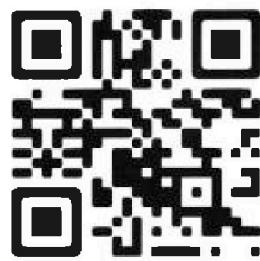


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



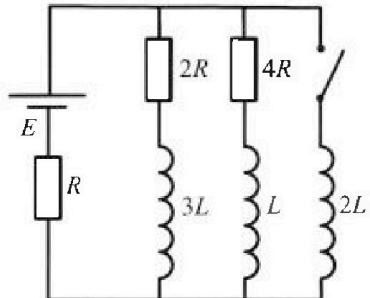
Вариант 11-04

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

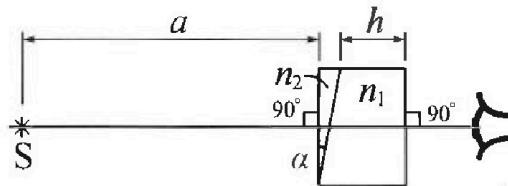
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установлен. Затем ключ замыкают.

- 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.



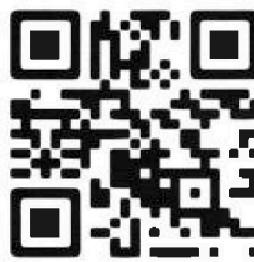
5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, 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.

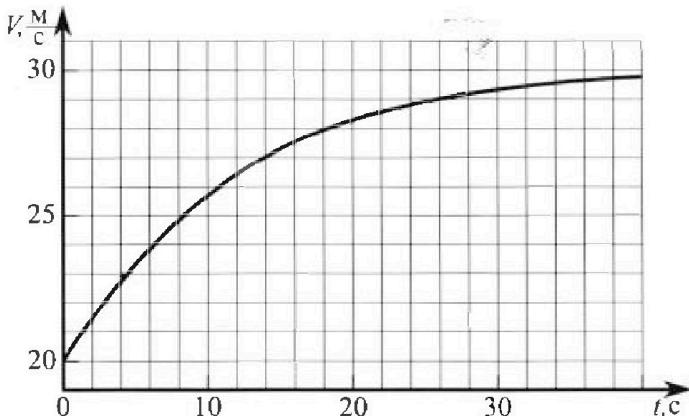
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

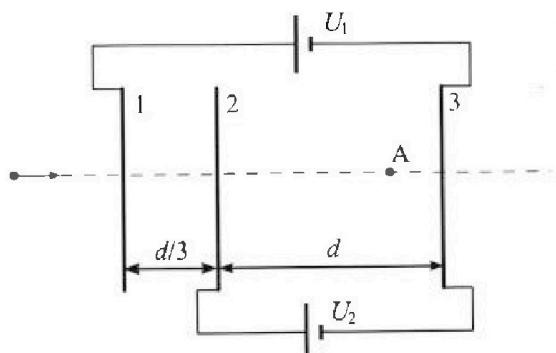
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 $3V/8$. 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k w p$. 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 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 А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

(m)

(*) В приведенном движении бригады:

$F_{\text{сопр.}}$

\vec{a}

$F_{\text{торм}}$



$$\bullet N_{\text{торм}} = \frac{F_{\text{торм}} \cdot dS}{dt} = F_{\text{торм}} V = \text{const.}$$

1) Для момента в начальной
движении бригады:

$$m a_0 = F_{\text{сопр.}} - F_0$$

• Заметим, что в начале разгона, когда
скорость стремится к зерчу, она остается горизонтальной,
значит $a \rightarrow 0$ в этом моменте, начнем 23м
для момента в этом моменте:

$$0 = F_{\text{торм}} - F_0 \rightarrow [F_{\text{торм}} = F_0]$$

$$\bullet \text{При этом } N_{\text{торм}} = F_0 \cdot V^* = \text{const}; V^* = 30 \text{ м/c;}$$

$$[F_{\text{торм}} = \frac{F_0 V^*}{V_0} = \frac{200 \cdot 30}{20} = 300 \text{ Н}]$$

$$\bullet (m a_0 = \frac{\text{const}}{V} - F_0) \quad a = \frac{dV}{dt}$$

$$m \frac{dV}{dt} = \frac{\text{const}}{V} - F_0 \cdot dt$$

$$m dV = \frac{\text{const}}{V} dt - F_0 dt$$



Из графика $a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$, по скольку $a = V'$, то есть
работа $a = \text{коэф. наст. сопротивления}$ начальной мом.

$$F_0 = F_{\text{торм}} - m a_0 = 300 - \frac{3}{4} \cdot 200 = 120 \text{ Н.}$$

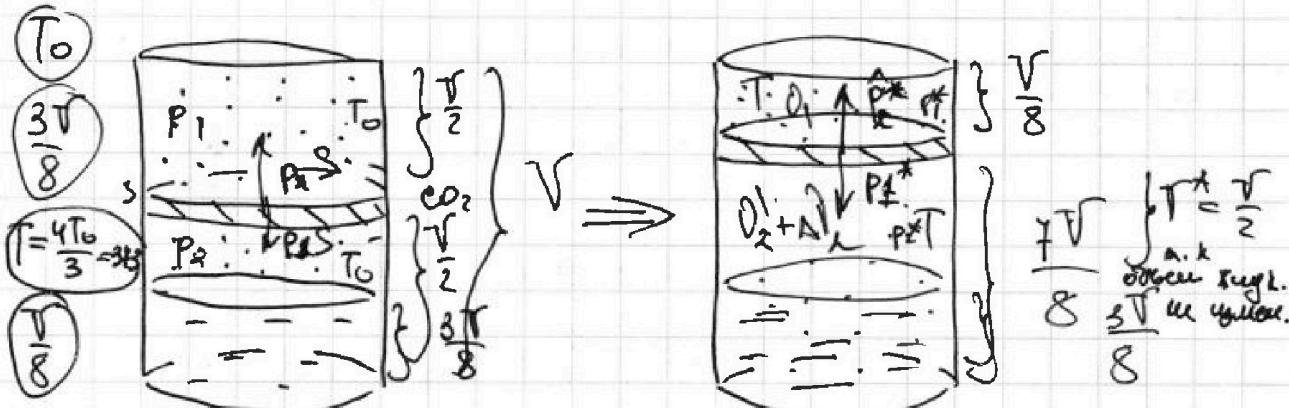
$$\bullet \gamma = \frac{N_{\text{сопр}}}{N_{\text{торм}}} = \frac{120 \cdot 20}{300 \cdot 20} = \frac{4}{10} = 0,4$$

Ответ: 1) $a = 0,75 \text{ м/с}^2$ 2) $F_0 = 120 \text{ Н.}$ 3) 0,4.

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



$$(\Delta V) = k p w$$

$$k \approx 9.6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

- $P_1 \frac{T_0}{2} = V_1 RT_0$ По правилу
Дальтона
- $P_2 \frac{T_0}{8} = V_2^* RT_0$ $P_2^* = P_2 + P_{\text{П.}}$
давление
внешнего
газа в конеч-
ном состоянии

$$\frac{V_2^*}{V_1} = 4$$

- 1) Процесс изотермии, значит равновесный, то есть поршень не имеет ускорения $a_{\text{гор}} = 0$, тогда в любой момент времени $P_1^* = P_2^* S \rightarrow [P_1 = P_2 = P]$.
- барометрический градус: $P_1 = P_2 = P_0$.
- уравнение состояния для газа в верхнем объеме:

$$P_1^* \frac{T}{2} = V_1 RT_0 ; \quad P_2^* \frac{T}{8} = V_2 RT_0 \cdot \frac{4T_0}{8}$$

$$\frac{P_2^*}{P_1^*} = \frac{16}{3} \rightarrow (P_2^* = \frac{16}{3} P_1^*)$$

$$(\Delta V)_2 = k p w \quad k P_2 \cdot \frac{3V}{8} = k \frac{8V_1 RT_0 \cdot 3T_0}{8} = 3kV_1 RT_0$$

Уравнение состояния для дinitисного газа в исходном отсеке:

$$P_2^* \frac{T}{8} = V_2^* RT_0$$

$$P_2^* \cdot \frac{T}{2} = (V_2^* + 3kV_1^*) RT_0 \cdot \frac{4T_0}{8}$$

$$\frac{P_2^*}{P_2} = \frac{(V_2^* + 3kV_1^*) RT_0}{8V_2^* RT_0} = \frac{1 + 3k RT_0}{8}$$

$$(m \text{ грамм}) = 4$$

$$(P_2 = \frac{3P_2^*}{1 + 3k RT_0})$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

(*) При увеличении микротури в сосуде $\rho_0 T -$
бода падает) аспаржася, то что
 $\rho_{\text{II}} = \rho_{\text{I}} \cdot \frac{T}{T_0}$, $T = 373 \text{ K} = 100^\circ\text{C}$, то $\rho_{\text{II}} = \rho_{\text{I}}$

2) Из условия равновесия: $p_1^* = \hat{p}_2$

$$\frac{16}{3} p_1 = p_1 \left(1 + \frac{3 k R T_0}{3} \right) + \text{рамм}$$

$$\frac{p_1}{3} \left(\frac{5}{5} - \frac{3 k R T_0}{3} \right) = \text{рамм}$$

$$p_0 = p_1 = \frac{\text{рамм}}{\frac{5}{5} - \frac{3 k R T_0}{3}} = \frac{\text{рамм}}{5 - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{\text{рамм}}{3,2} = \frac{5}{16} \text{ рамм.}$$

$$\text{Отвем.: } \frac{D_2}{D_1} = 4; \quad p_0 = \frac{5}{16} \text{ рамм.}$$

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

МФТИ

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

(*) Заметим, что аква от первой массы не
имеет эл. поля, значит на частицу не действует
 никаких сил, тогда V_1 - скорость частицы и при
 прохождении второй частицы $V_1 = V_0$.

3) Задача от второго и третьего:

$$k_2 + q \cdot \psi_2 = k_3 + q \cdot \psi_3 \rightarrow k_3 - k_2 = q(\psi_2 - \psi_3)$$

$$[k_3 - k_2 = 11q]$$

4) Отметим, что направление силы $q\psi$ изменяется, тогда на частицу её силу будет ~~всегда~~ изменяться, а значит ~~必将~~ const. (~~всегда~~ ~~одинаков~~).

Второе формула РУК:

$$\bullet 2Q_{2x}^* \psi_x = V_{2x}^2 - V_{1x}^2 :$$

$$[V_{2x}^2 = V_0^2 + 2 \cdot \frac{12Uq}{m\alpha} \cdot \frac{\alpha}{3} = V_0^2 + \frac{8Uq}{m\alpha}]$$

$$\bullet 2Q_{2x}^* S_{2x} = V_x^{*2} - V_{2x}^2 :$$

$$2 \cdot \frac{Uq}{m\alpha} \cdot \frac{3\alpha}{4} = V_x^{*2} - V_{2x}^2 \rightarrow V_x^{*2} = V_0^2 + \frac{8Uq}{m\alpha} + \frac{3}{2} \frac{Uq}{m}$$

$$(V^* = \sqrt{V_0^2 + \frac{19Uq}{2m}})$$

$$\text{Ответ: 1)} Q_2^* = \frac{Uq}{m\alpha}; 2) k_3 - k_2 = 11q; 3) V^* = \sqrt{V_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$

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!

$m; g; \nu_0$

$U_e = U$

$U_1 = 5U$

$\leftarrow q_1$

$r_0 \leftarrow$

$q \leftarrow 5U$

$\leftarrow \frac{d}{3}$

U_1

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_2

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_3

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_4

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_5

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_6

q_1

$\frac{q_1}{2 \cos \alpha}$

q_2

$\frac{q_2}{2 \cos \alpha}$

q_3

$\frac{q_3}{2 \cos \alpha}$

U_7

1) Но 3^{е3}: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$$(*) \quad d \left(\frac{q_3 + q_1 + q_2}{2 \cos \alpha} \right) = U_2 - U_1, \quad \frac{d(q_3 + q_1 + q_2)}{2 \cos \alpha} = U_1 - U_2 = 42U$$

$$(•) q_1 = \frac{12U \cos \alpha}{d}$$

$$2q_1 + 2q_2 = \frac{24U \cos \alpha}{d}$$

$$[•] q_2 = -\frac{12U \cos \alpha}{d}$$

$$• q_3 = -\frac{U \cos \alpha}{d}$$

$$\begin{cases} q_1 - q_2 - q_3 = \frac{24U \cos \alpha}{d} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{24U \cos \alpha}{d} \end{cases}$$

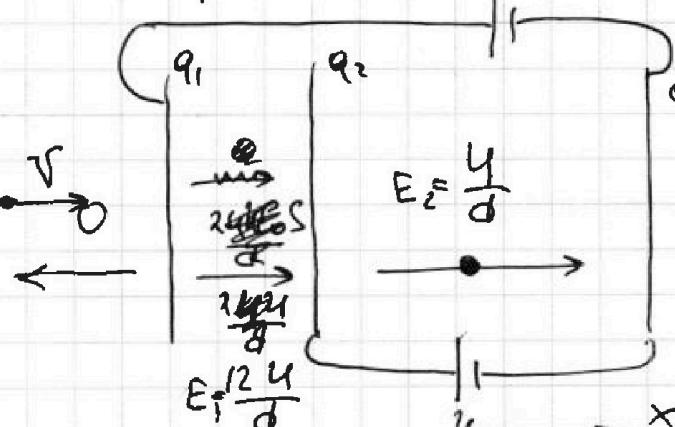
2) Рассмотрим движение, когда гибкая струна находится вдоль 2 и 3 сечений:

$$m \ddot{x}_2 = F_{2N_2} = E_2 q$$

$$\rightarrow a^*$$

$$23M: m a^* = F_{2N_2}$$

$$[a_2^* = \frac{E_2 q}{m} = \frac{U q}{md}]$$



(*) Рассмотрим движение, когда гибкая струна находится вдоль сечений 1 и 3:

$$[a_1^* = \frac{F_3}{m} = \frac{E_1 q}{m} = \frac{12U q}{md}]$$

$$F_{3N_1} = E_1 q$$

$$m a_1^* = F_{3N_1}$$



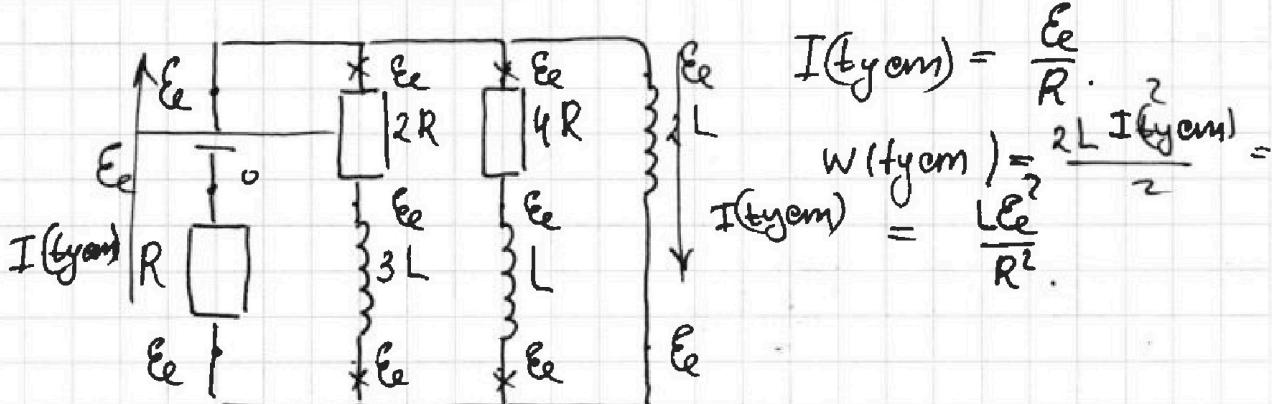
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

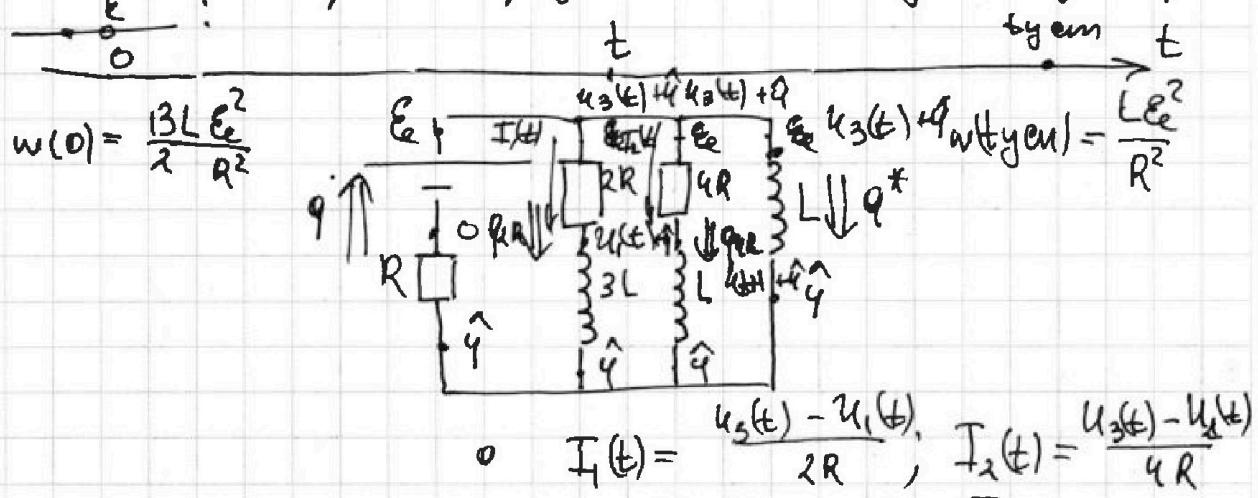
МФТИ

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



3) Рассмотрим процесс от $t=0$ до $t=t_{by em}$ при

$\frac{d}{dt} =$:



(*) ~~3~~: $4R \cdot I_2(t) = \frac{2L \cdot dI_3}{dt} - \frac{L \cdot dI_2}{dt} \cdot dt$

(*) $4R \cdot I_2(t) dt = 2L dI_3 - L dI_2$

Про суммируем от $t=0$ до $t=t_{by em}$: $\left(q_2 = \frac{15L E_e}{4R^2} \right)$

$$4R \sum dI_2 = 2L \sum dI_3 - L \sum dI_2 \rightarrow q_2 = \frac{15L E_e}{4R^2}$$

$4R \cdot q_2 = 2L \left(\frac{E_e}{R} - 0 \right) - L \left(0 - \frac{E_e}{4R} \right)$

Очевидно: 1) $I_{20} = \frac{E_e}{4R}$ 2) $I_3(0) = \frac{2E_e}{7L}$ 3) $q_2 = \frac{15L E_e}{4R^2}$

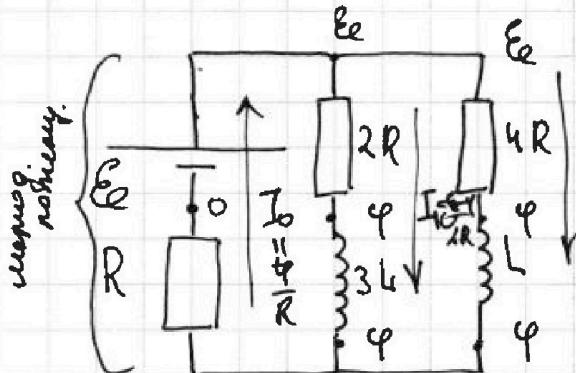


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

→ 0) Рассмотрим цепь 6 уст. состояния при
→ Контактные настройки: $U_L = 0$; $U_{3L} = 0$



$$\bullet \quad I_{10} + I_{20} = I_0$$

$$I_{20} = \frac{E_e - U}{4R}$$

$$\frac{E_e - U}{4R} + \frac{E_e - U}{2R} = \frac{U}{R} \cdot 4$$

$$E_e - U + 2E_e - 2U = 4U$$

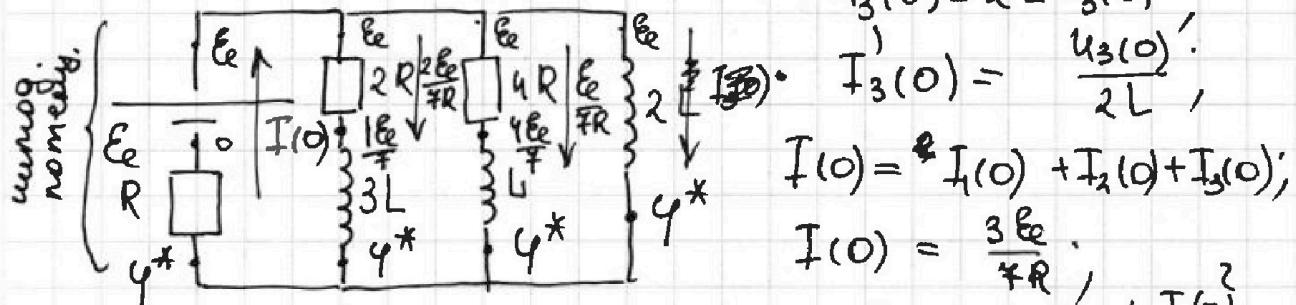
$$\bullet \quad I_{20} = \frac{E_e - \frac{3E_e}{4}}{4R} = \frac{E_e}{4R}$$

$$\bullet \quad I_{10} = \frac{E_e - \frac{3E_e}{4}}{2R} = \frac{2E_e}{4R}$$

1) Рассмотрим цепь сразу после $\rightarrow X$:

~~Контактные~~ ~~и то же время~~ ~~настройки~~ ~~и то же время~~ ~~не изменятся~~
 $I_1(0) = I_{10} = \frac{2E_e}{4R}$; $I_2(0) = I_{20} = \frac{E_e}{4R}$; $I_3(0) = 0$.

$$\bullet \quad U_3(0) = 2L I_3(0)$$



$$\bullet \quad I_3(0) = \frac{U_3(0)}{2L}$$

$$I(0) = I_1(0) + I_2(0) + I_3(0);$$

$$I(0) = \frac{3E_e}{4R};$$

$$\bullet \quad \frac{U^* - 0}{R} = \frac{3E_e}{4R} \rightarrow U^* = \frac{3E_e}{4}; \bullet \quad (W(0)) = \frac{3L I_1(0)}{2} +$$

$$\text{Итак } U_3(0) = E_e - \frac{3E_e}{4} = \frac{4E_e}{4} + \frac{L I_1(0)}{2} + 0$$

$$[I_3(0)] = \frac{U_3(0)}{2L} = \frac{2E_e}{4L}$$

$$= \frac{13E_e^2}{2R^2}.$$

2) Рассмотрим цепь 6 уст. состояния при
→ Контактные настройки?

$$U_1(\text{тысм}) = 0; U_2(\text{тысм}) = 0; U_3(\text{тысм}) = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

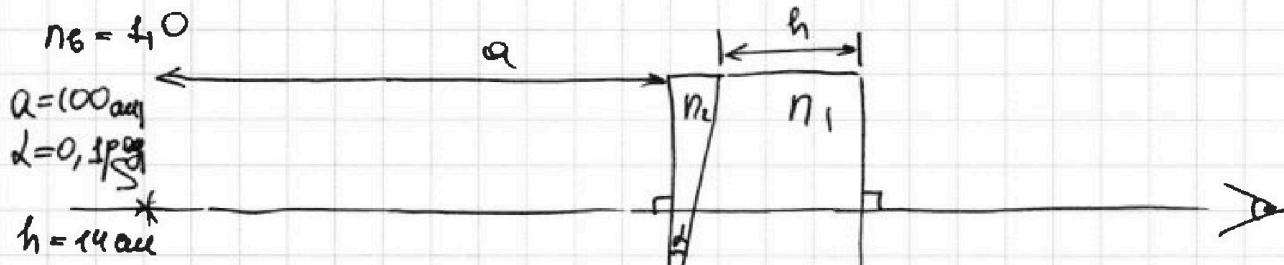
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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



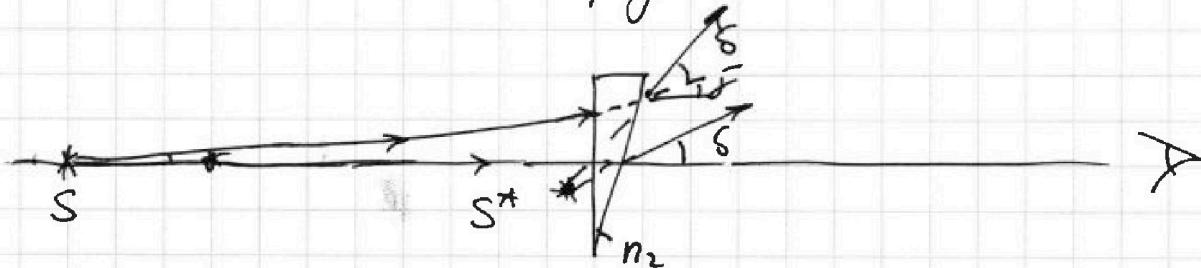
(*) Если $n_2 < n_1$, то изображение получится в отрицательном масштабе: $\sin \alpha \cdot n_2 = n_1 \sin \beta$
т.к. угловое расстояние $d n_2 = n_1 \beta$.

(*) $\alpha = \beta - d$

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

$\beta = \arcsin \left(\frac{d n_2}{n_1} \right)$

$\beta = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ rad}$



Ответ: 1) $\beta = 0,07 \text{ rad}$.



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!