



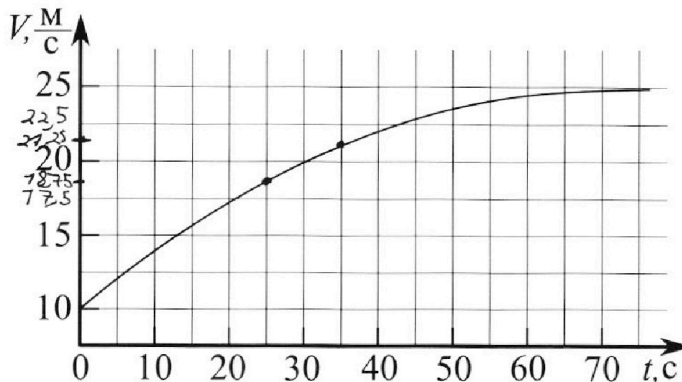
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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  $v_1$ ?

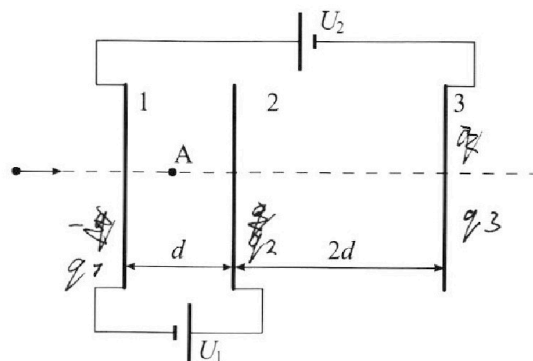
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

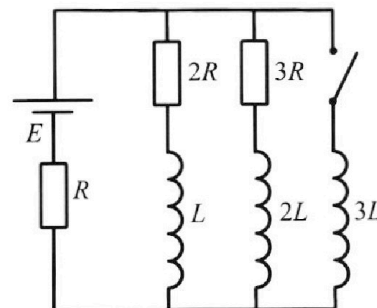
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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.

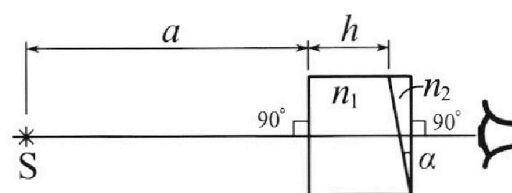


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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)

$m = 1800 \text{ кг}$

$F_k = 500 \text{ Н}$

$F_c = d \cdot v$

$\text{где } d = \text{const}$

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  $\Rightarrow$  но  $23 \text{ м}$  для авто в конце разгона:

$m a_k = F_k - F_{ck}$ ,  $F_{ck}$  - конеч. сила 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  $25 \text{ с} - 35 \text{ с}$ .

В этой окрестности приращение скорости  $\Delta v_1 \approx 2,5 \text{ м/с}$

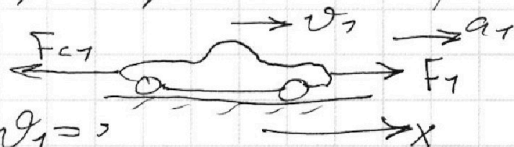
$\Delta t_1 = 35 \text{ с} - 25 \text{ с} = 10 \text{ с}$  - время, за которое происходит

эта приращение скорости

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  $23 \text{ м}$  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, T<sub>0</sub>

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

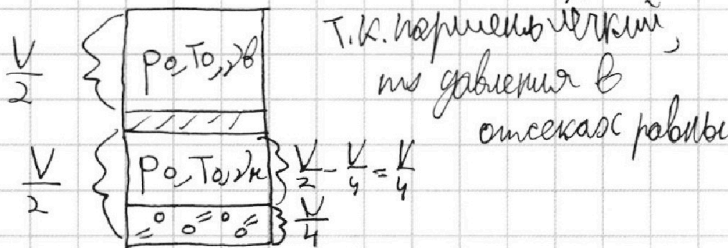
$$\Delta p \Delta V = k p V$$

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

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

2)  $p_0 - ?$

1) До нагревания:



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

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

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

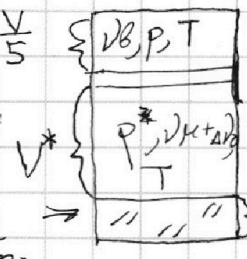
$2 = \frac{\nu_b}{\nu_k} \Rightarrow \left( \frac{\Delta V}{V_k} = 2 \right) \Rightarrow \nu_k = \frac{\nu_b}{2}$

$\Delta V_0 = k p_0 \frac{V}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V$ , где  $\Delta V_0$  - количество растворённого 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

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



по ур-ию Менделеева - Клапейрона:  
для верх. газа:  $p \cdot \frac{1}{5} V = \nu_b R T$   
для нижн. уш. газа:  $p \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_k + \Delta \nu_0) R T$   
 $p \cdot \frac{1}{5} V = \frac{1}{5} p_k \cdot \frac{11}{20} p V = (\nu_k + \Delta \nu_0) R T$

Т.к. газ в воде при T не растворяется, то давление насыщенного пара при T в воде при равн. температуре 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
<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!

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{9}{5} p_{ATM}$$

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

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

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"/>

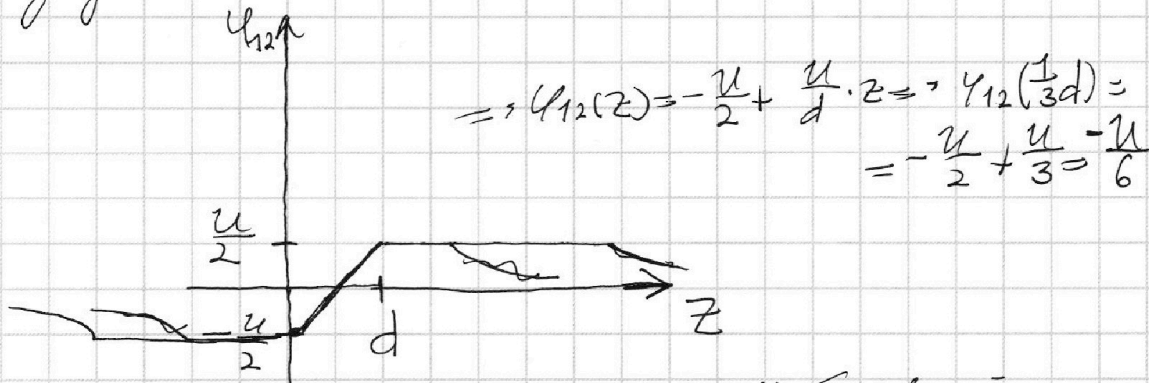
МФТИ

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

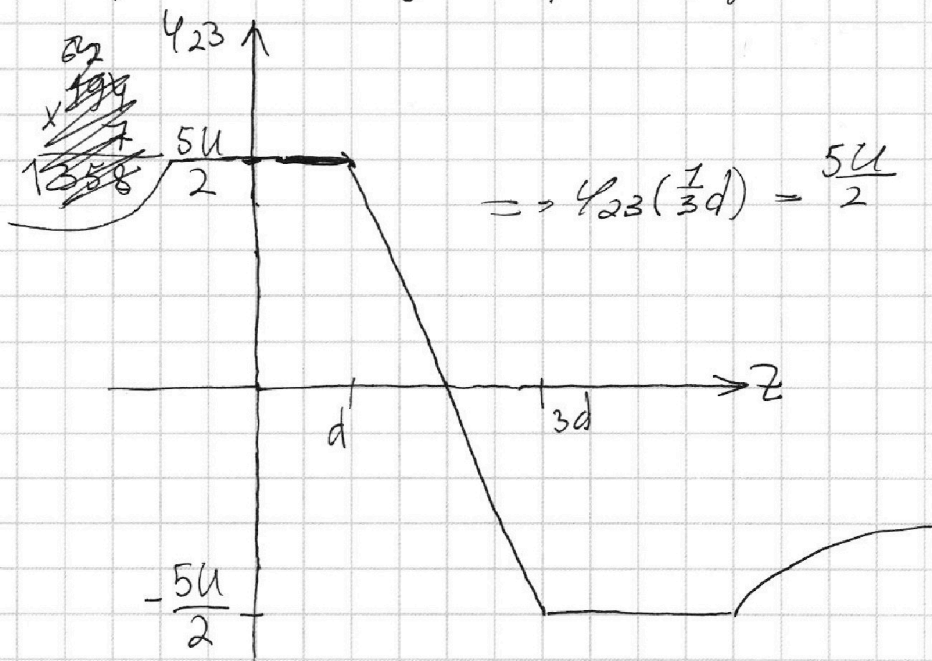


3) Рассмотрим конденсатор, образованный сетками 1 и 2. и

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

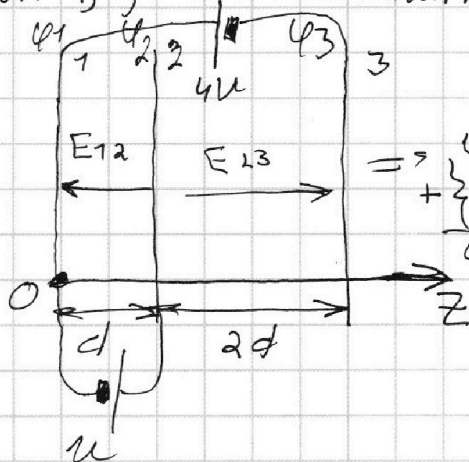
$(q_0), (q) > 0$

1)  $a_{12} = ?$

2)  $K_1 - K_2 = ?$

3)  $v_A = ?$

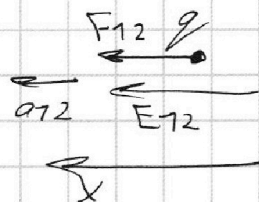
1) Обозначим через  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  потенциалы сеток 1, 2, 3 соответственно



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

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 частицы из начального, 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!



$$\left. \begin{aligned} U_4(t) &= E - 2I_{2R} \cdot R - \varphi(t) = L \dot{I}_4 \\ U_{3L}(t) &= E - \varphi(t) = 3L \dot{I}_{3L} \\ U_{2L}(t) &= E - 3I_{3R}R - \varphi(t) = 2L \dot{I}_{2L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

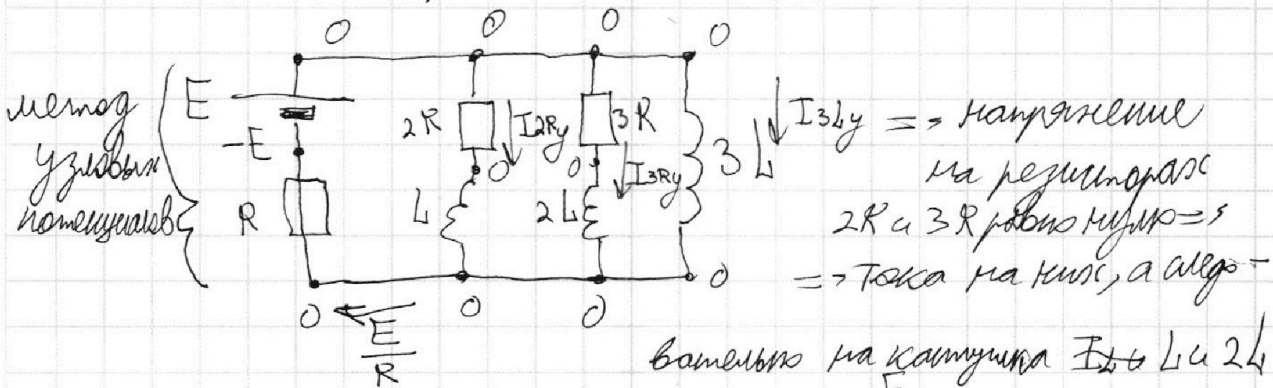
$$\Rightarrow E - 2I_{2R}R + 3L \dot{I}_{3L} = L \dot{I}_4 \Rightarrow 2I_{2R}R = 3L \dot{I}_{3L} - L \dot{I}_4$$

$$I_{2R} = \frac{1}{2R} \left( \frac{L}{2R} (3\dot{I}_{3L} - \dot{I}_4) \right)$$

$$I_{2R} = \frac{d q_{2R}}{dt}, \quad I_{3L} = \frac{d I_{3L}}{dt}, \quad I_4 = \frac{d I_4}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d q_{2R}}{dt} = \frac{L}{2R} \left( 3 \frac{d I_{3L}}{dt} - \frac{d I_4}{dt} \right) \Rightarrow d q_{2R} = \frac{L}{2R} (3 d I_{3L} - d I_4)$$

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



$$\int_0^{q_{2R}} d q_{2R} = \frac{L}{2R} \left( 3 \int_0^{I_{3L}} d I_{3L} - \int_0^{I_4} d I_4 \right) \Rightarrow q_{2R} = \frac{L}{2R} \left( 3 \left( \frac{E}{R} \right) - \left( 0 - \frac{3E}{11R} \right) \right) \Rightarrow$$

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

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

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:

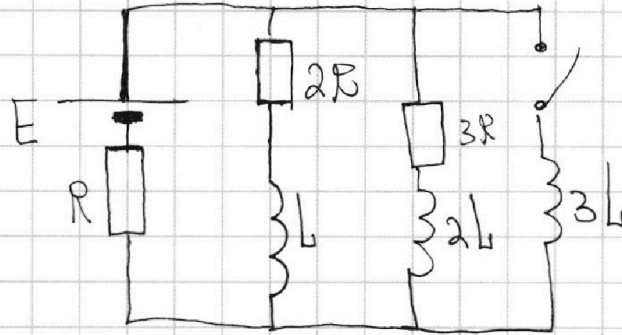
1  2  3  4  5  6  7

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

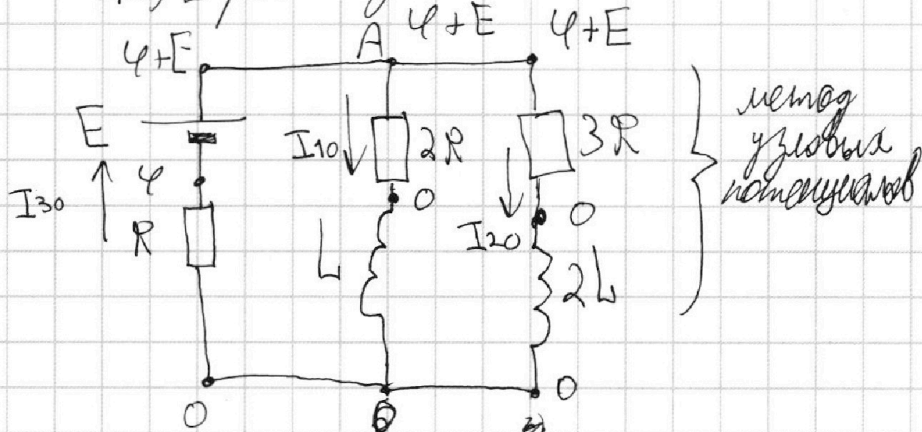


1)  $I_{10} = ?$

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:



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

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

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

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!



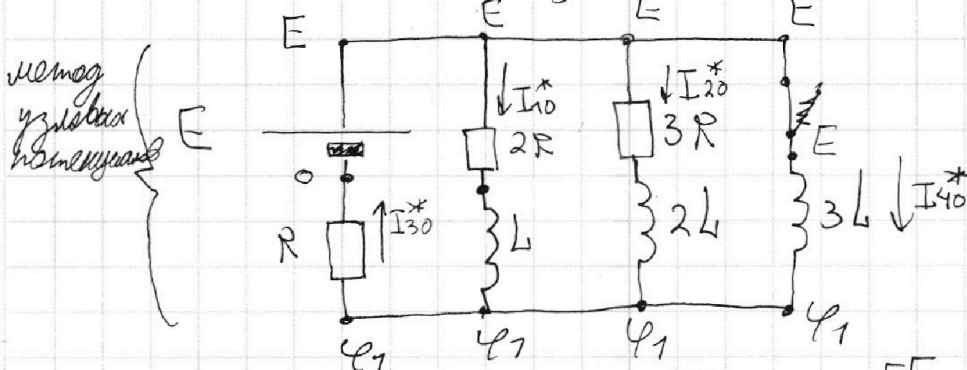
$$I_{10} = \frac{1}{2R} \left( -\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{2R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{3E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{20} = \frac{1}{3R} (4 + E) = \frac{1}{3R} \left( -\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{3R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{2E}{11R}$$

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа:

Ток через катушку с коротким замыканием не увеличивается  $\Rightarrow$

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

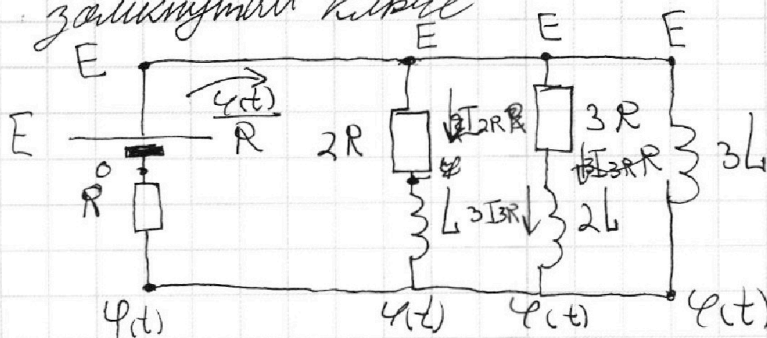


$$\Rightarrow \varphi_1 = I_{30}^* R = \frac{5E}{11R} \cdot R = \frac{5E}{11} \Rightarrow U_{3L}^* = E - \varphi_1, \text{ где}$$

$U_{3L}^*$  — 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



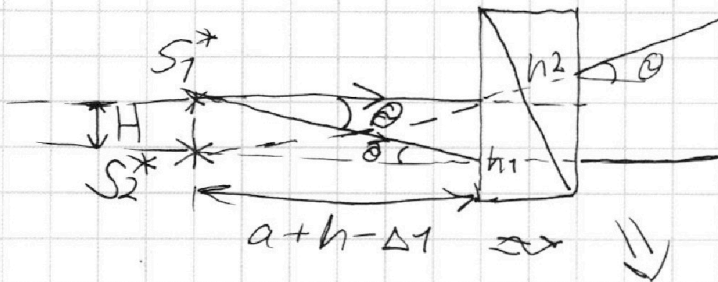
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

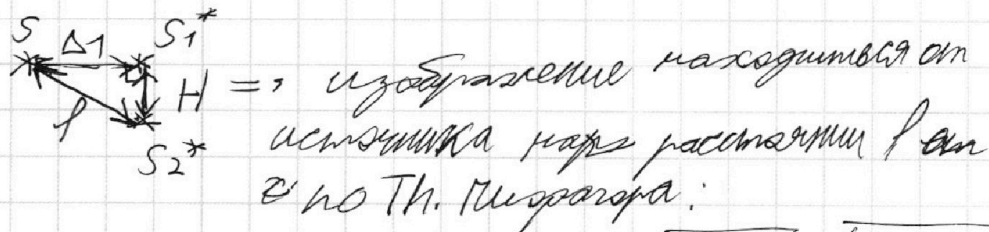
$$H = (a + h - \Delta_1) \operatorname{tg} \theta \approx (a + h - \Delta_1) \theta$$

← Т.К.  $\theta$  малый

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

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

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



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

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

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

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

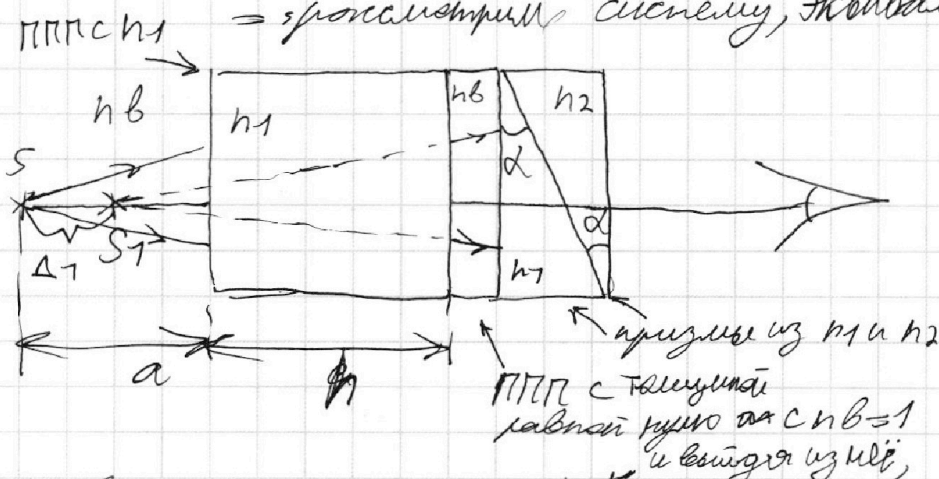
\* Формулой  $n$  равно  $\Delta = h(1 - \frac{1}{n})$ , где  $n_1$  - показатель

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

$n$ -й 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  $S \rightarrow$  пошёл 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, пошёл в призму  $n_1$  отклонится вниз на угол  $\varphi = \alpha(n_1 - 1)$ , и пошёл 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)  $n_1 = n_b = 1$

$n_2 = 1,7$

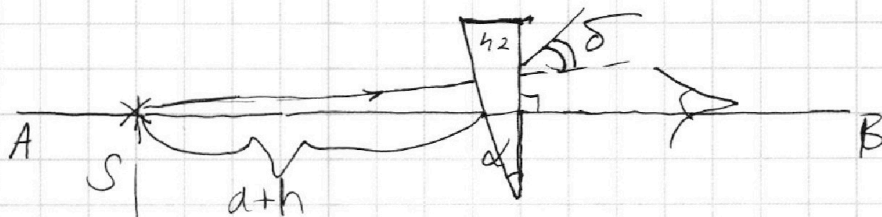
$\Delta = ?$

3)  $n_1 = 1,5$

$n_2 = 1,7$

$\Delta = ?$

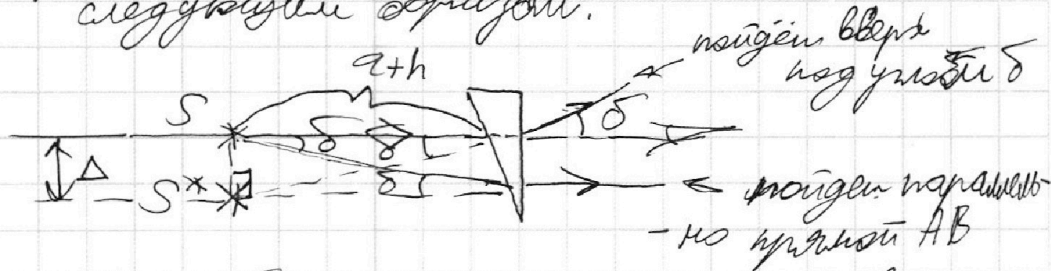
1)  $n_1 = n_b = 1, n_2 = 1,7$



Т.к. призма тонкая, то угол отклонения 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  $\delta$  к прямой АВ; эти лучи при прохождении призмы отклоняются на угол  $\delta$  следующим образом:



$S^*$  - изображение источника, которое видит наблюдатель.

из рисунка видно, что  $\Delta = a \cdot \tan \delta$ ; т.к.  $\delta$  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.  $\delta$  малый, то  $\tan \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx (a+h) \delta =$

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



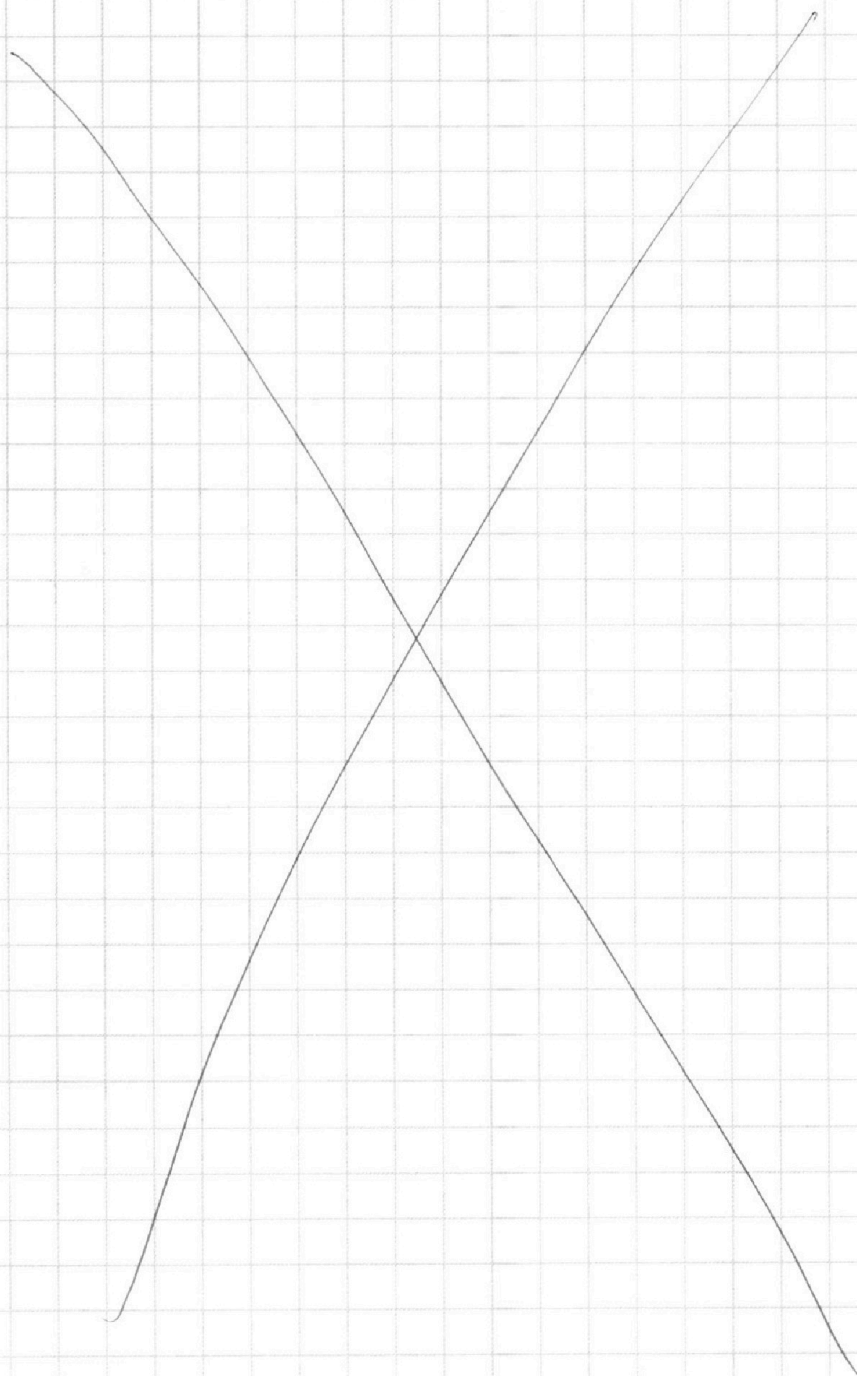
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





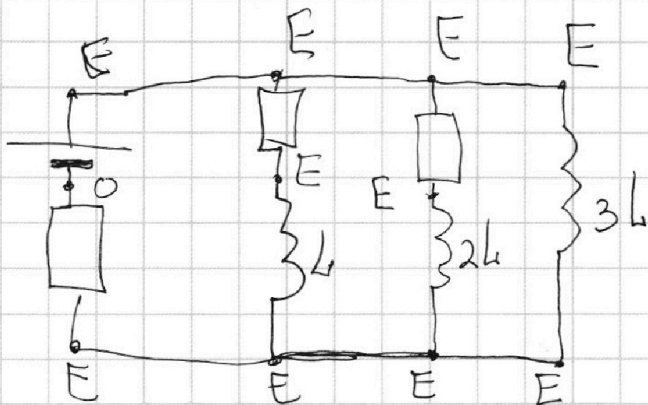
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

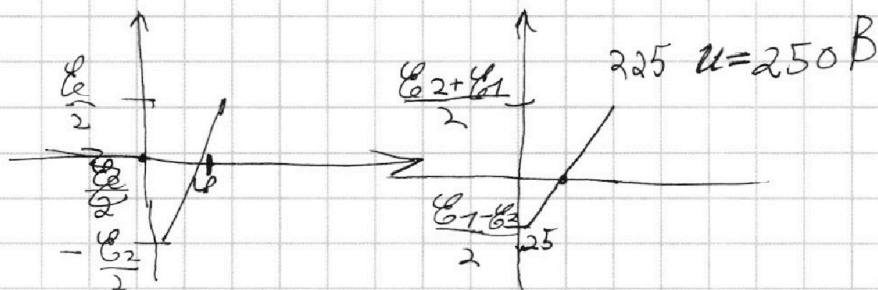
- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$I_{Kp0V} = \frac{9}{4} I_0 =$$



$$U^* = U - \frac{I_0}{5} - \frac{I_0}{4} = \frac{3I_0}{5} - \frac{I_0}{4} = \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{1}{5} pV = \frac{1}{2} I_0 R \cdot \frac{5T_0}{4} = \frac{5}{4} \frac{1}{2} I_0 R T_0 = \frac{5}{4} \cdot \frac{p_0 V}{2} = \frac{5}{8} p_0 V$$

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

$$p \frac{11V}{20} = (I_0 + \Delta I_0) R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

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

$$\frac{25}{8} p_0 \frac{11}{20} V = \frac{1}{2} I_0 R T_0 + \Delta I_0 R T_0$$

$$\frac{55}{32} p_0 V = \frac{1}{2} I_0 R T_0 + \Delta I_0 R T_0$$

$$\frac{11}{20} pV = \frac{1}{5} pV = \frac{11}{4} = \frac{11}{4} \frac{1}{2} I_0 R T_0$$

$$\frac{11}{4} \frac{1}{2} I_0 R T_0 = \frac{2}{4} \frac{1}{2} I_0 R T_0 + \Delta I_0 R T_0$$

$$\frac{9}{4} \frac{1}{2} I_0 R T_0 = \Delta I_0 R T_0 \Rightarrow \Delta I_0 = \frac{9}{4} I_0$$

$$\frac{1}{4} k p_0 V = \frac{9}{4} I_0 = \Rightarrow k p_0 V = 9 I_0$$

$$\frac{1}{2} p_0 V = \frac{1}{9} k p_0 V R T_0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



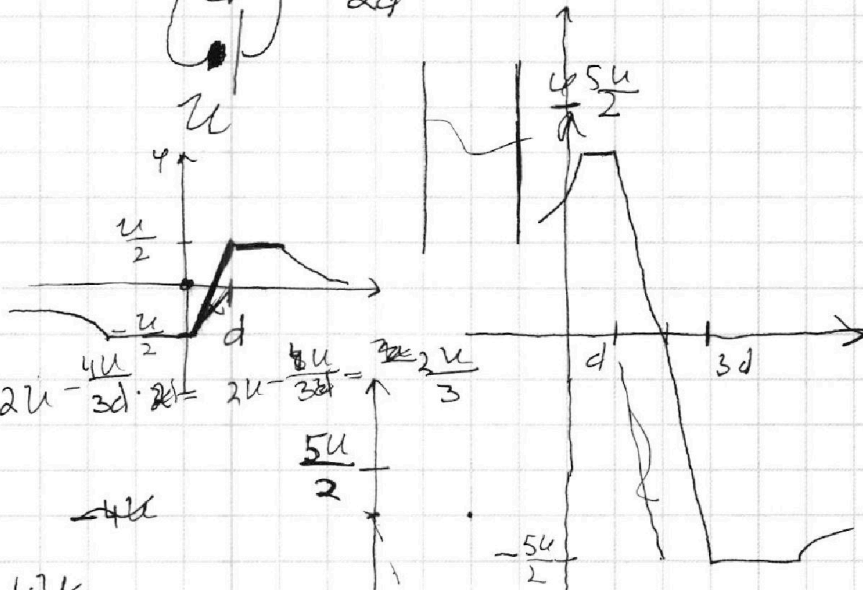
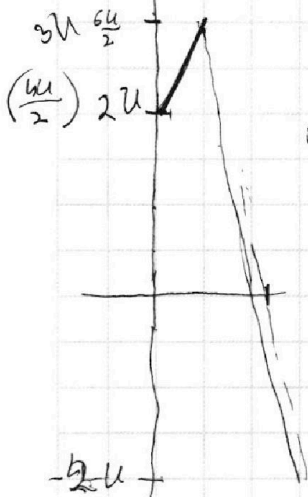
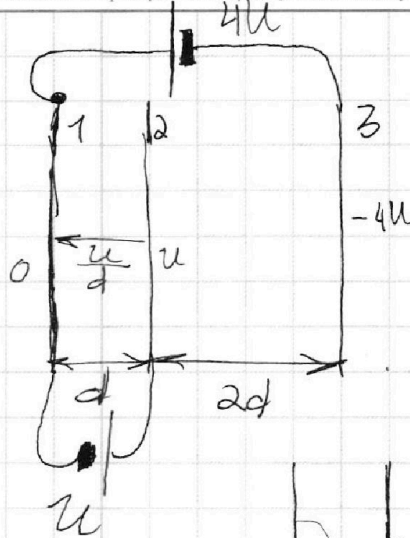
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{11}{20} p^* V = (n_1 + 2n_2) RT$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (n_1 + 2n_2) RT = \frac{11}{4} \cdot \frac{1}{5} pV = \frac{11}{4} \sqrt{V} RT$$

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

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