



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



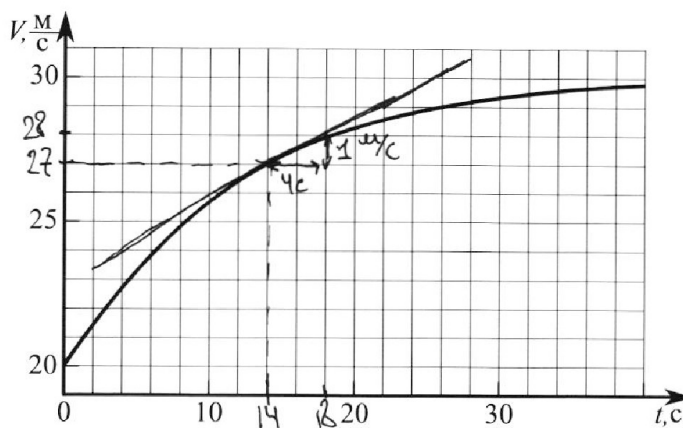
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 405$ Н.

1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

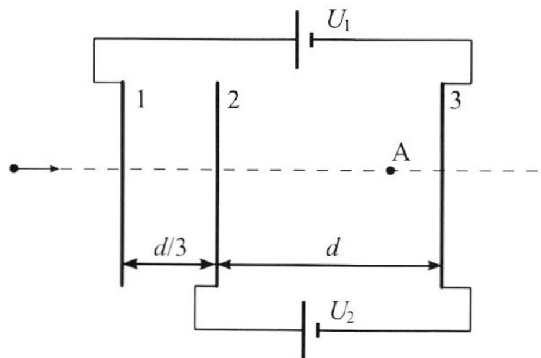
2) Определите конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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.

1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.

2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

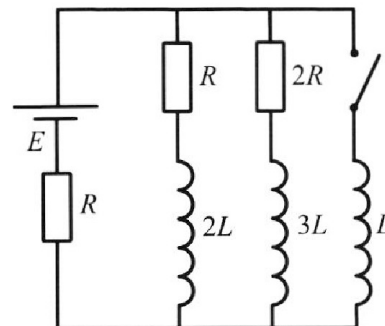
Вариант 11-02

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.

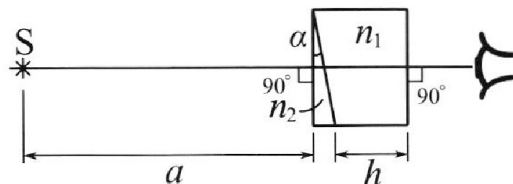


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

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 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 гр-ку II-го з-на Ньютона для момента t_1 , соответствующее $v = v_1$.

$$ma_1 = F_{\text{гвиз}_1} - F_{k1} \quad (1)$$

$$F_{\text{гвиз}_1} \cdot v_1 = P \text{ - по опр-ию мощности}$$

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow F_1 = \frac{405 \cdot 30}{27} - \frac{300}{4} = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$$

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

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

$$\Rightarrow P = P_{c1} + m v_1 a_1$$

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

$$\Rightarrow k = 1 - \frac{m v_1 a_1}{P} = 1 - \frac{300 \cdot 27 \cdot \frac{1}{4}}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{5}{6} = \frac{1}{6}$$

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

$\frac{P_{c1}}{P} = k$ - 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:



МФТИ

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

Ответ:

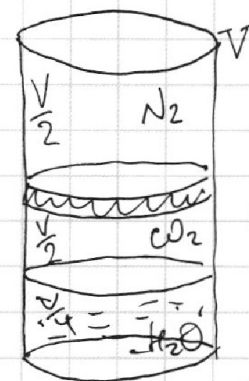
1) $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$;

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

3) $k = 1 - \frac{m \cdot v_1 \cdot a_1}{F_k \cdot v_{\text{уст}}} = \frac{5}{6}$.

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!



①. Для нач-го сост-ия (до нагрева).
Запишем ур-ие сост-ия для верхней и
нижней частей поршня:

для верхней: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{N_2} \cdot R T_0$ (1)

для нижней: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) R T_0$

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

из усл-ия: $\Delta \nu_{CO_2} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$

$\Rightarrow P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{CO_2} R T_0 + k P_0 \frac{V}{4} R T_0 \Rightarrow \nu_{CO_2} R T_0 = P_0 \cdot \frac{V}{2} - k P_0 \frac{V}{4} R T_0$

Тогда: $\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{P_0 \cdot \frac{V}{2}}{P_0 \cdot \frac{V}{2} - k P_0 \frac{V}{4} R T_0} = \frac{1}{1 - \frac{k P_0 V R T_0}{4 P_0 V} \cdot 2} = \frac{1}{1 - \frac{k R T_0}{2}}$

По усл-ию:

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

$\Rightarrow \frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} k R T} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 - \frac{9 \cdot 0.6 \cdot 3}{8}} = \frac{1}{1 - \frac{27}{40}} = \frac{40}{13}$

②. для нижней части,
для газообр. 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 раство-
рится в воде, то CO_2 углекислый газ, который
был в начале растворён в воде полностью
перейдёт газообр. 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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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-ия 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):

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

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

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

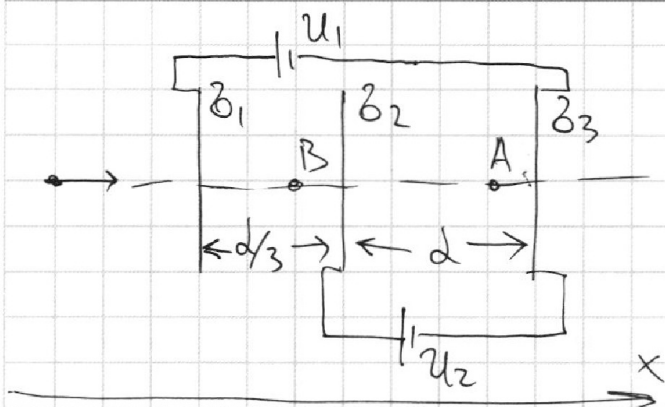
$$= \frac{\frac{4}{3} p_0 \frac{V}{4} + k p_0 \frac{V}{4} \cdot \frac{4}{3} RT_0}{\frac{7}{12} V} = \frac{4}{7} \frac{p_0}{2} + \frac{4}{7} k p_0 \frac{1}{3} RT_0 = \frac{4}{7} p_0 + \frac{4}{7} k p_0 RT_0$$

$p_{\pi} = p - p'_{CO_2}$ - из 3-я закона Давидсона

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

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 Введём для каждой пластины пов-ую м-ть заряда: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$

Тогда из усл-ия, что в начале сетки нет зарядов и ЗСЗ:

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

② ~~Для~~ Поскольку размеры

$$\Rightarrow \sigma_3 = -\sigma_1 - \sigma_2$$

сеток много больше d ,

то:

$$E_B = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{\epsilon_0}$$

$$U_1 = E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot d = \frac{\sigma_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0} = \frac{4\sigma_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0}$$

$$U_2 = E_A \cdot d = \frac{\sigma_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0}$$

По усл-ию: $U_1 = 2U$; $U_2 = U$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2U = \frac{4\sigma_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0} \\ U = \frac{\sigma_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0} \end{cases} \Rightarrow \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0} = U - \frac{\sigma_1 d}{\epsilon_0}$$

$$2U = \frac{4\sigma_1 d}{3\epsilon_0} + U - \frac{\sigma_1 d}{\epsilon_0} \Rightarrow U = \frac{\sigma_1 d}{3\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{\sigma_2 d}{\epsilon_0} = U - 3U \Rightarrow \sigma_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \sigma_3 = -\sigma_1 - \sigma_2 = -\frac{3U\epsilon_0}{d} + \frac{2U\epsilon_0}{d} = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}; \quad \sigma_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}; \quad \sigma_3 = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$

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. По II-му 3-му Ньютона для заряда в м.А:

$$m|a_1| = q \cdot |E_A| \Rightarrow |a_1| = \frac{q \cdot |E_A|}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{|z_1 + z_2|}{\epsilon_0} \cdot U$$

$$= \frac{q}{m} \cdot \frac{2\epsilon_0 d}{\epsilon_0} = \boxed{\frac{qU}{md} = |a_1|}$$

4. Поскольку система электрически-нейтральна (сумм. заряд 0), то внешнее поле равно 0 и следовательно частица полетит к 3-ей пластине с той же эк-в. что и на беск-ти.

Затем по теор. о кин. энергии:

$$k_2 - k_0 = A_{эл1}, \quad A_{эл1} = E_A \cdot d/3 = \frac{z_1 + z_2}{\epsilon_0} \cdot d/3 =$$

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

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

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

$$k_3 - k_2 = A_{эл2}, \quad A_{эл2} = E_A \cdot d =$$

$$\boxed{k_3 - k_2 = U} = \frac{z_1 + z_2}{\epsilon_0} \cdot d = \frac{2\epsilon_0 d}{\epsilon_0} \cdot U = U$$

5. Для перехода из беск-ти в м.А:

$$k_A - k_0 = A_{эл}, \quad A_{эл} = E_A \cdot d/3 + E_A \cdot 2d/3 =$$

$$k \cdot \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{7U}{3} = \frac{z_1 + z_2}{\epsilon_0} \cdot d/3 + \frac{z_1 + z_2}{\epsilon_0} \cdot 2d/3 =$$

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

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

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

Ответ: 1) $|a_1| = \frac{qU}{md}$,
2) $k_3 - k_2 = U$,
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:

$$K_A - K_0 = A_{эл}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = \frac{5}{3} U$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{5}{3} U + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_A^2 = \frac{10 U}{3 m} + v_0^2$$

$$v_A = \sqrt{\frac{10 U}{3 m} + v_0^2}$$

$$A_{эл} = E_0 \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{2d}{3} =$$

$$= \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} \frac{d}{3} + \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{\varepsilon_0} \cdot \frac{2d}{3} =$$

$$= \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} d + \frac{2 \varepsilon_2 d}{3 \varepsilon_0} = 3U + \frac{2}{3}(-2U) =$$

$$= 3U - \frac{4}{3}U = \frac{5}{3}U$$

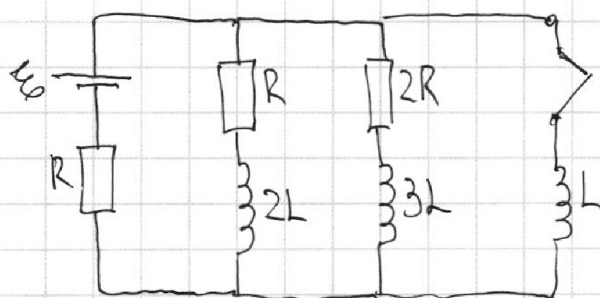
Ответ: 1) $|a_1| = \frac{qU}{md}$;

2) $K_3 - K_2 = U$;

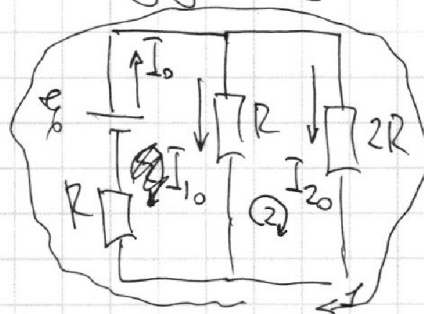
3) $v_A = \sqrt{\frac{10 U}{3 m} + v_0^2}$.

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 До замык-ия в уст.
решение напр-ие катушек
равны 0.
⇒ Схему можно заменить
на следующую:



По I-му пр-лу Кирхгофа:

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

По II-му пр-лу Кирхгофа:

$$(1): \quad E = I_0 R + I_2 \cdot 2R$$

$$(2): \quad E = I_0 R + I_1 \cdot 2R \quad I_0 R = I_2 \cdot 2R \Rightarrow I_0 = 2I_2$$

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

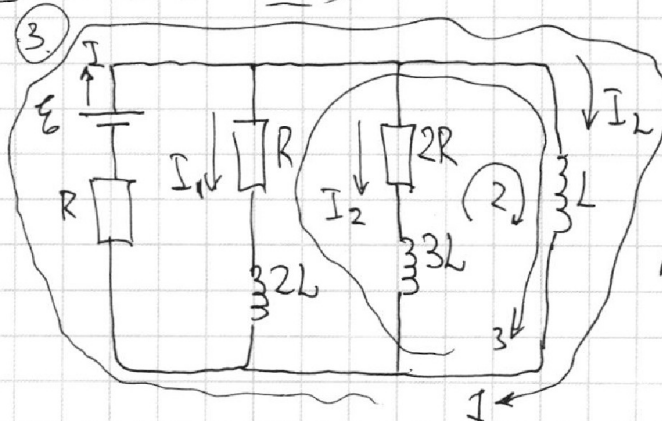
$$\Rightarrow E = 3I_2 \cdot R + 2I_2 \cdot R = 5I_2 R \Rightarrow I_2 = \frac{E}{5R}$$

② Сразу после замык-ия по II-му пр-лу Кирхгофа:

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

Токи через катушки не
изм-ял в силу сохр-ия
тока ⇒ $I_R = I_0$

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



По I-му пр-лу Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

По II-му:

$$(1): \quad E - L \frac{dI_1}{dt} = IR$$

$$(2): \quad -L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_2}{dt} = -I_2 \cdot 2R$$

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!



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

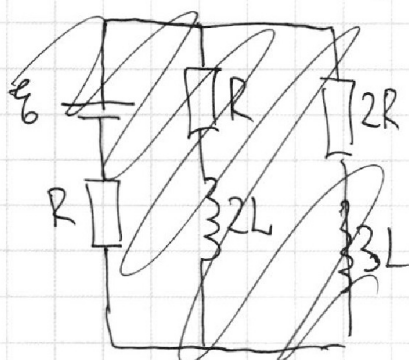
$$\Rightarrow \mathcal{E} = L \frac{dI_L}{dt} + I_1 R + I_2 R + I_L R$$

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

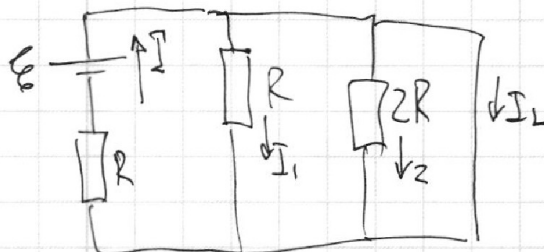
$$I_1 \cdot R = L \frac{dI_L}{dt} - 2L \frac{dI_1}{dt} \quad 2R \cdot dq_2 = L dI_L - 3L dI_2$$

В уст.-м режиме ток через катушки: 0

3) найти 4) найти ток в цепи уст. режиме:



Аналогично 1-му пункту в уст. режиме 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:

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

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

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

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

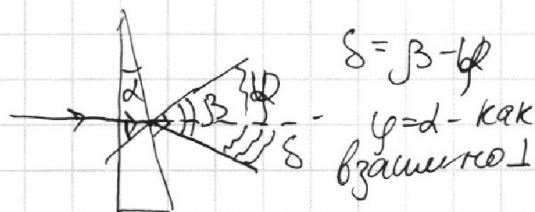
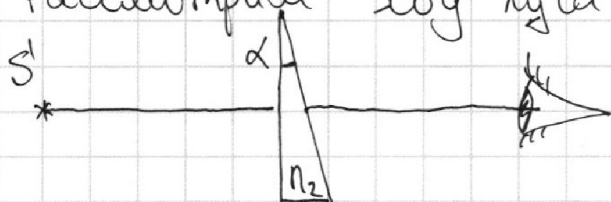
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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 левой грани:



Тогда из з-на Снелла:

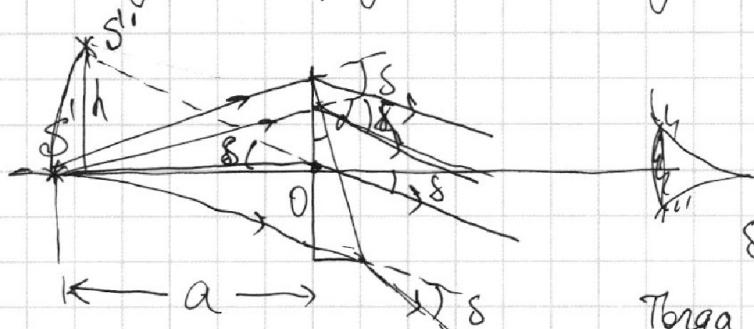
$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$$

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 δ



Следовательно глазу будет казаться, что источник повернулся на угол δ отн-ко м.О

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

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

$$h \approx 6 \text{ см}$$

- ③ Представим нашу систему как две призмы с углом ~~заклада~~ α и пластинку толщиной h .

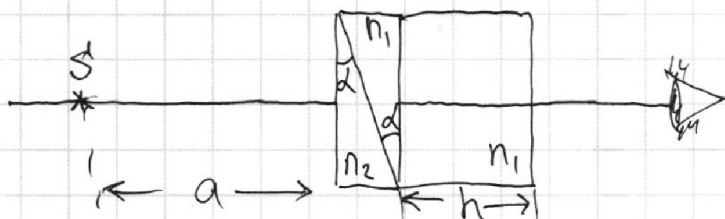
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

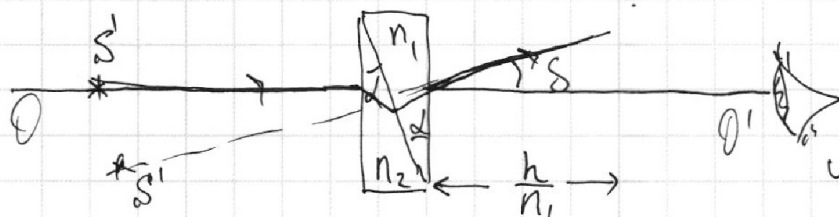
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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
 $d = \frac{h}{n_1}$

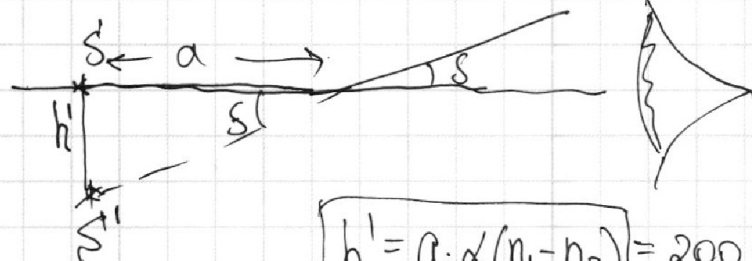


Далее проследим
за лучём который
выходит вдоль OO'
из источника S .

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 расс. от
ист.-ка до изобр-ти

$$h' = a \cdot \tan \delta \approx a \cdot \delta$$

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

- 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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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:

☐☐☐☐☐☐☐

МФТИ

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

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

$$p_0 V' = \nu_{\text{CO}_2} RT$$

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

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

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

$$V' + \frac{V}{4} + \frac{V}{6} = V$$

$$\Rightarrow V' = V \left(1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) =$$

$$= V \frac{24 - 4 - 6}{24} = \frac{14}{24} V = \frac{7}{12} V$$

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

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

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

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

$$p_{\text{ATM}}$$

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

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



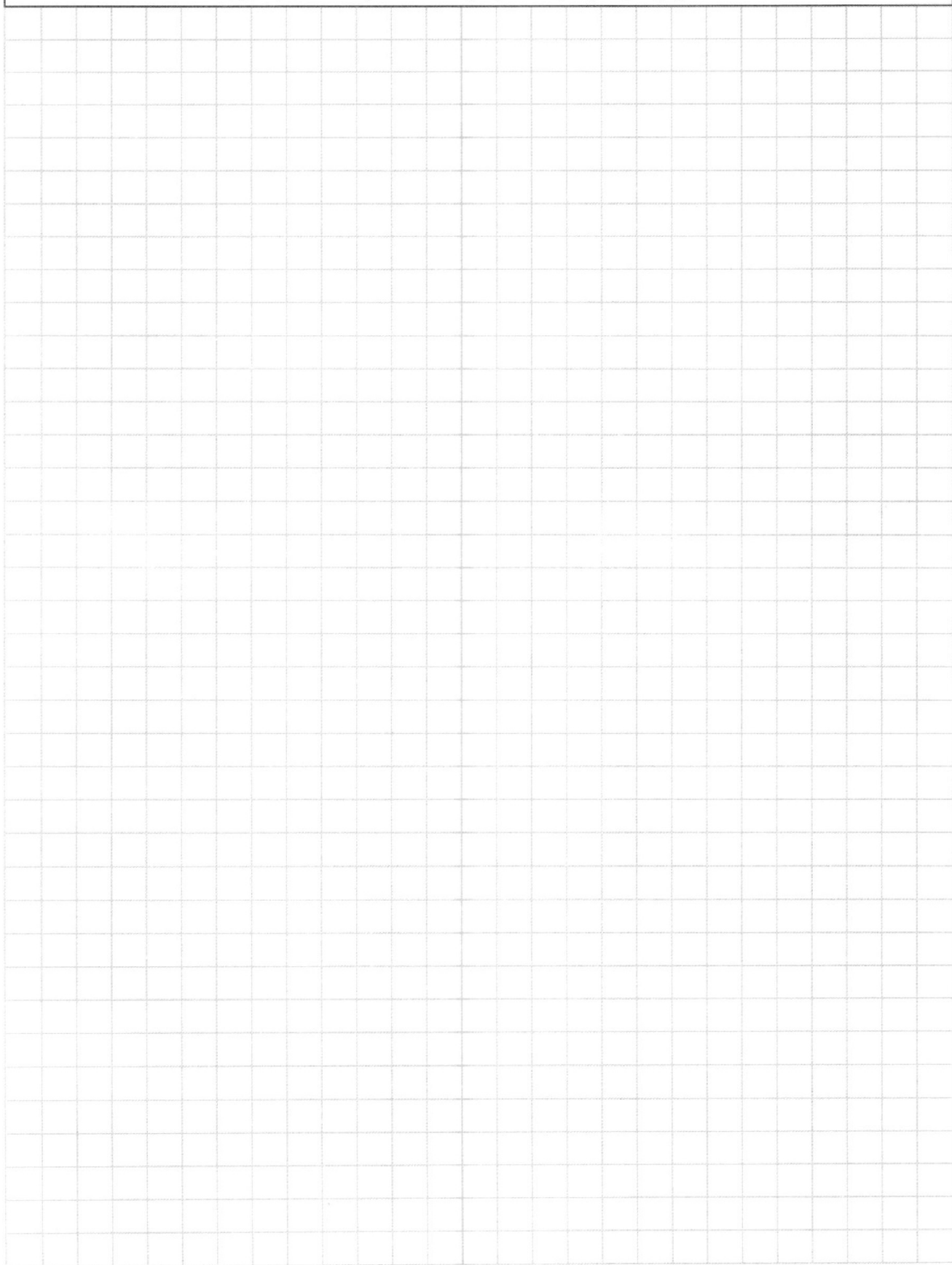
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

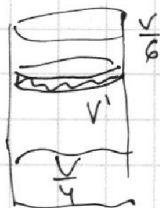


$$p \cdot \frac{V}{6} = p_{N_2} RT$$

$$p \cdot \frac{5V}{6} = (p'_{CO_2} + \Delta p') RT$$

$$\Delta p' = k p \frac{V}{4}$$

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



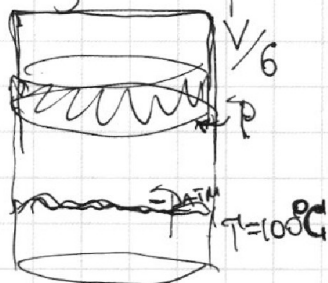
$$V' + \frac{V}{6} + \frac{V}{4} = V$$

$$V' = V \left(1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{4} \right) =$$

$$= V \frac{24 - 4 - 6}{24} = \frac{14}{24} V =$$

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

$p'_{CO_2} + \Delta p' = p'_{CO_2} + \Delta p$
Газ не растворяется $\Rightarrow p'_{CO_2} = \text{const}$



$$p \cdot \frac{V}{6} = p_{N_2} RT$$

$$p_{N_2} =$$

$$p_{\text{атм}} = p_0$$

$$p_{\text{атм}} = \frac{p}{\mu} RT_0$$

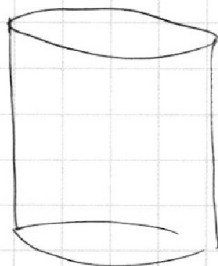
$$p \cdot \frac{V}{6} = \frac{4}{3} p_{N_2} RT_0$$

$$p \cdot \frac{V}{6} = \frac{24}{8} p_0 \frac{V}{2}$$

$$p = 4p_0$$

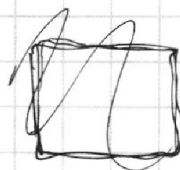
$$p V' = p_{CO_2} RT$$

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



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

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



$$p \cdot \frac{V}{6} = p_{N_2} RT$$

$$p \cdot \frac{V}{6} = p_{N_2} \frac{4}{3} RT_0$$

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

$$\Rightarrow p = \frac{p_0}{2}$$

$$p = 4p_0$$

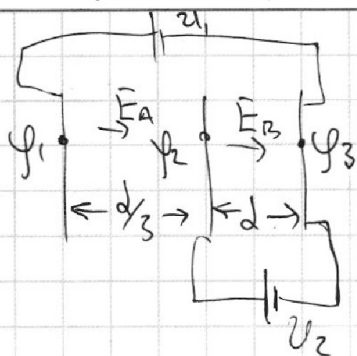
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1$$

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

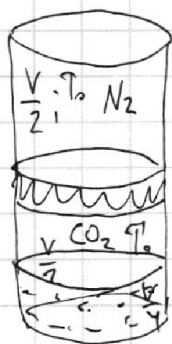
$$\varphi_2 - \varphi_3 = E_B \cdot d$$

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

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

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

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



$$\Delta p = k p w$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

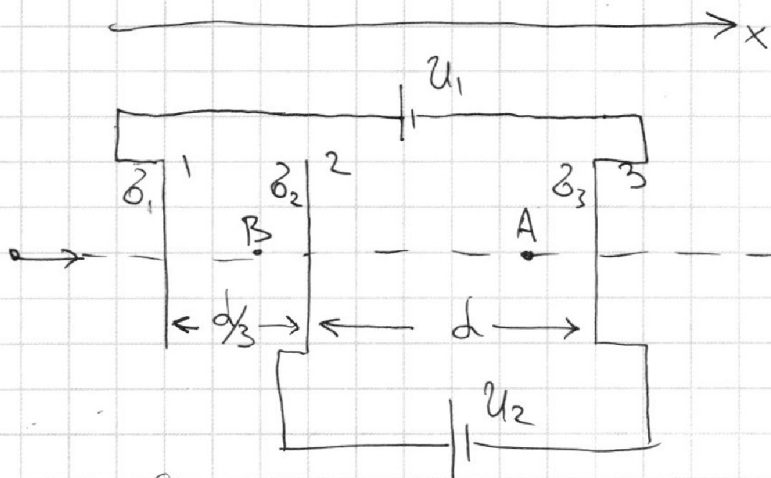
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 пл-ть заряда на каждой сетке δ_1, δ_2 и δ_3 .

из 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. пл-ти $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$. Тогда:

$$U_1 = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} d + \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d + \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d - \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d \left(2 - \frac{1}{3} \right) = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d \cdot \frac{5}{3}$$

Найдём поле в т. А и В:

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

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

② Тогда по II-му з-ну Ньютона для частицы в т. А: Ох: $ma_1 = E_A \cdot q \Rightarrow a_1 = \frac{E_A q}{m}$

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



$$\Rightarrow U_1 = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} + \frac{3\delta_1}{2\epsilon_0} d = \frac{\delta_1 d}{6\epsilon_0} + \frac{3\delta_1 d}{2\epsilon_0} = \frac{10\delta_1 d}{6\epsilon_0}$$

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

$$U_2 = \frac{3\delta_1 d}{2\epsilon_0}$$

$$1 - \frac{m v_1 a_1}{P} = 1 - \frac{300 \cdot 27 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2}{405 \cdot 20} = 1 - \frac{1}{6}$$

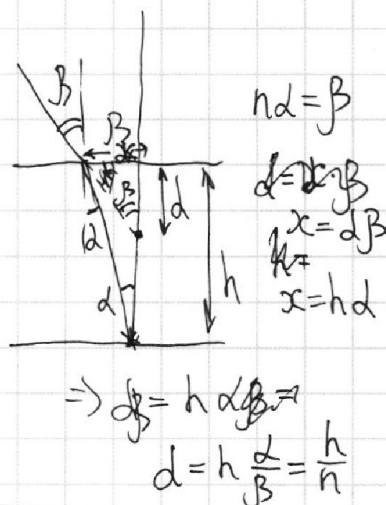
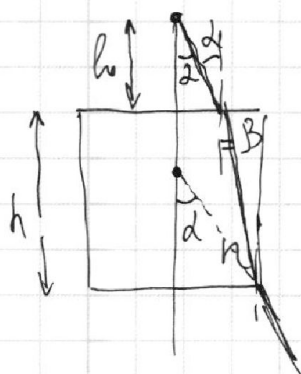
$$q_2 = \int I_{2k} \cdot dt$$

$$I_{2k} =$$

$$F_{gluz} = \frac{m d v}{dt} + F_c$$

$$P_{gluz} = \frac{m v^2}{2} + P_c$$

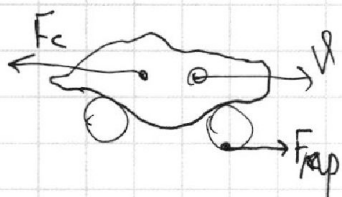
$$\frac{F_{gluz}}{F_c}$$



$$m \frac{dv}{dt} = F_{gluz} - F_c$$

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

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



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

$$m a = \frac{P}{v}$$

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

$$\begin{array}{r} 1010 \\ -450 \\ \hline 75 \\ -375 \\ \hline \end{array}$$

$$F_{gluz} = m a = F_{gluz} - F_{comp}$$

$$P = F_{gluz} \cdot v \Rightarrow F_{gluz} = \frac{P}{v}$$

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

$$a =$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ 30 \\ \hline 12150 \end{array}$$

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

$$F_{gluz} = F_k$$

$$v_{gen} = F_k = P$$

$$v \cdot F_c = P$$

$$\begin{array}{r} 30014 \\ 28 \\ \hline 2075 \end{array}$$