



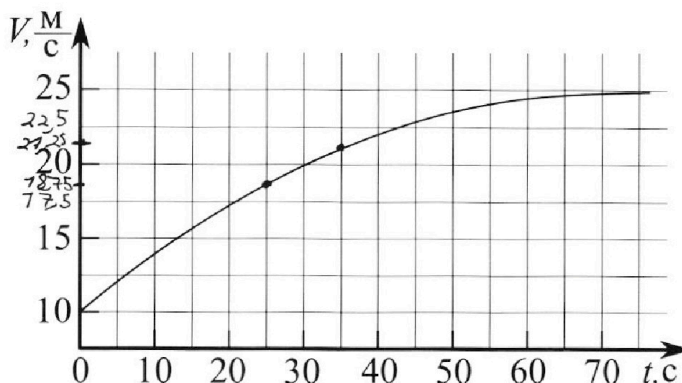
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $v_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости v_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости v_1 ?

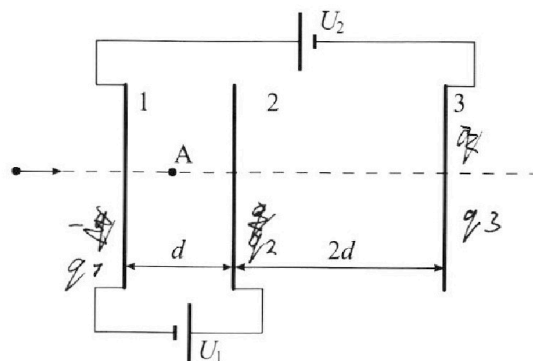
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели 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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. 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 $RT \approx 3 \cdot 10^3$ 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 $2d$ (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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

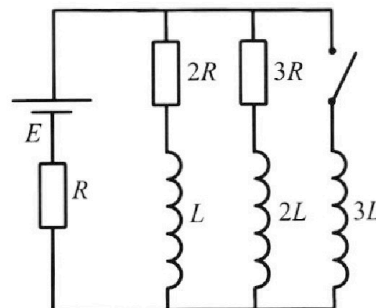
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 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 $n_v = 1,0$. 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.

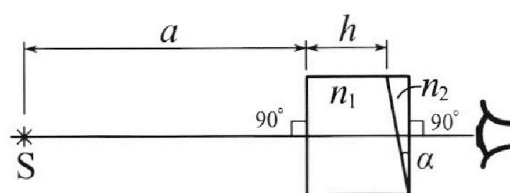


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, 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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!

$$= 1800 \cdot \frac{1}{4} + 20 \cdot 20 = 450 + 400 = \underline{850 \text{ Н}}$$

4) По определению мощности силы $P_{\text{т}} = F(t) \cdot v(t) =$

\Rightarrow мощность, передаваемая от двигателя на ведущие

колеса: $P_1 = F_1 \cdot v_1 = 850 \cdot 20 = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$

Ответ: 1) $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$; 2) $F_1 = 850 \text{ Н}$; 3) $P_1 = 17 \text{ кВт}$

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)

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_c = 2v$$

$$\text{где } d = \text{const}$$

1) $v_1 = 20 \text{ м/с}$

$a_1 = ?$

2) $F_1 = ?$

3) $P_1 = ?$

1) В конце разгона автомобиль начинает двигаться с постоянной скоростью $v_k = 25 \text{ м/с} \Rightarrow$
 $\Rightarrow a_k = 0 \text{ м/с}^2$ - конечная ускорение автомобиля \Rightarrow но 23 м для авто в конце разгона:

$$m a_k = F_k - F_{ck}, \quad F_{ck} - \text{качели. сила сопротивления.}$$

$$0 = F_k - d v_k \Rightarrow d v_k = F_k \Rightarrow d = \frac{F_k}{v_k}$$

$$\Rightarrow d = \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

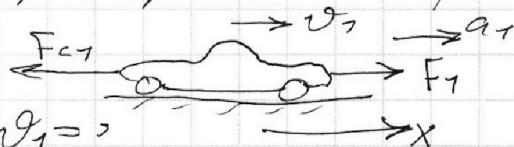
2) Рассмотрим окрестность графика в точке со скоростью $v_1 = 20 \text{ м/с}$: возьмем интервал 25с-35с.

В этой окрестности приращение скорости $\Delta v_1 \approx 2,5 \text{ м/с}$
 $\Delta t_1 = 35 \text{ с} - 25 \text{ с} = 10 \text{ с}$ - время, за которое происходит это приращение скорости

$$\text{По определению } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \left(a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{2,5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2 \right)$$

3) По 23 м для авто в малом времени $t = 30 \text{ с}$, когда его скорость равна $v_1 = 20 \text{ м/с}$

ось x:



$$m a_1 = F_1 - F_{c1} = F_1 - d v_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + d v_1 \Rightarrow 1800 \cdot 0,25 + 20 \cdot$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + \frac{F_k}{v_k} v_1 = m a_1 \cdot 1800 \cdot 0,25 + \frac{500}{25} \cdot 20 =$$

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

V

$$\mu_y = 48 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

V/4, T₀

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

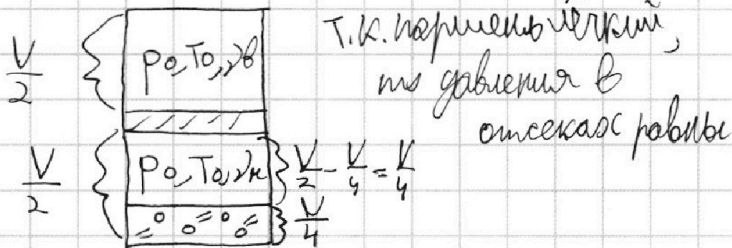
$$\Delta p \Delta V = k p V$$

$$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \text{ моль/(м}^3 \text{Па)}$$

1) $\frac{\Delta V}{V_k} - ?$

2) $p_0 - ?$

1) До нагревания:



По ур-ию Менделеева - Клапейрона
для газа в кван. сост.

верхний газ: $p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_b R T_0$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_k R T_0 \Rightarrow \frac{\nu_b}{\nu_k} = 2$$

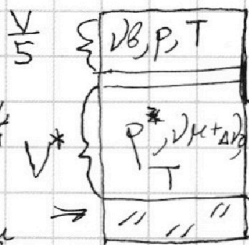
$$2 = \frac{\nu_b}{\nu_k} \Rightarrow \frac{\nu_b}{\nu_k} = 2 \Rightarrow \nu_k = \frac{\nu_b}{2}$$

$\Delta V_0 = k p_0 \frac{V}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V$, где ΔV_0 - количество растворенного уш. газа в воде в квант

2) После нагревания:

в газобор. \rightarrow составили $\left\{ \begin{array}{l} \text{количество уш. газа в верхн. сосуде: } \nu_b^* = \nu_b \\ \text{количество уш. газа в нижн. сосуде: } \nu_k^* = \nu_k + \Delta \nu_0 \end{array} \right.$
Т.к. при конеч. температуре T уш. газ практически не раствор. в воде

$$\nu^* = \nu_b - \frac{\nu_k}{5} = \frac{\nu}{5}$$



по ур-ию Менделеева-Клапейрона:
для верх. газа: $p \cdot \frac{1}{5} V = \nu_b R T$

для нижн. уш. газа: $p \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_k + \Delta \nu_0) R T$

$$p \cdot \frac{1}{5} V = \frac{1}{5} p \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_k + \Delta \nu_0) R T$$

Т.к. газ в воде при T не растворяется,

то давление насыщенного пара уш. газа при T равно давлению пара $p \Rightarrow p = p_k$

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"/>	<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!

$$T.K. T = 373K, m \rho = \rho_{\mu} = \rho_{ATM}$$

$$\nu_{BRT} = \frac{1}{5} pV$$

$$\frac{11}{20} pV = \Delta \nu_{ORT} + \nu_{ART} = \Delta \nu_{ORT} + \frac{1}{2} \nu_{BRT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{11}{20} pV = \Delta \nu_{ORT} + \frac{1}{10} pV \Rightarrow \Delta \nu_{ORT} = \frac{9}{20} pV$$

$$\Delta \nu_0 = k p_0 V \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} k p_0 V \cdot RT = \frac{9}{20} pV = \frac{9}{20} V \cdot p_{ATM} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} k p_0 RT = \frac{9}{20} p_{ATM} \Rightarrow p_0 = \frac{9 p_{ATM}}{5 k RT}$$

$$p_0 = \frac{9}{5} p_{ATM} / \left(\frac{1}{4} \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^3 \right) = \frac{9}{5} p_{ATM}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\nu_B}{\nu_{\mu}} = 2; 2) p_0 = \frac{9}{5} p_{ATM}$$

$$T.K. T = 373K, m \rho = \rho_{\mu} = \rho_{ATM}$$

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!

4) ЗС9 для частицы, на от момента движения на
большом удалении от системы до момента траектория в
точке А:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + 4\left(\frac{1}{3}d\right) \cdot q$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{8u}{3}q \Rightarrow v_0^2 = v_A^2 + \frac{16uq}{3m} =$$

$$\Rightarrow v_A^2 = v_0^2 - \frac{16uq}{3m} \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{16uq}{3m}}$$

Ответы: 1) $a_{12} = \frac{uq}{md}$; 2) $K_1 - K_2 = uq$; 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{16uq}{3m}}$

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

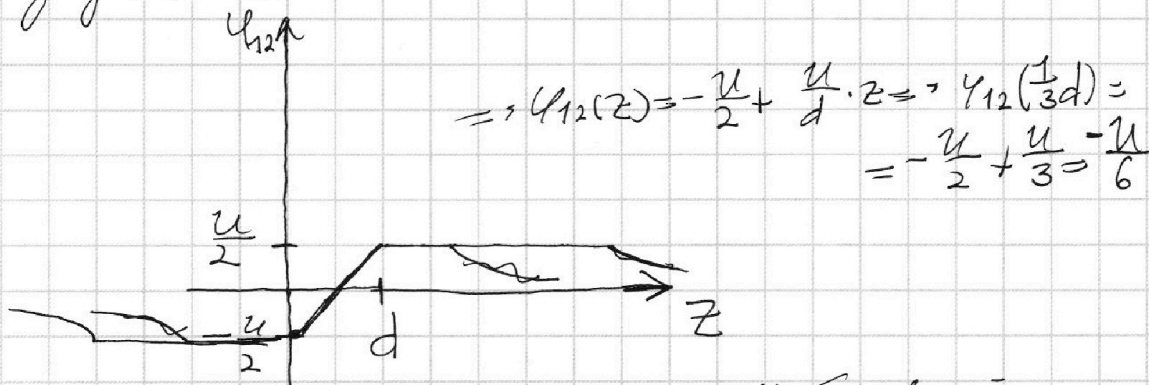
МФТИ

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

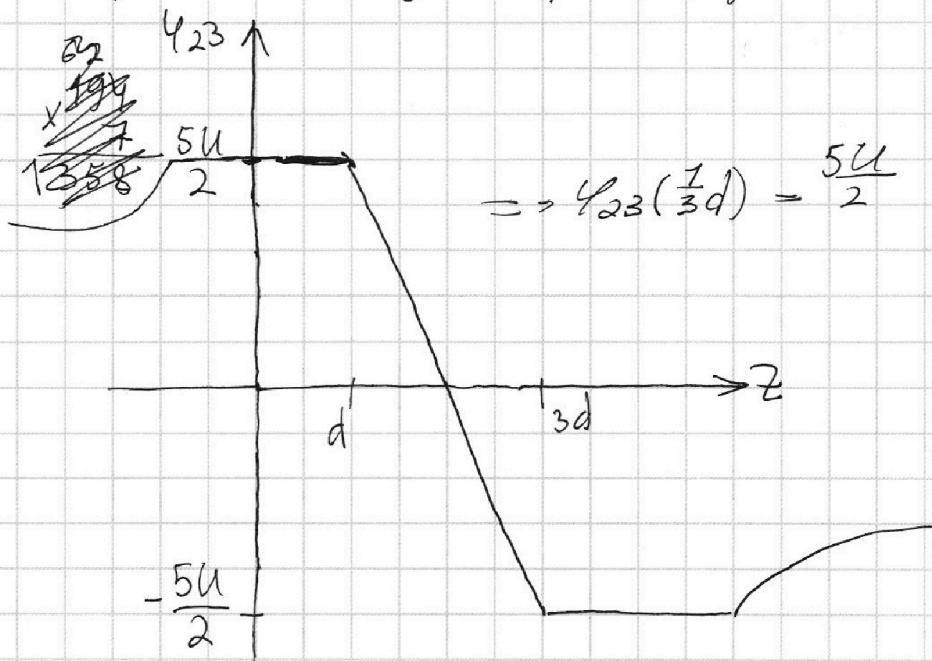


3) Рассмотрим конденсатор, образованный сетками 1 и 2. и

найдем зависимость потенциала от расстояния z (начало координат на пластине 1) если бы этот конденсатор был уединен от всех объектов:



Теперь рассмотрим конденсатор, образованный сетками 2 и 3



Результирующей потенциал в точке, как А, равен

$$\varphi\left(\frac{1}{3}d\right) = \varphi_{12}\left(\frac{1}{3}d\right) + \varphi_{23}\left(\frac{1}{3}d\right) = -\frac{U}{6} + \frac{5U}{2} = -\frac{U}{6} + \frac{15U}{6} = \frac{14U}{6} = \frac{7U}{3}$$

4) 3(3)

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!

3

$U_1 = (U), (m)$

$U_2 = 4U$

2d

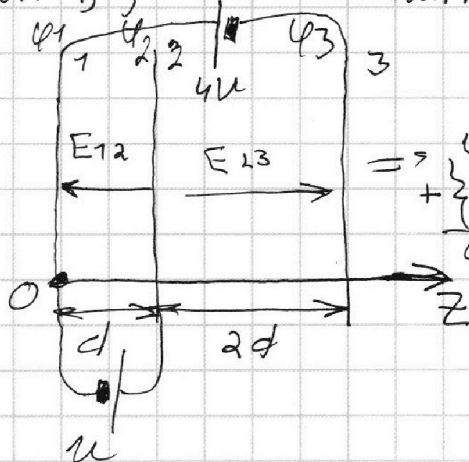
$(q_0), (q) > 0$

1) $a_{12} = ?$

2) $K_1 - K_2 = ?$

3) $v_A = ?$

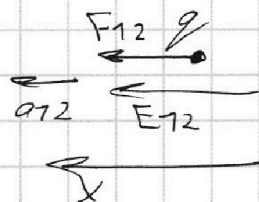
1) Обозначим через $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ потенциалы сеток 1, 2, 3 соответственно



$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 4U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \\ \varphi_2 - \varphi_3 = 5U \end{cases}$$

Т.к. $\varphi_2 - \varphi_1 = U$, то поле между сетками 1 и 2

$$E_{12}: E_{12} \cdot d = U \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}$$



но 23к для заряда во время ее нахождения в поле между сетками 1 и 2:

$$\frac{1}{2u} + \frac{2}{u} = \frac{5}{2u}$$

$$m a_{12} = F_{12}, \text{ где } F_{12} = E_{12} \cdot q = \frac{Uq}{d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot a_{12} = \frac{Uq}{d} \Rightarrow a_{12} = \frac{Uq}{md}$$

2) Рассмотрим конденсатор

потенциал в том месте, где частица находится в начале равен нулю

2) ЗСЭ для заряда из начальной, когда она

прелетела 1 сетку до начала, когда она прелетела 2 сетку:

$$K_1 + \varphi_1 \cdot q = K_2 + \varphi_2 \cdot q \Rightarrow K_1 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_1)q = Uq$$

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!



$$\left. \begin{aligned} U_{L4}(t) &= E - 2I_{2R} \cdot R - \varphi(t) = L \dot{I}_{L4} \\ U_{3L}(t) &= E - \varphi(t) = 3L \dot{I}_{3L} \\ U_{2L}(t) &= E - 3I_{3R}R - \varphi(t) = 2L \dot{I}_{2L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

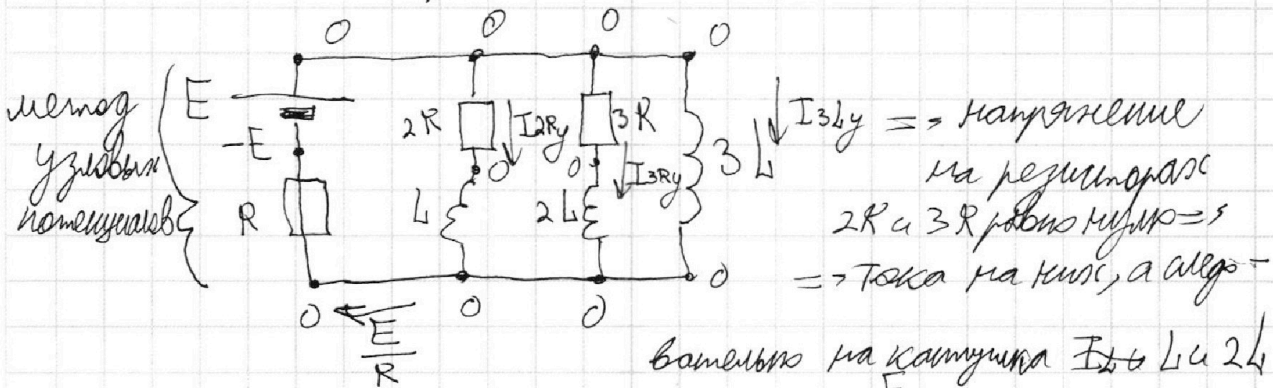
$$\Rightarrow E - 2I_{2R}R + 3L \dot{I}_{3L} = L \dot{I}_{L4} \Rightarrow 2I_{2R}R = 3L \dot{I}_{3L} - L \dot{I}_{L4}$$

$$I_{2R} = \frac{1}{2R} \left(\frac{L}{2R} (3\dot{I}_{3L} - \dot{I}_{L4}) \right)$$

$$I_{2R} = \frac{d q_{2R}}{dt}, \quad I_{3L} = \frac{d I_{3L}}{dt}, \quad I_{L4} = \frac{d I_{L4}}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d q_{2R}}{dt} = \frac{L}{2R} \left(3 \frac{d I_{3L}}{dt} - \frac{d I_{L4}}{dt} \right) \Rightarrow d q_{2R} = \frac{L}{2R} (3 d I_{3L} - d I_{L4})$$

4) Рассмотрим цепь в установившемся состоянии при замкнутом ключе K; напряжение на катушке равно нулю.



$$\int_0^{q_{2R}} d q_{2R} = \frac{L}{2R} \left(3 \int_0^{I_{3L}} d I_{3L} - \int_0^{I_{L4}} d I_{L4} \right) \Rightarrow q_{2R} = \frac{L}{2R} \left(3 \left(\frac{E}{R} - 0 \right) - \left(0 - \frac{3E}{11R} \right) \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_{2R} = \frac{L}{2R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \left(\frac{33E}{11R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \cdot \frac{36E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_{2R} = \frac{18LE}{11R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$; 2) $I_{3L0} = \frac{2E}{11L}$; 3) $q_{2R} = \frac{18LE}{11R^2}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

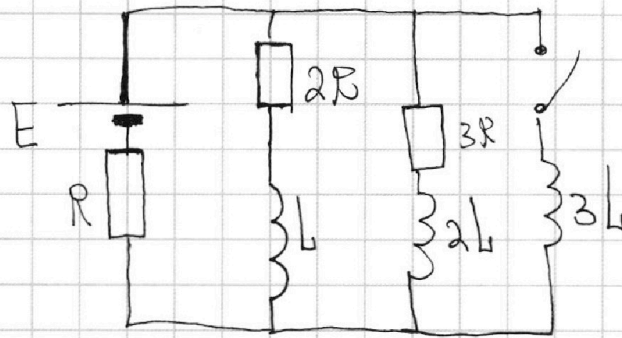
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



4
E
R, L

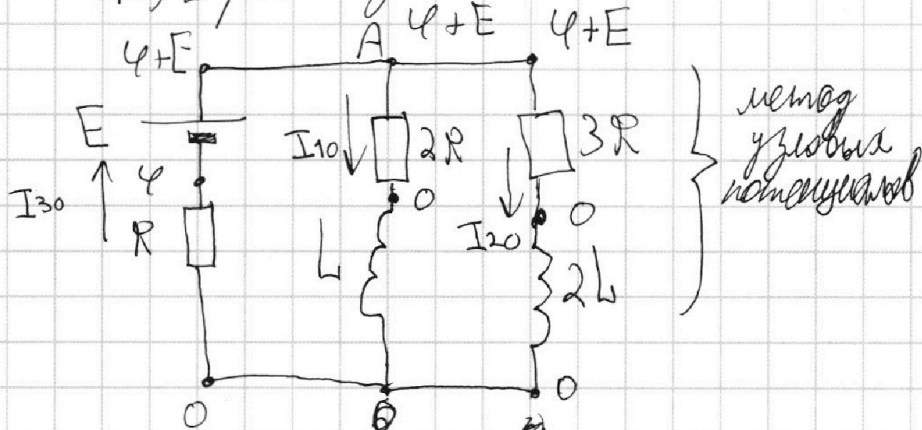


1) $I_{10} = ?$

2) $I_{3L_0} = ?$

3) $q_{2R} = ?$

1) Рассмотрим узлы при разомкнутом ключе, но узел находится в установившемся состоянии: напряжения на катушках $2L, L$ равны нулю:



метод узловых потенциалов

$$I_{10} = \frac{\varphi + E - 0}{2R} = \frac{\varphi + E}{2R}$$

$$I_{30} = \frac{0 - \varphi}{R} = -\frac{\varphi}{R}$$

$$I_{20} = \frac{\varphi + E - 0}{3R} = \frac{\varphi + E}{3R}$$

по 3e3 для узла A: $I_{30} = I_{10} + I_{20} = ?$

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

$$-\frac{6\varphi}{6R} - \frac{3\varphi}{6R} - \frac{2\varphi}{6R} = \frac{3E}{6R} + \frac{2E}{6R}$$

$$-\frac{11\varphi}{6R} = \frac{5E}{6R} \Rightarrow \varphi = -\frac{5E}{11}$$

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!



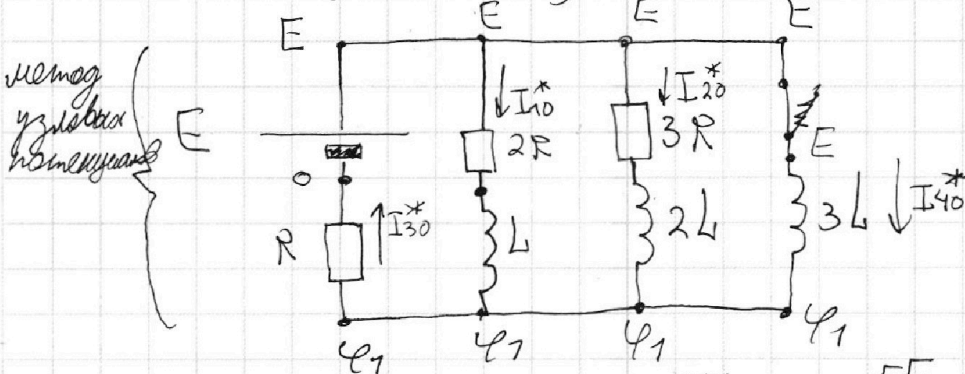
$$I_{10} = \frac{1}{2R} \left(-\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{2R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{3E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{20} = \frac{1}{3R} (E + E) = \frac{1}{3R} \left(-\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{3R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{2E}{11R}$$

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа:

Ток через катушку с коротким замыканием не увеличивается \Rightarrow

$$\Rightarrow I_{10}^* = I_{10}, I_{20}^* = I_{20}, I_{40}^* = 0, I_{30}^* = I_{10}^* + I_{20}^* = I_{10} + I_{20} = \frac{5E}{11R}$$

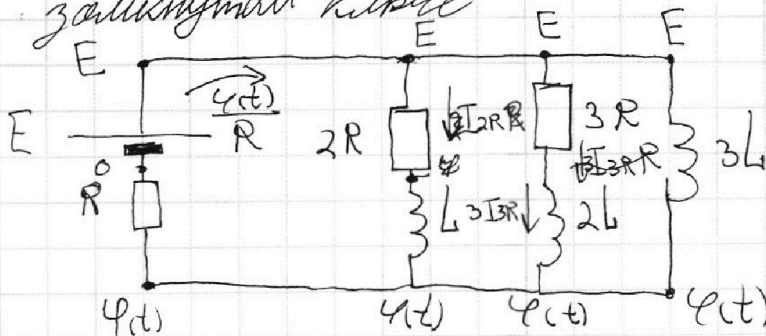


$$\Rightarrow \varphi_1 = I_{30}^* R = \frac{5E}{11R} \cdot R = \frac{5E}{11} \Rightarrow U_{3L}^* = E - \varphi_1, \text{ где}$$

U_{3L}^* — напряжение на катушке $3L$ сразу после замыкания ключа $\Rightarrow U_{3L}^* = E - \frac{5E}{11} = \frac{6E}{11}$

$$U_{3L}^* = 3L \cdot I_{3L0}^* \Rightarrow I_{3L0}^* = \frac{U_{3L}^*}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$$

3) Рассмотрим цепь в произвольный момент времени при замкнутом ключе



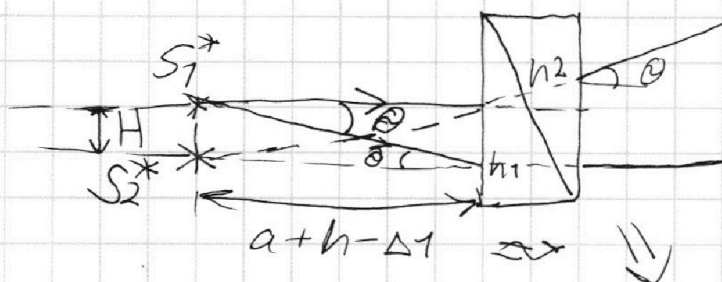
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



S_2^* - изображение источника, которое увидит наблюдатель. Оно будет находиться на высоте

$$H = (a+h-\Delta_1) \operatorname{tg} \theta \approx (a+h-\Delta_1) \theta \quad \leftarrow \text{т.к. } \theta \text{ малый}$$

пог. прямой $AB \Rightarrow H = (194 + (a+h - \frac{1}{3}h)) \cdot 0,1(n_2 - n_1) =$
 $= (194 + \frac{2}{3}h) \cdot 0,1(n_2 - n_1)$

$$H = (194 + \frac{2}{3} \cdot 9) \cdot 0,1(1,7 - 1,5) = (194 + 6) \cdot 0,1 \cdot 0,2 =$$

$$= 200 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 20 \cdot 0,2 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см}$$

$H =$ изображение находится от источника на расстоянии r см в по Тн. Пифагора:

$$r^2 = \Delta_1^2 + H^2 \Rightarrow r = \sqrt{\Delta_1^2 + H^2} = \sqrt{(\frac{1}{3}h)^2 + H^2} =$$

$$= \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) $\delta = 0,07 \text{ рад}$; 2) $\Delta = 14,21 \text{ см}$; 3) $r = 5 \text{ см}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

2) $n_1 = 1,5; n_2 = 1,7$

Смежные расстояния между источником и изображением в плоско-параллельной пластине

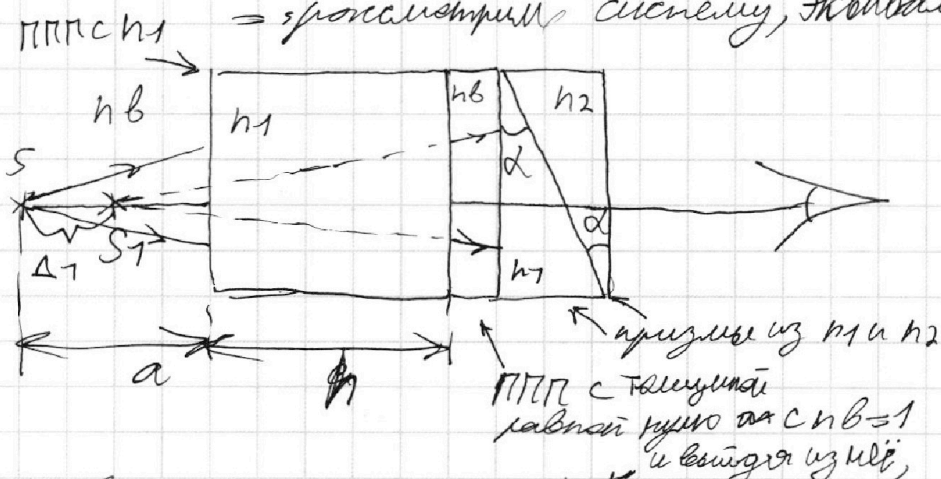
* Формулой n равно $\Delta = h(1 - \frac{1}{n})$, где n - показатель преломления, h - толщина пластины,

* $\Delta = d(1 - \frac{1}{n})$, где d - толщ. пластины,

n -й показатель преломления \Rightarrow при $d \rightarrow 0, \Delta \rightarrow 0$
 \Rightarrow вставка в систему пластин любого n не внесет изменений конечной величины

* не внесет изменений в систему \Rightarrow

\Rightarrow рассмотрим систему, эквивалентную данной:



луч $S \rightarrow$ понав в ППП из n_1 появится изображение, находящееся на $\Delta_1 = h(1 - \frac{1}{n_1}) = h(1 - \frac{2}{3}) = \frac{1}{3}h$ от источника

далее луч, понав в призму n_1 отклонится вниз на угол $\varphi = \alpha(n_1 - 1)$, и понав в призму n_2 отклонится вверх на угол $\delta = \alpha(n_2 - 1) \Rightarrow$ в итоге луч суммарно отклонится вверх на угол $\theta = \delta - \varphi = \alpha(n_2 - 1 - n_1 + 1) = \alpha(n_2 - n_1)$

Рассмотрим два луча, идущие от S_1 на систему двух призм:

- 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!



5

n_1, n_2

$n_b = 1$

$a = 194 \text{ см}$

$\alpha = 0,1 \text{ рад}$

$h = 9 \text{ см}$

1) $n_1 = n_b = 1$

$n_2 = 1,7$

2) $n_1 = n_b = 1$

$n_2 = 1,7$

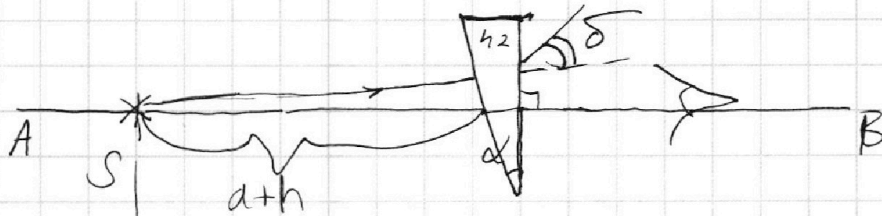
$\Delta = ?$

3) $n_1 = 1,5$

$n_2 = 1,7$

$\Delta = ?$

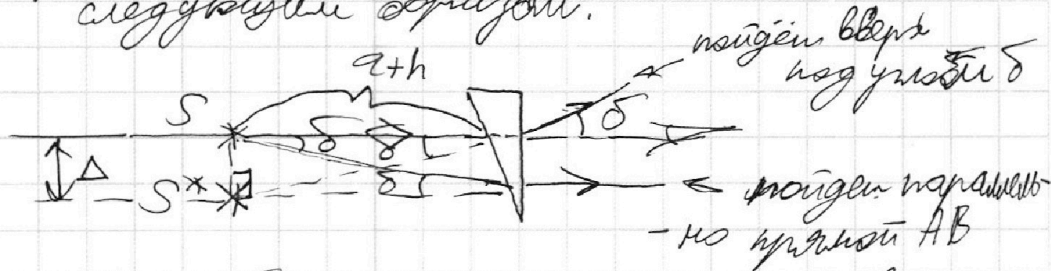
1) $n_1 = n_b = 1, n_2 = 1,7$



Т.к. призма тонкая, то угол отклонения задается следующим образом:

$$\delta = \alpha(n_2 - 1) = 0,1 \cdot (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

Рассмотрим лучи, идущие от источника на призму: первый - идущий вдоль прямой АВ (отмечена на рисунке), второй, идущий вблизи угла δ к прямой АВ; эти лучи при прохождении призмы отклоняются на угол δ следующим образом:



S^* - изображение источника, которое видит наблюдатель.

из рисунка видно, что $\Delta = a \cdot \text{tg } \delta$; т.к. δ малый угол,

то $\text{tg } \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx a \delta = 194 \cdot 0,07 = 13,58 \text{ см}$

2) $n_1 = 1,5; n_2 = 1,7$

$\Delta = (a+h) \text{tg } \delta$, т.к. δ малый, то $\text{tg } \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx (a+h) \delta =$

$\Delta = (194 + 9) \cdot 0,07 = 14,21 \text{ см}$



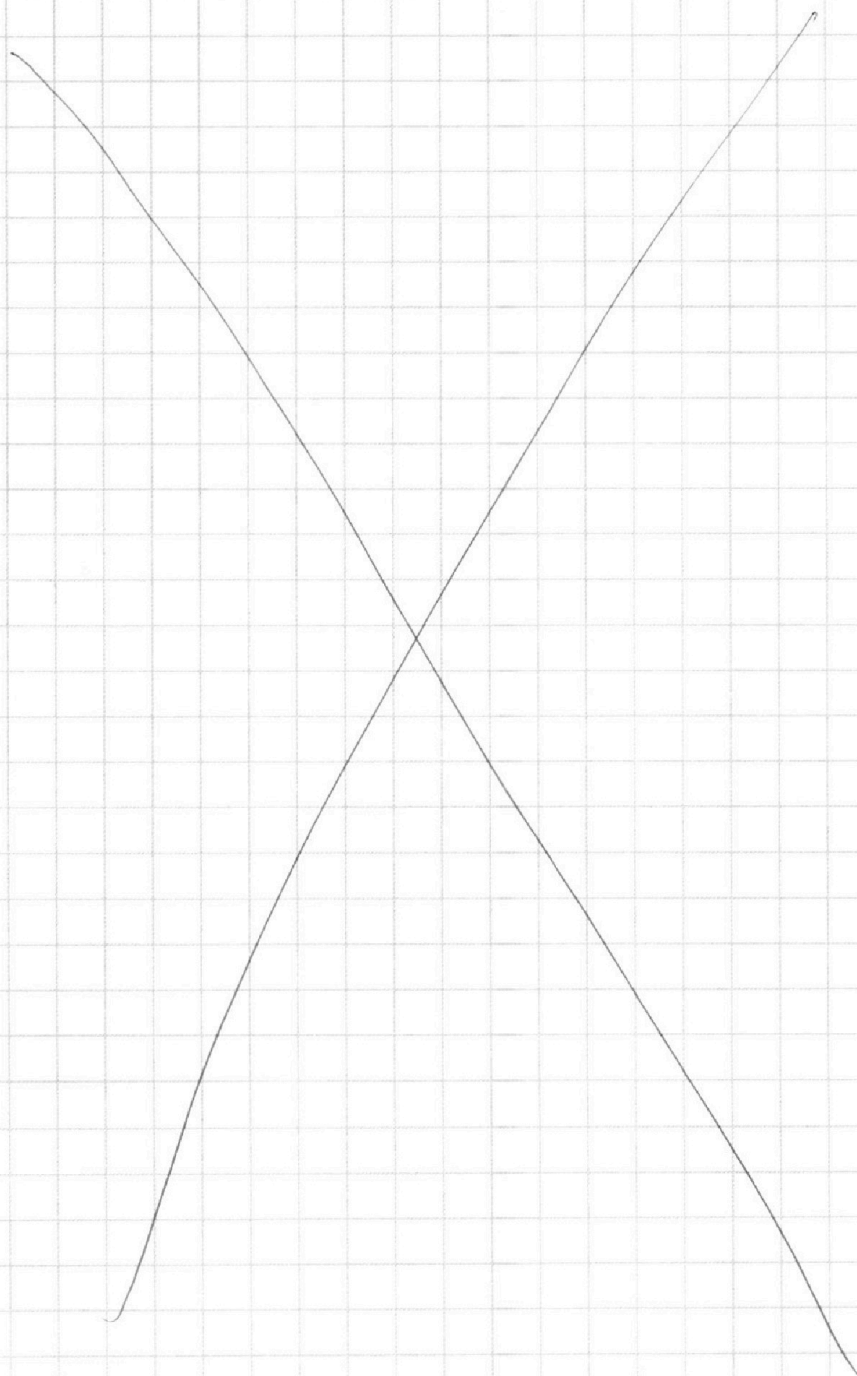
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



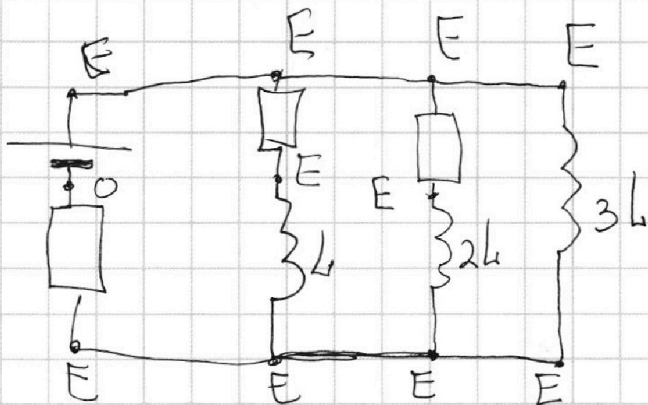
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

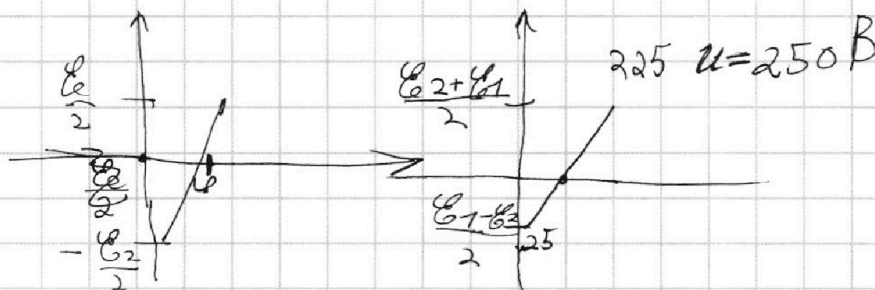
- 1 2 3 4 5 6 7



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



$$I_{Kp0V} = \frac{9}{4} \sqrt{6} =$$



$$U^* = U - \frac{1}{5} \frac{1}{4} = \frac{3}{4} - \frac{1}{5} = \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{1}{5} pV = \sqrt{6} R \cdot \frac{5T_0}{4} = \frac{5}{4} \sqrt{6} R T_0 = \frac{5}{4} \cdot \frac{p_0 V}{2} = \frac{5}{8} p_0 V$$

$$p = \frac{25}{8} p_0$$

$$p \frac{11V}{20} = (\sqrt{6} + \Delta \sqrt{6}) R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

$$\frac{1}{5} pV$$

$$\frac{25}{8} p_0 \frac{11}{20} V = \frac{1}{2} \sqrt{6} R T + \Delta \sqrt{6} R T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V = \frac{1}{2} \sqrt{6} R T + \Delta \sqrt{6} R T$$

$$\frac{11}{20} pV = \frac{1}{5} pV = \frac{11}{4} = \frac{11}{4} \sqrt{6} R T$$

$$\frac{11}{4} \sqrt{6} R T = \frac{2}{4} \sqrt{6} R T + \Delta \sqrt{6} R T$$

$$\frac{9}{4} \sqrt{6} R T = \Delta \sqrt{6} R T \Rightarrow \Delta \sqrt{6} = \frac{9}{4} \sqrt{6}$$

$$\frac{1}{4} K p_0 V = \frac{9}{4} \sqrt{6} \Rightarrow K p_0 V = 9 \sqrt{6}$$

$$\frac{1}{2} p_0 V = \frac{1}{9} K p_0 V R T$$

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

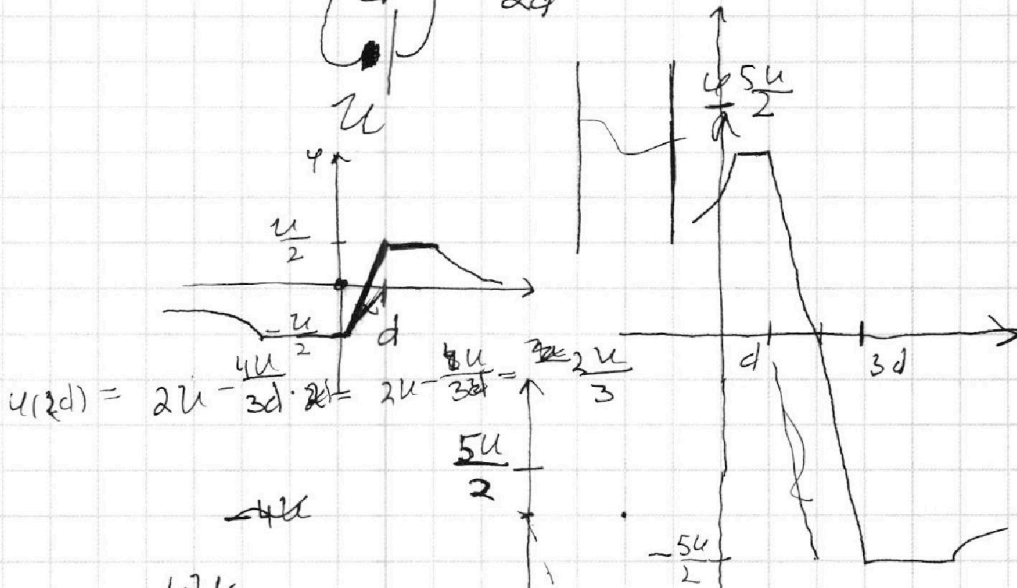
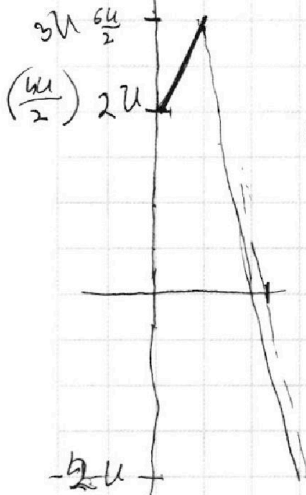
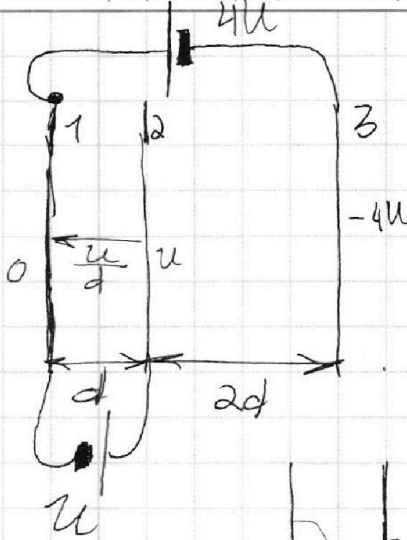
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\begin{array}{r} 21,25 \\ -18,75 \\ \hline 2,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1800/4 \\ 16 \\ -20 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 850 \\ 20 \\ \hline 17000 \end{array}$$



$$U(2d) = 2U - \frac{4U}{3d} \cdot 2d = 2U - \frac{8U}{3} = \frac{2U}{3}$$

$$4U - \frac{4U}{3d} d^2$$

$$2U = \frac{4U}{3} = \frac{2U}{3} - \frac{u}{2} + d \quad 3d \quad -\frac{u}{2} + \frac{u}{3} = \frac{u}{6}$$

$$\frac{2U}{3} + \frac{u}{2} = \frac{4U}{6} + \frac{3U}{6} = \frac{7U}{6}$$

$$2U - \frac{4U}{3d} \cdot \frac{d}{3} = \frac{18U}{9} - \frac{4U}{9} = \frac{14U}{9}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 203 \\ \hline 1427 \end{array} \quad \delta - \alpha =$$

$$\sqrt{p} = \sqrt{7} \cdot k_2 \sqrt{RT_0} = \frac{9}{4} \sqrt{p}$$

$$k_{p0V} = \frac{9}{4} \sqrt{p}$$

$$\frac{1}{5} pV = \sqrt{p} RT = \alpha (n_2 - 1 - n_1 + 1) = \alpha (n_2)$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_{k1} + p_{k2}) RT$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_{k1} + p_{k2}) RT \quad \frac{11}{20} pV = \frac{11}{4} \cdot \frac{1}{5} pV = \frac{11}{4} \sqrt{p} RT$$

$$\Delta V_0 = \frac{9}{4} \sqrt{p}$$

$$\frac{9}{4} \sqrt{p} RT = \Delta V_0 RT$$