



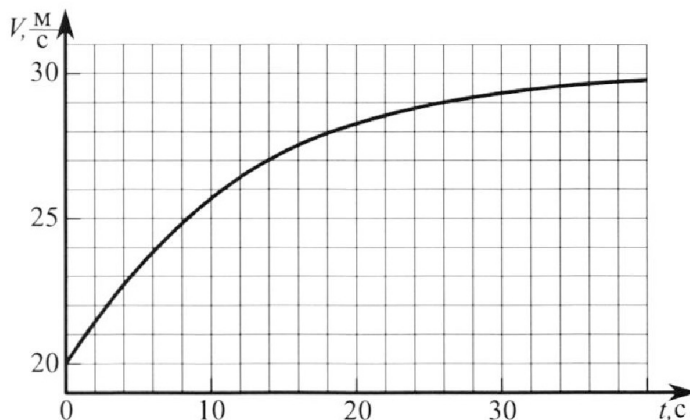
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



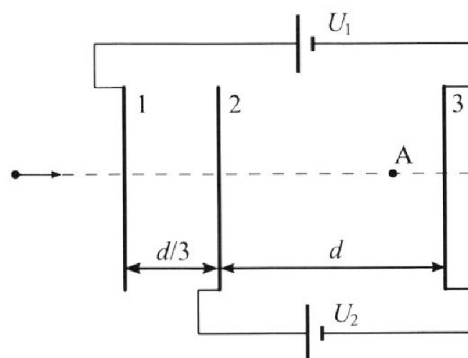
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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.

- 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

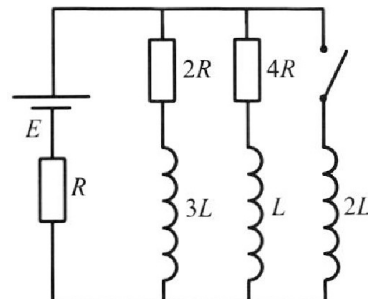
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



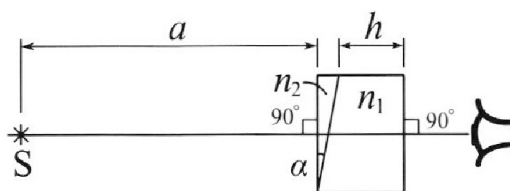
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



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.

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!

№1 (исполно)

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) $N = const = \frac{\delta A}{\delta t}$; $\delta A = F_T \cdot dS$, F_T - сила тяги, dS - малое
переменение 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~~

$$\text{ ~~} t=0, v=20 \frac{m}{c}, v=30 \frac{m}{c}~~$$

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 движения:

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

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) $\eta = 0,36$

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 (начало)

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 $i=5$

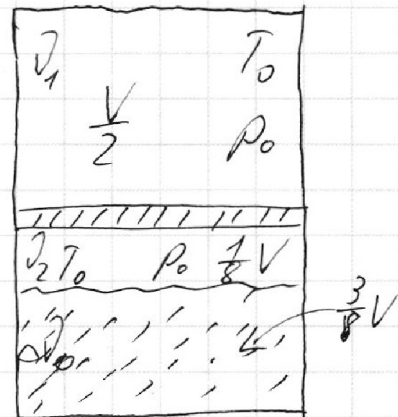
степеней свободы

давления равны, т.к.

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 + \text{поршень}$$

$$p_0 \cdot \frac{1}{8} V = \nu_2 R T_0 \quad \text{безмассовый и движ. без трения}$$

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



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

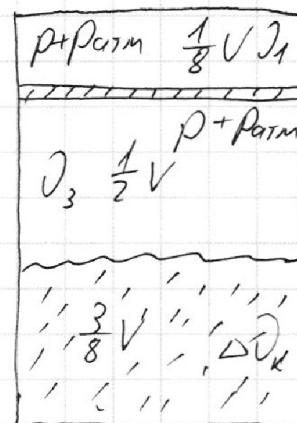
пренебрежем изменением

объема жидкости, т.к. ни

растворение газа, ни испарение

к воде сильно объем

воды не меняют.



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 (продолжение)

p на рисунке - парциальное давление углекислого газа

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

$$\frac{4}{3} V (p + p_{\text{атм}}) = J_3 R T_0 \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\frac{1}{8} V (p + p_{\text{атм}}) = \frac{4}{3} J_1 R T_0$$

$$J_3 = J_2 - (\Delta J_0 - \Delta J_k)$$

$$\frac{1}{2} V p = J_3 R T_0 \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{8} V (p + p_{\text{атм}}) = J_1 R T_0 \cdot \frac{4}{3}$$

$$J_3 = J_2 + (\Delta J_0 - \Delta J_k)$$

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

$$\frac{J_3}{J_1} = 4$$

$$\frac{p + p_{\text{атм}}}{4p} = \frac{J_1}{J_3}$$

$$J_3 = 4 J_1$$

$$J_3 = \frac{4p}{p + p_{\text{атм}}} \cdot J_1$$

$$J_2 = \frac{1}{4} J_1$$

$$J_2 = \frac{1}{4} J_1$$

$$4J_1 = \frac{1}{4} J_1 - \Delta J_0 + \Delta J_k$$

$$\frac{4p}{p + p_{\text{атм}}} \cdot J_1 = \frac{1}{4} J_1 + \frac{3}{8} k V p_0 - \frac{3}{8} k V p$$

$$4 \left(\frac{16}{3} p_0 - p_{\text{атм}} \right) \cdot J_1 = \frac{1}{4} J_1 + \frac{3}{8} k V p_0 - \frac{3}{8} k V p - \frac{3}{8} k V p$$

$$- \frac{3}{8} k V \cdot \frac{16}{3} p_0 + \frac{3}{8} k V p_{\text{атм}}$$

$$4J_1 - \frac{3p_{\text{атм}}}{4p_0} J_1 = \frac{1}{4} J_1 - \frac{13}{8} k V p_0 + \frac{3}{8} k V p_{\text{атм}}$$

$$V p_0 = 2 J_1 R T_0; \quad V p + V p_{\text{атм}} = 8 J_1 R T_0 \Rightarrow$$

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!

н2(продолжение)

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3 p_{\text{атм}}}{4 p_0} J_1 = - \frac{13}{4} \kappa J_1 R T_0 + \frac{3}{8} \kappa V p_{\text{атм}}$$

$$V = \frac{2 J_1 R T_0}{p_0}$$

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3 p_{\text{атм}}}{4 p_0} J_1 = - \frac{13}{4} \kappa J_1 R T_0 + \frac{3}{4} \kappa J_1 R T_0 \frac{p_{\text{атм}}}{p_0} \quad | : J_1$$

$$\frac{13}{4} \kappa R T_0 + \frac{15}{4} = \frac{p_{\text{атм}}}{p_0} \left(\frac{3}{4} + \frac{3}{4} \kappa R T_0 \right)$$

$$13 \kappa R T_0 + 15 = \frac{p_{\text{атм}}}{p_0} (3 + 3 \kappa R T_0)$$

$$\frac{p_0}{p_{\text{атм}}} = \frac{3 + 3 \kappa R T_0}{13 \kappa R T_0 + 15} \Rightarrow p_0 = p_{\text{атм}} \frac{3 + 3 \kappa R T_0}{13 \kappa R T_0 + 15} =$$

$$= \frac{3 + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3}{13 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3 + 15} p_{\text{атм}} = \frac{3 + \frac{81}{20}}{\frac{351}{20} + 15} p_{\text{атм}} \approx \frac{7}{33} p_{\text{атм}}$$

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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

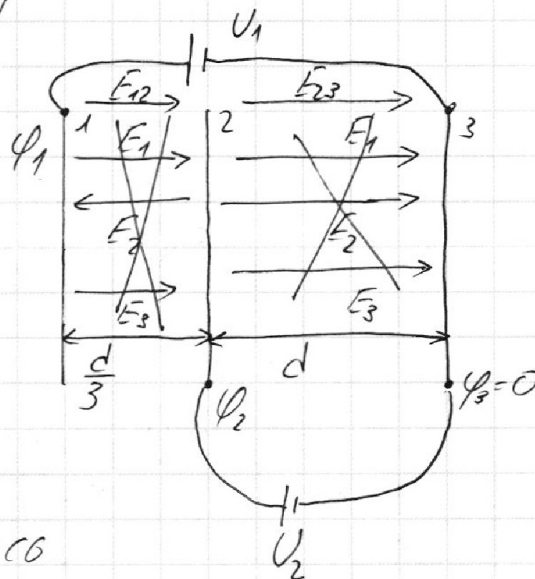


1) т.к. поля везде однородны,
нулевой потенциал можно

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

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

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

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

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

повлияет

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

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

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 ~~э~~
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. $E_{23} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = \frac{U}{d}$

$$F_{23} = E_{23} q = m a_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{E_{23} q}{m} = \frac{U q}{d m}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐



№3 (продолжение)

2) Т.к на заряд не действует сил кроме как со стороны эл. поля, то работы, совершаемое 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, совершаемая KF_{12} равна

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

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

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

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

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

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

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!



№4 (начало)

1) при разомкнутом ключе и установившемся
режиме ток через катушку 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:

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

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

$$I_R = I_{2R} + I_{4R}$$

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

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

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

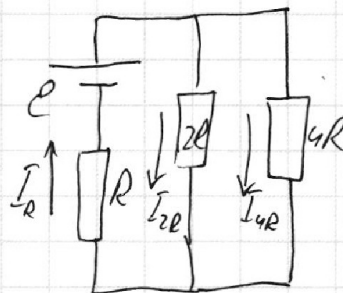
2) Ток через катушку скачком не меняется,

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

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

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

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



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!

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

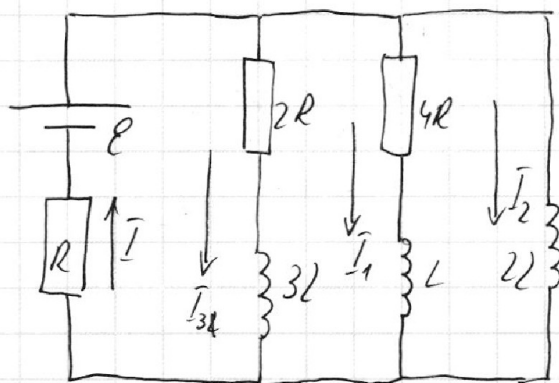
$$\mathcal{E} - \frac{d\bar{I}_L \cdot 2L}{dt} = \bar{I}R = \frac{3}{7}\mathcal{E}$$

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

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

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

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

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

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐



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

н4 (продолжение)

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

$$-d\bar{I}_1 \cdot L + d\bar{I}_2 \cdot 2L = dq_1 \cdot 4R \quad \text{проинтегрируем} \\ \text{до момента наступления} \\ \text{равновесия):}$$

$$4R \cdot q_1 = L$$

$$4R \cdot q_1 = L \quad \text{---}$$

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

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

$$\text{Ответ: 1) } \frac{E}{7R}$$

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

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

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, падающий на
левую грань системы под
углом 90°

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

$\beta = \alpha$, из плоскости z -и

Схема (углы малы, значит

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

$$n_2 \alpha = n_1 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

луч выходит из второй среды:

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

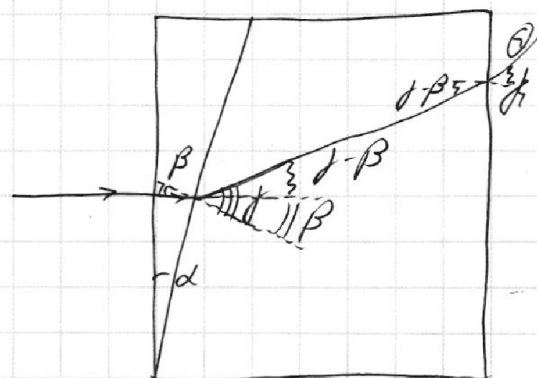
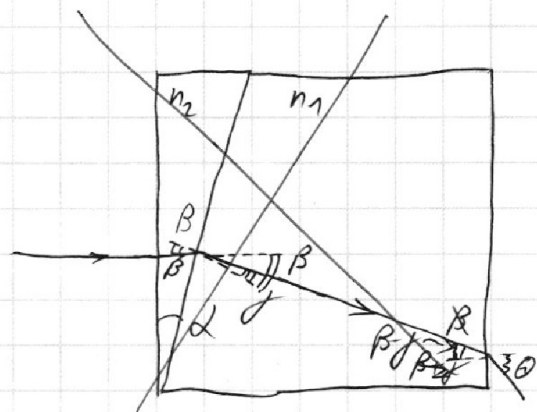
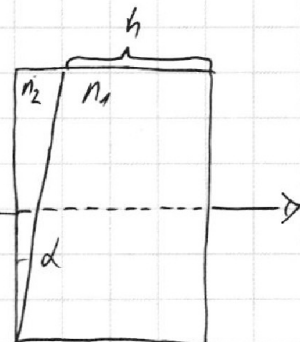
$$\text{для п. 1: } \theta = n_2 \alpha \quad \theta = n_1 \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

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

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

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

$$= 0,7 \text{ рад}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

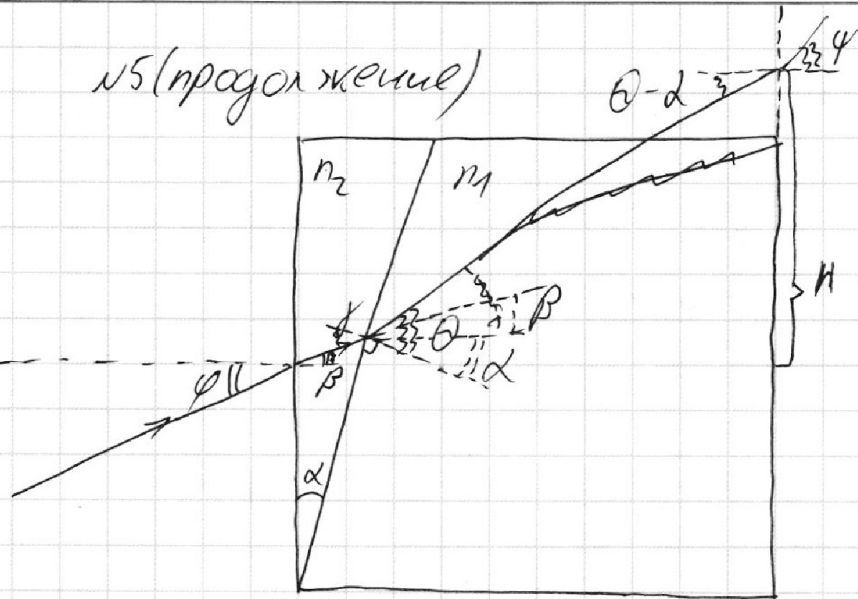
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



№5 (продолжение)



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

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

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

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

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

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

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

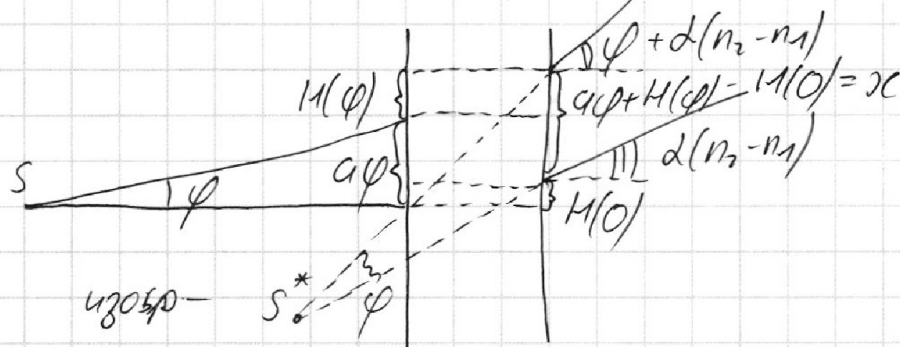
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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



при этом, в связи с малостью углов
(и тонкостью призмы P_2)
отклонение луча по вертикали M равно:

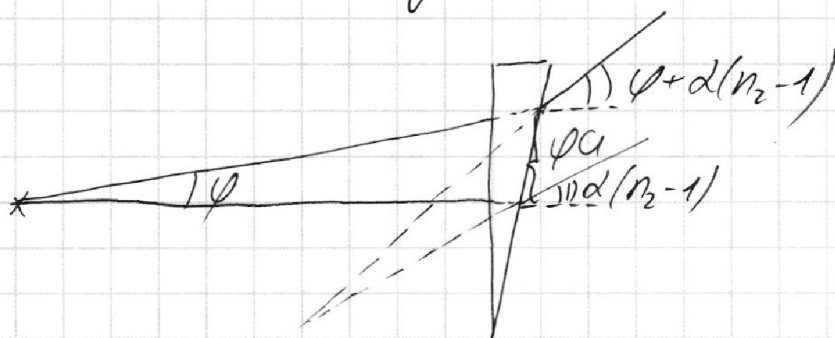
$$11 = h(\theta - d) = h\left(\frac{n_2}{n_1}d + \frac{\phi}{n_1} - d\right)$$



$$x = a\varphi + h(\varphi) - h(0) = a\varphi + h \cdot \frac{\varphi}{h_1}$$

2) т.к во втором пункте $n_1 = 1$, то

изображение формируется только в призме n_2





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

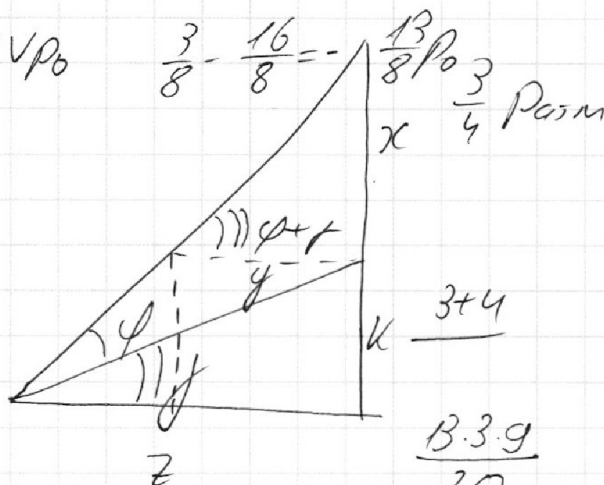
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

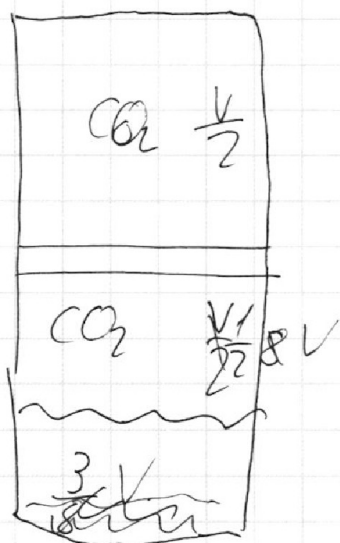
$$2 \kappa V p_0$$

$$\frac{3}{8} - \frac{16}{8} = -$$



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

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



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

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

$$\kappa = z y$$

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

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

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

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

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

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

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

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



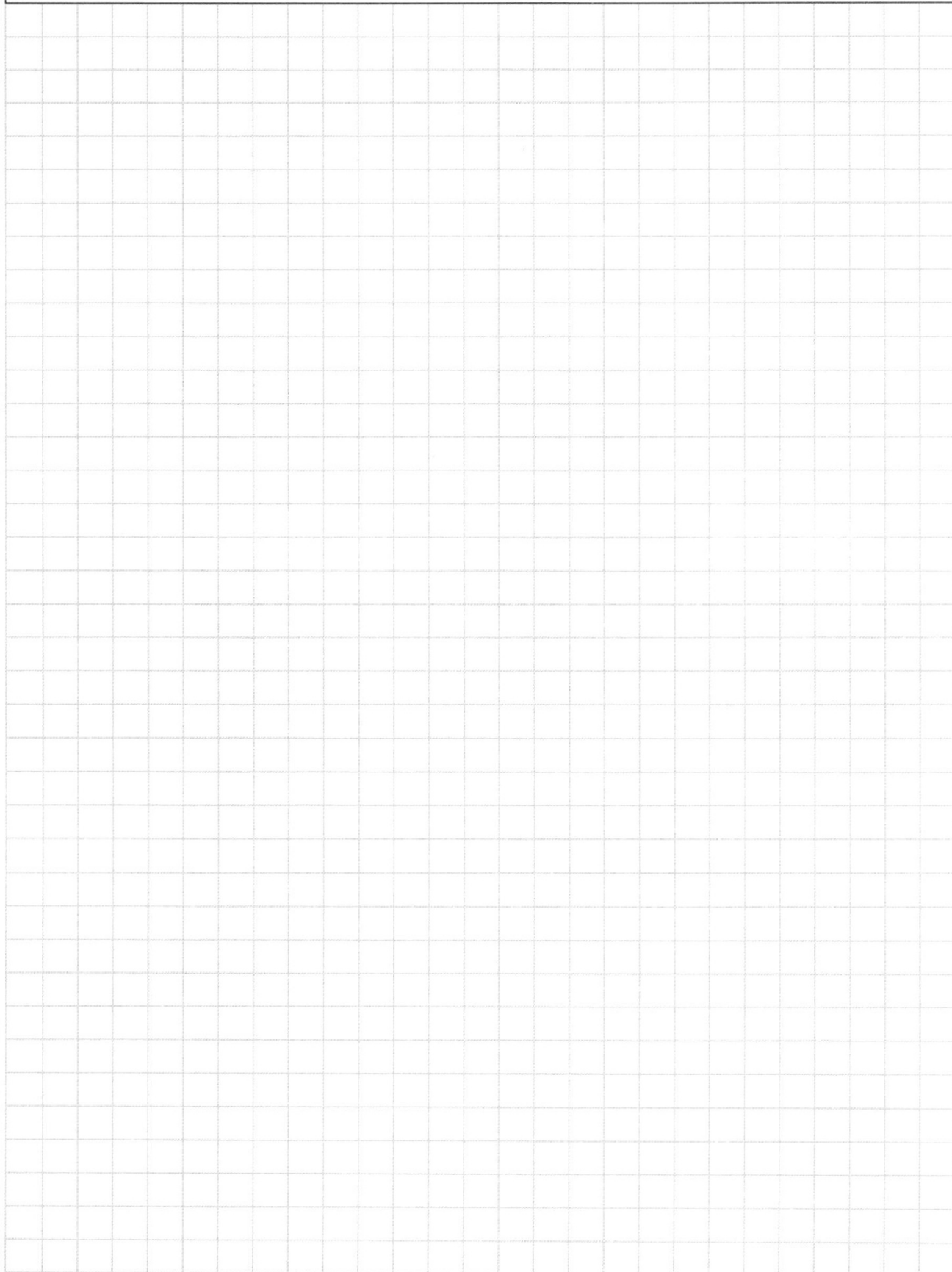
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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 OR-кода недопустима!

МФТИ

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R} - I_{UR} = 3I_{UR}$$

$$3I_R = \frac{4E}{2R} - \frac{E}{2R} = \frac{6E}{2R} =$$

$$Q_{\text{in}} - \frac{d\bar{I}_L}{dt} L = I_R R$$

$$-\frac{dI_3}{dt} \cdot 3L + \frac{dI_1}{dt} \cdot L = 2R \cdot I_3 - I_1 \cdot 4R$$

$$-dI_3 \cdot 3L + dI_1 \cdot L = 2R \cdot \frac{d}{dt} q_3 - 4R \cdot \frac{d}{dt} q_1$$

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

$$P_T - P = \frac{dI_2}{dt} \cdot 2L = IR$$

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

$$-d_x \hat{I}_1 \cdot L + d_x \hat{I}_2 \cdot 2L = d_{y_1} \cdot 4R$$

$$\theta = 180^\circ - \alpha - \beta - 90^\circ = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta$$

$$a\varphi + H(\varphi) - H(0) = a\varphi.$$

$$\varphi = \frac{n+k}{2}$$

$$\frac{x}{4} = \frac{x+24}{2}$$

$$\frac{x}{y} = \phi + j$$

$$f = \frac{K}{x^2}$$