

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

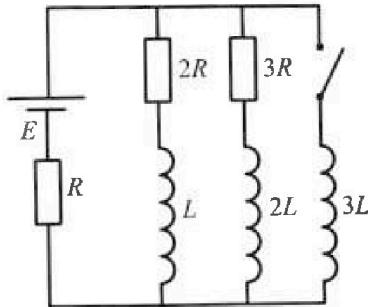
Вариант 11-01

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.

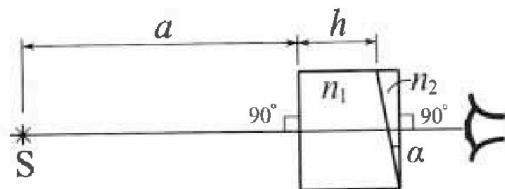
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ 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 $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.





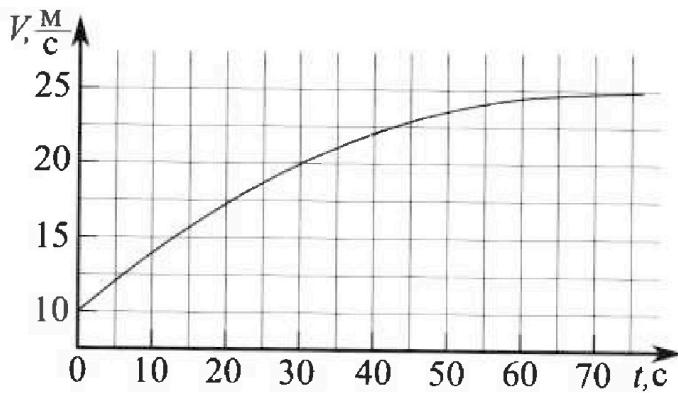
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



Вариант 11-01

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

1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

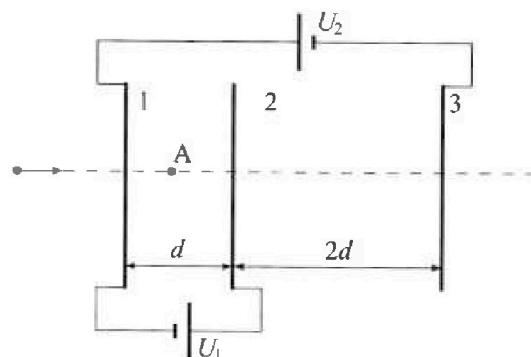
Требуемая точность ч исленного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом 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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагревали до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $R T \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

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

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. 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 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 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 |
| <input checked="" 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

1) Найдём ускорение автомобилей при $V_1 = 20 \frac{m}{s}$, как
поговоренную траекторию $V(t)$ в этой зоне (коэффициент
наклона касательной в этой зоне)

$$a_1 = \frac{dV}{dt} (V=V_1) ; a_1 = \frac{22,5 \frac{m}{s} - 13,5 \frac{m}{s}}{40s - 20s} = \frac{5 \frac{m}{s^2}}{20 \frac{s}{s}} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

услонение
автомобилей при $V=V_1$

$\Delta V = F_c$ - сила сопротивления

2)



$F_n - F_c = m a$

$$F_n - \Delta V = m a$$

В конце разгона:

$$V_1 = 25 \frac{m}{s} \text{ (из графика)} - V_1 \text{- скорость в конце разгона}$$

$a_2 \approx 0$ a_2 - ускорение в конечнозоне

$$F_k - \Delta V_2 = m a_2 \Rightarrow F_k = \Delta V_2 \Rightarrow d = \frac{F_k}{V_2}$$

При скорости $V = V_1$:

$$F_1 - \Delta V_1 = m a_1$$

$$F_1 = m a_1 + F_k \frac{V_1}{V_2} ; F_1 = 1800 \text{ кН} \cdot 0,25 \frac{m}{s^2} + 500 \text{ кН} \cdot \frac{20 \frac{m}{s}}{25 \frac{m}{s}} =$$

$$= 450 \text{ кН} + 400 \text{ кН} = 850 \text{ кН}$$

3) $P = \cancel{F} \cdot V \Rightarrow P_1 = F_1 \cdot V_1$

$$P_1 = 850 \text{ кН} \cdot 20 \text{ м} = 17 \text{ кВт}$$

Ответ: $0,25 \frac{m}{s^2}$; 850 кН ; 17 кВт



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

$\frac{V_0}{2}$

При T_0 в первоначальном состоянии газа давление p_0 и объем V_0 .

После сжатия газа вдвое, давление становится p_1 , а объем V_1 .

При температуре T газ в воде не расширяется, т.е. $V_2 = V_1$.

Используя закон Бойля-Мариотта для газа в баллоне:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 V_0}{V_1} = \frac{p_0 V_0}{2(V - \frac{V_0}{4} - \frac{V_0}{2})} = 2p_0$$

2) $\Delta V = k p_0 \frac{V}{q}$ - расширение газа в начале ~~в баллоне~~ в баллоне

При T газ в воде не расширяется \Rightarrow
 $\Delta V = V_2 - V_1 = 0$ - начальное и конечное состояние газа

$$V_2 = V_1 + \frac{k p_0 V}{q} = \frac{V_0}{2} + \frac{k p_0 V}{q}$$

При T газ в воде не расширяется \Rightarrow давление газа в баллоне:

$$\begin{cases} \frac{p_1 V}{5} = V_0 R T \\ p_2 (V - \frac{V_0}{4} - \frac{V}{5}) = V_2 R T \end{cases} \quad \begin{aligned} p_1 &= \frac{5V_0 RT}{V} \\ p_2 &= \frac{20V_2 RT}{11V} \end{aligned}$$

~~При T газ в воде не расширяется~~

~~$V_2 = V_1 + \frac{k p_0 V}{q}$~~

p_2 - парциальное давление газа между атм T

При T в атмосфере газа давление p_1 (т.к. парциальное давление газа в атмосфере p_1 равно атмосферному)

p_1 - парциальное давление газа сверху при T

Условие нейтральности: $\Rightarrow p_1 = p_2 + p_g$, где p_g - давление избыточного газа при $T = 133$ K ($p_g = p_{ATM} - 100 \text{ кПа}$)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

МФТИ

~2 (продолжение)

$$\frac{5 V_0 RT}{V} = \frac{20 V_2 RT}{11 V} + p_8 \quad p_0 V = 2 VRT_0 = 480 kPa$$
$$= 2 \cdot \frac{9}{5} VRT_0 \quad (\text{u.н. } T = \frac{5}{4} T_0)$$

$$\frac{25}{8} p_0 = \frac{10}{11} V_0 + \frac{K p_0 V}{2} \quad VR = \frac{5}{8} p_0 V$$

$$\frac{25}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} p_0 = \frac{10}{11} \frac{K RT_0}{2} \approx p_{ATM}$$

$$\frac{25}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} p_0 = p_{ATM}$$

$$k \cdot RT = \frac{1}{3 \cdot 10^3} \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$25 \cdot \frac{5}{8} p_0 \left(\frac{5}{8} - \frac{10}{11} \right) - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} p_0 = p_{ATM}$$

$$\left(\frac{5 \cdot 45}{8 \cdot 11} - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} \right) p_0 = p_{ATM}$$

$$\frac{225 - 80}{11} p_0 = p_{ATM}$$

$$\frac{145}{11} p_0 = p_{ATM} \Rightarrow p_0 = \frac{13}{11} p_{ATM} \quad p_0 = \frac{88}{785} p_{ATM}$$

Ответ: 2; $\frac{88}{785} p_{ATM}$



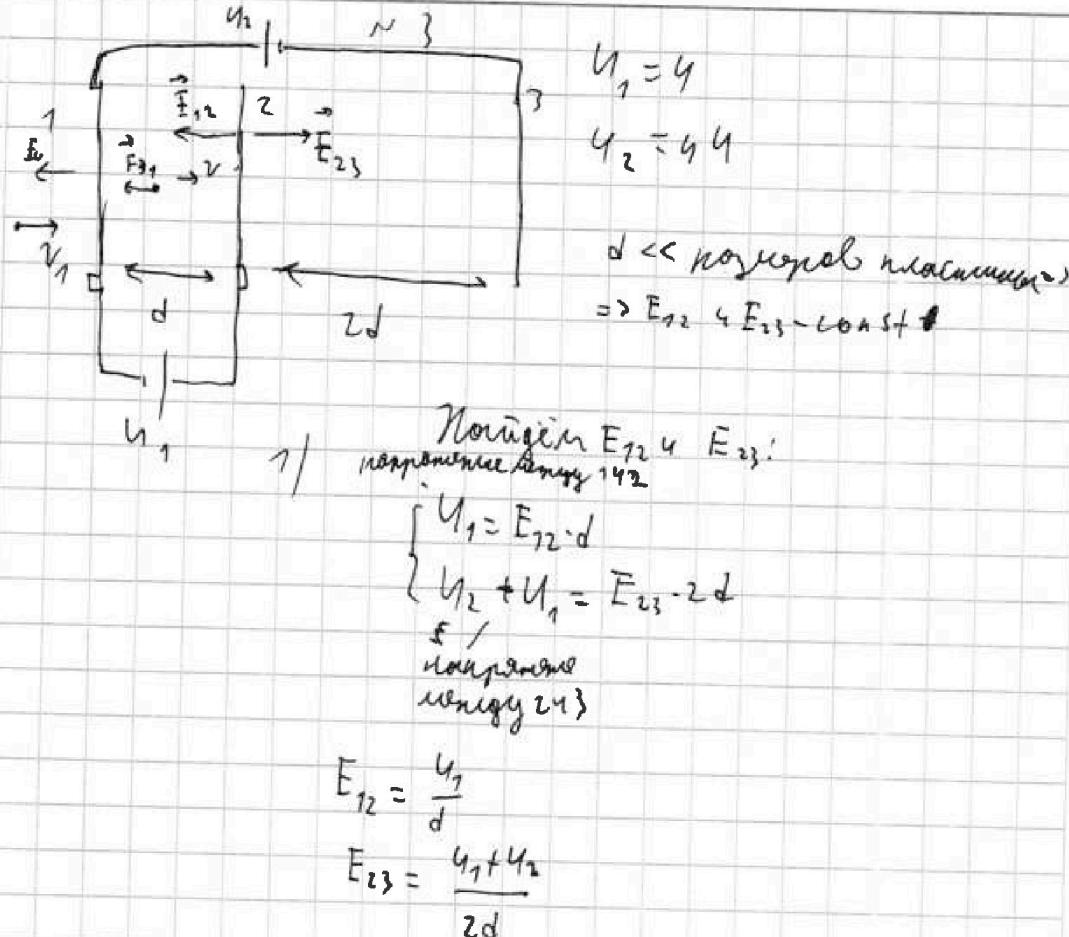
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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



F_{12} - сила действующая на частицу 2 со стороны 1

$$F_{12} = F_{12} \cdot q = m_2 a_1 \quad a_1 - \text{ускорение частицы 1}$$

$$\frac{U_1 q}{d} = m_2 a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{U_1 q}{m_2 d} = \frac{U_1 q}{m_2 d}$$

2) Задача:

$$K_1 = K_2 + q E_{12} \cdot d$$

используем закон сохранения энергии

$$K_1 - K_2 = q E_{12} \cdot d = U_1 q$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ



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

№ 3 (подвешивание)

Найдите заряд на концах из симки:

Δq_2 - заряд, перенесенный из конца 1 в конец 2

Δq_1 - заряд, перенесенный из конца 1 в конец 2, из-за поправки заряда!

$$\begin{cases} q_3 = \Delta q_2 \\ q_2 = \Delta q_1 \\ q_1 = \Delta q_2 - \Delta q_1 \end{cases}$$

$$E_{12} = \frac{q_2}{2S\epsilon_0} + \frac{q_1}{2S\epsilon_0} + \frac{q_3}{2S\epsilon_0} = \frac{2(\Delta q_1 - \Delta q_2)}{2S\epsilon_0} = \frac{4}{d}$$

$$\frac{\Delta q_1 - \Delta q_2}{S\epsilon_0} = \frac{4}{d}$$

$$E_{23} = \frac{(q_1 + q_2 - q_3)}{2S\epsilon_0} = \frac{2\Delta q_2}{2S\epsilon_0} = \frac{4_1 + 4_2}{2d} \Rightarrow \frac{\Delta q_2}{S\epsilon_0} = \frac{4_1 + 4_2}{2d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta q_1}{S\epsilon_0} = \frac{34_1 + 4_2}{2d}$$

$$E_3 = \frac{4_1 + 4_2}{4d} \text{ - наль от симки ?}$$

$$E_2 = \frac{34_1 + 4_2}{4d} \text{ - наль от симки 2}$$

$$E_1 = -\frac{24_1}{4d} = -\frac{4_1}{2d} \text{ - наль от симки 1}$$

Найдите скорость падения в в. 1: *использование подвешивания*

Найдите скорость падения в в. 1:

$$\frac{mV_0^2}{2} = k_A + \left(E_1 \frac{d}{3} + (E_2) \frac{d-\frac{d}{3}}{3} + (E_3) \left(d + 2d - \frac{d}{3} \right) \right)$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + q \left(-\frac{4_1}{6} + \frac{34_1 + 4_2}{6} - \frac{44_1 + 44_2}{6} \right)$$

$$V^2 = V_0^2 + \frac{2q}{m} \left(-\frac{4_1}{6} + \frac{34_1 + 4_2}{6} - \frac{44_1 + 44_2}{6} \right) = \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m} \left(-\frac{4_1}{6} + \frac{34_1 + 4_2}{6} - \frac{44_1 + 44_2}{6} \right)}$$

$$\text{Ответ: } \frac{4g}{md}; 4_1 g; \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m} \left(-\frac{4_1}{6} + \frac{34_1 + 4_2}{6} - \frac{44_1 + 44_2}{6} \right)}$$



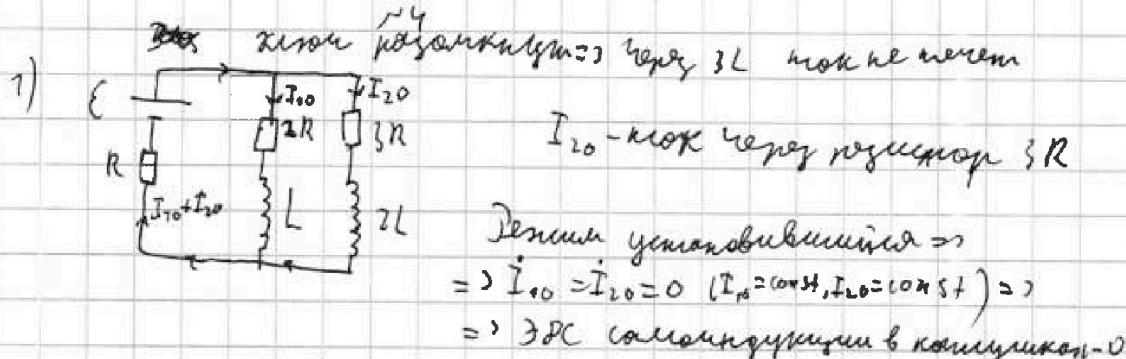
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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



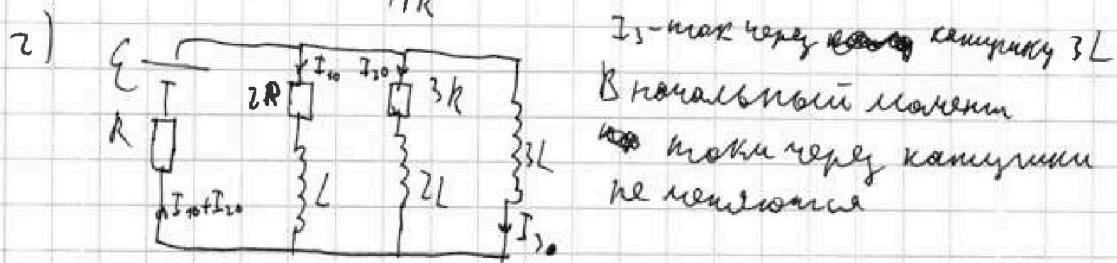
2-е правило Кирхгофа:

$$\begin{cases} E = I_{10} \cdot 2R + (I_{10} + I_{20})R \\ E = I_{20} \cdot 3R + (I_{10} + I_{20})R \end{cases}$$

$$I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$E = I_{10} \cdot 2R + \left(I_{10} + \frac{2}{3} I_{10} \right) R = I_{10} R \left(2 + 1 + \frac{2}{3} \right) = \frac{11}{3} I_{10} R$$

$$I_{10} = \frac{3E}{11R}$$



$$E = 3L \cdot I_3 + (I_{10} + I_{20})R$$

$$3L \cdot I_3 = E - \frac{5}{3} I_{10} R = E - \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{11} E = \frac{6}{11} E$$

$$I_3 = \frac{6}{3 \cdot 11 L} E = \frac{2E}{11L}$$

3) I_1 - ток через

I_2 - ток через 2L для катушки (-2R-L-R)

$$E = R(I_1 + I_2 + I_3) + 2R I_2 + L I_1$$

$$E = 3R I_1 + R(I_2 + I_3) + L I_1 \quad | \cdot d +$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 **X** 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 4 (apogeeumne)

$$\{d\rightarrow R dq_1 + k dq_L + k dq_3 + L dI, (1)\}$$

91- запр., уполномоч

replies @ 2R

92 -ヤギの、うきはえ

Анализира се концепцията IR-2L-R върху IR

$$\{ = R(I_1 + I_2 + I_3) + \gamma I_2 R + L I_2$$

93 - Janus, *maculatus*
temp 32

$$df = g R dq_2 + h dq_1 + k dq_3 + L dI_2 / 2$$

$$(2) - (1) :$$

В генерализованной
форме есть некоторый
запас энергии?

$$0 = 3Rdq_2 - 2Rdq_1 + LdI_2 - LdI_1$$

$\overset{q_1}{\circ}$ $\overset{q_2}{\circ}$ $\overset{I_1}{\circ}$ $\overset{I_2}{\circ}$

$$2Rdq_1 + LdI_1 = 3Rdq_2 + LdI_2$$

$\overset{q_1}{\circ}$ $\overset{q_2}{\circ}$ $\overset{I_1}{\circ}$ $\overset{I_2}{\circ}$

or $I_{10} = 300$, $I_{20} = 200$

$$2Rq_1 - L\mathbb{I}_{10} = 3Rq_2 - L\mathbb{I}_{10}$$

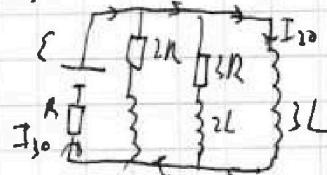
$$n(2q_1 - 3q_2) = \lfloor \frac{I_{10}}{2} \rfloor$$

$$2q_1 - 3q_2 = \frac{L\epsilon}{\pi R^2}$$

Для коммуна (-3L-R)

$$\{ \Rightarrow L^i_3 + h(L_1 + L_2 + L_3)$$

I_2 I_{30} $\approx \text{const} \Rightarrow I_3 = 0$



$$\{ = \text{Bob's } I_{30} \Rightarrow I_{30} = \frac{C}{R}$$

$$\{ d_t = 3UI_1 + R(d_{f,t} + dI_{t+1} + dI_3) \}$$

$$(7) - (8): \quad q_1 \quad 0 \quad I_{10} \\ 2 R \int_0^{q_1} dq_1 + \int_0^{I_{10}} I_1 - 3 L \int_0^{I_{10}} dI_3 = 0$$

I₃₀ - мокрый
ДЛ 6 генерирующий
параметр

$$2Rq_1 = 3LI_{10} + LI_{10}$$

$$q_1 = \left(\frac{3f}{R} + \frac{3\zeta}{71R} \right) \frac{L}{2R} = \frac{3L\zeta}{2R^2} \left(\frac{12}{71} \right) = \frac{36}{22} \frac{L\zeta}{R^2} = \frac{18}{71} \frac{L\zeta}{R^2}$$

$$\text{Antwort: } \frac{3}{11} \frac{E}{R}; \frac{2}{11} \frac{L}{L}; \frac{18}{11} \frac{LG}{R}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

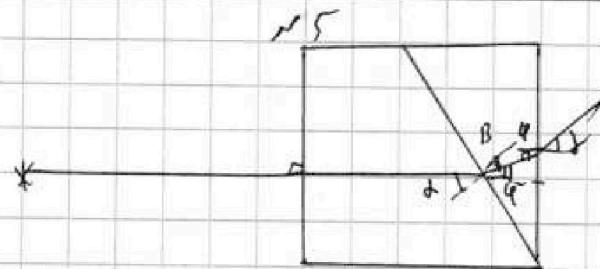
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

1)



2-метод
Числ =>
 $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \frac{\delta}{\alpha}$
 $\cos \alpha \approx 1$

$$\begin{aligned} n_1 \sin \alpha &= n_2 \sin \beta \\ n_1 \alpha &\approx n_2 \beta \Rightarrow \beta = \alpha + \frac{n_1}{n_2} \end{aligned}$$

$$\frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \beta = \alpha - \alpha - \frac{n_1}{n_2} = -\frac{n_1 - n_2}{n_2}$$

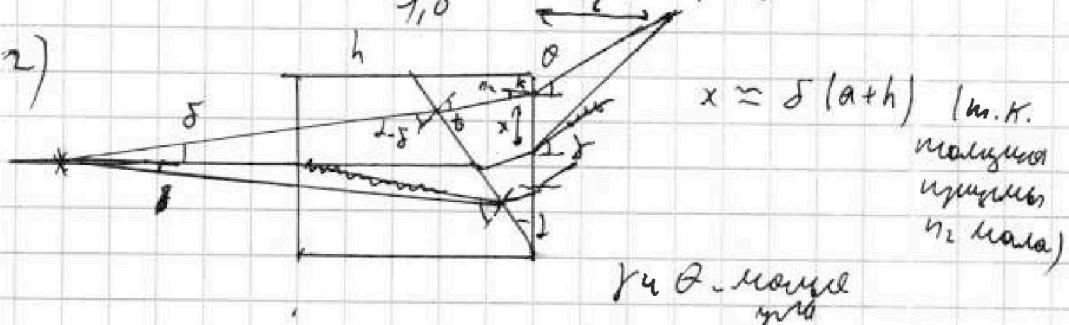
$$n_2 \sin \varphi = n_3 \sin \gamma \quad \frac{\gamma}{n_3} = \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

$$n_2 \gamma \approx n_3 \varphi \Rightarrow \gamma = \frac{n_2 - n_1}{n_3}$$

$$n_1 = n_3 = 1,0; n_2 = 1,3;$$

$$\gamma = \frac{0,7 \text{ rad}}{1,0} \cdot (1,3 - 1,0) = 0,03 \text{ rad}$$

2)



$$x \approx \delta(\alpha + h) \quad (\text{н.к.})$$

маленький
угол
 n_2 мала)

3-метод
Числ

$$x + l + g \theta = (l + \theta)$$

$$\delta(\alpha + h) + l = (l + \theta)$$

$$n_2 t = h, (\delta - \theta) \Rightarrow \delta = \frac{h_2}{n_2} (\theta - \alpha)$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta = \frac{\pi}{2} - \alpha + k \Rightarrow k = \frac{\alpha - \theta + \alpha - \frac{h_2}{n_2} (\theta - \alpha)}{h_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{\alpha - \frac{h_2}{n_2} (\theta - \alpha) - h_2 \delta}{h_2}$$

$$\textcircled{1} \quad \delta - \theta = \frac{n_2 \delta}{h_2}$$

$$\delta = l + \alpha h \approx 2(\alpha h) \quad (\text{н.к. } n_2 = n_3 = 1,0)$$

$$\delta(\alpha h) = \frac{h_2 \delta}{h_2} \Rightarrow l = \frac{(\alpha h) n_2}{n_1} \delta$$

Ответ: $0,03 \text{ rad}; 406 \text{ cm}^2$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

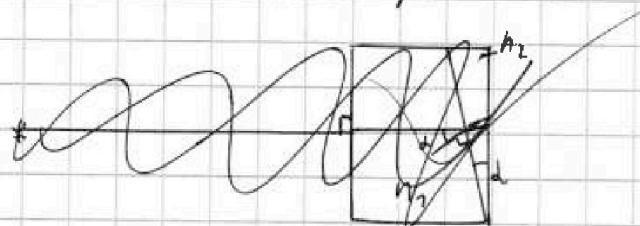
МФТИ

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



Черновик

1)



d - малый угол $\Rightarrow \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \frac{d}{n_2}$

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$$

$$n_1 d \approx n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{d n_1}{n_2}$$

$n_2 \sin(\alpha + \beta) \approx \sin \gamma$

известно что $n_2 > n_3 > n_4$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \frac{n_1}{n_2} d + \varphi$$

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

$$n_2 \sin \gamma = n_3 \sin \varphi$$

$$n_2 \varphi \approx n_3 \varphi \Rightarrow \varphi = \frac{d(n_2 - n_1)}{n_2}$$

$$n_1 = n_3 = 1,0; n_2 = 1,5;$$

$$\varphi = \frac{0,02 \mu\text{rad}}{1,0} = 0,02 \mu\text{rad}$$

2)



$$n_1 \sin(\theta_1 - \delta) = n_2 \sin \theta$$

$$\theta = \frac{n_1}{n_2} (\theta_1 - \delta)$$

$$90 - \theta = 90 - \frac{n_1}{n_2} (\theta_1 - \delta) \Rightarrow \theta = \theta_1 - \frac{n_1}{n_2} \delta$$

$$k = \frac{d(n_3 - n_1)}{n_2} - n_1 \delta$$

$n_1 = 1,8 \Rightarrow$
известно
что
предмета
не виден

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

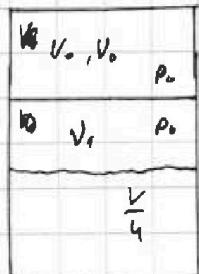
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

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

МФТИ



Черновик
для

$$V_0 = \frac{V}{2}$$

V_1 - нач. во газа

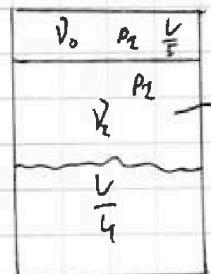
внту при 7.

$$P_0 V_0 = V_0 k T_0$$

V_2 - нач. во газа

внту при 7

$$V_1 = V_2 - \frac{V}{4} = V_2 - \frac{k P_0 V}{4}$$



$$V_1 = V - \frac{V}{4} - \frac{V_0}{5} = \frac{11}{20} V$$

при T газ не

расширения =)

$$\text{B} \quad \frac{P_0 V}{5} = V_0 k T_0$$

$$\frac{11 P_0 V}{20} = V_1 k T$$

V_2 - начало

нач-во в-ва

газа внту

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{11}{4} \Rightarrow P_2 = \frac{11}{4} P_0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 V_0 = V_0 k T_0 \Rightarrow P_0 V = V_0 k T_0 \\ P_0 V_0 (V - \frac{V}{4} - \frac{V_0}{5}) = V_1 k T_0 \end{array} \right.$$

$$T = \frac{57}{4} \Rightarrow$$

$$P_0 k T_0 - \frac{1}{4} P_0 k T_0 + \frac{1}{5} P_0 k T_0 = \frac{11}{4} P_0 k T_0$$

$$\Rightarrow R T_0 = \frac{4}{5} R T \approx 2,4 \cdot 10^3$$

$$R \frac{2}{4} \left(\frac{11}{4} - \frac{1}{5} \right) k T_0 = R T_0$$

$$k \cdot R T = \frac{1}{3 \cdot 10^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \approx 1$$

$$P_0 V = (V_1 - 2 k R T) P_0 V_0$$

$$P = \frac{V_1 - 2 k R T}{V_0}$$

$$V_1 = V_2 - \frac{k \cdot V_0 k T_0}{2} = \left(\frac{11}{4} - \frac{k R T_0}{2} \right) V_0$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{k R T_0}{2}} = \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{k \cdot R \cdot \frac{4}{5}}{2}} \approx \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{4}{90}} = \frac{1}{2,35 - 0,4} = \frac{1}{1,95}$$

$$= \frac{1}{2,35} = \frac{100}{235} = \frac{20}{47}$$