} = \frac{J_{CO_2} + \Delta J}{J_{CO_2}}$$

$$\Delta J = k \frac{V P'}{4} \cdot \frac{P'}{4} = 2 k \frac{V P'}{16}$$

$$J_{CO_2} = \frac{J_{N_c}}{2} = \frac{P' V}{16 T_0 R}$$

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

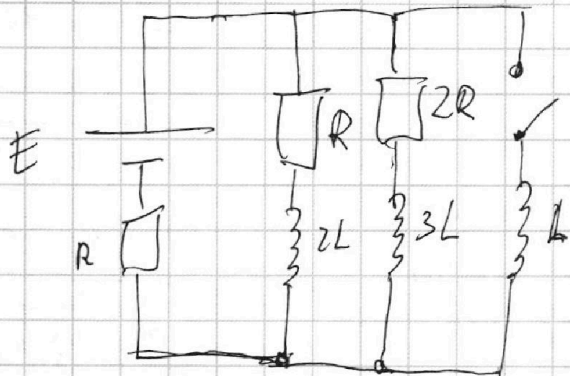
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

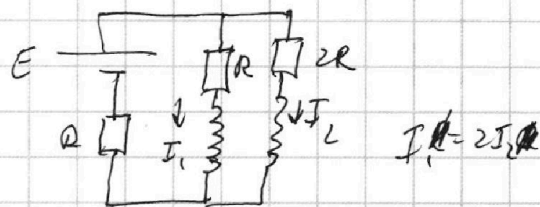
**МФТИ**

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

№4



До замыкания:



$$E = I_1 R + I_1 R + I_2 R$$

$$E = I_2 2R + I_1 R + I_2 R$$

$$E = 2I_1 R + \frac{4}{2} I_1 R$$

$$E = \frac{5}{2} I_1 R$$

$$I_1 = \frac{2E}{5R}$$

$$E - I_1 R = 2I_2 R + 2I_2 R + I_2 R$$

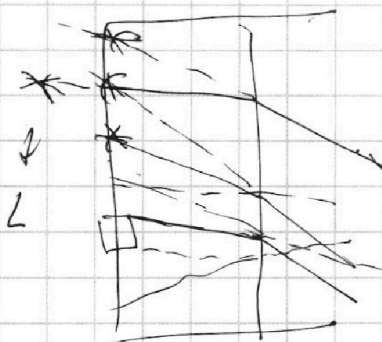
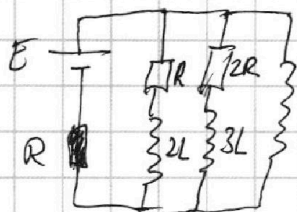
$$I_2 = \frac{E}{5R}$$

$$E = (I_1 + I_2)R + LI^2$$

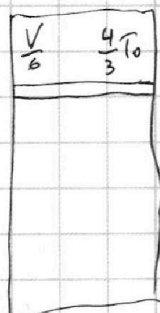
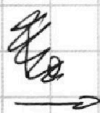
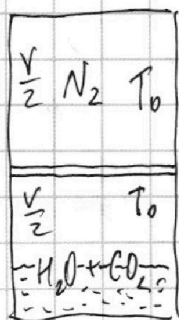
$$LI = E - \frac{3E}{5} = \frac{2}{5}E$$

$$I = \frac{2E}{5L}$$

после замыкания:



$$I_2 \cdot 2R + I_2 \cdot 3L = I L$$



а) w

а)  $\Delta p = k p w$

$$z = \frac{\Delta N_2}{\Delta N_{CO_2}}$$

До:

$$p_{N_2} \frac{V}{2} = \nu_{N_2} R T_0$$

$$p_{CO_2} \frac{V}{4} = \nu_{CO_2} R T_0$$

$$p_{N_2} = p_{CO_2}$$

после:

$$p'_{N_2} \frac{V}{6} = \nu'_{N_2} R \frac{4}{3} T_0$$

$$p_{N_2} = p_{N_2} + p_{CO_2}$$

$$p_{N_2} \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{4} \right) = \nu_{CO_2} R \frac{4}{3} T_0$$

$p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ ,  
т.к.  $T = 300 \text{ K}$

$$p_{CO_2} \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{4} \right) = \nu_{CO_2} R \frac{4}{3} T_0$$