



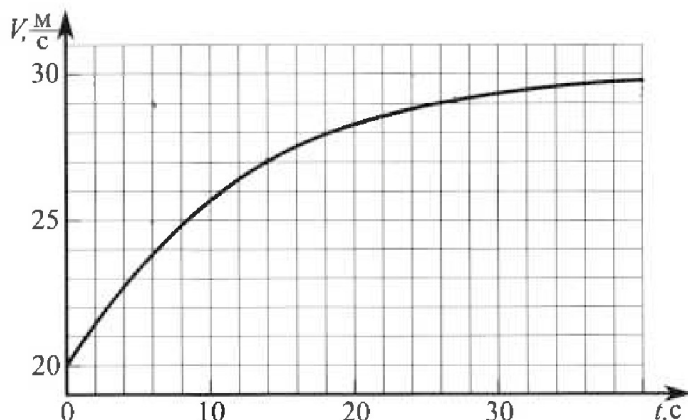
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



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



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

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

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

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

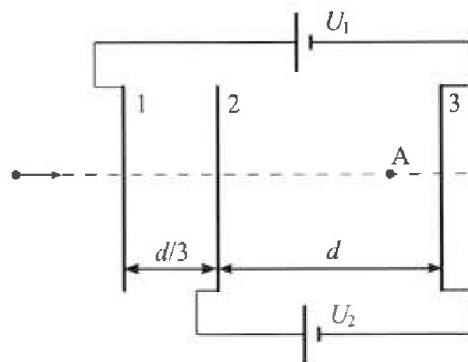
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент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

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kp w$. 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 конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 2U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.

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

3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

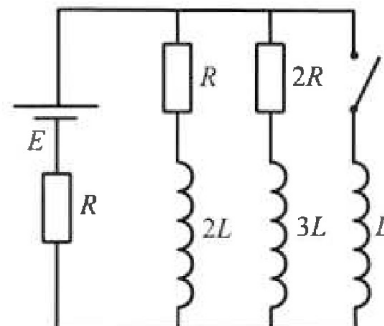
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

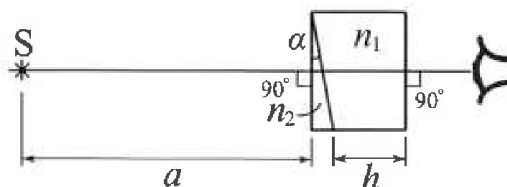


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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. Порука QR-кода недопустима!

Анализ и решение:

$$1) \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}$$

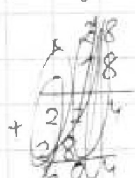
При прямолинейном движении вдоль оси x

При прямолинейном движении вдоль оси x: $a_x = 0, v_x = v$, поэтому $a = \frac{dv}{dt}$. Значит, ускорение можно найти как тангенс угла наклона касательной к графику $v(t)$.

Из графика видим, что $v = 2v_1 = 24 \frac{m}{c}$ в момент времени $t = 14c$. В точке $(14c, 24 \frac{m}{c})$

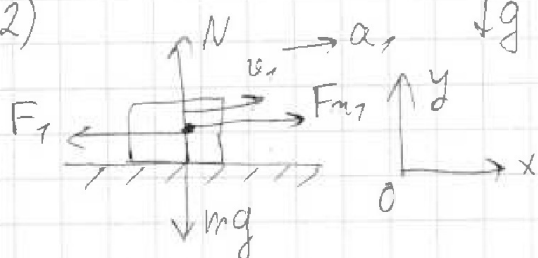
$$\tan \varphi \approx \frac{30 \frac{m}{c} - 25 \frac{m}{c}}{24c - 6c} = \frac{5 \frac{m}{c}}{18c} = \frac{5}{18} \frac{m}{c^2} \approx 0,28 \frac{m}{c^2}$$

$$\begin{array}{r} 5,000 \\ \times 18 \\ \hline 40 \\ 90 \\ \hline 90 \\ 180 \\ \hline 90 \\ 180 \\ \hline 0 \end{array}$$



Таким образом, $a \approx 0,28 \frac{m}{c^2}$.

2)



По 23к для мотоциклиста.

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_m + \vec{F}_1 = m\vec{a},$$

(F_m — сила тяги)

$$x: F_m - F_1 = ma_1$$

$$F_1 = F_m - ma_1$$

Работа силы тяги F_m при малом перемещении Δx равна $F_m \Delta x \Rightarrow$ мощность F_m в этот момент равна $\frac{F_m \Delta x}{\Delta t} = F_m v$, где v — скорость мотоцикла.

По условию эта мощность постоянно значима, произведение $F_m v = \text{const}$.

см. продолжение

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!

продолжение №1.

В конце разгона скорость мотоцикла постоянна $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ускорение равно нулю $\Rightarrow$ конечная сила тяги равна
 силе сопротивления в конце разгона $F_k = 405 \text{ Н}$.

В конце разгона (момент)
 найдем ускорение в конце разгона ($t_{\text{в2}} = 35 \text{ с}$) ана-
 логично предыдущему.

$$a_2 = \frac{30 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 29 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{35 \text{ с} - 0 \text{ с}} = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{35 \text{ с}}; v_2 \approx 29,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

В конце разгона ускорение мотоцикла равно нулю,
 т.к. скорость постоянна (и равно $v_2 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$). Значит,
 сила тяги F_{m2} равна силе сопротивления $F_{m2} = F_k$

$$F_{m1} \cdot v_1 = F_{m2} \cdot v_2$$

$$(F_1 + m a_1) \cdot v_1 = F_k \cdot v_2$$

$$F_1 = \frac{F_k v_2}{v_1} - m a_1 = \frac{405 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{29 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 300 \text{ кг} \cdot 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 450 \text{ Н} - 84 \text{ Н} = 366 \text{ Н}$$

$$3) F_{m1} = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} = \frac{405 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{29 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 450 \text{ Н}$$

$$F_1 = F_{m1} - m a_1 = 366 \text{ Н}$$

k - искомая величина

$$k = \frac{N_1}{N_{m1}} = \frac{F_1 \cdot v_1}{F_{m1} \cdot v_1} = \frac{F_1}{F_{m1}} = \frac{366 \text{ Н}}{450 \text{ Н}} = \frac{61}{75} \approx 0,8$$

Ответ. 1) $a_1 \approx 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

2) $F_1 \approx 366 \text{ Н}$,

3) $k \approx 0,8$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

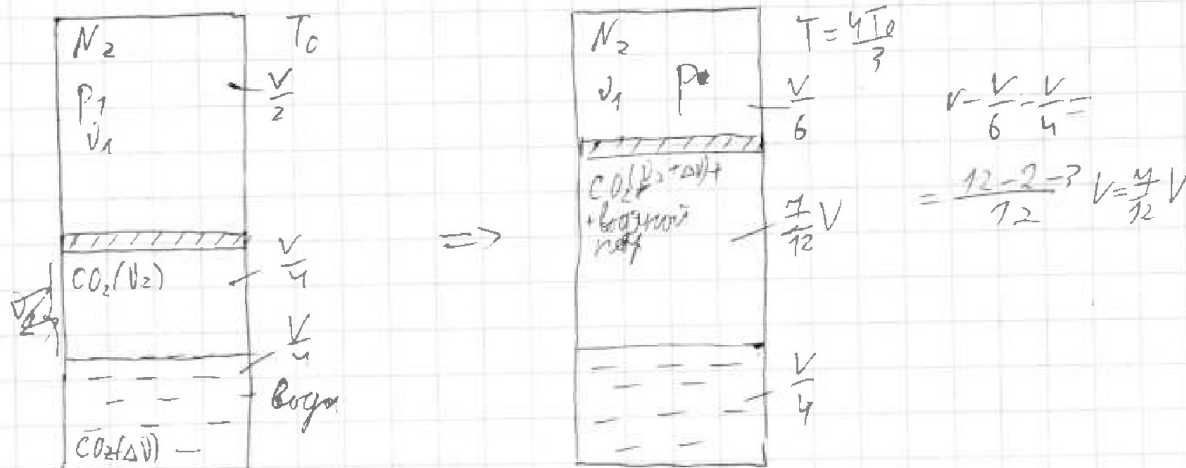
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Анализ и решение:



Т.к. поршень невесомый, то начальное давление углекислого газа равно начальному давлению азота p_1 .

И-е Менг.-клан: $p_1 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$ для азота

Для углекислого газа (свободный газ)

$$p_1 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0$$

$$\frac{p_1 \cdot \frac{V}{2}}{p_1 \cdot \frac{V}{4}} = \frac{\nu_1 R T_0}{\nu_2 R T_0} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

Таким $\nu_2 = \nu$, тогда $\nu_1 = 2\nu$

$$\Delta V = k \cdot p_1 \cdot \frac{V}{4} = k \cdot \nu_2 R T_0 = k R T_0 \cdot \nu$$

$$p^* \cdot \frac{V}{6} = 2\nu_1 R T \Rightarrow p^* = \frac{6\nu_1 R T}{V} = \frac{6 R T}{V} \nu$$

По 3-му закону $p^* = p_{\text{воздуха}} + p_{\text{CO}_2}$

При $T = 373K$ давление водяного пара равно $p_{\text{атм}}$ (пар насыщен)

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{7V}{12} = (\nu_2 + \Delta \nu) R T$$

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{12}{7V} (V + k R T_0 \nu) R T = \frac{12 R T}{7V} \cdot \nu (1 + k R T_0)$$

и. продолжение.

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

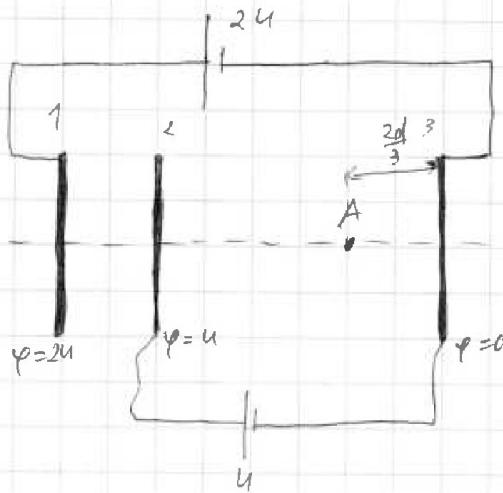
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Анализ и решение:



1) Пусть потенциал ~~каждой~~ сетки 3 равен нулю. Тогда потенциалы сеток 2 и 1 равны U и $2U$ соответственно.

$$\text{Разр. } U_{23} = U - 0 = U$$

С другой стороны $U_{23} = E_{23} \cdot d$

$$U = E_{23} d \Rightarrow E_{23} = U/d$$

23 и для частицы м/ду сетками 2 и 3:

$$E_{23} \cdot q = m a_{23} \Rightarrow$$

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

Вниманием пренебрежем м/ду сетками друг ко другу можно пренебречь, т.к. расстояние м/ду ними намного меньше их радиуса.

2) ЗУМ для частицы: Теорема об изменении кинетической энергии для частицы: $K_3 - K_2 = A$

$A = A_{\text{эл}}$ - работа кулоновской силы.

$$A = qU \Rightarrow K_3 - K_2 = qU$$

Ответ: 1) $\frac{Uq}{md}$

2) qU



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

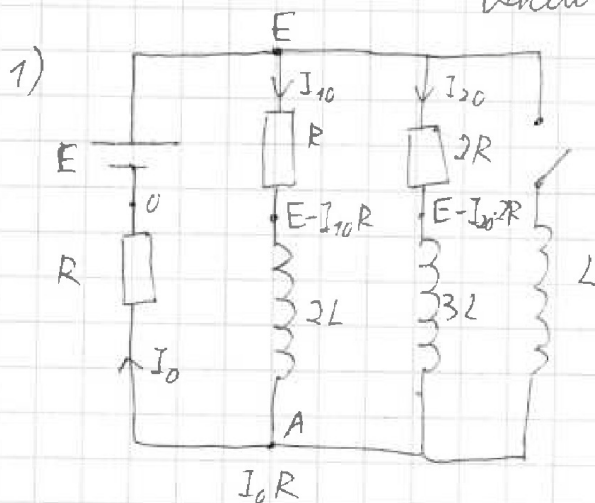
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Анализ и решение:



Поставили потенциалы
в цепи в установившемся
состоянии, учитывая,
что при этом

Если ток постоянный
то скорость его изме-
нения равна нулю, по-
тому напряжение на
катушках равно нулю

$$E - I_{10}R = I_0 R \Rightarrow I_{10} = \frac{E - I_0 R}{R}$$

$$E - 2I_{20}R = I_0 R \Rightarrow I_{20} = \frac{E - I_0 R}{2R}$$

По 3C3 $I_0 = I_{10} + I_{20}$

$$I_0 = \frac{E}{R} - I_0 + \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2} \Rightarrow \frac{5I_0}{2} = \frac{3E}{2R} \Rightarrow I_0 = \frac{3E}{5R}$$

$$I_{20} = \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2} = \frac{E}{2R} - \frac{3E}{10R} = \frac{5E}{10R} - \frac{3E}{10R} = \frac{2E}{10R} = \frac{E}{5R} \quad I_{10} = \frac{E}{R} - \frac{3E}{5R} = \frac{2E}{5R}$$

2) Сразу после замыкания ключа напряжение на катушке индуктивностью L будет равно $E - I_0 R$ (т.к. ток в катушке, а значит ток в цепи не может изменяться мгновенно, то в этот момент потенциал точки A будет равен $I_0 R$)

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = E - I_0 R$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{L} - \frac{3E}{5L} = \frac{5E}{5L} - \frac{3E}{5L} = \frac{2E}{5L}$$

3) В установившемся состоянии - катушку L не считаем, так как ток I_k , через катушки $R, 2R$ не течет. Т.к. $I_k = \text{const}$, то $E - I_k R = 0 \Rightarrow I_k = \frac{E}{R}$

или продолжение.

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!

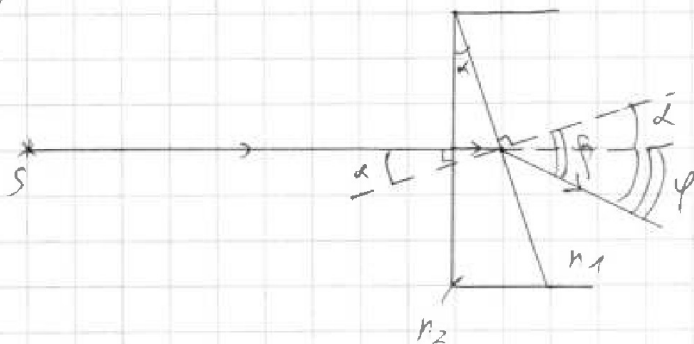


Анализ и решение:

1)

$$n_1 = n_2 = 1,0$$

$$n_2 = 1,6$$



После прохождения левой грани системы луч падает перпендикулярно, т.к. падает на нее перпендикулярно. На наклонной грани призмы n_2 он падает под углом α (углы стороны которой перпендикулярны, равны). По 3-му синусу

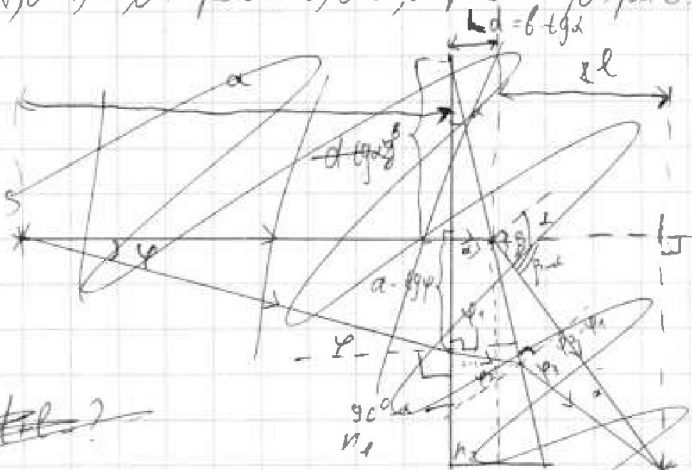
$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \quad \text{т.к. для малого угла } x: \sin x \approx \tan x \approx x,$$

получим $n_2 \cdot \alpha \approx n_1 \cdot \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2 \alpha}{n_1} = n_2 \alpha$ (т.к. $n_1 = 1,0$). Т.к. $n_1 = 1,0 = n_2$, то проходит ч-з призму, луч перпендикулярен $\Rightarrow$ он выйдет из системы под углом β к нормали. Пов-ти призмы.

$$\text{При этом угол отклонения } \varphi = \beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha$$

$$\varphi = (1,6 - 1) \cdot 0,05 \text{ рад} = 0,03 \text{ рад} = 0,03 \text{ рад}$$

2)



Т.к. $n_1 = 1,0$, то после прохождения призмы n_1 луч не преломляется, поэтому удобно рассмотреть изображение в призме n_2 .

~~$z = d \cdot \tan \alpha$~~

~~Р-н луч, падающий на левую грань системы, и луч, направленный к нему под углом φ . Ход первого луча описан в а 1). Вторым луч падает на левую грань системы под углом φ~~

см. продолжение

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

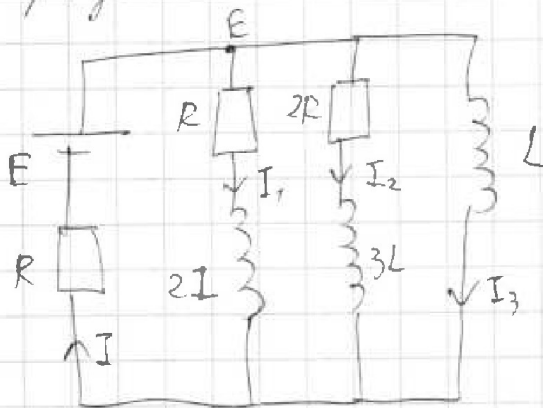
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



продолжение №4



Т-м произвольный момент.

По I правилу Кирхгофа

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

По II правилу Кирхгофа

$$E = IR + I_1 R + 2L I_1' \quad \vee$$

$$E = IR + 2R I_2 + 3L I_2' \quad \nearrow$$

$$E = IR + L I_3' \quad \rightarrow$$

$$I_1 R + 2L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = I_2 \cdot 2R + 3L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

За всё время заряд $q_2 = \sum \Delta q_2 = \sum I_2 \Delta t$

$$\text{За всё время } \sum \Delta I - I_{\text{кон}} - I_{\text{кон}} = I_{\text{к}} - I_0 = \frac{E}{R} - \frac{3E}{5R} = \frac{2E}{5R}$$

$$\sum \Delta I_1 = I_{1\text{кон}} - I_{1\text{кон}} = 0 - I_{10} = -\frac{E}{5R}$$

$$\sum \Delta I_2 = I_{2\text{кон}} - I_{2\text{кон}} = 0 - I_{20} = -\frac{2E}{5R}$$

$$\sum \Delta I_3 = I_{3\text{кон}} - I_{3\text{кон}} = I_{\text{к}} - 0 = \frac{E}{R}$$

$$I_1 R + 2L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 2R I_2 + 3L \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

просуммируем за всё время.

$$R q_1 + 2L (-\frac{2E}{5R}) = 2R q_2 + 3L (-\frac{E}{5R})$$

$$I_1 R + 2L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = L \frac{\Delta I_3}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$I_1 \Delta t \cdot R + 2L \Delta I_1 = L \Delta I_3$$

$$\sum \Delta I_3 = I_{3\text{кон}} - I_{3\text{кон}} = I_{\text{к}} - 0 = \frac{E}{R}$$

просуммируем за всё время t.

см. продолжение.

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!

приоритетные

$$q_1 E + 2L \left(-\frac{2E}{5R} \right) = L \cdot \frac{E}{R}$$
$$q_1 = \frac{LE}{R^2} + \frac{4LE}{5R^2} = \frac{9LE^2}{5R^2}$$
$$Rq_1 - \frac{4LE}{5R} = 2Rq_2 - \frac{3LE}{5R}$$
$$\frac{9LE^2}{5R^2} - \frac{4LE}{5R} = 2Rq_2 - \frac{3LE}{5R}$$
$$2Rq_2 = \frac{9-4+3}{5} \cdot \frac{LE}{R} = \frac{8}{5} \frac{LE}{R}$$
$$q_2 = \frac{4LE}{5R^2}$$

Ответ:

- 1) $\frac{E}{5R}$
- 2) $\frac{2E}{5L}$
- 3) $\frac{4LE}{5R^2}$

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!

Условие №2

$$p = p_{\text{ATM}} + 12R$$

$$\frac{RTU}{V} = \frac{p}{6}$$

$$p_{\text{кор}} = \frac{12^2}{4} \cdot \frac{p}{6} (1 + kRT_0) = \frac{2}{4} (1 + kRT_0) p$$

$$p = p_{\text{ATM}} + \frac{2}{4} (1 + kRT_0) p$$

$$p \left(1 - \frac{2}{4} - \frac{2}{4} kRT_0 \right) = p_{\text{ATM}}$$

$$p \left(\frac{5 - 2kRT_0}{4} \right) = p_{\text{ATM}}$$

$$p = \frac{4}{5 - 2kRT_0} p_{\text{ATM}} = \frac{4}{5 - 2 \cdot 0,6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} p_{\text{ATM}} =$$

$$= \frac{4}{5 - 2 \cdot 0,6 \cdot 3} p_{\text{ATM}} = \frac{4}{5 - 3,6} p_{\text{ATM}} = \frac{4}{1,4} p_{\text{ATM}} = \frac{4 \cdot 10^5}{1,4} p_{\text{ATM}} = 5 p_{\text{ATM}}$$

Ответ: 1) $\frac{v_1}{v_2} = 2$

2) $p = 5 p_{\text{ATM}}$

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!



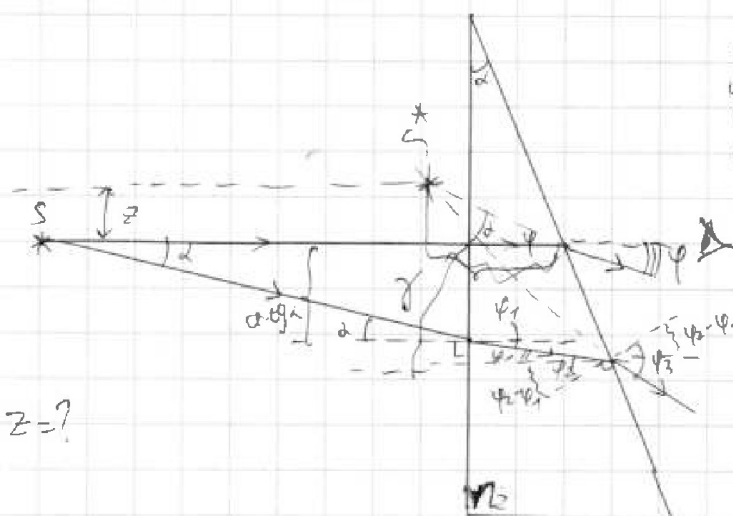
продолжение №5

$$n_0 \cdot \varphi \approx n_2 \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 \approx \frac{\varphi}{n_2}$$

$$U_3 \text{ симметрич. } 90^\circ - \varphi_1 + 90^\circ - \alpha + \varphi_2 = 180^\circ \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 + \alpha \approx \frac{\varphi}{n_2} + \alpha$$

$$n_2 \varphi_2 \approx n_0 \varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 \approx n_2 \varphi_2 = \varphi + \alpha n_2$$

$$\text{Пусть } \varphi = \alpha. \text{ Тогда } \varphi_1 \approx \frac{\alpha}{n_2}, \varphi_2 \approx \frac{\alpha}{n_2} (\frac{1}{n_2} + 1), \varphi_3 \approx (\frac{1}{n_2} + 1) \alpha$$



Р-и луч, падающий в
левой грани системы (с
ходоимости $\varphi \approx 1$) и
луч, падающий к пленке под
углом α . Т.к. угол мал
то они ~~идут~~ эти лучи
формируются из ~~лучей~~
и источника.

$z = ?$

$$n_0 \alpha \approx n_2 \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 \approx \frac{\alpha}{n_2}. U_3 \text{ геометрии } \varphi_2 = \varphi_1 + \alpha = \frac{\alpha}{n_2} + \alpha$$

$$n_2 \varphi_2 \approx n_0 \varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 \approx n_2 \varphi_2 = \alpha + n_2 \alpha = 2 \text{ луч второй}$$

луч Второй луч продолжает проходить под
углом $\varphi_3 - \varphi_2 + \varphi_1 = \alpha + n_2 \alpha - \alpha - \frac{\alpha}{n_2} + \frac{\alpha}{n_2} = n_2 \alpha$ к нормали

к левой грани системы
Первый луч выходит под углом $\varphi = (n_2 - 1) \alpha$ к той же
нормали. $\varphi = \alpha$ $\Rightarrow \alpha = n_2 \alpha - n_2 \alpha + \alpha = \alpha > 0 \Rightarrow$ лучи расходятся $\Rightarrow$ изображение мнимое.

Искреннее расстояние z отсчитывается по верти-
кали.

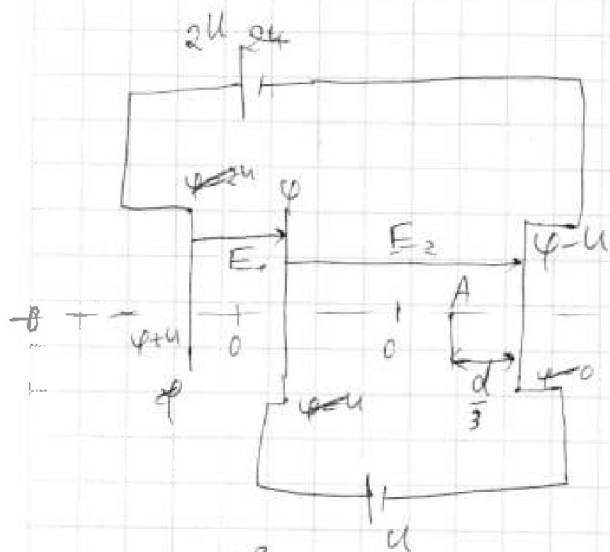
Ответ: 1) 0,03 рад

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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



$$m, d > 0$$

$$F_2 = \frac{u}{a}$$

$$c \cdot a_{2B} = \frac{qE_z}{m} = \frac{q\hbar}{md}$$

$$R \setminus K_2 \text{ ist aqu. zu } K_2 = \emptyset$$

~~$\phi = \phi = \text{not}$~~

$$K_2 - K_0 = -qU$$

$$K_3 - K_0 = -q(\varphi - u)$$

$$K_3 - K_2 = -q\psi + q\psi + q\psi = q(2\psi)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

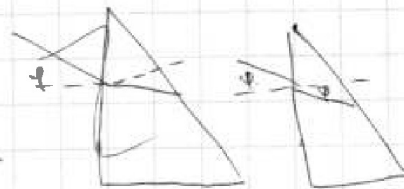
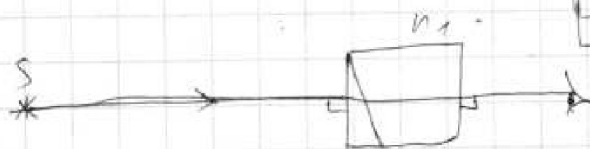
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

n_1, n_2
 $n_1 = 1,0$
 $a = 200 \mu\text{m}$
 $d = 0,05 \mu\text{m}$
 $h = 9 \mu\text{m}$

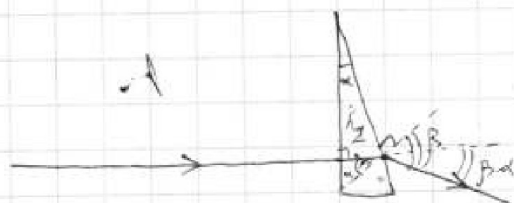
1) $n_1 = n_2 = 1,0$
 $n_2 = 1,6$



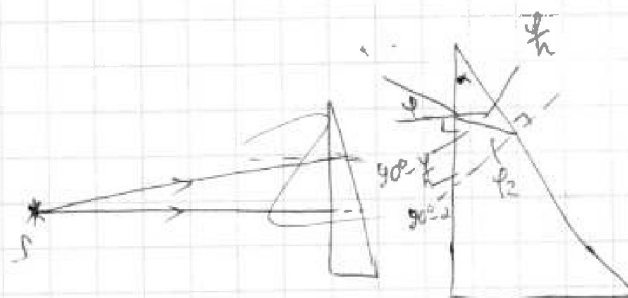
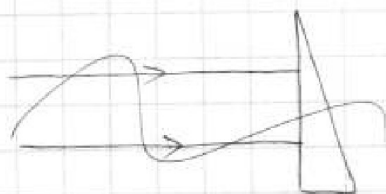
$$n_2 \alpha = n_1 \beta$$

$$\beta = n_2 \alpha$$

$$\varphi = \beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha = 0,6 \cdot 0,05 = 0,03 \mu\text{m}$$

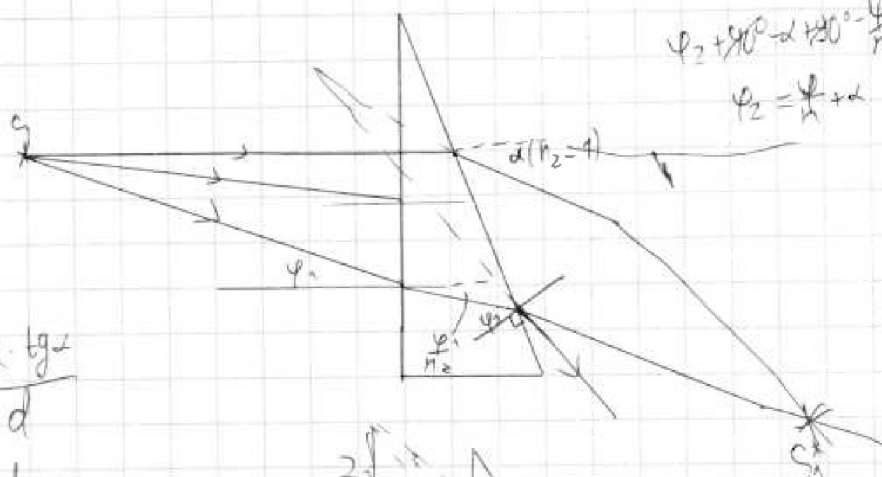


2) $n_1 = n_2 = 1,0$; $n_2 = 1,6$



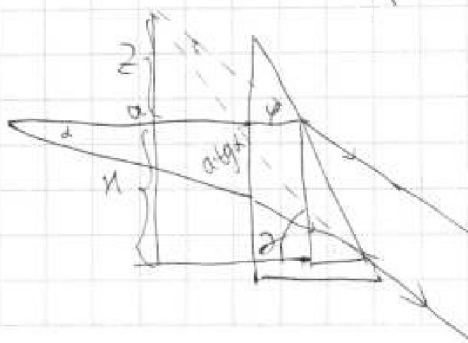
$$\varphi_2 + 90^\circ - \alpha + 90^\circ - \frac{\varphi}{n} = 180^\circ$$

$$\varphi_2 = \frac{\varphi}{n} + \alpha$$



$$\frac{a}{y} = \frac{\alpha \cdot \tan \alpha}{d}$$

$$y = d \tan \alpha$$



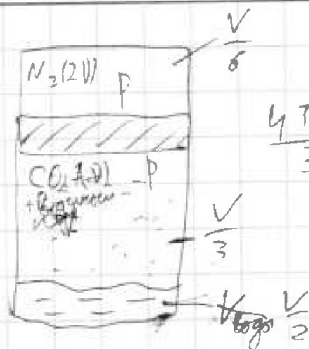
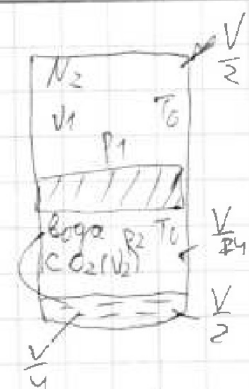
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Порука QR-кода недопустима!



$$\frac{4T_0}{3} V - \frac{V}{2} - \frac{V}{8} = \frac{V}{2} - \frac{V}{8} = \frac{V}{8}$$

$$\frac{p_1 V}{2RT_0} = \frac{p_2 V}{4RT_0} \Rightarrow p_1 = \frac{1}{2} p_2$$

$$\Delta U = K p \Delta V$$

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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{дж}}{\text{моль}}$$

до нагревания

$$p_1 \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0 \Rightarrow \nu_1 = \frac{p_1 V}{2RT_0}$$

$$p_2 \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0 \Rightarrow \nu_2 = \frac{p_2 V}{4RT_0}$$

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{p_1 V}{2RT_0} \cdot \frac{4RT_0}{p_2 V} = 2$$

$$\frac{p_1 \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{p_2 \frac{V}{4}}{\frac{2}{3} T_0} \Rightarrow p = \frac{2}{3} p_1$$

$$\frac{p_1}{2} = \frac{p_2}{4} \Rightarrow p = \frac{1}{2} p_1$$

$$p = p_3 + p_0$$

$$\cos \varphi_2 = 0 \quad \varphi_2 + \alpha = \varphi_1 + \alpha$$

$$\frac{2L \Delta I_1}{\Delta t} = E - I_1 R - IR$$

$$\Delta I_1 = \frac{E}{2L} \Delta t - I_1 \Delta t \cdot \frac{R}{2L} - I \Delta t \cdot \frac{R}{2L}$$

$$\frac{3L \Delta I_2}{\Delta t} = E - I_2 R - IR$$

$$\Delta I_2 = \frac{E}{3L} \Delta t - I_2 \Delta t \cdot \frac{R}{3L} - I \Delta t \cdot \frac{R}{3L}$$

$$\frac{L \Delta I_3}{\Delta t} = E - IR$$

$$\Delta I_3 = \frac{E}{L} \Delta t - I \Delta t \cdot \frac{R}{L}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow \Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2 + \Delta I_3$$

$$q = \sum I_2 \Delta t = ?$$

$$\sum \Delta I = I_k = \frac{E}{R}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\alpha}{n_2} + \alpha - \frac{\alpha}{n_2} = \alpha$$

$$\beta = \alpha = n_2 - 1 \alpha = 0,6 \alpha$$



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!

$$a_{\text{ком}} = \frac{0,8 \text{ м}}{15 \text{ с}}$$

$$F_2 - F_k = m \cdot \frac{0,8 \text{ м}}{15 \text{ с}^2}$$

$$F_2 = 40 \text{ Н} + 300 \text{ кг} \cdot \frac{0,8 \text{ м}}{15 \text{ с}^2} = 40 \text{ Н} + 16 \text{ Н} = 42 \text{ Н}$$

$$42 \cdot 29,8$$

$$\begin{array}{r} 421 \\ \times 298 \\ \hline 3368 \\ + 3789 \\ \hline 842 \\ + 125458 \\ \hline 125458 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 30 \\ \times 405 \\ \hline 1215 \\ + 000 \\ \hline 12150 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 9} \\ - 36 \overline{) 45} \\ \hline 45 \end{array}$$

$$= 405 +$$

$$405 \cdot 30 = (F_1 + 90) \cdot 24$$

$$\frac{405 \cdot 30}{24} - 90 = F_1 =$$

$$= 450 - 90 = 360$$

$$F_{m2} = F_k + 300 \cdot \frac{1}{29} = 405 + \frac{300}{29}$$

$$(405 + \frac{300}{29}) \cdot 29,8 = (F_1 + 300 \cdot \frac{1}{29}) \cdot 24$$

$$\frac{41520}{249} - 90 \approx F_1 \approx 461 - 90 = 371 \text{ Н}$$

$$200 \cdot 300 \cdot 0,28 = 84$$

$$\begin{array}{r} 415 \overline{) 9} \\ - 36 \overline{) 46,1} \\ \hline 55 \\ - 55 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$F_0 = \text{const} \Rightarrow v = \frac{\text{const}}{F} = \frac{\text{const}}{F_c + ma}$$

$$F - F_c = ma$$

$$F_c$$

$$\frac{60}{45} = \frac{4 \cdot 15}{5 \cdot 15} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ - 84 \\ \hline 366 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 461 \cdot 84 = \\ = 450 \cdot 80 = \\ = 37440 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \overline{) 1} \\ - 42 \overline{) 15} \\ \hline 30 \\ - 30 \\ \hline 0 \end{array}$$

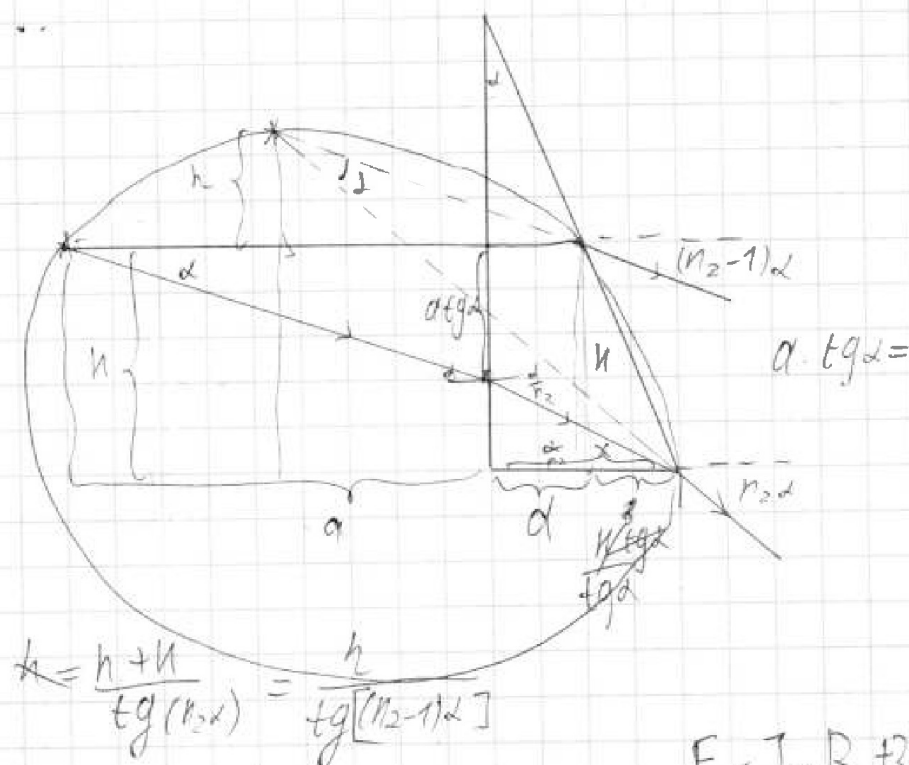
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

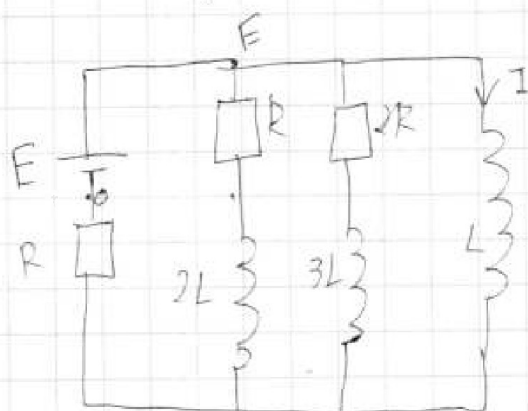
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$h = \frac{h+n}{\operatorname{tg}(n_2 \alpha)} = \frac{h}{\operatorname{tg}[(n_2-1)\alpha]}$$

$$\alpha \operatorname{tg} \alpha = n - h$$

$$h \approx \frac{h}{\alpha + d} = \operatorname{tg}[(n_2-1)\alpha]$$



$$E = I_1 R + 2L I_1' + I R$$

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

$$E = I + L I_3'$$

$$I_1 R + 2L I_1' = I_2 \cdot 2R + 3L I_2'$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\sum \Delta I = E$$

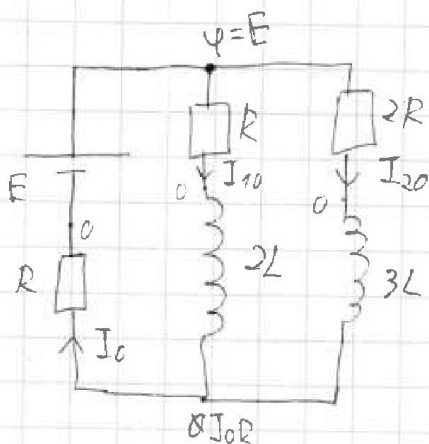
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МОТИ

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



$$1) R_0 = R + \frac{2R^2}{3R} = \frac{5}{3}R$$

$$I_0 = \frac{3}{5} \frac{E}{R}$$

$$I_{10} = \frac{E}{2R} - I_0 = \frac{E}{2R} - \frac{3E}{10R} = \frac{E}{10R}$$

$$E - I_{10}R = 0 \quad I_{10}R$$

$$E - 2I_{20}R = I_{10}R$$

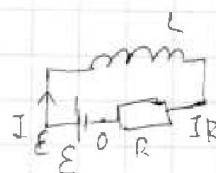
$$I_{10} = \frac{E}{R} - I_0$$

$$I_{20} = \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2}$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20}$$

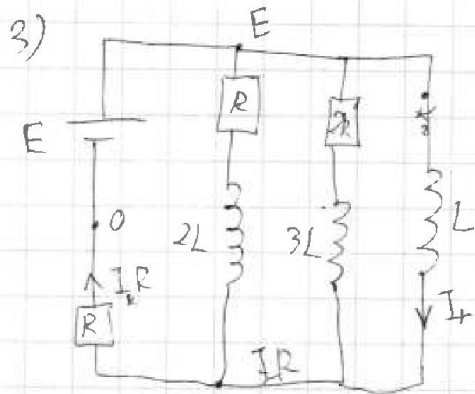
$$I_0 = \frac{E}{R} - I_0 + \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2}$$

$$\frac{5}{2} I_0 = \frac{3E}{2R} \Rightarrow I_0 = \frac{3}{5} \frac{E}{R}$$



$$I_{20} = \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2} = \frac{E}{2R} - \frac{3E}{10R} = \frac{5-3}{10} \frac{E}{R} = \frac{2}{10} \frac{E}{R} = \frac{1}{5} \frac{E}{R}$$

$$2) U = L I' = E - I_0 R = E - \frac{3}{5} E = \frac{2}{5} E \Rightarrow I' = \frac{2E}{5L}$$



Всем ветвям $2R$ и $3R$ ток равен I

$$E = I_1 R \Rightarrow I_1 = \frac{E}{R}$$

$$2L I_2' = E - I_1 R - I_1 R$$

$$3L I_3' = E - I_2 R - I_1 R$$

$$L I_3' = E - I_1 R$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$q = \sum \Delta q = \sum I_2 \Delta t$$

