

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

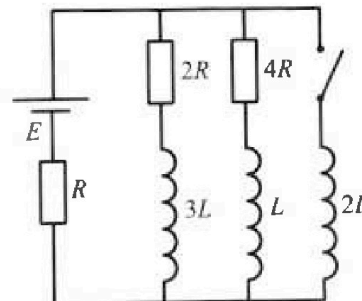
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



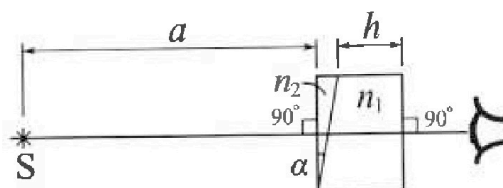
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_v = 1,0$. 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.



- 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



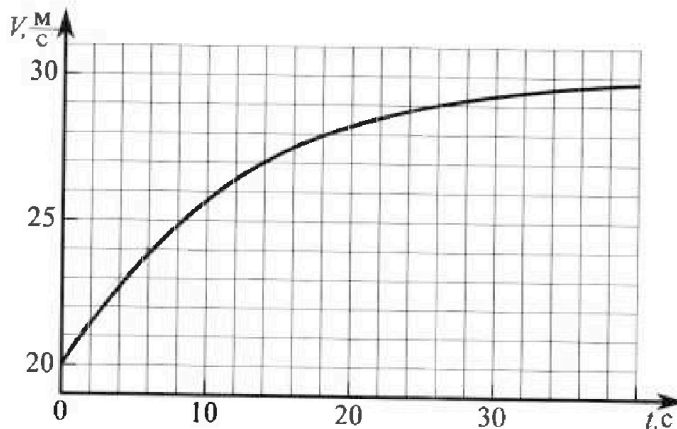
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



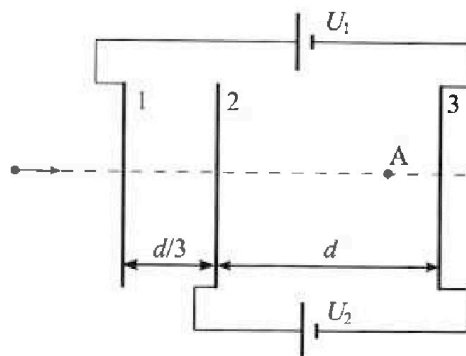
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 объем $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объем 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 объема 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 A на расстоянии $3d/4$ 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$-F_0 + F_{\text{к}0} = m a_0 \Rightarrow F_0 = F_{\text{к}0} - m a_0 =$$

$$= F_{\text{к}} \frac{v_{\text{к}}}{v_0} - m a_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$$
$$= 120 \text{ Н}$$

3) Коэффициент, передаваемая на ведущее
колесо, идущая на протекторе шины
сопротивления равна коэффициенту шин
сопротивления: $F_0 v_0$

$$\varphi = \frac{F_0 v_0}{F_{\text{к}} v_{\text{к}}} = \frac{F_{\text{к}} v_{\text{к}} - m a_0 v_0}{F_{\text{к}} v_{\text{к}}} = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{к}} v_{\text{к}}} =$$

$$= 1 - \frac{240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м/с}}{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}} = \frac{2}{5}$$

Ответ: $a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$; 2) $F_0 = F_{\text{к}} \cdot \frac{v_{\text{к}}}{v_0} - m a_0 = 120 \text{ Н}$

$$3) \varphi = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{к}} v_{\text{к}}} = \frac{2}{5}$$

~~Решение~~
~~2/5~~

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!

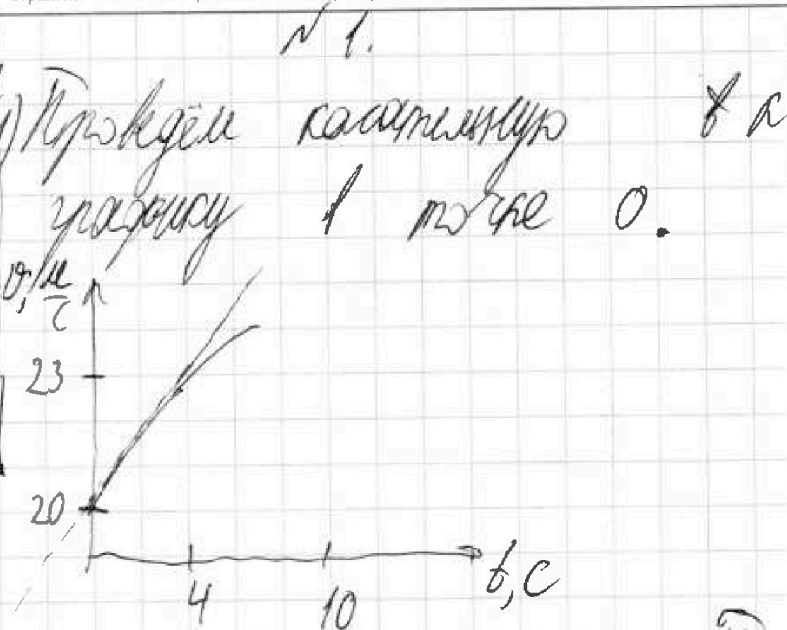
$$m = 240 \text{ кг}$$

$$F_k = 200 \text{ Н}$$

$$1) a_0 = ?$$

$$2) v_0 = ?$$

$$3) \varphi = ?$$



$$a_0 = \frac{dv}{dt} \text{ в начале точки } t=0. \text{ Это же}$$

$\frac{dv}{dt}$ является равно тангенсу угла

наклона касательной. Из построения видно, что $a_0 \approx \frac{3}{4} \frac{m}{c} = 0,75 \text{ м/с}^2$

2) Из графика устанавливается скорость равна примерно $v_k \approx 30 \text{ м/с}$. Попробуем найти произведение сил трения на скорости:

$F_{\text{тр}} v_0 = v_k F_k$, где $F_{\text{тр}}$ — сила трения движущая в начале, v_0 — скорость в начале (из графика $v_0 = 20 \text{ м/с}$) по 2-му закону Ньютона.

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) По ур-ю Менделеева-Клапейрона для
газа между p_1 и p_2 .

$$p_1 \frac{V}{\gamma} = \nu_1 R T \quad p_A + p \quad p_1' \frac{V}{2} = \nu_k R T$$

p_1 - давление газа между p_1 и p_2 , p_1' - парциальное
давление газа между p_1 и p_2 .

при $T = 373 \text{ K}$ давление парциальное

поверхности p_A p_1 p_2 p_1'

$$p_1 = \frac{p_1' R T}{V} = \frac{p_1' R T}{V} = \frac{p_0 V}{2 R T_0} = 4 p_0 \frac{T}{T_0} = \frac{16}{3} p_0$$

$$p_1' = \frac{2 \nu_k R T}{V} = \frac{2 R T}{V} \cdot \left(\frac{p_0 V}{8 R T_0} + \frac{3}{8} k p_0 V \right) =$$

$$= 3 p_0 + \frac{3}{4} p_0 k R T = 3 p_0 \left(1 + \frac{3 k R T}{4} \right)$$

$$p_A + p_1' = p_1 \quad p_A = \frac{16}{3} p_0 - 3 p_0 - \frac{3}{4} p_0 k R T =$$

$$p_A = 5 p_0 - \frac{3}{4} p_0 k R T \quad p_0 = p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} k R T} =$$

$$= p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ моль/м}^3 \cdot \text{Па} \cdot 3 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} = \frac{20}{73} p_A$$

$$\text{Итого: } \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_0}{p_A} = \frac{73}{20} p_0$$

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!

$$T = 373 \text{ K}$$

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

$$\Delta V = k p_0 V$$

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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}$$

$$\Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{4} V$$

так-то разбегается
газ в начале.

Он не оказывает

воздействия на процесс.

По ур-ю Менделеева - Клапейрона

гидростатическое давление газа

и вакуума в начале:

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{к}} RT_0 \quad p_0 \cdot \frac{V}{2} = (\nu_{\text{к}} - \Delta \nu) RT_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_{\text{к}}}{2} = \nu_{\text{к}} - \Delta \nu; \quad \frac{\nu_{\text{к}}}{4} = \nu_{\text{к}} - \frac{3}{4} k p_0 V$$

$$\Rightarrow \nu_{\text{к}} = \frac{p_0 V}{2 RT_0} \quad \nu_{\text{к}} = \frac{p_0 V}{2 RT_0} + \frac{3}{4} k p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_{\text{к}}}{\nu_{\text{к}}} = \frac{p_0 V}{2 RT_0 \left(\frac{p_0 V}{2 RT_0} + \frac{3}{4} k p_0 V \right)} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{3}{4} k RT_0} =$$

$$= \frac{4}{1 + 3 k RT_0} = \frac{4}{1 + \frac{9}{4} k RT} = \frac{16}{4 + 9 k RT} =$$

$$= \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}} \approx 80$$

$$\approx 80 / 101$$



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!

Ответ: $\eta_{\text{th}} = \frac{1}{4 + 9kRT} = \frac{80}{101} \approx 9\%$

$2) p_0 = p_{\text{at}} \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{2}kTR} = \frac{20}{73} \text{ Pa}$

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

$$\frac{2\varepsilon_0 S U}{d} = 2(q_1 + q_2) \Rightarrow \frac{\varepsilon_0 S U}{d} = q_1 + q_2$$

Решим систему:

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon_0 S U}{d} = q_1 + q_2 \\ \frac{15 U \varepsilon_0 S}{d} = 4q_1 + 3q_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_2 = \frac{\varepsilon_0 S U}{d} - q_1 \\ \frac{15 U \varepsilon_0 S}{d} = 4q_1 + \frac{3\varepsilon_0 S U}{d} - 3q_1 \end{cases}$$

$$q_2 = \frac{\varepsilon_0 S U}{d} - q_1 \quad q_2 = -\frac{11\varepsilon_0 S U}{d}$$

$$\begin{cases} q_1 = \frac{12 U \varepsilon_0 S}{d} \\ q_2 = -\frac{11 U \varepsilon_0 S}{d} \end{cases} \Rightarrow q_1 = \frac{12 U \varepsilon_0 S}{d}$$

Составим уравнение по второму закону Ньютона:

$$\sigma_1 = \frac{12 U \varepsilon_0}{d} \quad \sigma_2 = -\frac{11 U \varepsilon_0}{d} \quad \sigma_3 = -\frac{U \varepsilon_0}{d}$$

$$-\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = +\frac{U}{2d} + \frac{12U}{2d} - \frac{11U}{2d} = \frac{U}{d}$$

- напряженность между 2 и 3

$$\text{По 2-му и 3-му законам Ньютона} \quad \frac{U}{d} q = m a \Rightarrow a = \frac{U q}{m d}$$

2) U- разность потенциалов между обкладками конденсатора

$$K_3 - K_2 = U q$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

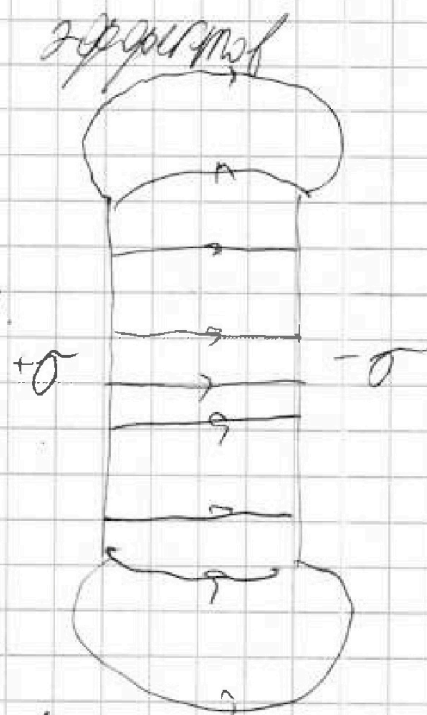
МФТИ

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

3) Найти из графика зависимости потенциала φ от расстояния x между обкладками равны потенциалу на поверхности.

Потенциал φ от расстояния x между 2 и 3 и в точке 0, φ на рис.

на рис. 0. В точке A:



$$\frac{-q}{4} \cdot \left(\frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} \right) = \frac{q}{4\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{2\epsilon_0}{d} = -\frac{q}{4}$$

По теореме об изл. электрической энергии $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{1}{2} q U$. По теореме об излучении электрической энергии:

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = \frac{1}{2} q U \quad \text{или} \quad \frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{1}{2} q U$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{q U}{m} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{q U}{m}}$$

Ответ: 1) $a = \frac{q U}{m d}$; 2) $K_3 - K_2 = q U$; 3) $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{q U}{m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

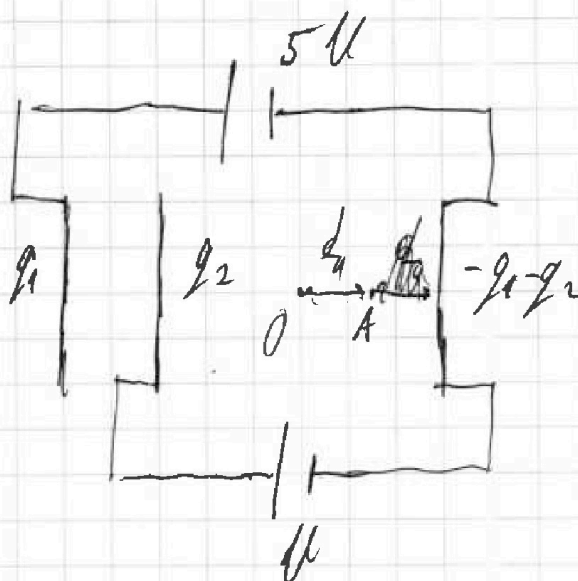
7
☐

МФТИ

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

№ 3.

д, μ , m , q
1) a - ?
2) $K_1 - K_2$ - ?
3) V - ?



1) Расставим уст. зар., как на рисунке.

Вычислим разности потенциалов между пластинами.

$$5U = \left(\frac{+q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \right) d + \frac{d}{3} (-q_1)$$

$$5U = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) \frac{d}{3} +$$

$$+ \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$

$$5U = \frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{q_1}{3} - \frac{q_2}{3} + \frac{q_1}{3} + \frac{q_2}{3} + q_1 + q_2 + q_1 + q_2$$

$$\frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{8}{3} q_1 + 2 q_2 \Rightarrow \frac{5 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} q_1 + q_2$$

$$U = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$

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) I_{20} - ?
2) $\frac{dI}{dt}$ - ?
3) I_{4R} - ?

Решим упрощенно, ЭДС игнорируем
нет $3L$ и L - просто будем
считать как проводники. $\frac{4R}{2R} = 2$, т.е.
ток через $2R$: $2 I_{20}$ (каждый пополам)
По 2-й проволоке Вирхова и 1-й:
 $\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 4 R \cdot I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$

2) Ток через $3L$ и L не мог резко
измениться после замыкания. Т.е. он макс
и будет I_{20} и $2 I_{20}$, а по 1-й
проволоке Вирхова через резистор R он
макс и будет $3 I_{20}$. Через $2L$ ~~и~~ после
замыкания после замыкания тока не
будет. По 2-й проволоке Вирхова же контур
 $\mathcal{E} - R - 2L$:

$$\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 2L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$

3) I_{2L} - ток через $2L$, I_{4R} ток через
 L и $4R$ ~~снова~~ после замыкания

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

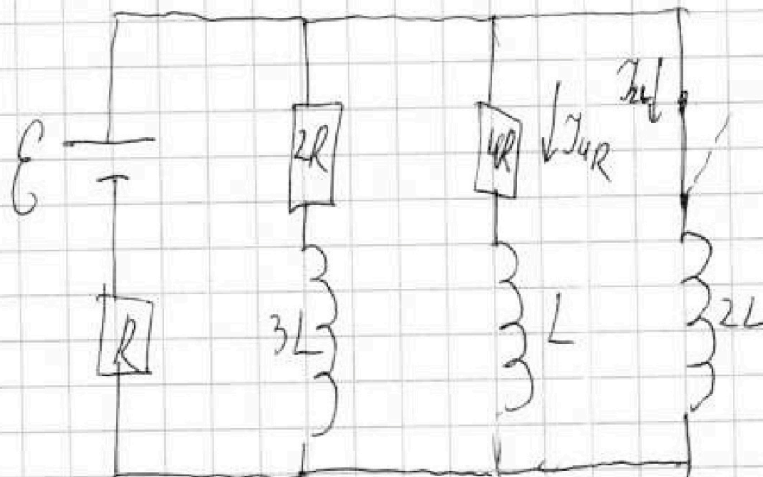
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

решо. По 2-му
правилу Кирхгофа
для контура
 $4R-L-2L$:

$$0 = 4I_{4R}R + L \frac{dI_{4R}}{dt} - 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$



$$4R \cdot \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$

$$4R \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt} \quad \text{Предположим}$$

$4R \frac{dI_{4R}}{dt}$ от индуктивности замкнутой, но не от индуктивности

$4R \frac{dI_{4R}}{dt}$ установившийся режим $\frac{dI_{2L}}{dt} = 0$ и т.д.

$\Rightarrow I_{4R} = 0$, ток через $2R$ тоже равен 0

$$4R I_{4R} + L (I_{4Rk} - I_{4Rn}) = 2L \mu (I_{2Lk} - I_{2Ln})$$

I_{4Rk} - ток через $4R$,

I_{4Rn} - начальный ток $I_{4Rn} = I_{20} = \frac{\varepsilon}{7R}$

I_{2Lk} - ток через $2L$

I_{2Ln} - начальный ток $I_{2Ln} = 0$

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!

В установившемся режиме нет ЭДС
индукции, т.е. $\mathcal{E}_{\text{инд}} = 0$ (конденсатор нет).
По 2-му закону $2L$ ведет себя как обычный
проводник. По 2-му закону Кирхгофа
для л-ра $\mathcal{E} - 2L - R$
 $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{7}$ Вспомогательная л-ва

Используем:

$$4Rq_{\text{чр}} + L \cdot \left(-\frac{\mathcal{E}}{7R}\right) = 2L \frac{\mathcal{E}}{R} \quad 4Rq_{\text{чр}} = \frac{15}{7} L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$q_{\text{чр}} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

$$\text{Ответ: 1) } \mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}}{7R}; \quad 2) \frac{d\mathcal{I}}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}; \quad 3) q_{\text{чр}} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

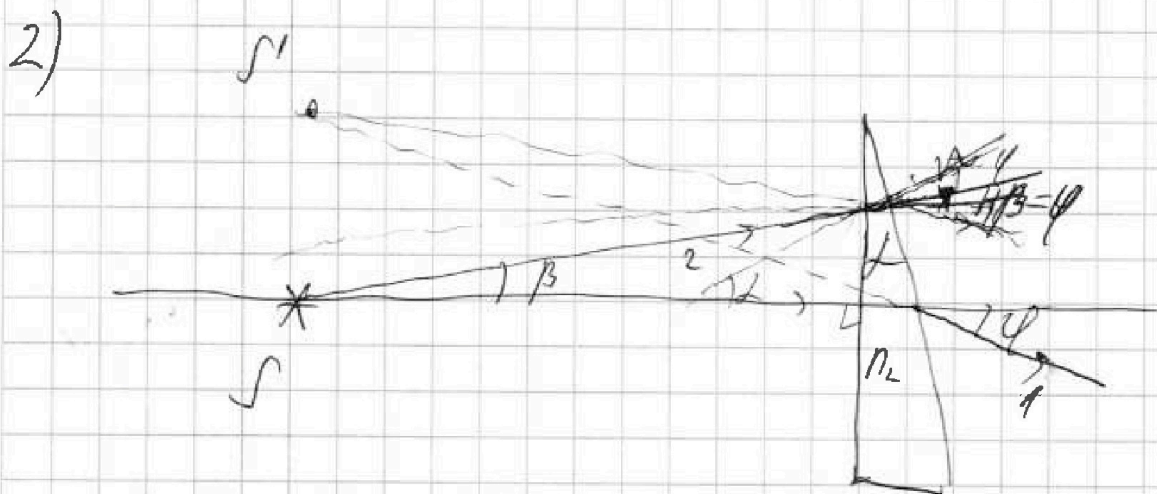
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



Путь из точки S под углом 0° (лучи)
превышающий $d = 2(n_1 + 1)$, сходящийся в точку
на $x \in \mathbb{N}(1 + \frac{1}{n_1})$



Путь из точки S перпендикулярно границе и под
углом β . Они сходятся в точку S'
на $\varphi = 2(n_2 - 1)$. Выдаем изображение изоб-
ражения, луч t падает на
границу при 1 падает на ac под
 S , а луч 2 на bc под $(\beta + \varphi/a - \beta\varphi =$
 $2a\varphi)$ ж сходятся. S' расстояние S' от
 S : $a\varphi = a \cdot 2(n_2 - 1) = 7 \text{ см}$
Ответ: 1) $\varphi = 2(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$; 2) $d = 2(n_2 - 1) = 7 \text{ см}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

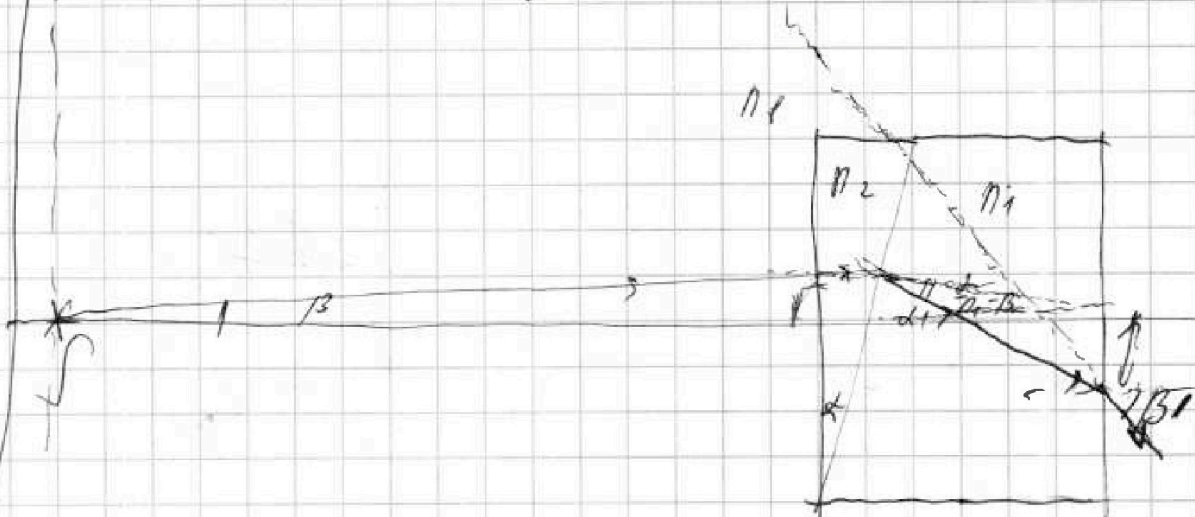
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

зн. $\varphi_0 = 2\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) = 90^\circ$ рад

2) Пусть луч под углом β :



он упадет на 2-ю границу $n_2 - n_1$
под углом $2 - \beta$, преломится ко

углу $(2 - \beta) \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{n_1} - \beta$. Упадёт на

границу $n_1 - n_1$ под углом $2 + \frac{2}{n_1} - \beta$,

преломится ко углу $\beta' = 2n_1 - \beta n_1 + 2$.

луч выйдет из призмы сдвинутым

$$\text{на } \Delta z_{\text{ар}} = (2n_1 - \beta n_1 + 2)h = \beta(a + hn_1) - 2h(n_1 + 1)$$

$$z_{\beta} = (a\beta - h(2 + \frac{2}{n_1} - \beta)) = (\beta(a + h) - h2(1 + \frac{1}{n_1}))$$



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.

$$n_1 = 1,6$$

$$a = 100 \text{ см}$$

$$\angle = 0,1 \text{ рад}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$1) \varphi_0 = ?$$

$$2) \varphi_1 = ?$$

$$3) \varphi_2 = ?$$

Рассмотрим призму с малым углом $\angle$ и углом β при вершине. По 3-му закону Снеллиуса

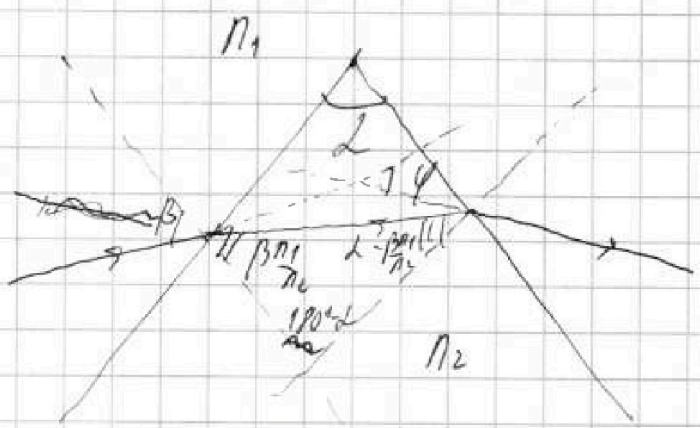
угол преломления $\beta \frac{n_1}{n_2}$ (n_1, n_2 - показатели преломления).

Угол α падает на дугу окружности: $\alpha = \beta \frac{n_1}{n_2}$ (по второму закону Снеллиуса).

Угол α падает на дугу окружности: $\frac{n_2}{n_1} = \beta$.

Найдём угол отклонения φ луча. По второму закону Снеллиуса:

$\varphi = \angle \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$.





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

$$\frac{1}{5-2}.$$





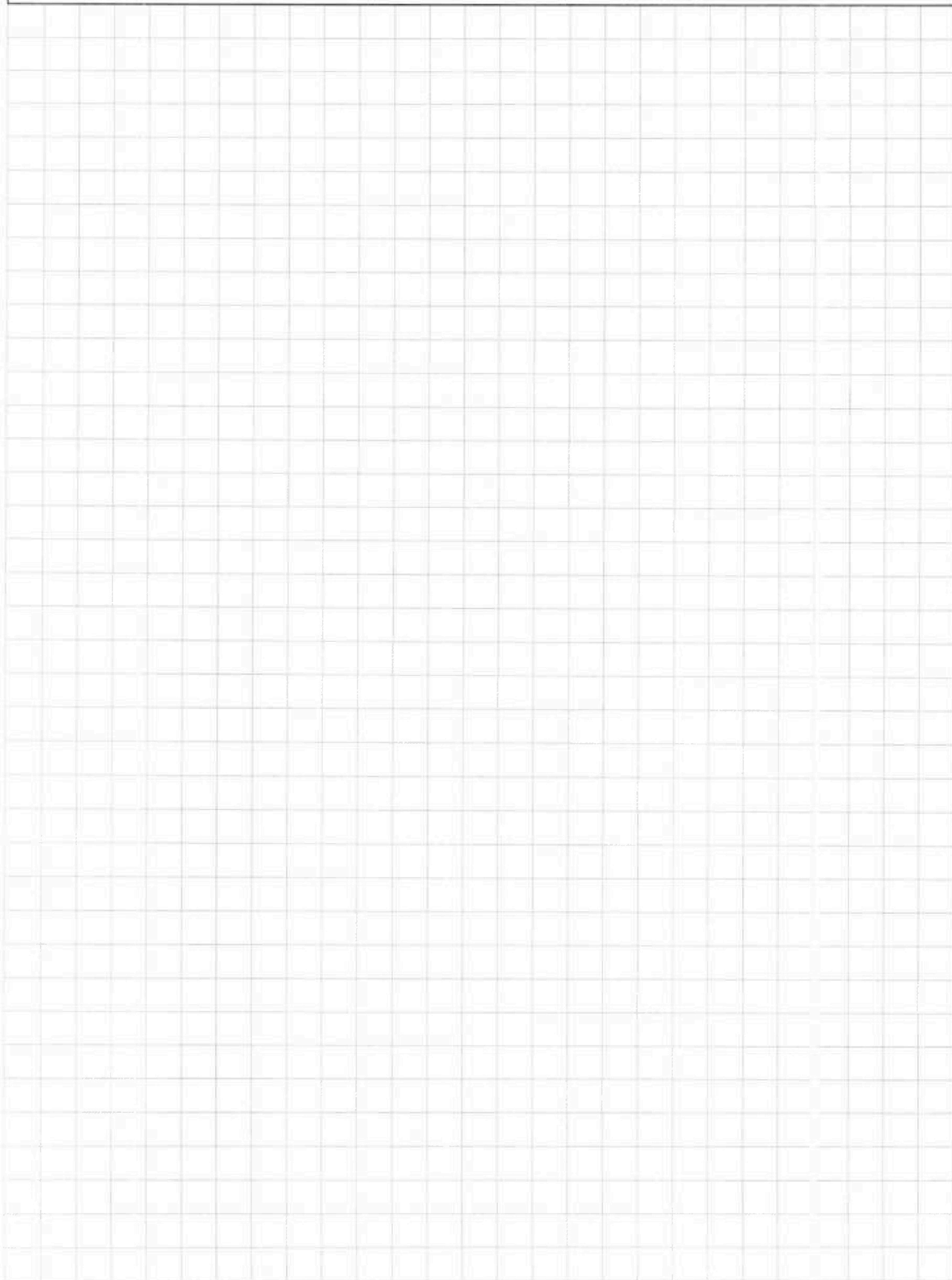
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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 одной странице можно оформлять только одну задачу.

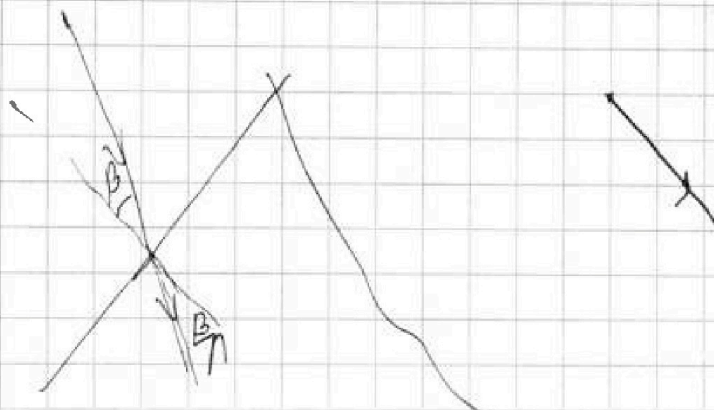
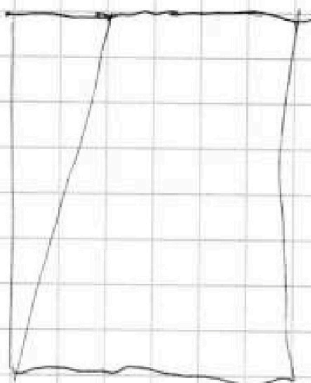
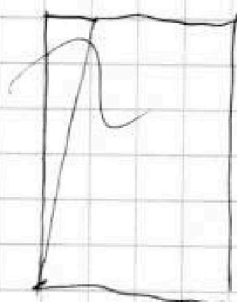
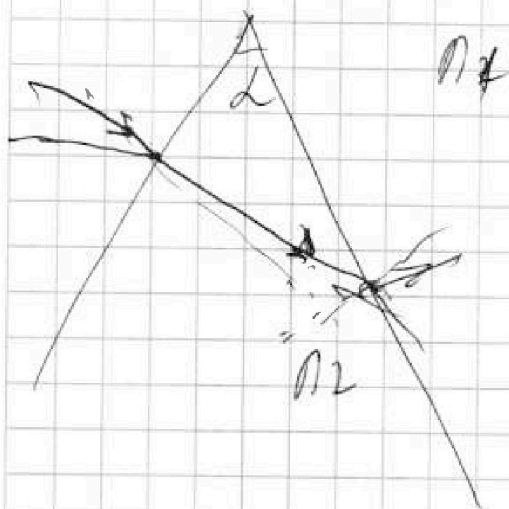
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$$\varphi_1 = 2\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \quad \varphi_2 = 2\left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

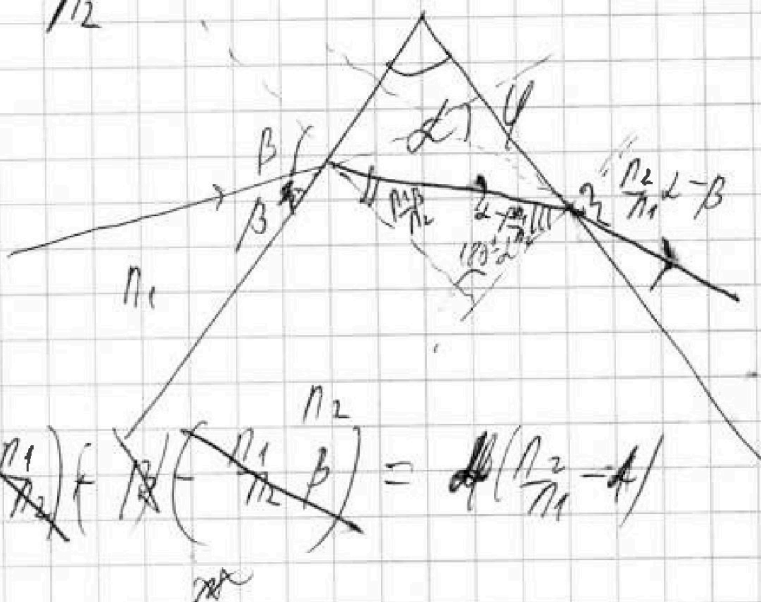
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

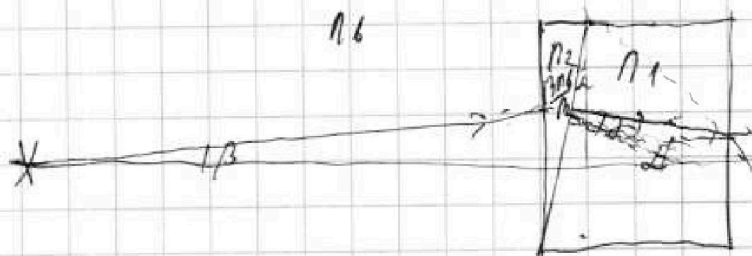
МФТИ

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

$$\theta^0 - \theta^0 + 2 - \beta \frac{n_1}{n_2}$$



$$\left(\frac{n_2}{n_1} \cdot 2 - 1 \right) - 2 + \left(\beta \frac{n_1}{n_2} \right) = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$



$$\theta = \left(2 - \beta \frac{n_1}{n_2} \right) \frac{n_2}{n_1} = 2 \frac{n_2}{n_1} - \beta \frac{n_1}{n_1} = \frac{n_2}{n_1} (2 - \beta \frac{n_1}{n_2})$$

$$\theta^0 - \theta^0 + 2 - \beta \frac{n_1}{n_2} = 90^\circ$$

$$\theta' = 90^\circ + 2 - \theta$$

$$\theta'' = 2 - \theta \frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{2n_1}{n_2} - 2 \frac{n_2}{n_2} \right) + \beta$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

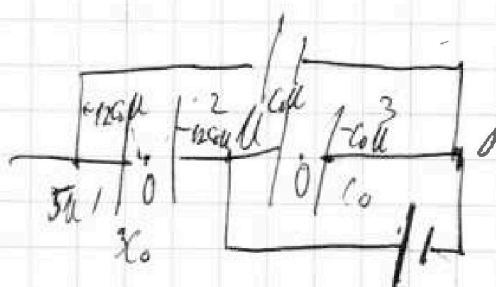
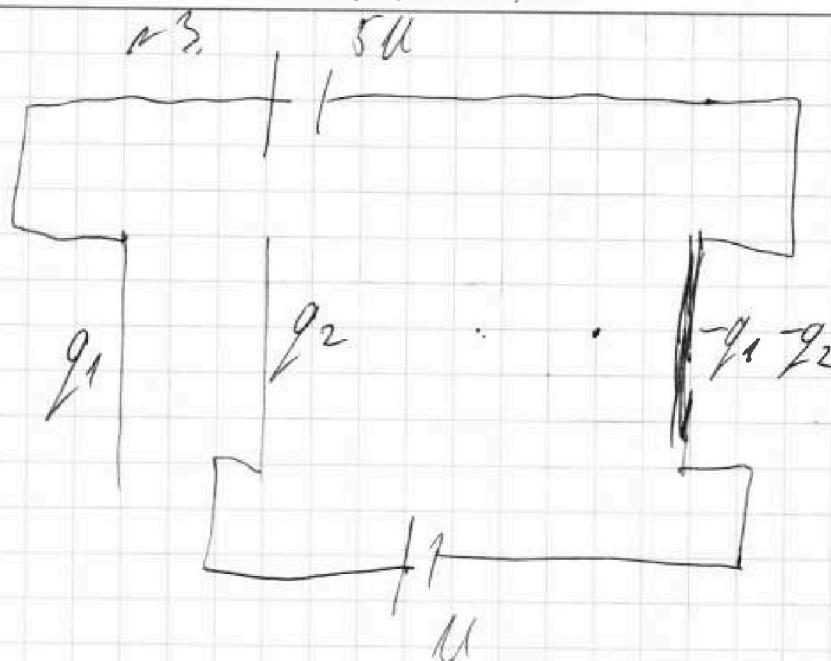
МФТИ

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

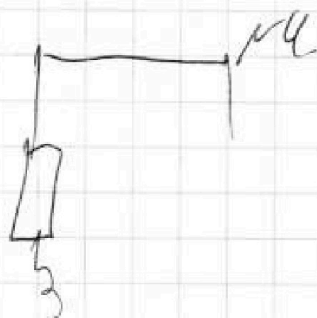
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{12} = \frac{3\epsilon_0 S}{d} = 3C_0$$

$$C_{23} = \frac{\epsilon_0 S}{d} = C_0$$



$$\frac{1}{2C_0} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S}$$



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

н?

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{8RT \left(\frac{p_0}{T_0} + \frac{3}{8} k p_0 \right)}$$

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{p_0 \frac{T}{T_0} + 3 k p_0 RT} \quad 4p_1 = p_0 \frac{4}{3} + 3 k p_0 RT$$

$$p_1 = p_0 \frac{4}{3} + \frac{3}{4} k p_0 RT$$

$$p_1 + p_A = 4p_0 \cdot \frac{4}{3} \Rightarrow \cancel{p_0} + \frac{3}{4} k p_0 RT + p_A = \cancel{\frac{16}{3} p_0} 5p_0$$

$$p_A = p_0 \left(5 - \frac{3}{4} k RT \right)$$

$$p_A = \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,5 - 10^2 \cdot 3 \cdot 10^2} = \frac{16}{4 + 27 \cdot 3} =$$

$$\sim \frac{16 \cdot 5}{20 + 81} = \frac{16 \cdot 5}{101} = \frac{80}{101} \approx 0,8$$

$$\frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{1}{5 - \frac{27}{20}} =$$

$$\frac{20}{100 - 27} = \frac{20}{73}$$

$$\varepsilon = \frac{3}{7} \varepsilon + 2L d \frac{1}{T_0}$$

$$\frac{2}{7} \varepsilon = 2L d \frac{1}{T_0}$$

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!



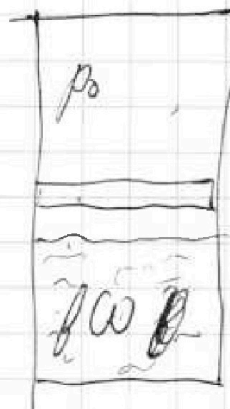
черновик № 2.

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

$$\Delta V = k p_0$$

$$k = 98 \cdot 10^{-3} \text{ мм/(м}^3 \cdot \text{Па)}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{мм}}$$



$$1) \frac{V_0}{V_0} = ?$$

$$2) p_0 = ?$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu R T_0$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu R T$$

$$\frac{p_0}{p_0} = \frac{1}{4} = \frac{p_0}{p_0} \quad p_0 = 4 p_0 \frac{p_0}{T_0} \quad \Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{2} V$$

$$\frac{V_0}{V_0} = 4$$

$$2) \quad 4 p_0 \frac{T}{T_0} = p_A + \quad \nu_{\text{no}} = \frac{p_0 V}{2 R T_0}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{no}} R T_0$$

$$p_1 \cdot \frac{V}{2} = (\nu_{\text{no}} + \Delta V) R T$$

$$\frac{1}{4 p_1} = \frac{1}{T} \cdot \frac{p_0 V}{2 R T_0} + \frac{1}{4 p_1} =$$

$$\frac{p_0 \cdot 2}{2 p_1} = \frac{T_0 \nu_{\text{no}}}{T (\nu_{\text{no}} + \Delta V)}$$

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. Печать QR-кода недопустима!

МФТИ



Черновик №1

$$\rho_0 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{F}{4C} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-2}} = 7.5 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}^2$$

$$2) m = 240 \text{ кг} \quad N = \text{const} \quad [N = F_m v]$$

$$F_r = 200 \text{ Н} \quad \text{по 2-му закону Ньютона}$$

$$F_r - F_0 = ma$$

$$a = \text{ускорение в начале}$$

$$v_k \approx 30 \text{ м/с} \quad N = F_r v_k = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 6000 \text{ Вт}$$

$$F_r v_k = F_r v_0 \Rightarrow F_r = \frac{F_0 v_k}{v_0}$$

по 2-му закону Ньютона

$$300 - 240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 60 = 300 - 120 = 180$$

$$240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 205$$

$$1 - 240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 205$$

уравнение: Q_1

$$v_{k0} = \frac{p_0 V}{2RT_0}$$

$$v_{k0} =$$