



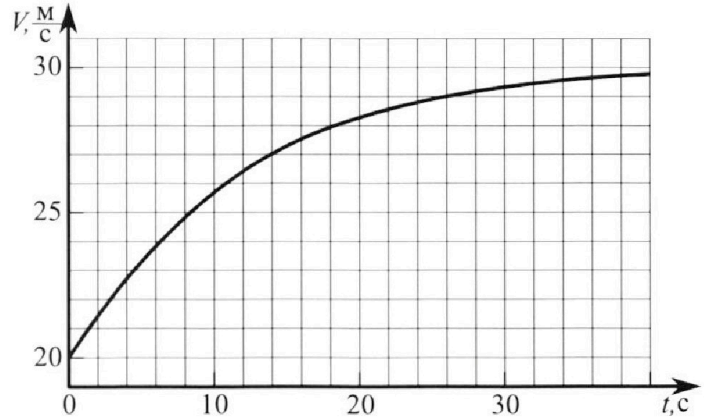
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ 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 $F_k = 200$ Н.



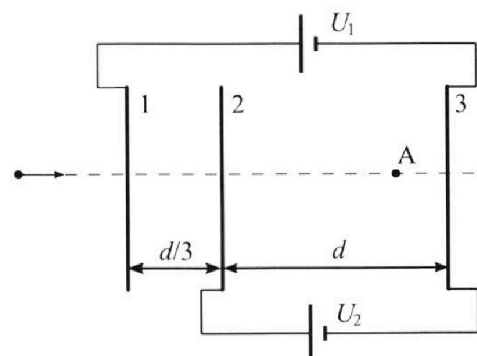
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится 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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ 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 $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

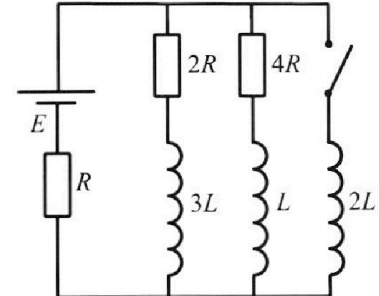
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



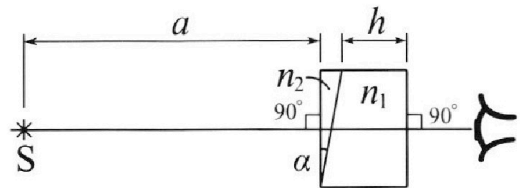
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ 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 $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



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

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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 (использовано)

1) Т.к. $a = \frac{dv}{dt}$, то графически ускорение имеет смысл коэффициента угла наклона касательной в некоторой точке

В самом начале касательная к графику проходит через точки $v_1 = 20 \frac{m}{c}$, $t_1 = 0 c$ и $t_2 = 10 c$, $v_2 = 28 \frac{m}{c}$

$$tg \alpha_0 = a_0 = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t_2 - t_1} = \frac{8}{10} = 0,8 \frac{m}{c^2}$$

$$a_0 = 0,8 \frac{m}{c^2}$$

2) $N = const = \frac{\delta A}{\delta t}$; $\delta A = F_T \cdot \delta S$, F_T - сила тяги, δS - малое перемещение за время δt

$$N = F_T \cdot \frac{dS}{dt} = F_T \cdot v \Rightarrow F_T(v) = \frac{N}{v}$$

~~В конце движения, аналогично первому пункту вычислим ускорение. Касательная к графику в этой точке проходит через точки~~

~~$$t = 0, v = 29 \frac{m}{c}, v = 3$$~~

В конце мотоциклист разогнался до скорости в этот момент он не имел ускорения

$$v_k = 30 \frac{m}{c}, \text{ значит } \frac{N}{v_k} = F_k \Rightarrow N = F_k v_k \neq; N = 6 \text{ кВт}$$

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 (продолж.)

То т.е., т.к. $N = \text{const}$, то в начале ускорения:

$$ma = \frac{N}{v_0} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{N}{v_0} - ma_0 = F_k \frac{v_k}{v_0} - ma_0 = 200 \cdot \frac{30}{20} - 240 \cdot \frac{8}{10} =$$
$$= 300 - 192 = 108 \text{ (Н)}$$

3) Аналогично пункту 2 можно показать, что

$$N_{\text{сопр}_0} = F_0 v_0; N_{\text{сопр}_0} = 108 \cdot 20 = 2160$$

$$\eta = \frac{N_{\text{сопр}_0}}{N}, \eta - \text{искомый коэффициент}$$

$$\eta = \frac{2160}{6000} = \frac{216}{600} = 0,36$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $F_0 = 108 \text{ Н}$

3) $\eta = 0,36$

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_2 (число)

1) В начальный момент температура системы
близка к комнатной, т.е. давлением
водяных паров можно пренебречь

~~т.к. хотя CO_2 и многоатомный~~

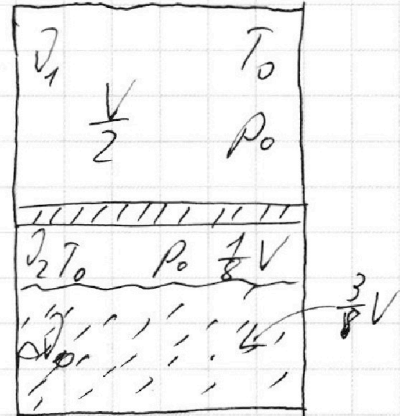
~~газ он имеет $i=5$~~

~~степеней свободы~~

давления равны, т.к.
 $p_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 +$ поршень
безмассовый
и движ. без
трения

$$p_0 \cdot \frac{1}{8} V = \nu_2 R T_0$$

$$\nu_2 \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{4}; \quad \Delta \nu_0 = \frac{3}{8} k \nu p_0$$



2) ~~Все~~ в конце систему нагрели до $T \approx 100^\circ\text{C}$,
т.е. при такой температуре давление
насыщенных паров воды равно $p_{\text{атм}}$.

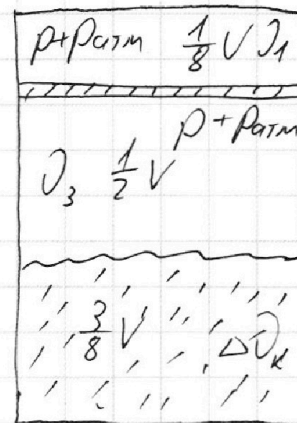
пренебрежем изменением

объема жидкости, т.к. ни

растворение газа, ни испарение

к воде сильно объем

воды не меняют.



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!



№2 (продолжение)

p на рисунке - парциальное давление углекислого газа

$$\frac{p + p_{\text{атм}}}{4p_0} = \frac{4}{3} \Rightarrow p + p_{\text{атм}} = \frac{16}{3}p_0$$

$$\frac{4}{2}(p + p_{\text{атм}})V = \nu_3 R T_0 \cdot \frac{4}{3} T_0 \quad \frac{1}{8}V(p + p_{\text{атм}}) = \frac{4}{3}\nu_3 R T_0$$

$$\nu_3 = \nu_2 - (\Delta\nu_0 - \Delta\nu_k) \quad \frac{1}{2}Vp = \nu_3 R T_0 \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{8}V(p + p_{\text{атм}}) = \nu_1 R T_0 \cdot \frac{4}{3} \quad \nu_3 = \nu_2 + (\Delta\nu_0 - \Delta\nu_k)$$

$$\Delta\nu_k = k \cdot \frac{3V}{8}p$$

$$\frac{\nu_3}{\nu_1} = 4$$

$$\nu_3 = 4\nu_1$$

$$\nu_2 = \frac{1}{4}\nu_1$$

$$4\nu_1 = \frac{1}{4}\nu_1 - \Delta\nu_0 + \Delta\nu_k$$

$$\frac{p + p_{\text{атм}}}{4p} = \frac{\nu_1}{\nu_3}$$

$$\nu_3 = \frac{4p}{p + p_{\text{атм}}} \nu_1$$

$$\nu_2 = \frac{1}{4}\nu_1$$

$$\frac{4p}{p + p_{\text{атм}}} \nu_1 = \frac{1}{4}\nu_1 + \frac{3}{8}kVp_0 - \frac{3}{8}kVp$$

$$4\left(\frac{16}{3}p_0 - p_{\text{атм}}\right) \cdot \nu_1 = \frac{1}{4}\nu_1 + \frac{3}{8}kVp_0 - \frac{3}{8}kVp - \frac{3}{8}kVp$$

$$-\frac{3}{8}kV \cdot \frac{16}{3}p_0 + \frac{3}{8}kVp_{\text{атм}}$$

$$4\nu_1 - \frac{3p_{\text{атм}}}{4p_0}\nu_1 = \frac{1}{4}\nu_1 - \frac{13}{8}kVp_0 + \frac{3}{8}kVp_{\text{атм}}$$

$$Vp_0 = 2\nu_1 R T_0; \quad Vp + Vp_{\text{атм}} = 8\nu_1 R T_0 \Leftrightarrow$$

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!



н (продолжение)

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3P_{\text{атм}}}{4P_0} J_1 = -\frac{13}{4} k J_1 R T_0 + \frac{3}{8} k \sqrt{P_{\text{атм}}}$$

$$v = \frac{2J_1 R T_0}{P_0}$$

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3P_{\text{атм}}}{4P_0} J_1 = -\frac{13}{4} k J_1 R T_0 + \frac{3}{4} k J_1 R T_0 \frac{P_{\text{атм}}}{P_0} \quad | : J_1$$

$$\frac{13}{4} k R T_0 + \frac{15}{4} = \frac{P_{\text{атм}}}{P_0} \left(\frac{3}{4} + \frac{3}{4} k R T_0 \right)$$

$$13 k R T_0 + 15 = \frac{P_{\text{атм}}}{P_0} (3 + 3 k R T_0)$$

$$\frac{P_0}{P_{\text{атм}}} = \frac{3 + 3 k R T_0}{13 k R T_0 + 15} \Rightarrow P_0 = P_{\text{атм}} \frac{3 + 3 k R T_0}{13 k R T_0 + 15} =$$

$$= \frac{3 + 3 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3 P_{\text{атм}}}{13 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3 + 15} P_{\text{атм}} = \frac{3 + \frac{81}{20}}{\frac{351}{20} + 15} P_{\text{атм}} \approx \frac{7}{33} P_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) $\frac{1}{4}$
2) $\frac{7}{33} P_{\text{атм}}$

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

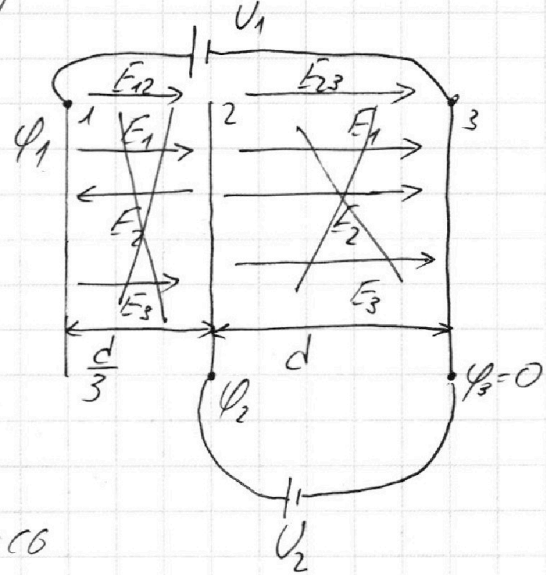


1) т.к. поля везде однородно,
нулевой потенциал можно

выбрать в любой точке.

Выберем $\varphi_3 = 0$, тогда $\varphi_2 = U_2 = U$,

$\varphi_1 = U_1 = 5U$



Пусть пластины ^{1,2,3} заряжены

до зарядов q_1, q_2, q_3 соответственно.

Поле одной пластины равно $E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$. Положим

для определенности система замкнута, значит

~~$q_1 = -q_2, q_2 = -q_3, q_3 = q \Rightarrow q_1 = q_2 = -q$~~

~~$q_1 + q_2 + q_3 = 0$, значит~~

~~для определенности положим $q_1 > 0, q_2 > 0$, тогда~~

~~$q_3 < 0$. Если в рассуждении, на ответ это не~~

~~повлияет~~

~~$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{d}{3}(E_3 + E_1 - E_2) \Rightarrow \frac{3(\varphi_1 - \varphi_2)}{d} = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{\epsilon_0 S} =$$~~
~~$$= \frac{3 \cdot 4 \cdot 4}{d} = \frac{12U}{d} \quad (1)$$~~

~~$$\varphi_2 - \varphi_3 = U = d(E_3 + E_2 + E_1) \Rightarrow \frac{U}{d} = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{\epsilon_0 S} \quad (2)$$~~

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!



№3 (продолжение)

~~Сложим (1) и (2)~~

~~$$\frac{13U}{d} = \frac{1}{\epsilon_0 S} (q_1 + q_3), \quad q_1 + q_3 = -q_2$$~~

~~$$-q_2 = \frac{13U}{d} \cdot \epsilon_0 S$$~~

~~$$\text{из (2): } \frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (q_3 + q_1 + q_2)$$~~

~~Система замкнута, значит $q_1 + q_2 + q_3 = 0$, отсюда,~~

~~по теореме Гаусса получим~~

Система замкнута, поэтому $q_1 + q_2 + q_3 = 0$,
напряженность E
значит поле снаружи пластины равно 0

Разность потенциалов между ^{сетками} обкладками

2 и 3 равна $\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U$, суммарное

поле между этими пластинами направлено

в сторону уменьшения потенциала, т.е. от

пластины 2 к пластине 3. $E_{23} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = \frac{U}{d}$

$$F_{23} = E_{23} q = m a_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{E_{23} q}{m} = \frac{Uq}{dm}$$

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!



№3 (продолжение)

2) Т.к на заряд не действует сил кроме как со стороны эл. поля, то работы,

совершаемые силой Кулона идет на

изменение кинетической энергии $F_{K23} = \frac{Uq}{dm}$

$$A_{23} = K_3 - K_2 = F_{23} \cdot d = \frac{Uq}{dm}$$

3) Аналогично п. 2 по аналогии с п. 1

Аналогично найдем напряженность поля между сетками 1 и 2 $\frac{d}{3}(\varphi_1 - \varphi_2) = E_{12} = 4U \frac{d}{3} \rightarrow E_{12} = \frac{4Ud}{3}$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{d}{3} E_{12} \Rightarrow E_{12} = \frac{3U}{d}$$

Тогда, работы, совершенные $K_{F_{12}}$ равны

$$A_{12} = F_{12} \cdot \frac{d}{3} = E_{12}q \cdot \frac{d}{3} = 4Uq$$

$$A_{20A} = F_{23} \cdot d \cdot \frac{3d}{4} = \frac{Uq}{d} \cdot d \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{4} Uq$$

$$K_A - K_1 = \frac{m\varphi_A^2}{2} - \frac{m\varphi_0^2}{2} = A_{2A} + A_{12} = \frac{19}{4} Uq$$

$$m\varphi_A^2 = m\varphi_0^2 + \frac{19}{2} Uq$$

$$\varphi_A = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{Uq}{dm}; 2) Uq; 3) \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$

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 (число)

1) При разомкнутом ключе и установившемся режиме ток через катушки не меняется,

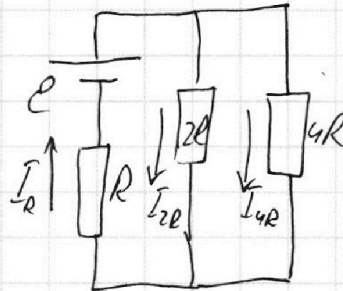
значит $\mathcal{E} = -\frac{dI}{dt} \cdot L = 0$, напряжение на них

0, они не вносят своего вклада в цепь.

Эквивалентная цепь выглядит так:

2 3И Кирхгофа:

$$\begin{cases} \text{ЭНВ} & \mathcal{E} = I_R R + I_{2R} \cdot 2R \\ & \mathcal{E} = I_R R + I_{4R} \cdot 4R \\ & I_R = I_{2R} + I_{4R} \end{cases}$$



$$\mathcal{E} = R \cdot 2I_{2R} + 5I_{4R} \cdot R$$

$$\mathcal{E} = R \cdot 2I_{2R} + 5I_{4R} \cdot R \Rightarrow 3\mathcal{E} = 3I_{2R} \cdot R + 15I_{4R} \cdot R$$

$$\mathcal{E} = 3R \cdot I_{2R} + I_{4R} \cdot R$$

$$2\mathcal{E} = 14I_{4R} \cdot R \Rightarrow I_{4R} = \frac{\mathcal{E}}{7R}; I_{2R} = I_{4R} = \frac{\mathcal{E}}{7R} = 2I_{2R}$$

2) Ток через катушку скачком не меняется,

значит сразу после замыкания ключа $I_{2L} = 0$,

$$I_{3L} = I_{2R} = \frac{2\mathcal{E}}{7R}$$

$$I_{1L} = I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

Значит, т.к. $I_{2L} = 0$, то $I_R = I_{1R} = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$

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

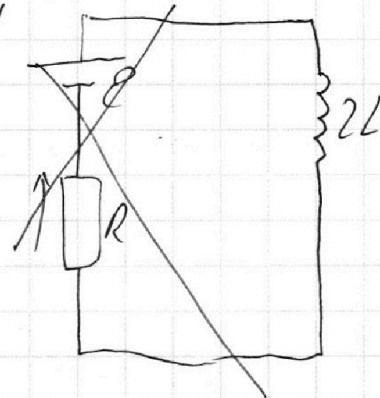
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

23и Кирхгофа для контура
с источником и катушкой $2L$

$$\mathcal{E} - \frac{d\tilde{I}_{2L}}{dt} \cdot 2L = \tilde{I}R = \frac{3}{7}\mathcal{E}$$

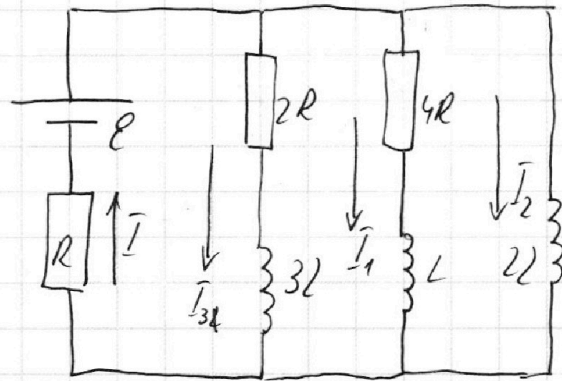
\tilde{I}'_{2L} - искомая во втором
пункте величина

$$\tilde{I}'_{2L} = \frac{\frac{4}{7}\mathcal{E}}{2L} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$



3) $\tilde{I} = \tilde{I}_1 + \tilde{I}_2 + \tilde{I}_3$

Рассмотрим конечный
момент (все токи
установились) в этот
момент напряжение



на катушке $2L$ равно 0, значит, тк
напряжение на всех катушках равно 0,
то ток через резисторы $2R$ и $4R$ не
течет. А ток через резистор R и катушку

$2L$ равны $\frac{\mathcal{E}}{R} \tilde{I}_{2L} = \frac{\mathcal{E}}{R}$

23-и Кирхгофа для контура с
катушками L и $3L$:

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!



нч (продолжение)

$$-\frac{d\bar{I}_1}{dt} \cdot L + \frac{d\bar{I}_2}{dt} \cdot 2L = \bar{I}_1 \cdot 4R$$

$$-d\bar{I}_1 \cdot L + d\bar{I}_2 \cdot 2L = dq_1 \cdot 4R \text{ проинтегрируем}$$

до момента наступления равновесия):

$$4R \cdot q_1 = L$$

$$4R \cdot q_1 = L \Rightarrow q_1 = \frac{L}{4R}$$

$$4R \cdot q_1 = -L(0 - \bar{I}_{20}) + 2L \cdot (\bar{I}_{2к} - 0) = \bar{I}_{20}L + 2L \cdot \bar{I}_{2к} =$$
$$= \frac{E}{7R} \cdot L + 2L \cdot \frac{E}{R} = \frac{15EL}{7R}$$

$$q_1 = \frac{15EL}{28R^2}$$

Ответ: 1) $\frac{E}{7R}$

2) $\frac{2E}{7L}$

3) $\frac{15EL}{7R}$

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) Рассмотрим луч, ^{№5 (начало)} направленный из
левой грани системы под
углом 90°

Во всех случаях предполагается
считать, что $n_2 > n_1$, $n_3 = 1$.

$\beta = \alpha$, из плоскости z -и

Схема (углы малы, значит

$\sin x \approx \tan x \approx x$):

$$n_2 d = n_1 f \Rightarrow f = \frac{n_2}{n_1} d$$

луч выходит из второй среды:

$$n_1 \beta = \theta = n_2 \alpha \quad n_1(\beta - f) = \theta$$

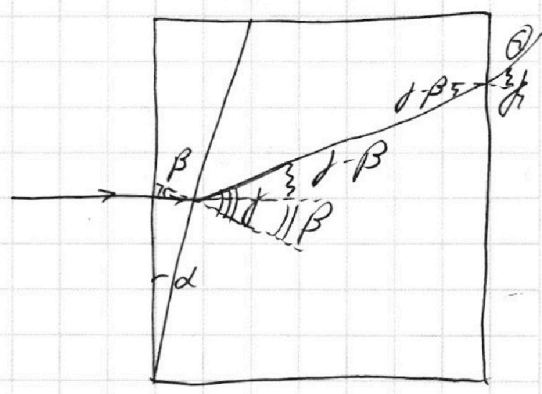
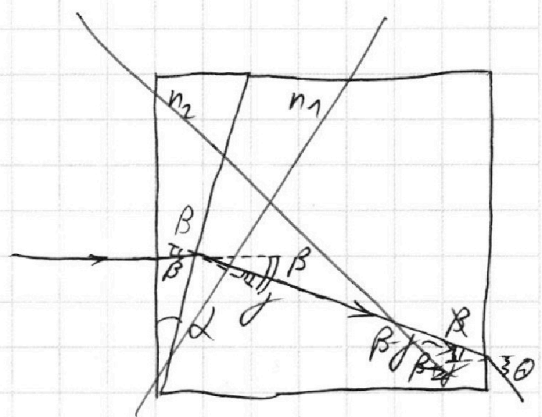
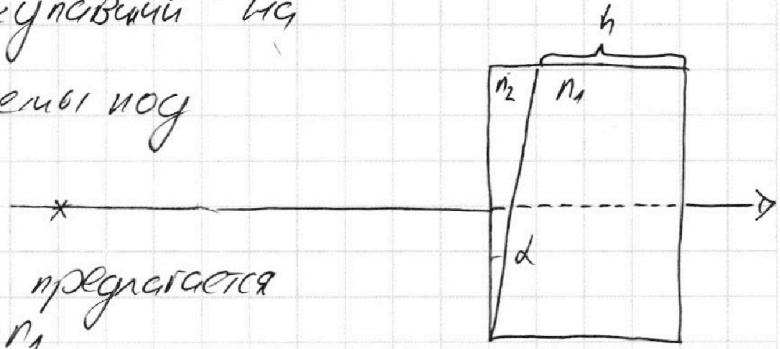
$$\text{для п. 1: } \theta = n_2 d \quad \theta = n_1 d \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$n_1(\beta - f) = \theta$$

$$\theta = n_1 d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) = d(n_2 - n_1)$$

$$\text{для п. 1: } \theta = 0,1 \cdot 0,7 =$$

$$= 0,7 \text{ рад}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

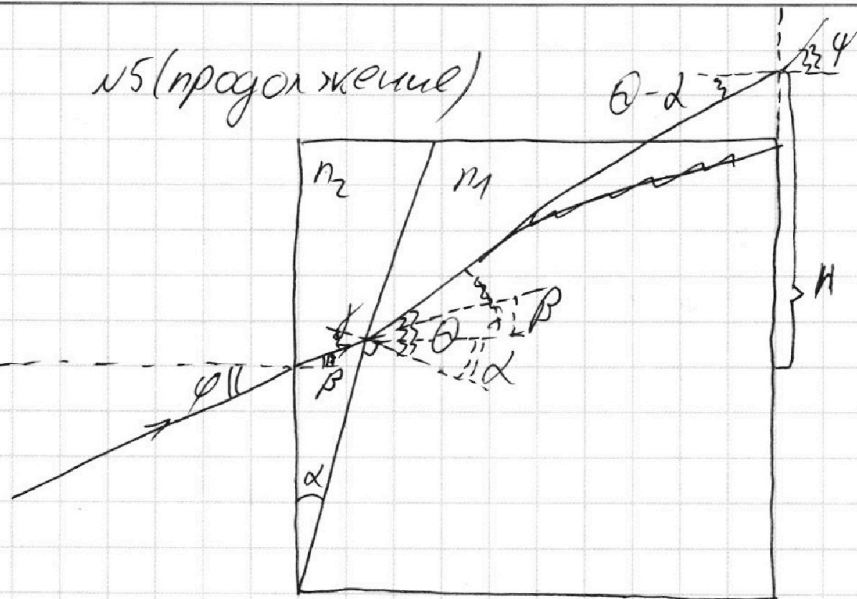
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



NS (продолжение)



рассмотрим луч, падающий под некоторым
углом φ к прямой, перпендикулярной
границам оптической системы (φ -малый)

$$1. \varphi = n_2 \cdot \beta \Rightarrow \varphi = n_2 \beta$$

$$\gamma = 90^\circ = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta \right) = \alpha + \beta$$

$$n_1 \theta = n_2 \gamma = n_2 (\alpha + \beta) \Rightarrow \theta = \frac{n_2}{n_1} \left(\alpha + \frac{\varphi}{n_2} \right)$$

$$(\theta - \alpha) n_1 = \psi$$

$$\psi = n_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \alpha + \frac{\varphi}{n_1} - \alpha \right) = \frac{\varphi}{n_1} \left(\varphi + \alpha (n_2 - n_1) \right)$$

Угол отклонения любого луча системой
равен $\alpha (n_2 - n_1)$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

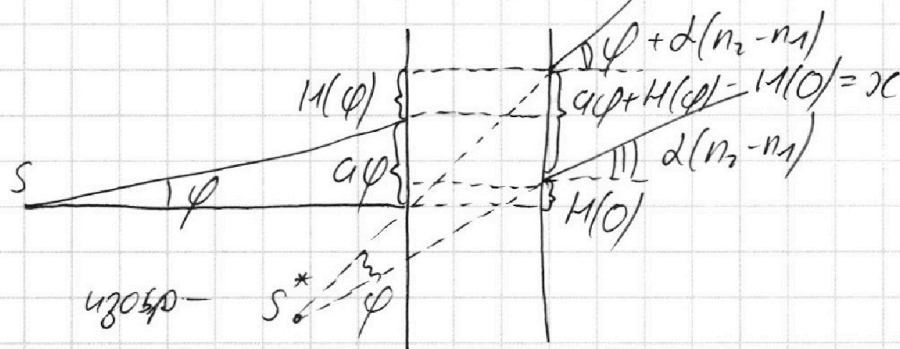
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

№5 (продолжение)
при этом, в связи с малостью углов
(и тонкостью призмы n_2)
отклонение луча по вертикали M равно:

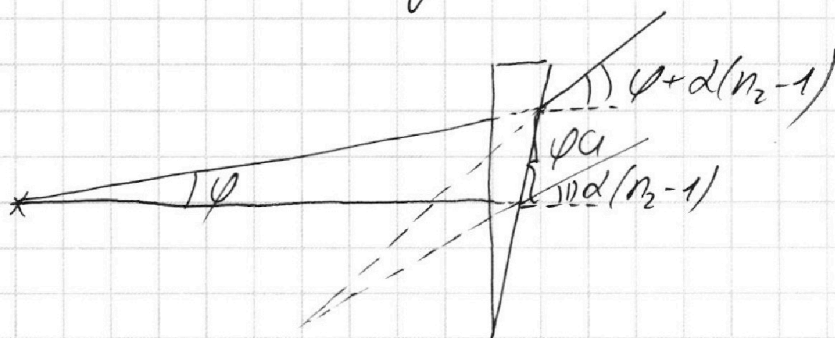
$$M = h(\theta - d) = h\left(\frac{n_2}{n_1}d + \frac{\varphi}{n_1} - d\right)$$



$$x = \alpha\varphi + M(\varphi) - M(0) = \alpha\varphi + h \cdot \frac{\varphi}{n_1}$$

2) т.к. во втором пункте $n_1 = 1$, то

изображение сформируется только в призме n_2



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

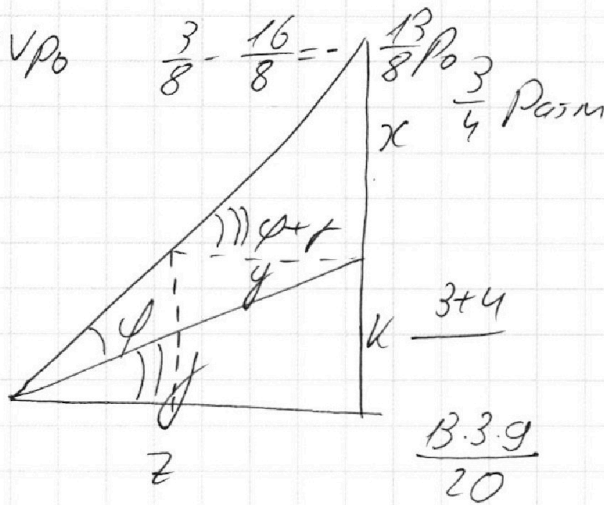
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$2 \kappa V p_0$



$$V p + V p_{atm} = 8 V_0 R T$$

$$\frac{x}{y} = \frac{\kappa}{z-y}$$

$$\kappa = z y$$

$$\frac{x+z}{y} = \frac{z+y}{z-y} = \frac{x+z y}{z}$$

$$\frac{33}{19+} = \frac{360}{20} = 18$$

$$\frac{p + p_{atm}}{p_0}$$

$$\frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

$$x z - x y = z y y$$

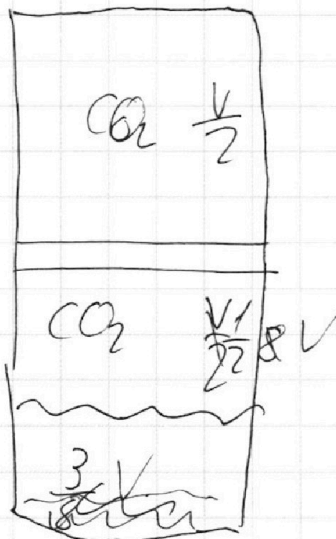
$$x z = x y + z y y$$

$$\frac{4}{3} T_0 = 323$$

$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 360 =$$

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

$$R T_0 = \frac{9}{4} \cdot 10^3$$



$$\begin{array}{r} \times 27 \\ \times 13 \\ \hline 81 \times \\ + 27 \\ \hline 351 \end{array}$$

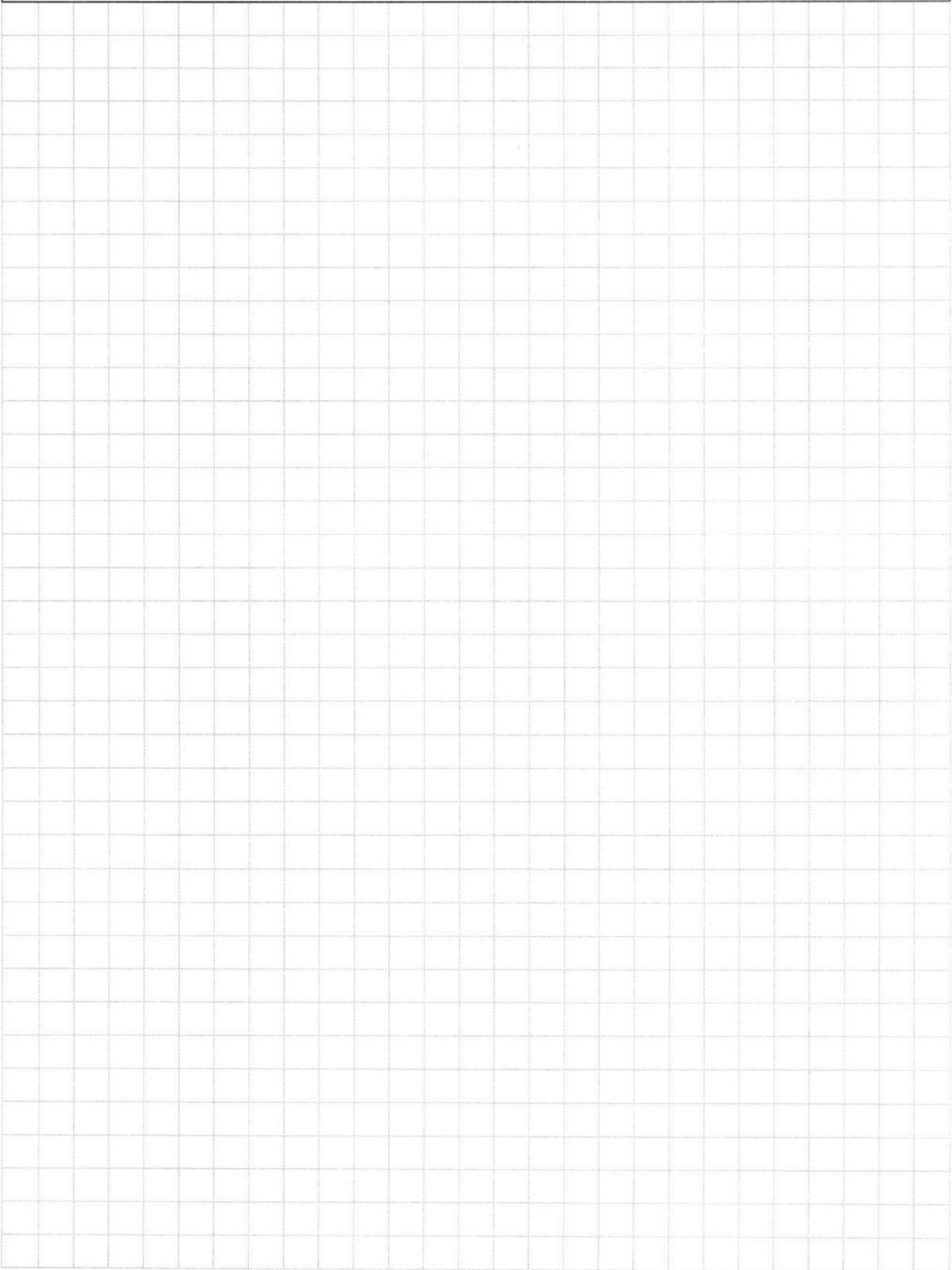


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$F_T =$
 $N = A \frac{dA}{dt}$
 $\delta A = F_T \cdot ds$
 $N = F_T \cdot \omega$
 $c = \frac{dU}{dt}$
 $E_* = R \cdot \vec{I}_{2R} + SR \cdot \vec{I}_{4R}$
 $q_1 + q_2 + q_3 = 0$
 $n_2 \alpha = \beta$

$m\dot{\omega} = F_T \frac{N}{\omega} - F_{\text{компр}} \omega$
 $24 \cdot 8 = 160 + 32$
 $N_{\text{компр}} = F_0 \omega_0$
 $N = 216$
 $\frac{216}{18} \Big| \frac{6}{36}$

$\alpha < 0$
 $\omega = -\frac{d\varphi}{dt}$
 $\omega = \dot{\varphi} = \dot{\alpha}$
 $\varphi = \alpha - \varphi =$
 $\omega = \frac{n_2}{n_1} \left(\alpha + \frac{\varphi}{n_2} \right)$

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!



$$\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{2R} - I_2 R = 3I_2 R$$

$$3I_2 R = \frac{\mathcal{E}}{2R} - \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{6\mathcal{E}}{2R} =$$

$$\mathcal{E} - \frac{dI_1}{dt} L = I_2 R$$

$$-\frac{dI_2}{dt} \cdot 3L + \frac{dI_1}{dt} \cdot L = 2R \cdot I_2 - I_1 \cdot 4R$$

$$-dI_2 \cdot 3L + dI_1 \cdot L = 2R \cdot dq_2 - 4R \cdot dq_1$$

$$-\frac{dI_2}{dt}$$

$$\mathcal{E} - \mathcal{E} - \frac{dI_2}{dt} \cdot 22L = I_2 R$$

$$-\frac{dI_1}{dt} \cdot L + \frac{dI_2}{dt} \cdot 2L = I_1 \cdot 4R$$

$$-dI_1 \cdot L + dI_2 \cdot 2L = dq_1 \cdot 4R$$

