



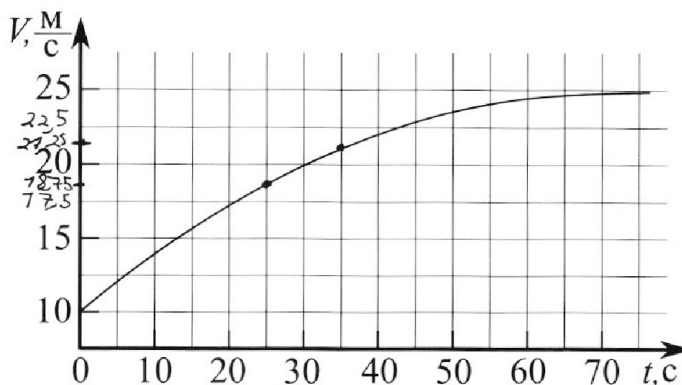
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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 численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

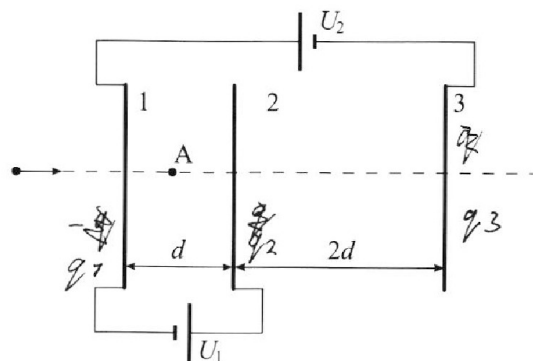
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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.

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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

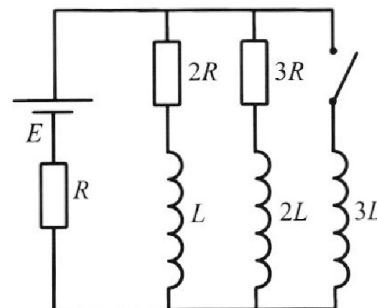
Вариант 11-01

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.

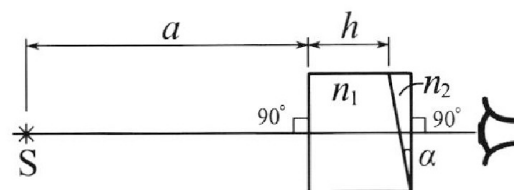


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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
☐

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 $P_{\text{к}} = F(t) \cdot v(t) =$

$\Rightarrow$ 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 $v_k = 25 \text{ м/с} \Rightarrow a_k = 0 \text{ м/с}^2$ - конечная ускорение автомобиля $\Rightarrow$ по 23 п для авто в конце разгона:

$$m a_k = F_k - F_{ck}, F_{ck} - \text{кач. сил сопротив.}$$

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

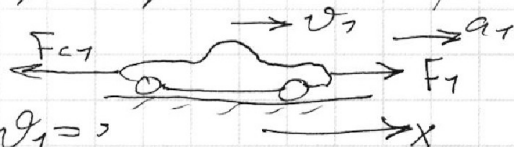
$$\Rightarrow d = \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

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 п для авто в момент 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

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

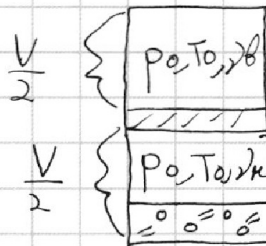
$$\Delta p \Delta V = k p V$$

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

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

2) $p_0 - ?$

1) До нагревания:



Т.к. поршень лёгкий,
то давления в
отсеках равны

$$\frac{V}{2} \left\{ \begin{array}{l} p_0, T_0, \nu_b \\ p_0, T_0, \nu_k \end{array} \right\} \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

По ур-ию Менделеева - Клапейрона
для газов в кав. сост.

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

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

$$2 = \frac{\nu_b}{\nu_k} \Rightarrow \left(\frac{\nu_b}{\nu_k} = 2 \right) \Rightarrow \nu_k = \frac{\nu_b}{2}$$

$$\Delta \nu_0 = k p_0 \frac{V}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V, \text{ где } \Delta \nu_0 - \text{количество}$$

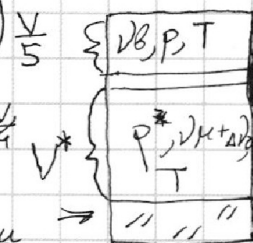
растворённого уш. газа в воде в начале

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

$$\nu^* = \nu_b \frac{V}{5 - \frac{V}{4}} = \frac{11}{20} \nu$$



давление
жидкости
максимально

по ур-ию Менделеева - Клапейрона:

$$\text{для верх. газа: } p \cdot \frac{1}{5} V = \nu_b R T$$

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

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

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

то давление насыщенного пара воды при температуре
p T равно давлению воздуха $p \Rightarrow p = p_k$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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



Т.к. $T = 373\text{K}$, то $p = p_{\text{н}} = p_{\text{атм}}$.

$$\nu_B RT = \frac{1}{5} pV$$

$$\frac{11}{20} pV = \Delta \nu_B RT + \nu_A RT = \Delta \nu_B RT + \frac{1}{2} \nu_B RT = ,$$

$$\Rightarrow \frac{11}{20} pV = \Delta \nu_B RT + \frac{1}{10} pV = , \Delta \nu_B RT = \frac{9}{20} pV$$

$$\Delta \nu_B = k p_0 V \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V = ,$$

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

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

$$p_0 = \frac{9}{5} p_{\text{атм}} / \left(\frac{1}{4} \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^3 \right) = 18 p_{\text{атм}}$$

$$= \frac{9}{5} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_B}{\nu_A} = 2$; 2) $p_0 = \frac{9}{5} p_{\text{атм}}$.

Т.к. $T = 373\text{K}$, то $p = p_{\text{н}} = p_{\text{атм}}$

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) 3C9 для частицы, из состояния движения на
большом удалении от системы до момента пролёта в
точке A:

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

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

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

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

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

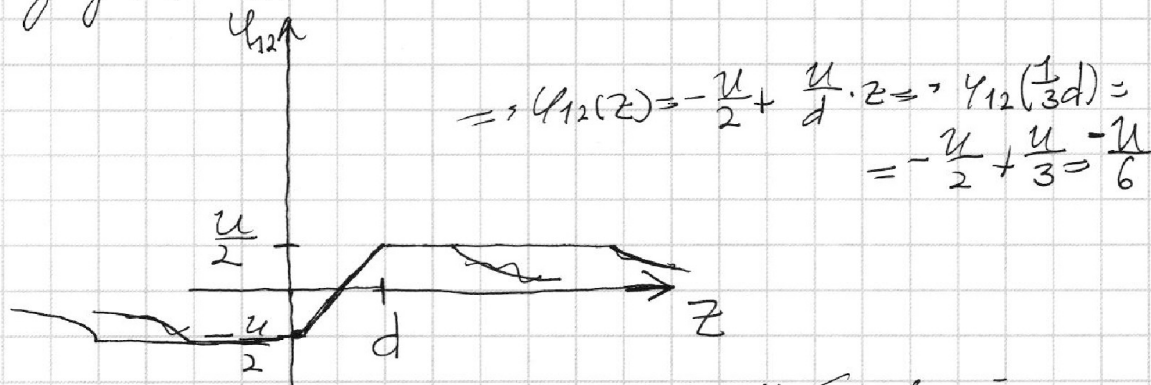
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

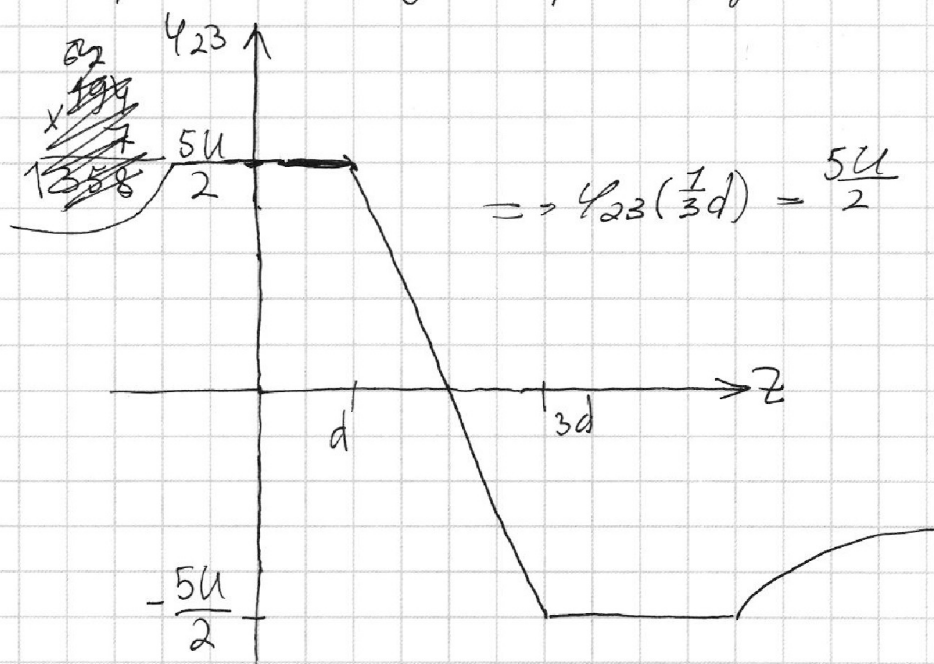
МФТИ

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 единичен от всех объектов:



Теперь рассмотрим конденсатор, образованный сетками 2 и 3



Результирующий потенциал в точке, как А, равен:

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

4) 3C3

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

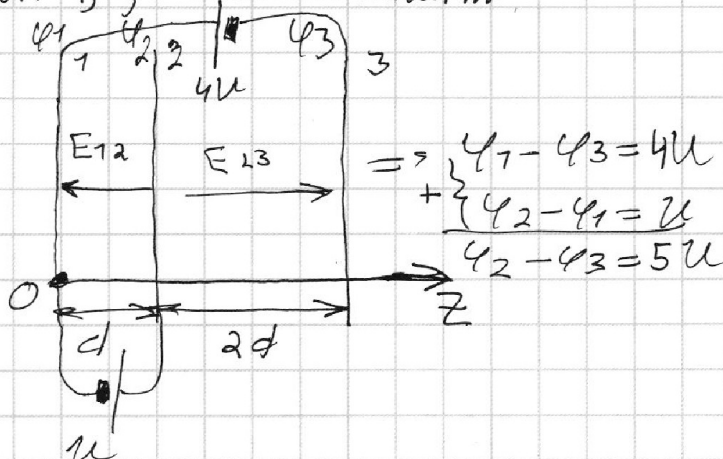
$$(q_0, q) > 0$$

$$1) a_{12} = ?$$

$$2) K_1 - K_2 = ?$$

$$3) \varphi_A = ?$$

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

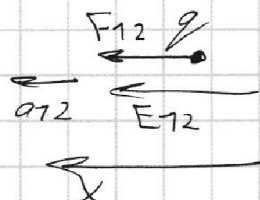


$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 4U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = 5U$$

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 частицы во время
ее нахождения в поле между
сетками 1 и 2:

$$\frac{1}{2u} + \frac{2}{u} = \frac{3}{2u}$$

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

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

2) Рассмотрим конденсатор

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

2) ЗСЭ для частицы из положения, когда она
прелетела 1 сетку до момента, 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!

$$\left. \begin{aligned} U_L(t) &= E - 2I_2R - \varphi(t) = L\dot{I}_L \\ U_{3L}(t) &= E - \varphi(t) = 3L\dot{I}_{3L} \\ U_{2L}(t) &= E - 3I_3R - \varphi(t) = 2L\dot{I}_{2L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

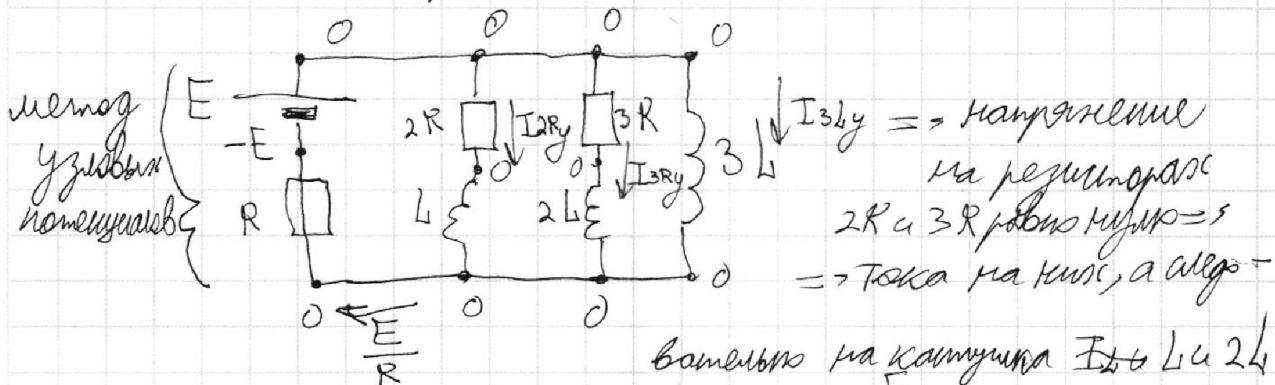
$$\Rightarrow E - 2I_2R + 3L\dot{I}_{3L} = L\dot{I}_L \Rightarrow 2I_2R = 3L\dot{I}_{3L} - L\dot{I}_L$$

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

$$I_{2R} = \frac{d q_{2R}}{dt}, \quad \dot{I}_{3L} = \frac{d I_{3L}}{dt}, \quad \dot{I}_L = \frac{d I_L}{dt} \Rightarrow$$

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

4) Рассмотрим цепь в установившемся состоянии при замкнутом ключе К: напряжение на катушках равно нулю.



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

$$\Rightarrow q_{2R} = \frac{L}{2R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \left(\frac{35E}{11R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \cdot \frac{38E}{11R} \Rightarrow$$

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

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$; 2) $\dot{I}_{3L0} = \frac{2E}{11L}$; 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!

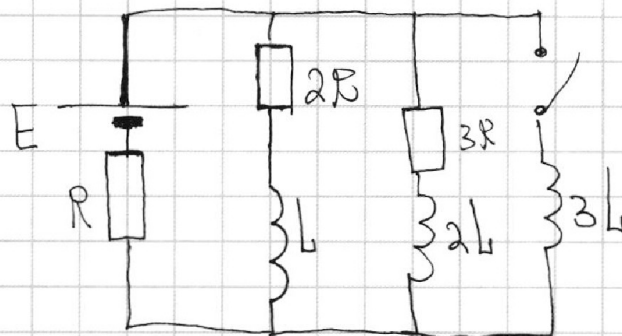


4
E
R, L

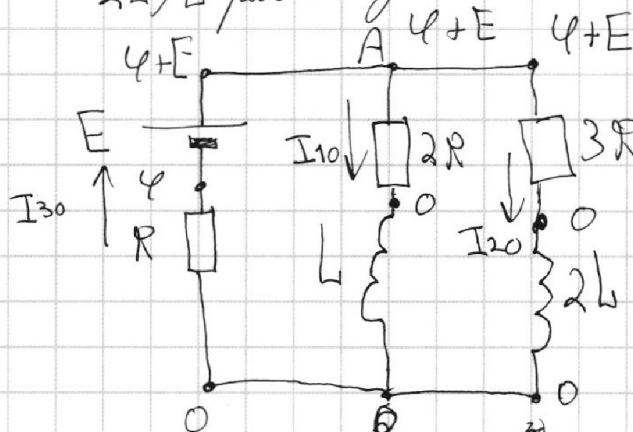
1) $I_{10} = ?$

2) $I_{3L_0} = ?$

3) $q_{2R} = ?$



1) Рассмотрим цепь при разомкнутом ключе,
то цепь 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 3еЗ для узла A: $I_{30} = I_{10} + I_{20} = ?$

$$\begin{aligned} \Rightarrow -\frac{\varphi}{R} &= \frac{\varphi + E}{2R} + \frac{\varphi + E}{3R} = \frac{\varphi}{2R} + \frac{E}{3R} + \frac{\varphi}{2R} + \frac{E}{3R} \\ &= \frac{6\varphi}{6R} + \frac{3\varphi}{6R} + \frac{2E}{6R} = \frac{9\varphi}{6R} + \frac{2E}{6R} \\ &= \frac{11\varphi}{6R} + \frac{2E}{6R} = \frac{5E}{6R} \Rightarrow \varphi = -\frac{5E}{11} \end{aligned}$$

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!

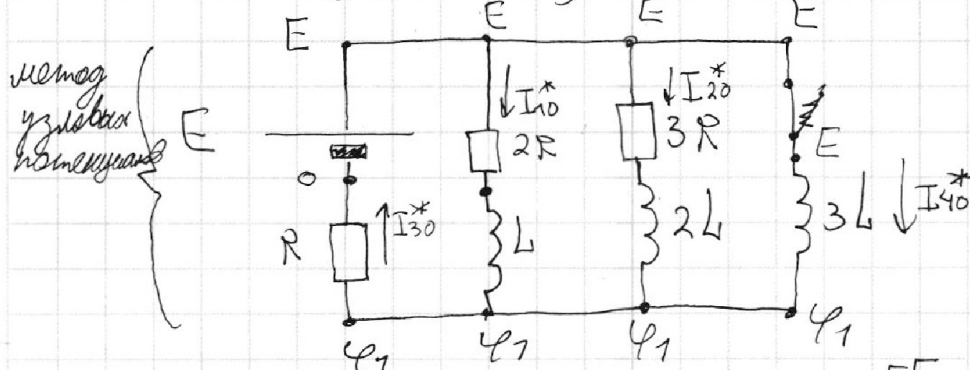
$$I_{10} = \frac{1}{2R} \left(-\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{2R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{3E}{11R} \Rightarrow$$

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

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа:

Ток через катушку с сопротивлением не увеличивается $\Rightarrow$

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

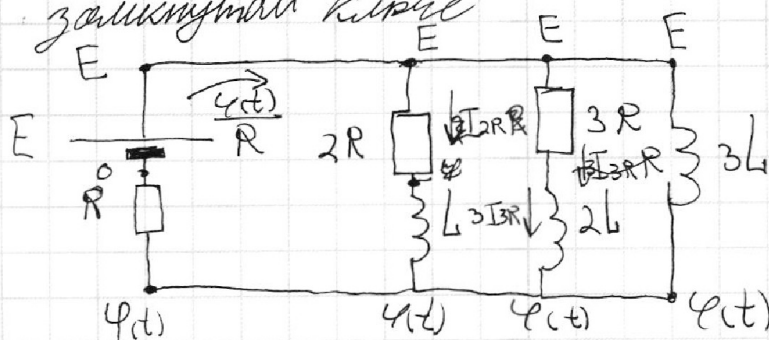


$$\Rightarrow \varphi_1 = I_{30}^* R = \frac{5E}{11R} \cdot R = \frac{5E}{11} \Rightarrow U_{3L}^* = E - \varphi_1, \text{ где}$$

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



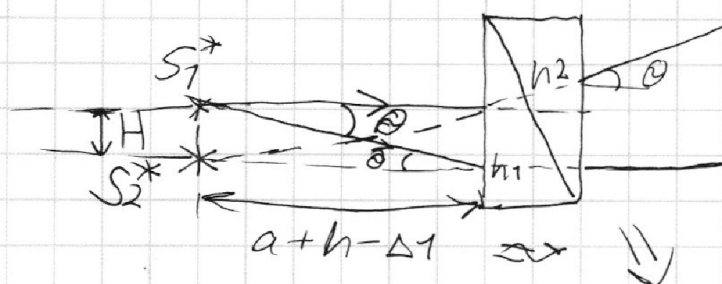
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

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

из точки $AB \Rightarrow H = (194 + (a + h - \frac{1}{3}h)) \cdot (n_2 - n_1) =$
 $= (194 + \frac{2}{3}h) \cdot (n_2 - n_1)$

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

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

S_1^*
 Δ_1
 H
 S_2^*
 r
 $H =$ 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) $n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,7$

Смещение расстояние между источником
и изображением в плоско-параллельной пластине

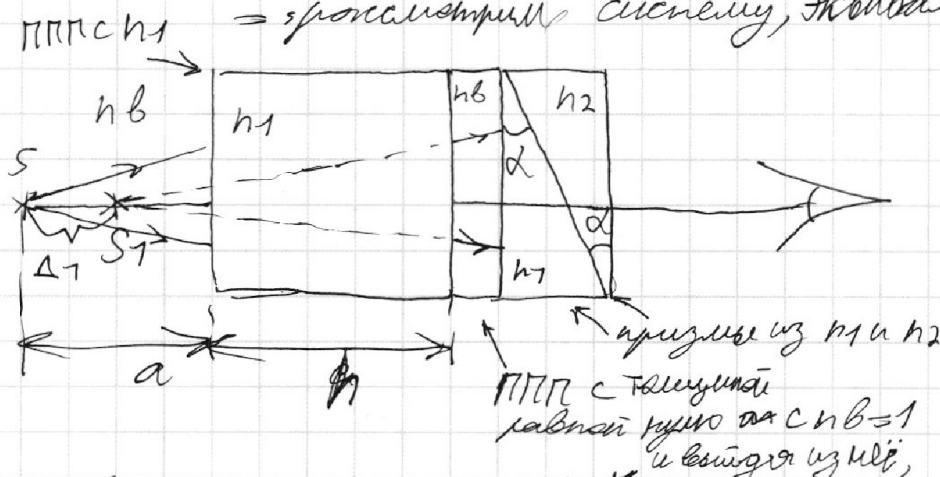
* Формулой Δ равно $\Delta = h(1 - \frac{1}{n_1})$, где n_1 — показат.

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

n — её показатель преломления $\Rightarrow$ при $d \rightarrow 0$, $\Delta \rightarrow 0$.
 $\Rightarrow$ вставка в систему пластин любого
показателя преломления конечной толщины

* не внесёт изменений в систему $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ рассмотрим систему, эквивалентную данной:



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

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) $n_1 = n_b = 1$

$n_2 = 1,7$

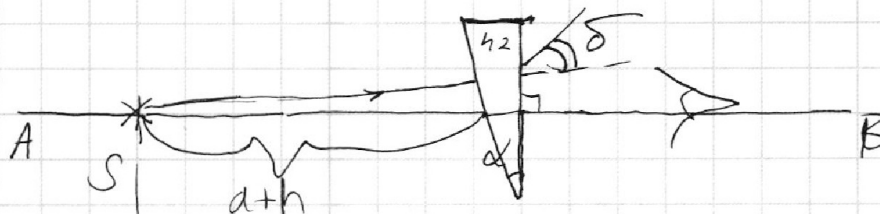
$\Delta = ?$

3) $n_1 = 1,5$

$n_2 = 1,7$

$\Delta = ?$

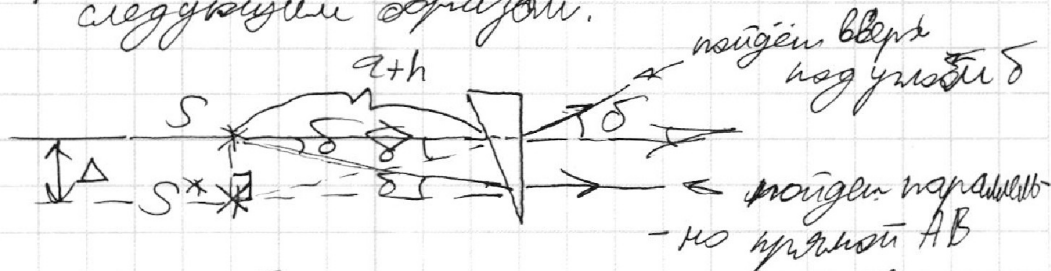
1) $n_1 = n_b = 1, n_2 = 1,7$



Т.к. призма тонкая, то угол отклонения
задаётся 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
AB (отмечена на рисунке), второй - идущий
вышше углом δ к прямой AB. Эти лучи
при прохождении призмы отклоняются на угол δ
следующим образом:



S^* - изображение источника, которое видит
наблюдатель.

из рисунка видно, что $\Delta = a \cdot \tan \delta$. Т.к. δ малый угол,
то $\tan \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx a \delta = 194 \cdot 0,07 = 13,58 \text{ см}$

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

$\Delta = (a+h) \tan \delta$, т.к. δ - малый угол,
то $\tan \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx (a+h) \delta =$

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



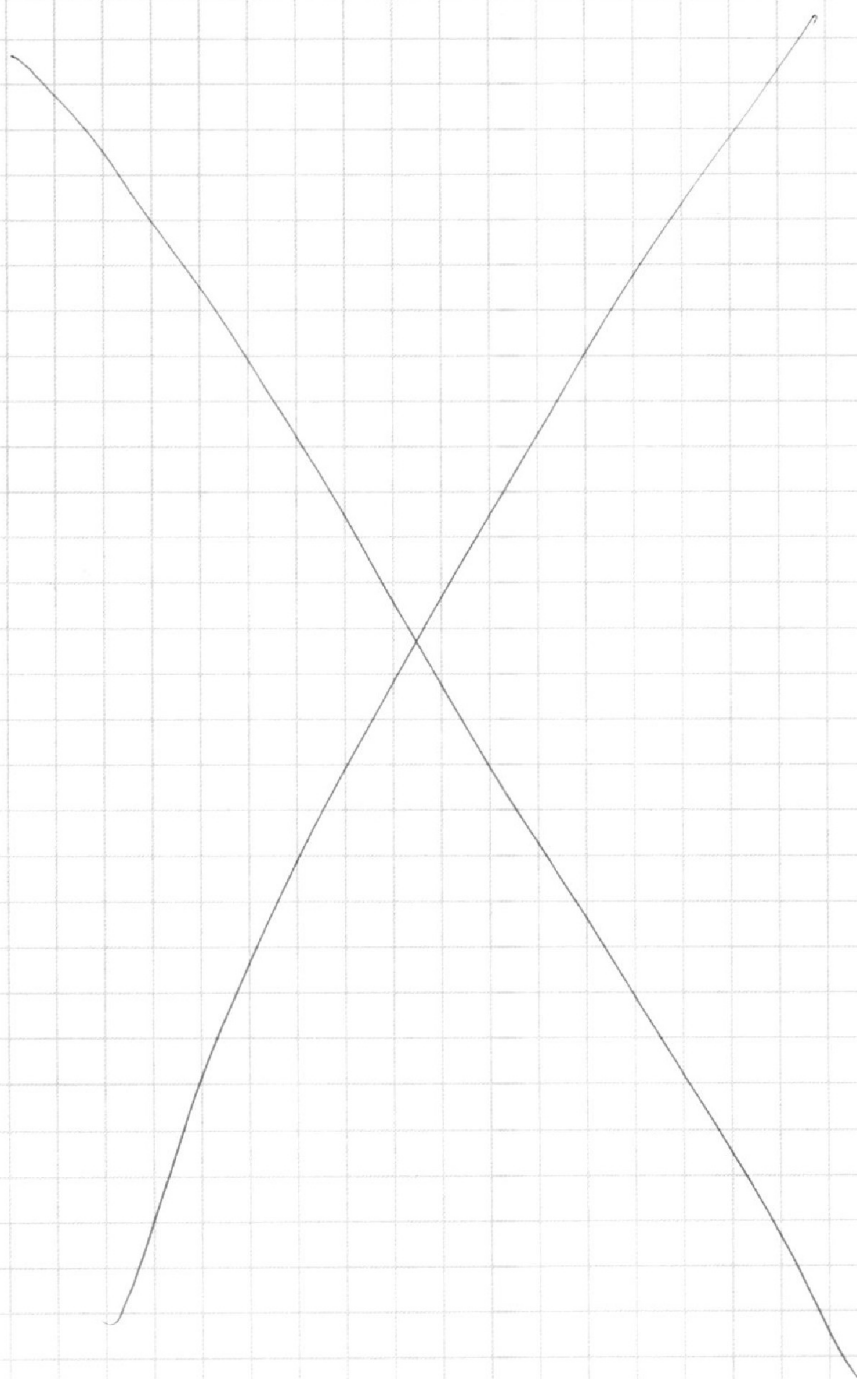
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



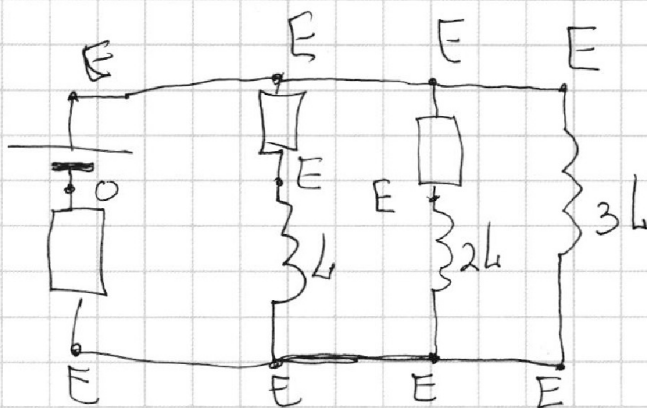
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

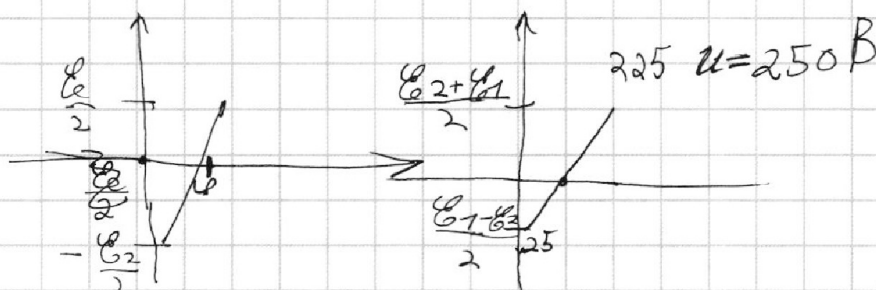
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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



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

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

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

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

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

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

$$\frac{11}{20} p V = \frac{1}{5} p V \cdot \frac{11}{4} = \frac{11}{4} \sqrt{6} R T$$

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

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

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

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

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

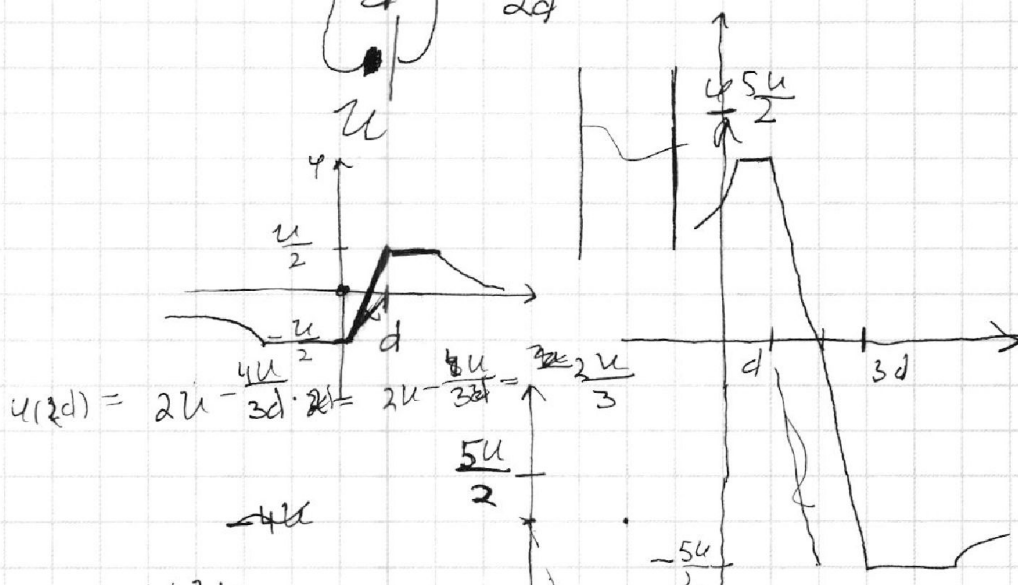
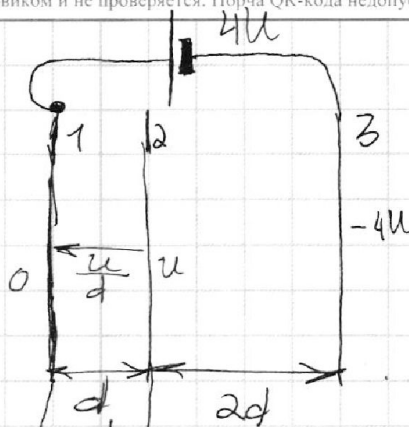
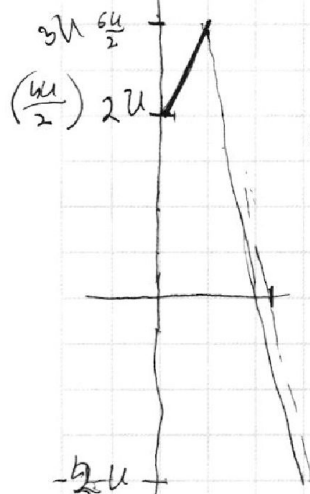
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 850 \\ 30 \\ \hline 17000 \end{array}$$



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

$$2u - \frac{4u}{3d} \cdot d = 2u - \frac{4u}{3}$$

$$2u = \frac{4u}{3} = \frac{2u}{3}$$

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

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

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

$$\frac{2}{1427} \cdot 203 = \frac{7}{1427} \cdot 5 - \alpha =$$

$$\frac{1}{V_0} = \frac{1}{k_2} \cdot k_2 \cdot R T_0 = \frac{9}{4} \frac{1}{V_0}$$

$$k_{pov} = \frac{9}{4} \frac{1}{V_0}$$

$$\frac{1}{5} p V = \frac{1}{V_0} R T$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_k \pm \Delta p) R T$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_k \pm \Delta p) R T$$

$$\frac{11}{20} p V = \frac{11}{4} \cdot \frac{1}{5} p V = \frac{11}{4} \frac{1}{V_0} R T$$

$$\frac{9}{4} \frac{1}{V_0} R T = \Delta \frac{1}{V_0} R T$$

$$\Delta \frac{1}{V_0} = \frac{9}{4} \frac{1}{V_0}$$

$$= \alpha (n_2 - 1 - n_1 + 1) = \alpha (n_2)$$