



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

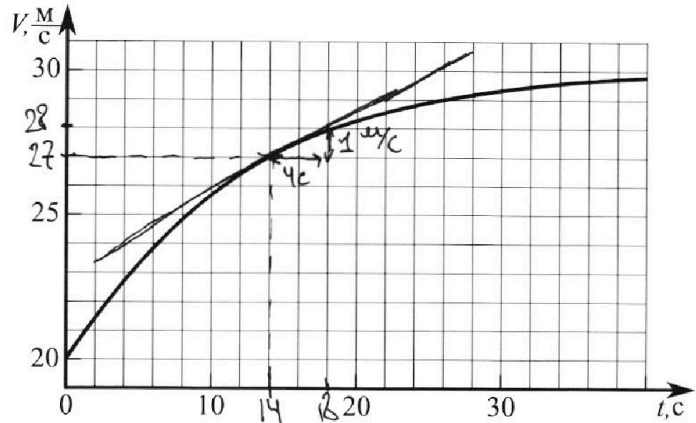
## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  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  $F_k = 405$  Н.

- Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.
  - Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
  - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

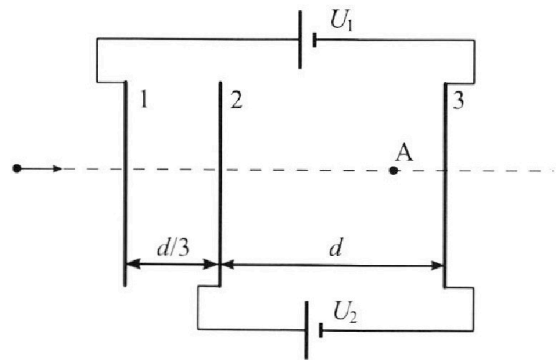


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $U_1 = 2U$  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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

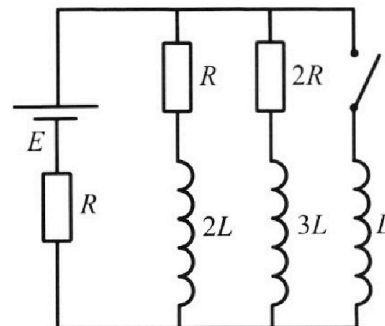
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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.

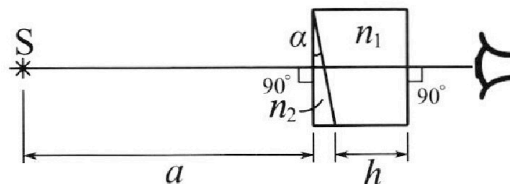


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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!

① По определению ускорения:  $a = \frac{dv}{dt}$ .  
 Из гр-ка  $v(t)$  можно определить ускорение, как тангенс угла наклона касательной к этой точке.  $a_1$ , соответств  $v_1$

$$a_1 = \frac{1 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = \frac{1}{4} \text{ м/с}^2 = 0,25 \text{ м/с}^2$$

② Запишем уравнение II-го закона Ньютона для момента  $t_1$ , соответствующее  $v = v_1$ .

$$m a_1 = F_{g_{\text{вз}_1}} - F_{k_1} \quad (1)$$

$$F_{g_{\text{вз}_1}} \cdot v_1 = P \text{ - мощность}$$

В уст. режиме  $v = v_{\text{уст}} = \text{const}$

$$F_{g_{\text{вз}_1}} \cdot v_1 = P \quad (2)$$

$$\Rightarrow F_{g_{\text{вз}_k}} = F_k; P = F_{g_{\text{вз}_k}} \cdot v_{\text{уст}} = F_k \cdot v_{\text{уст}}$$

Из гр-ка заметим, что  $v_{\text{уст}} \approx 30 \text{ м/с}$ , поскольку кривая приближается асимптотически к  $v = 30 \text{ м/с}$ .

$$\text{Тогда: } P = F_k \cdot v_{\text{уст}} = 405 \cdot 30 = 12150 \text{ Вт} = 12,15 \text{ кВт}$$

$$\text{Из (1) и (2): } m a_1 = F_{g_{\text{вз}_1}} - m a_1 = \frac{P}{v_1} - m a_1 = \frac{12150}{27} - 300 \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{45 \cdot 10}{27g} - \frac{300}{4} = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$$

$$\textcircled{3} \text{ Из (1): } m \frac{dv}{dt} = F_{g_{\text{вз}_1}} - F_1 \quad | \cdot v_1$$

$$\frac{m v dv}{dt} = F_{g_{\text{вз}_1}} \cdot v_1 - F_1 \cdot v_1 = P_{g_{\text{вз}_1}} - P_{\text{сопр}_1}$$

$$\Rightarrow P = P_{c_1} + m v_1 a_1$$

$$\Rightarrow I = k + \frac{m v_1 a_1}{P}$$

$$\Rightarrow k = I - \frac{m v_1 a_1}{P} = 1 - \frac{300 \cdot 27 \cdot \frac{1}{4}}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{81}{4583}$$

$$= 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$$

$\frac{P_{c_1}}{P} = k$  - часть мощности идущая на преодоление сил сопр-ия

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!

Ответ:

$$1) a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2;$$

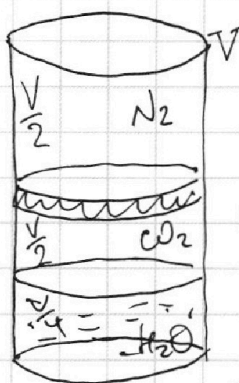
$$2) F_1 = \frac{F_k \cdot v_{\text{уст}}}{v_1} - m a_1 = 375 \text{ Н}, \text{ где } v_{\text{уст}} = 30\% \text{ из зр-ка;}$$

$$3) k = 1 - \frac{m \cdot a_1}{F_k \cdot v_{\text{уст}}} = \frac{5}{6}.$$



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. Для нач-го сост-ия (до нагрева).  
Запишем ур-ие сост-ия для верхней и нижней частей порошка:

для верхней:  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{N_2} \cdot R T_0$  (1)

для нижней:  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) R T_0$

$\nu_{CO_2}$  - кол-во газобр.  $CO_2$   
 $\Delta \nu_{CO_2}$  - кол-во раств.  $CO_2$  в  $H_2O$

из усл-ия:  $\Delta \nu_{CO_2} = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$

$\Rightarrow p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{CO_2} R T_0 + k p_0 \frac{V}{4} R T_0 \Rightarrow \nu_{CO_2} R T_0 = p_0 \frac{V}{2} - k p_0 \frac{V}{4} R T_0$

Тогда:  $\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{p_0 \frac{V}{2}}{p_0 \frac{V}{2} - k p_0 \frac{V}{4} R T_0} = \frac{1}{1 - \frac{k p_0 V R T_0}{4 p_0 V} \cdot 2} = \frac{1}{1 - \frac{k R T_0}{2}}$

По усл-ию:  $T = \frac{4 T_0}{3} \Rightarrow R T_0 = \frac{3}{4} R T$

$\Rightarrow \frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} k R T} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 - \frac{9 \cdot 0,6 \cdot 3}{84}} = \frac{1}{1 - \frac{27}{40}}$

$= \frac{40}{13}$

⑥. для нижней части, для газобр.  $CO_2$ :

$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_{CO_2} R T_0$  (2)

$\Rightarrow \frac{\nu_{CO_2}}{\nu_{N_2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = 2$

②. Поскольку в конце  $CO_2$  практически не растворяется в воде, то ~~то~~ углекислый газ, который был в начале растворён в воде полностью перейдёт газобр. сост-ие:

По усл-ию  $\Delta \nu_{CO_2} = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$ .

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!

3) Запишем ур-ния сост. для нового сост. газов:

в верхней части:  $p \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} \cdot RT$ ; (3)

в нижней:  $p'_{CO_2} V' = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) RT$ ; (4)

2)  $V' + \frac{V}{4} + \frac{V}{6} = V \Rightarrow V' = \frac{7}{12} V$

из (1) и (3):

$$p \cdot \frac{V}{6} = \frac{4}{3} \nu_{N_2} RT_0 = \frac{4}{3} p_0 \frac{V}{2}$$

$$\Rightarrow p = \frac{4}{3 \cdot 2} \cdot 2 p_0 \Rightarrow p = 4 p_0$$

из (4):  $p'_{CO_2} = \frac{\frac{4}{3} \nu_{CO_2} RT_0 + \Delta \nu_{CO_2} \frac{4}{3} RT_0}{\frac{7}{12} V} =$

$$= \frac{\frac{4}{3} p_0 \frac{V}{4} + k p_0 \frac{V}{4} \cdot \frac{4}{3} RT_0}{\frac{7}{12} V} = \frac{4}{7} \frac{p_0}{2} + \frac{4}{7} k p_0 \frac{1}{3} RT_0 = \frac{4}{7} p_0 + \frac{4}{7} k p_0 RT_0$$

$p_{II} = p - p'_{CO_2}$  - из 3-ка Давидсона

$$\Rightarrow p_{II} = 4 p_0 - \frac{4}{7} p_0 - \frac{4}{7} k p_0 RT_0$$

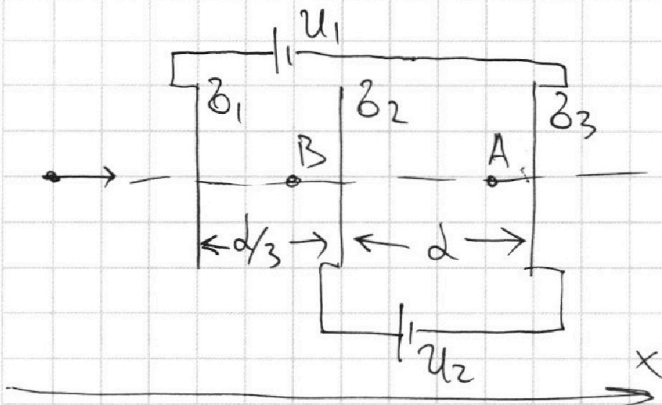
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



① Введём для каждой пластины пов-ую м-ть заряда:  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$

Тогда из уса-ия, что в казале сетки нет зарядов и ЗСЗ:

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$

② Поскольку размеры

$$\Rightarrow \delta_3 = -\delta_1 - \delta_2$$

сеток много больше  $d$

то:

$$E_B = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{\epsilon_0}$$

$$U_1 = E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot d = \frac{\delta_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_1}{\epsilon_0} d + \frac{\delta_2}{\epsilon_0} d = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0}$$

$$U_2 = E_A \cdot d = \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0}$$

По уса-ию:  $U_1 = 2U$ ;  $U_2 = U$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2U = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} \\ U = \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} \end{cases} \Rightarrow \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = U - \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0}$$

$$2U = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + U - \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} \Rightarrow U = \frac{\delta_1 d}{3\epsilon_0} \Rightarrow \delta_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = U - 3U \Rightarrow \delta_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \delta_3 = -\delta_1 - \delta_2 = -\frac{3U\epsilon_0}{d} + \frac{2U\epsilon_0}{d} = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \delta_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}; \quad \delta_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}; \quad \delta_3 = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$



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. По II-му закону Ньютона для заряда в м.А:

$$m|a_{II}| = q \cdot |E_{II}| \Rightarrow |a_{II}| = \frac{q \cdot |E_{II}|}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{|\delta_1 + \delta_2| \cdot d}{\epsilon_0}$$

$$= \frac{q}{m} \cdot \frac{2\epsilon_0 U}{\epsilon_0 d} = \boxed{\frac{qU}{md} = |a_{II}|}$$

4. Поскольку система электрически-нейтральна (сумм. заряд 0), то внешнее поле коиль и следовательно частица полетит к 3-ей пластине с той же эк-вю, что и на беск-ми  $v_0$ .

~~Затем по теор. о кин. энергии:~~

~~$$k_2 - k_0 = A_{эл1}, \quad A_{эл1} = E_{II} \cdot \frac{d}{3} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3}$$

$$k_2 - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{qU}{3} = \frac{2\epsilon_0 U}{\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} = \frac{qU}{3}$$

$$\Rightarrow k_2 = \frac{qU}{3} + \frac{mv_0^2}{2}$$~~

Для перехода от 2-ой пластины к 3-ей: по теор. о кин. энергии:

$$k_3 - k_2 = A_{эл2} = E_{III} \cdot d = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\epsilon_0} \cdot d = \frac{2U\epsilon_0}{d \cdot \epsilon_0} \cdot d = 2U$$

$$\boxed{k_3 - k_2 = 2U}$$

5. Для перехода из беск-ми в м.А:

~~$$k_A - k_0 = A_{эл}$$

$$k \cdot \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{7U}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_A^2}{2} = \frac{7U}{3} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_A^2 = \frac{14U}{3m} + v_0^2$$

$$A_{эл} = E_{II} \cdot \frac{d}{3} + E_{III} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} + \frac{\delta_1}{\epsilon_0} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{U\epsilon_0}{d \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} + \frac{3U\epsilon_0}{d \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{U}{3} + 2U = \frac{7U}{3}$$~~

$$\boxed{v_A = \sqrt{\frac{14U}{3m} + v_0^2}}$$

Ответ: 1)  $|a_{II}| = \frac{qU}{md}$   
 2)  $k_3 - k_2 = 2U$   
 3)  $v_A = \sqrt{\frac{14U}{3m} + v_0^2}$ .

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!

5) Для перехода из беск-ми в м.А:

$$\begin{aligned} K_A - K_0 &= A_{эл} \\ \frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} &= \frac{5}{3} U \\ \frac{m v_A^2}{2} &= \frac{5}{3} U + \frac{m v_0^2}{2} \\ v_A^2 &= \frac{10U}{3m} + v_0^2 \\ \boxed{v_A = \sqrt{\frac{10U}{3m} + v_0^2}} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} A_{эл} &= E_0 \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{2d}{3} = \\ &= \frac{\delta_1}{\epsilon_0} \frac{d}{3} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\epsilon_0} \cdot \frac{2d}{3} = \\ &= \frac{\delta_1}{\epsilon_0} d + \frac{2}{3} \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = 3U + \frac{2}{3}(-2U) = \\ &= 3U - \frac{4}{3}U = \frac{5}{3}U \end{aligned}$$

Ответ:

- 1)  $|a_d| = \frac{qU}{md}$ ;
- 2)  $K_3 - K_2 = U$ ;
- 3)  $v_A = \sqrt{\frac{10U}{3m} + v_0^2}$ .

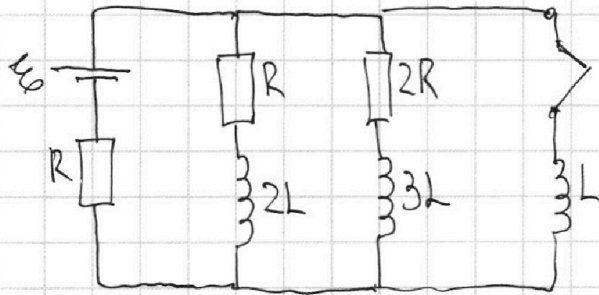
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

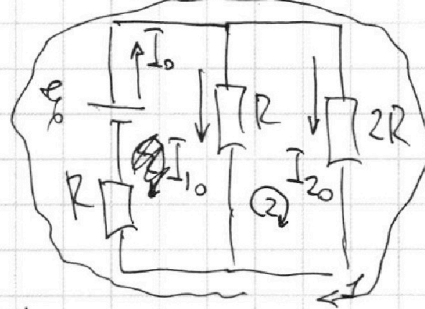
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) До замык-ия в уст. режиме напря-ия катушек равны 0.  
 $\Rightarrow$  схему можно заменить на следующую:



По I-му нр-ну Кирхгоффа:

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

По II-му нр-ну Кирхгоффа:

$$(1) \quad \mathcal{E} = I_0 R + I_2 \cdot 2R$$

$$(2) \quad \mathcal{E} = I_0 R + I_0 \cdot 2R \Rightarrow I_0 = 2I_2$$

$$\text{из (1)}: I_0 = I_1 + I_2 = 3I_2 \Rightarrow I_0 = 3I_2$$

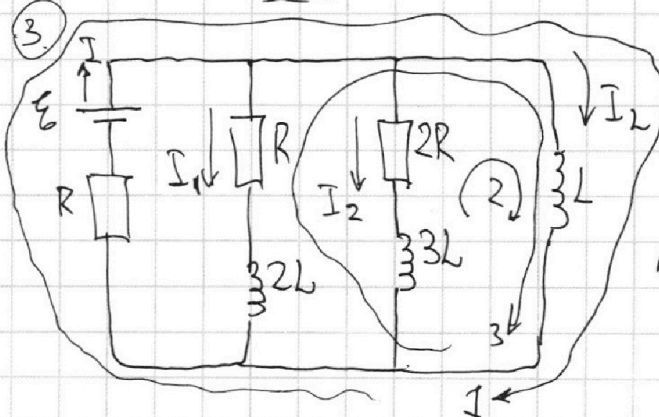
$$\Rightarrow \mathcal{E} = 3I_2 \cdot R + 2I_2 \cdot R = 5I_2 R \Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

2) Сразу после замык-ия по II-му нр-ну Кирхгоффа:

$$\mathcal{E} = I_0 R + L \frac{dI}{dt} \Rightarrow L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - I_0 R = \mathcal{E} - 2I_2 R$$

Токи через катушки не сум-ал в силу сохр-ия потока  $\Rightarrow I_R = I_0$

$$\Rightarrow I|_{t=0} = \frac{\mathcal{E} - 2 \frac{\mathcal{E}}{5R} R}{L} = \frac{3\mathcal{E}}{5L} = I|_{t=0}$$



По I-му нр-ну Кирхгоффа:

$$I = I_1 + I_2 + I_L$$

По II-му:

$$(1) \quad \mathcal{E} - L \frac{dI_L}{dt} = I R$$

$$(2) \quad -L \frac{dI_L}{dt} + 3L \frac{dI_2}{dt} = -I_2 \cdot 2R$$



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!



$$(3): -L \frac{dI_L}{dt} + 2L \frac{dI_1}{dt} = -I_1 \cdot R$$

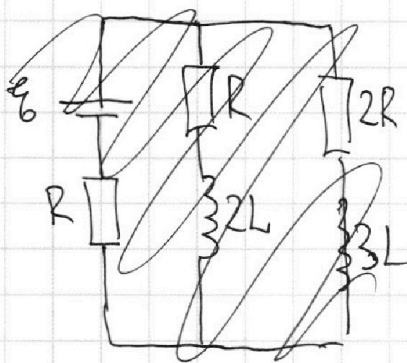
$$\Rightarrow \mathcal{E} = L \frac{dI_L}{dt} + I_1 R + I_2 R + I_L R$$

$$I_2 \cdot 2R = L \frac{dI_L}{dt} - 3L \frac{dI_2}{dt} \Rightarrow 2R \cdot I_2 dt = L dI_L - 3L dI_2$$

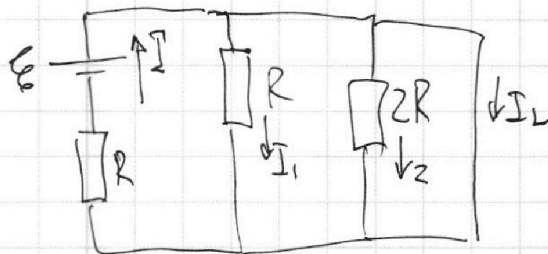
$$I_1 \cdot R = L \frac{dI_L}{dt} - 2L \frac{dI_1}{dt} \quad 2R \cdot dq_2 = L dI_2 - 3L dI_2$$

В уст-ой решиме ток через катушки:  $2L$

3) ~~мы~~ 4) Напрягем токи в кавом уст. решиме:



Аналогично 1-му пункту в уст. решиме напря-ия катушек равны 0.



$$I_1 = I_2 = 0 \\ I_L = I$$

$$\mathcal{E} = IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = 0 ; I_L = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

(5) Из 3-го пункта:

$$2R \cdot \int_0^{q_2} dq_2 = L \int_0^{I_2} dI_2 - 3L \int_0^{I_{20}} dI_2$$

$$\Rightarrow 2R \cdot q_2 = L \cdot I_2 - 3L(0 - I_{20}) = L \frac{\mathcal{E}}{R} + 3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$\Rightarrow 2R q_2 = \frac{8L\mathcal{E}}{5R} \Rightarrow q_2 = \frac{4L\mathcal{E}}{5R^2}$$

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$  ; 2)  $I_2|_{t=0} = \frac{3\mathcal{E}}{5L}$  ; 3)  $q_2 = \frac{4L\mathcal{E}}{5R^2}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

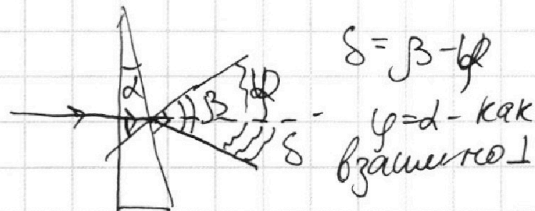
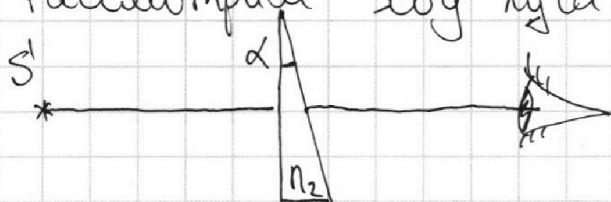
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



① Рассмотрим ход луча *идущий перпендикулярно к левой грани:*



$\delta = \beta - \alpha$   
 $\alpha = \alpha$  - как в задаче 1

Тогда из з-на Снелла:

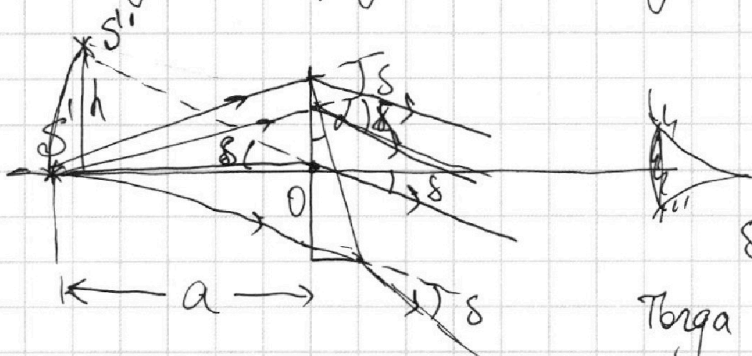
$n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$

Поскольку углы малы:

$n_2 \cdot \alpha = \beta \Rightarrow \delta = \beta - \alpha = (n_2 - 1) \alpha$

$\delta = \alpha (n_2 - 1) = 0,05 \cdot (1,6 - 1) = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад}$

② Все лучи формирующие изобр-ие падают под малыми углами на призму. Следовательно все лучи повернутся на один и тот же угол  $\delta$



Следовательно лучу будет казаться, что источник повернулся на угол  $\delta$  отн-ко м.О

Тогда ~~какое~~ расстояние между источником и его изобр-ем:

$r \approx h = a \cdot \tan \delta \approx a \cdot \delta \Rightarrow h = a \delta = 200 \cdot 0,03 = 6 \text{ см}$

$h \approx 6 \text{ см}$  в силу малости угла  $\delta$ .

③ Представим нашу систему как две призмы с углом ~~разреза~~  $\alpha$  и пластинку толщиной  $h$ .

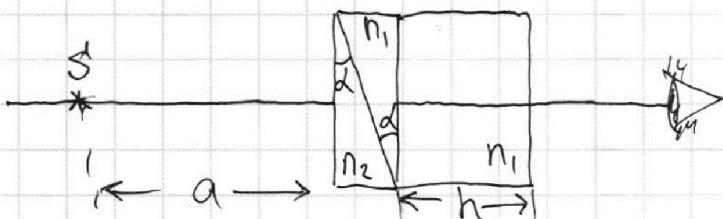
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

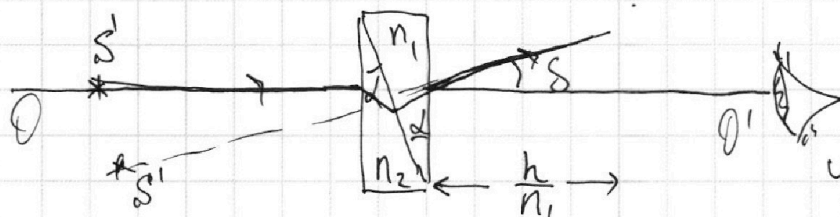
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Пластинку можно  
заменить на воздух  
 $d = \frac{h}{n_1}$

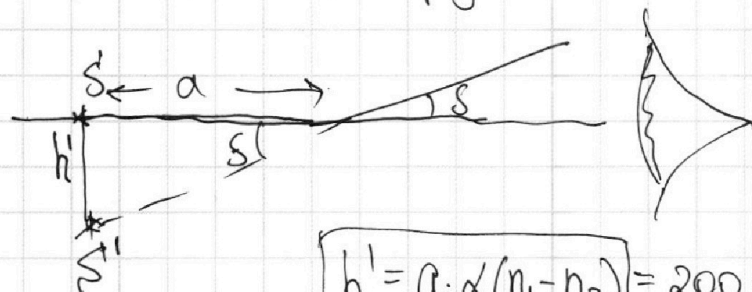


Далее проследим  
за лучем который  
выходит вдоль  $OO'$   
из источника  $S$ .

Пройдя через первую призму он повернется  
вниз на  $\delta_2 = \alpha(n_2 - 1)$  вниз, затем пройдя  
через вторую он повернется на  $\delta_1 = \alpha(n_1 - 1)$  вверх  
Тогда суммарно вверх луч повернется на

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 = \alpha(n_1 - 1) - \alpha(n_2 - 1) = \alpha(n_1 - n_2) = 0,05 \cdot (1,8 - 1,6) =$$

$$= 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ рад}$$



В таком случае  
новое расст. от  
ист. ка го изобрт.  
 $h' = a \cdot \tan \delta \approx a \cdot \delta$

$$h' = a \cdot \alpha(n_1 - n_2) = 200 \cdot 0,01 = 2 \text{ см.}$$

- Ответ:
- 1)  $\delta = \alpha(n_2 - 1) = 0,03 \text{ рад};$
  - 2)  $h = \alpha \cdot \delta = a \alpha(n_2 - 1) = 6 \text{ см};$
  - 3)  $h' = a \alpha(n_1 - n_2) = 2 \text{ см.}$





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
<input 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!



$$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{CO}_2} + \Delta p_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 V}{2RT_0}$$

$$p_{\text{CO}_2} V' = p_{\text{CO}_2} RT$$

$$p_{\text{CO}_2} \frac{7}{4} V = \frac{p_0 V}{2RT_0} \cdot \frac{4}{3} RT_0$$


$$p_{\text{CO}_2} = \frac{8}{7} p_0$$

$$p_{\text{N}_2} = 4p_0 - \frac{8}{7} p_0 =$$

$$= \frac{20}{7} p_0 = p_{\text{ATM}}$$

$$\Rightarrow p = 4p_0 = \frac{7}{5} p_{\text{ATM}}$$

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{7}{20} p_{\text{ATM}}$$

$p_{\text{ATM}}$    $T = 100^\circ\text{C}$

$p_{\text{ATM}}$

$$p_0 \frac{V}{4} = p_{\text{CO}_2} RT_0$$

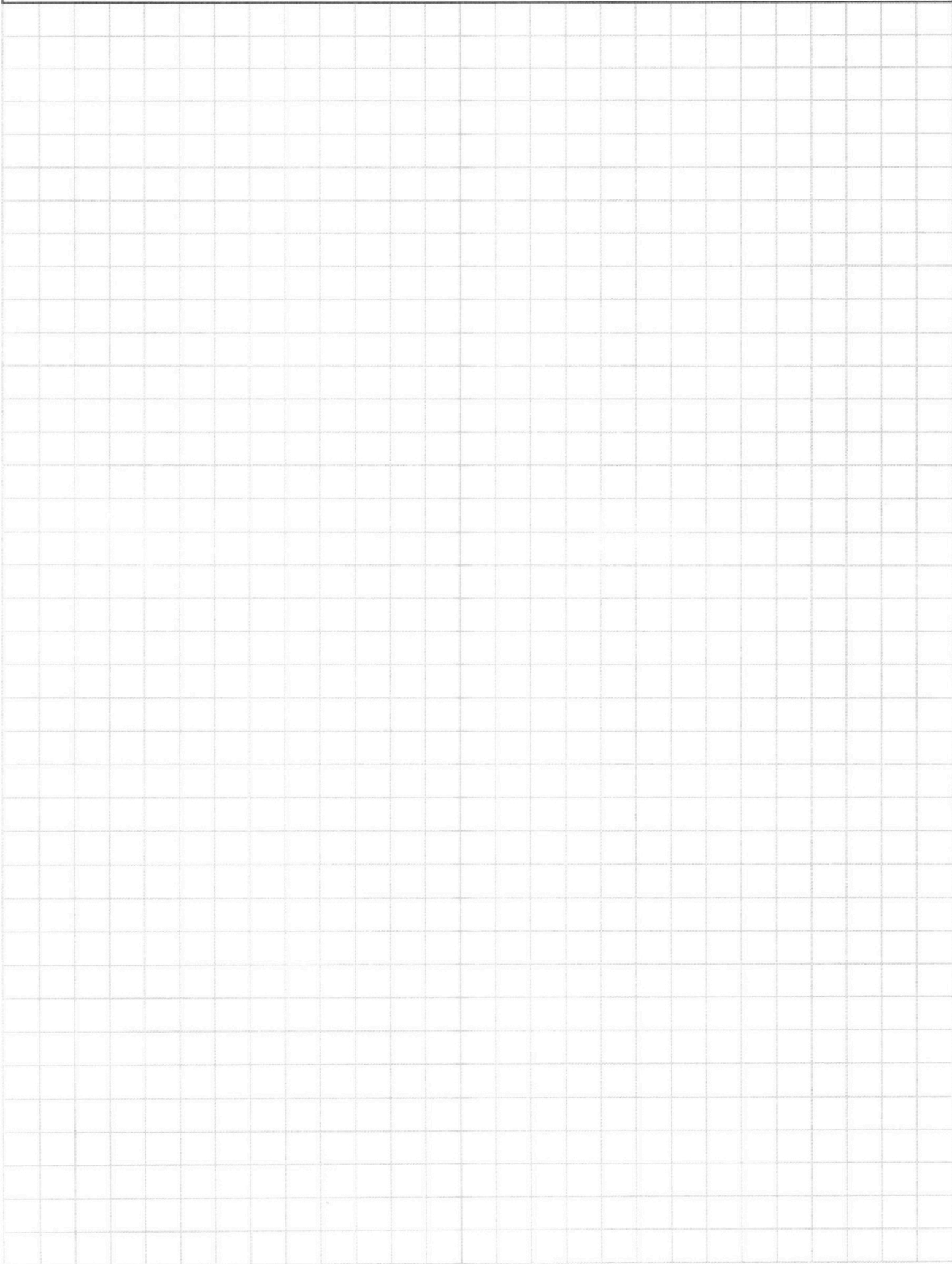
$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{p_{\text{N}_2}} = 2$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input 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

**МФТИ**

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



$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P \cdot \frac{5V}{6} = (\nu_{CO_2}' + \Delta \nu') RT$$

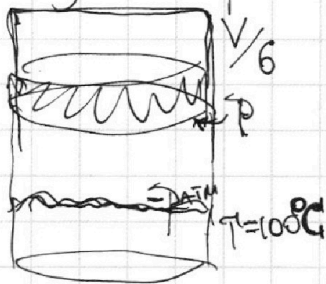
$$\Delta \nu' = k P \frac{V}{4}$$

$$P \cdot \frac{5V}{6} = \nu_{CO_2}' RT + k P \frac{V}{4} RT$$



$$\begin{aligned} \nu' + \frac{V}{6} + \frac{V}{6} &= V \\ \nu' &= V \left( 1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{6} \right) = \\ &= V \frac{24 - 4 - 6}{24} = \frac{14}{24} V = \\ &= \frac{7}{12} V \end{aligned}$$

Газ не растворяется  $\Rightarrow \nu_{CO_2}' = \text{const}$



$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P_{N_2} =$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \quad \nu_{\text{атм}}$$

$$P_{\text{атм}} = \frac{P}{4} RT_0$$

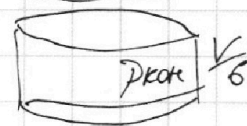
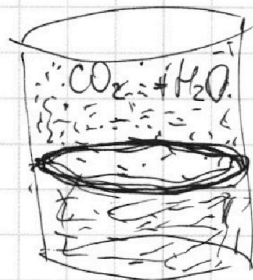
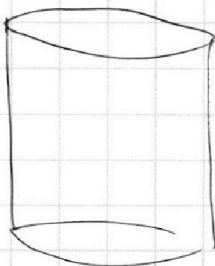
$$P \cdot \frac{V}{6} = \frac{4}{3} \nu_{N_2} RT_0$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = \frac{24}{8} P_0 \frac{V}{2}$$

$$P = 4P_0$$

$$P \nu' = \nu_{CO_2}' RT$$

$$P \cdot \frac{7}{12} V =$$



$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} \frac{4}{3} RT_0$$

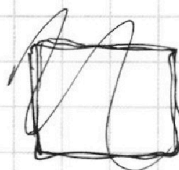
$$P \cdot \frac{V}{6} \cdot \frac{3}{4} = \nu_{N_2} RT_0 = P_0 \frac{V}{2}$$

$$\Rightarrow P = \frac{P_0}{2}$$

$$P = 4P_0$$

$$V - \frac{V}{6} \text{атм} = \frac{5V}{6}$$

$$\frac{5}{6} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3}$$



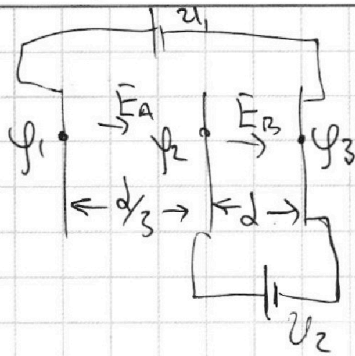
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = E_A \cdot \frac{d}{3} + E_B \cdot d$$

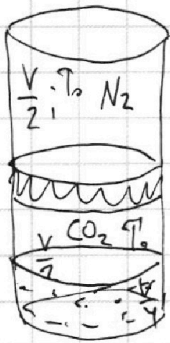
$$\varphi_2 - \varphi_3 = E_B \cdot d$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0}$$

$$2U = \frac{5}{3} \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0}$$

$$3 \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} = \frac{5}{3} \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} \Rightarrow \delta_1 = 0 \quad \delta_2 = 0 \quad \delta_3 = 0$$

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$



$$\Delta p = k p w$$

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_{N_2} R T_0 \Rightarrow \nu_{N_2} R T_0 = p_0 \frac{V}{2}$$

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

$$p_0 \frac{V}{2} = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_{CO_2} R T_0 + \Delta \nu_{CO_2} R T_0 = \nu_{CO_2} R T_0 + k p_0 \frac{V}{4} R T_0$$

$$\nu_{CO_2} R T_0 = \frac{p_0 V}{2} - k p_0 \frac{V}{4} R T_0$$

$$R T_0 \approx 3 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{моль}}$$

$$R \frac{4 T_0}{3} \approx 3 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{моль}}$$

$$R T_0 = \frac{3}{4} R T$$

$$\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{p_0 \frac{V}{2}}{p_0 \frac{V}{2} - k p_0 \frac{V}{4} R T_0} = \frac{1}{1 - \frac{k p_0 V R T_0}{2 p_0 V}} =$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{k R T_0}{2}} = \frac{1}{1 - \frac{0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{2}} = \frac{1}{1 - 0.9} =$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{3k}{8} R T} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{1 - \frac{27}{40}} = \frac{40}{13} = 3.08 \approx 10$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

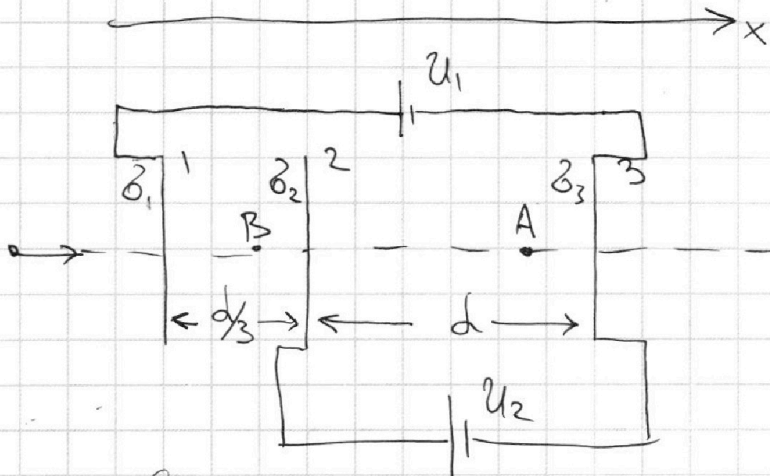


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$U_1 = 2U$$

$$U_2 = U$$



① Введём поверхностную  $n$ -ть заряда на каждой сетке  $\delta_1, \delta_2$  и  $\delta_3$ .

$U_1$  ЗСЗ:  $\delta_1 + \delta_3 = 0 \Rightarrow \delta_3 = -\delta_1$   $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0 \Rightarrow \delta_2 = \delta_1$   
 $\delta_2 + \delta_3 = 0 \Rightarrow \delta_1 = \delta_2$

Поле от сетки представим как поле от беск.  $n$ -ти  $E = \frac{\delta}{2\epsilon_0}$ . Тогда:

~~$$U_1 = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} \cdot d + \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0}$$~~

~~$U_1 = \frac{3\delta_1}{2\epsilon_0}$~~  Найдём поле в т. А и В:

$$Ox: E_B = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{3\delta_1}{2\epsilon_0}$$

② Тогда по  $II$ -му закону Ньютона для частицы

в т. А:  $Ox: ma_1 = E_A \cdot q \Rightarrow a_1 = \frac{E_A q}{m}$

③ Поскольку к пластинкам подключены батареи:

$$U_1 = E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot d; \quad U_2 = E_A \cdot d$$



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!



$$\Rightarrow U_1 = \frac{\beta_1}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} + \frac{3\beta_1}{2\epsilon_0} d = \frac{\beta_1 d}{6\epsilon_0} + \frac{3\beta_1 d}{2\epsilon_0} = \frac{10\beta_1 d}{6\epsilon_0}$$

$$= \frac{5}{3} \frac{\beta_1 d}{\epsilon_0}$$

$$U_2 = \frac{3\beta_1 d}{2\epsilon_0}$$

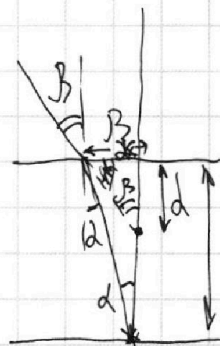
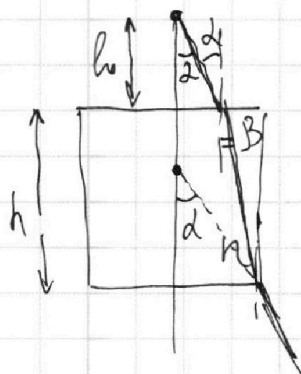
$$1 - \frac{m v_1 a_1}{P} = 1 - \frac{300 \cdot 27 \cdot 1}{405 \cdot 20} = 1 - \frac{1}{6}$$

$$q_2 = \int I_{2k} \cdot dt$$

$I_{2k} =$

$$F_{g\text{bur}} = \frac{m d \dot{d}}{dt} + F_c$$

$$P_{g\text{bur}} = \frac{m v \dot{d}}{2} + P_c \quad \frac{F_{g\text{bur}}}{F_c}$$



$$h d = \beta$$

$$d = \beta \sqrt{h}$$

$$x = d \beta$$

$$h = x \beta$$

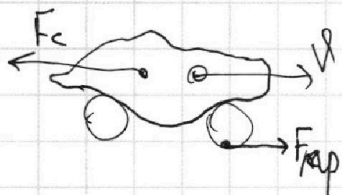
$$x = h d$$

$$\Rightarrow \beta = h \alpha \beta \Rightarrow d = h \frac{\alpha}{\beta} = \frac{h}{\beta}$$

$$m \frac{d \dot{d}}{dt} = F_{g\text{bur}} - F_c$$

$$P = F \cdot v = \text{const}$$

$$\frac{m d \dot{d} \cdot v}{dt} = \text{const} = m a \cdot v = P$$



$$F_{mp} - F_c = m \frac{d \dot{d}}{dt}$$

$$m d \dot{d} = \frac{P}{v}$$

$$F_{mp} \cdot dt - F_c \cdot dt = m d \dot{d}$$

$$\begin{array}{r} .10 \ 10 \\ -450 \\ \quad 75 \\ \hline -375 \end{array}$$

$a =$

$$F_{g\text{bur}} = m a = F_{g\text{bur}} - F_{\text{comp}}$$

$$P = F_{g\text{bur}} \cdot v \Rightarrow F_{g\text{bur}} = \frac{P}{v}$$

$$m a = \frac{P}{v} - F_{\text{comp}}, \Rightarrow F_{\text{comp}} = \frac{P}{v} - m a$$

$a =$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 405 \\ \quad 30 \\ \hline 12150 \end{array}$$

$$F_{g\text{bur}} = F_k$$

$$\begin{array}{r} 405 \ 19 \\ 36 \ 45 \\ \hline \end{array}$$

$$v_{\text{gem}} = F_k = P$$

$$v \cdot F_c = P$$

$$\begin{array}{r} 300 \ 4 \\ 28 \ 75 \\ \hline 20 \end{array}$$