



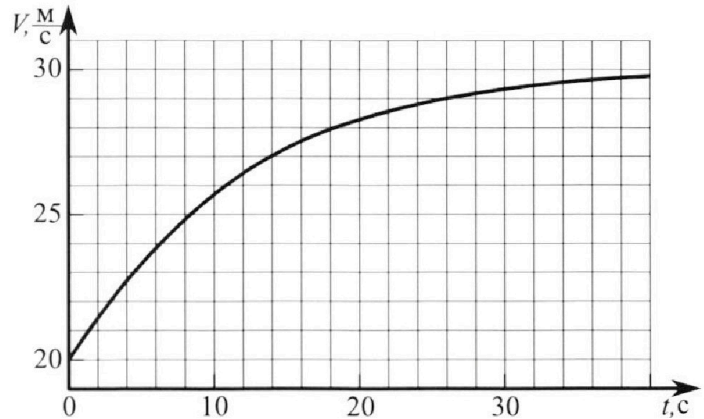
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



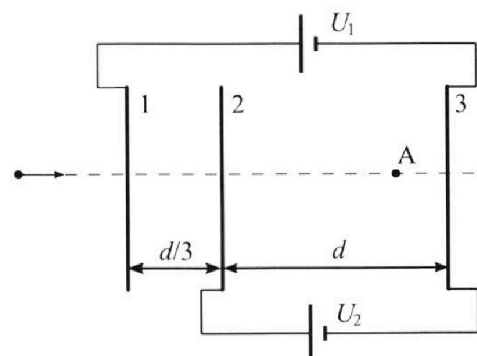
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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  $\Delta v$  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.

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

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

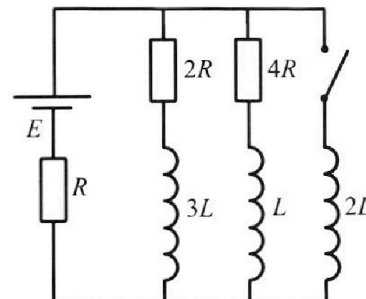
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



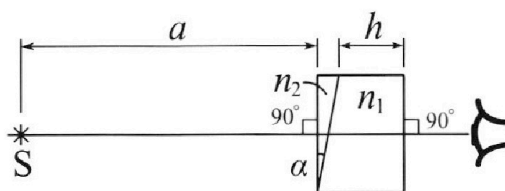
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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)  $N = const = \frac{\delta A}{dt}$ ;  $\delta A = F_T \cdot dS$ ,  $F_T$  - сила тяги,  $dS$  - малое перемещение за время  $dt$

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

~~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
<input checked="" 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!



№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  $\text{CO}_2$  и многоатомный~~

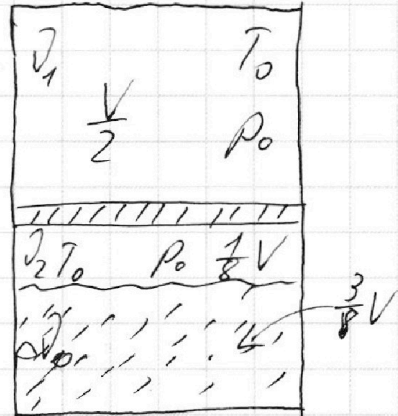
~~газ он имеет  $i=5$~~

~~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  $p_{\text{атм}}$ .

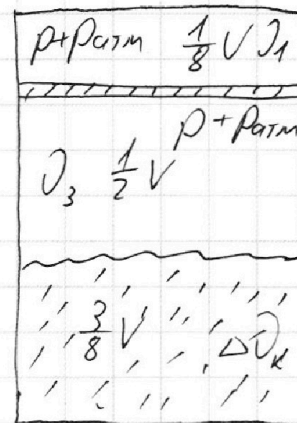
Пренебрежем изменением

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\nu_3 = 4\nu_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

МФТИ

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

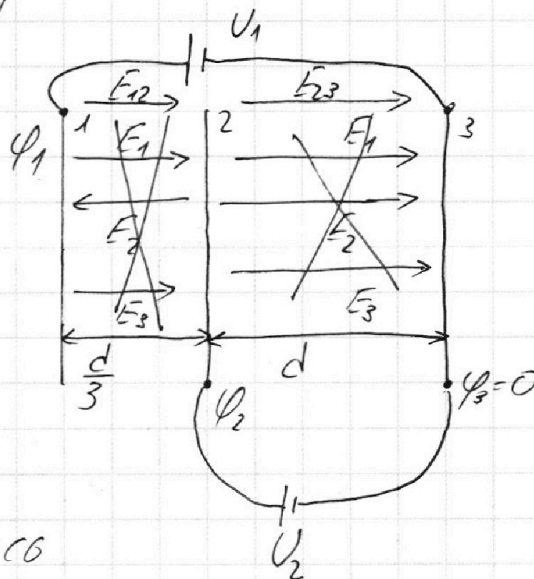


1) т.к. поля везде однородно,  
нулевой потенциал можно

выбрать в любой точке.

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

$$\varphi_1 = U_1 = 5U$$



пусть пластины <sup>1,2,3</sup> 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

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0, \text{ значит}$$

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

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

повлияет

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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 (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 <sup>сетками</sup> 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, совершаемой силой Кулона идет на изменение кинетической энергии  $F_{123} = \frac{Uq}{dm}$

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

3) Аналогично п. 2 по аналогии с п. 1

А<sub>21</sub> 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, совершенная  $K_{F_{12}}$  равна

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

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

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

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

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

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,

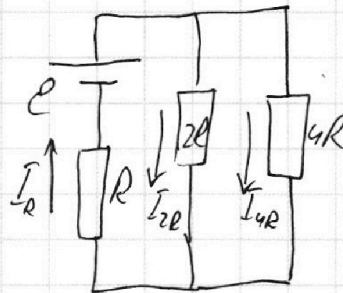
значит  $\mathcal{E} = -\frac{dI}{dt} \cdot L = 0$ , напряжение на них

0, они не вносят своего вклада в цепь.

Эквивалентная цепь выглядит так:

2 3И Кирхгофа:

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



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

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

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

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

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

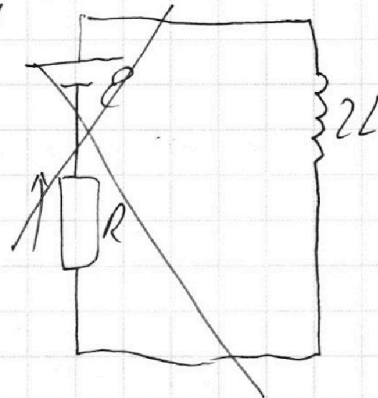
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

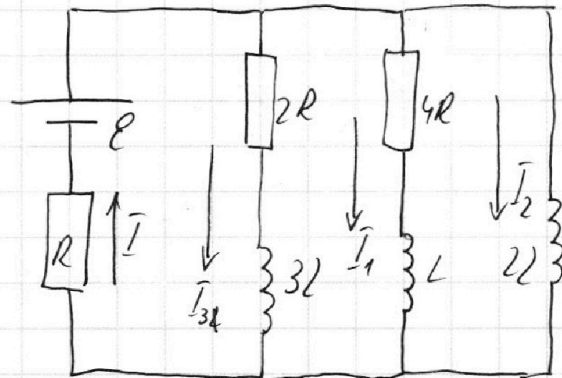
$\tilde{I}'_{2L}$  - искомая во втором  
пункте величина

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



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

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

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

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, <sup>№5 (начало)</sup> направленный из  
левой грани системы под  
углом  $90^\circ$

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:

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

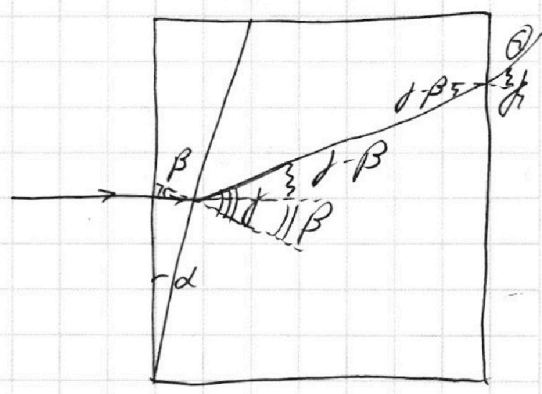
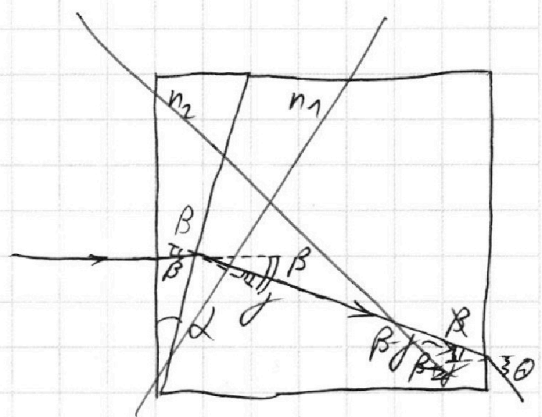
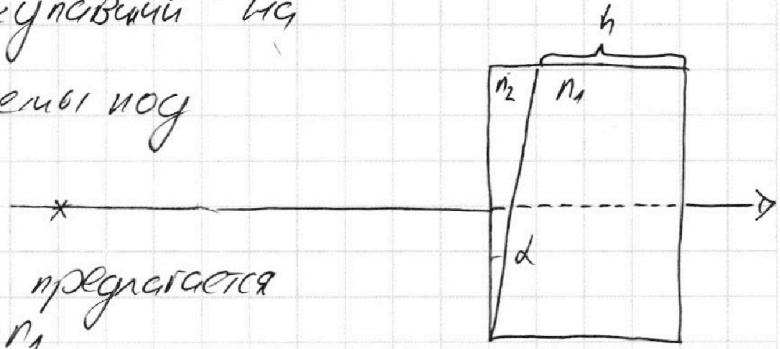
$$\text{для п. 1: } \theta = n_2 d \quad \theta = n_1 d \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

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

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

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

$$= 0,7 \text{ рад}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

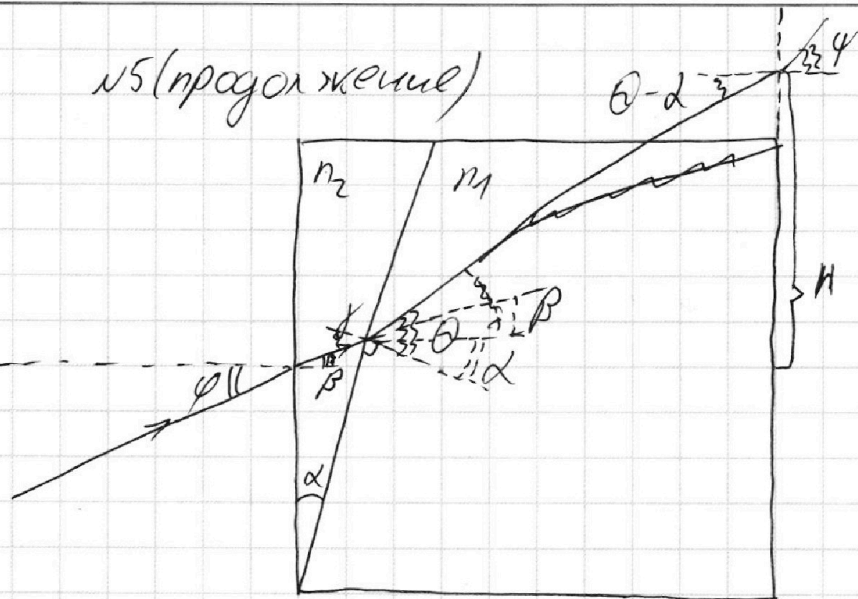
1  2  3  4  5  6  7

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  $\varphi$  к прямой, перпендикулярной  
границам оптической системы ( $\varphi$ -малый)

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

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

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

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

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

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:

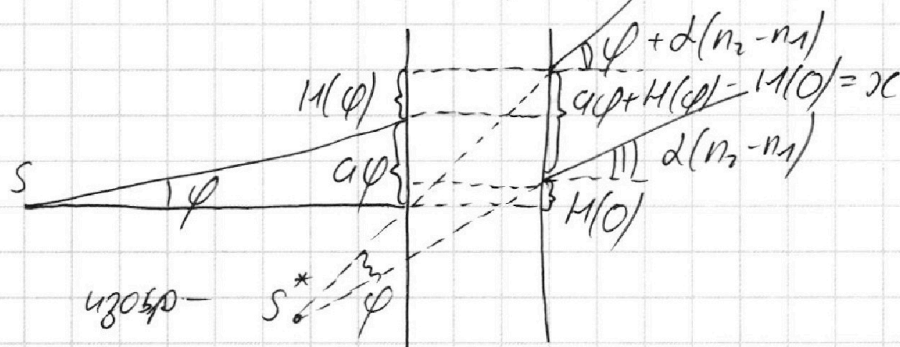
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

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:

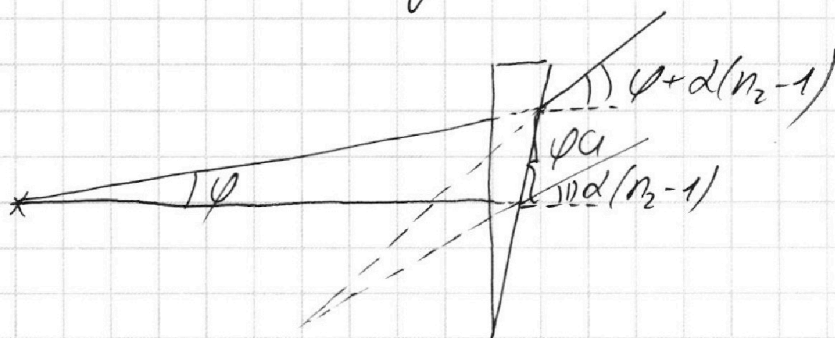
$$M = h(\theta - d) = h\left(\frac{n_2}{n_1}d + \frac{\varphi}{n_1} - d\right)$$



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

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:

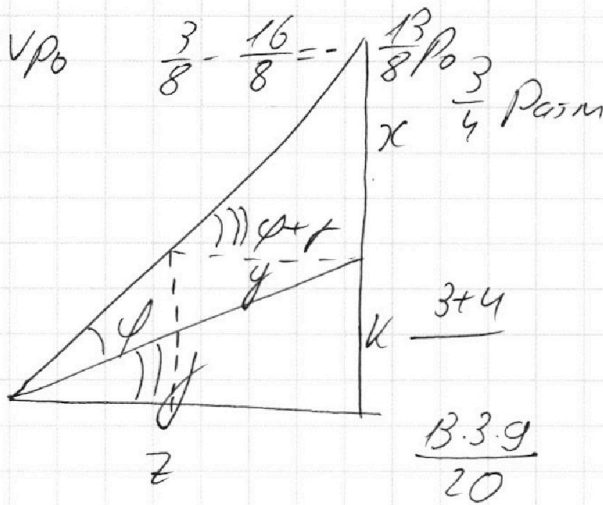
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



$2 \kappa V p_0$



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

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

$$\kappa = z y$$

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

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

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

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

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

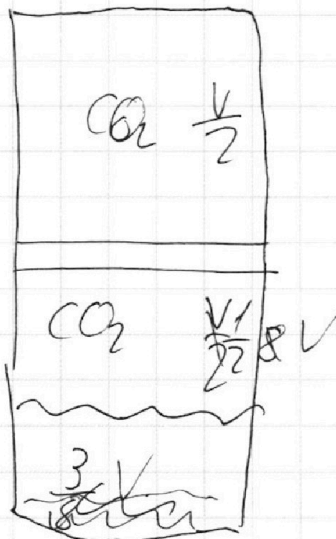
$$x z = x y + z y y$$

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

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

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

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



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



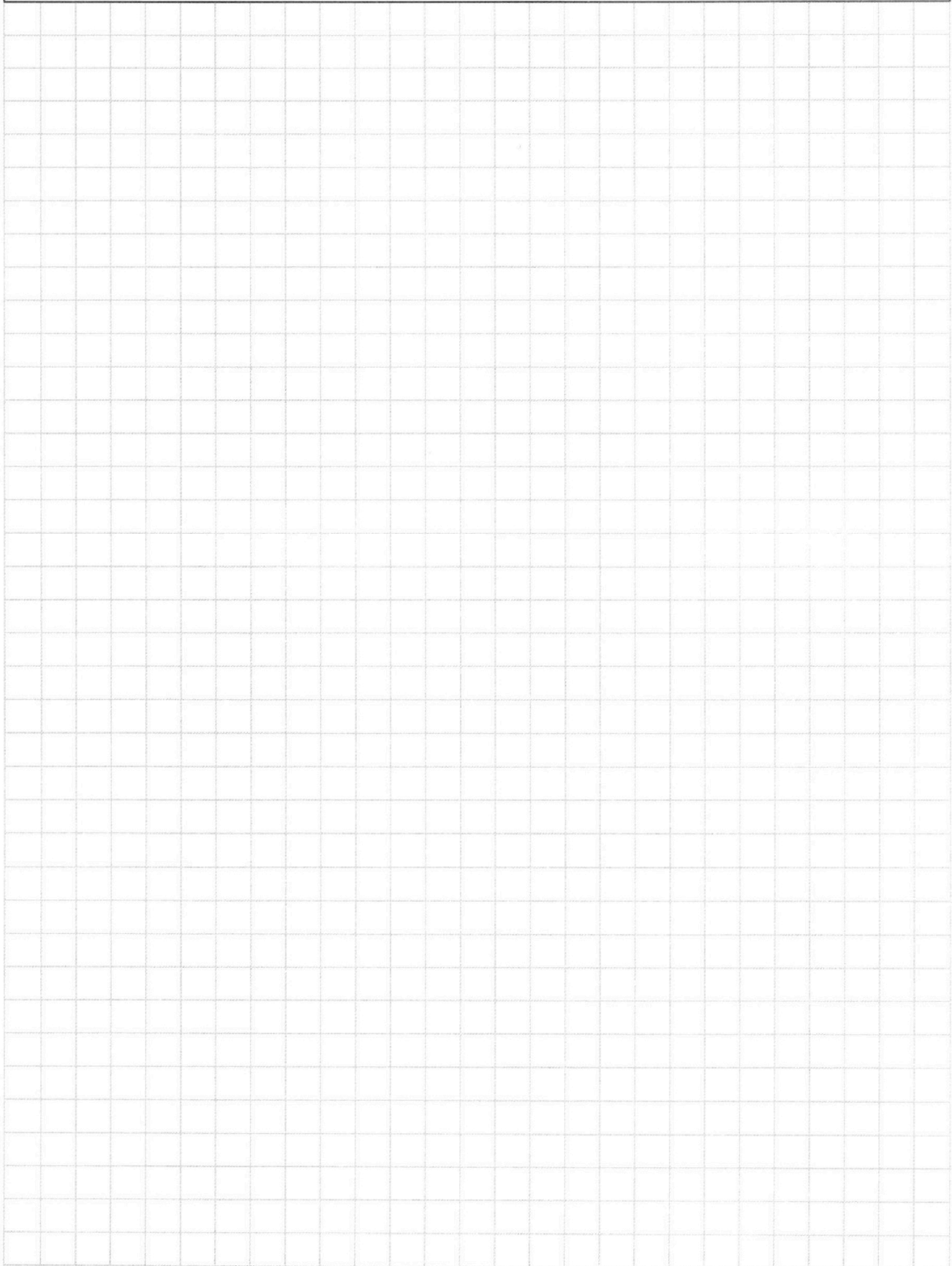
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

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

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

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

