



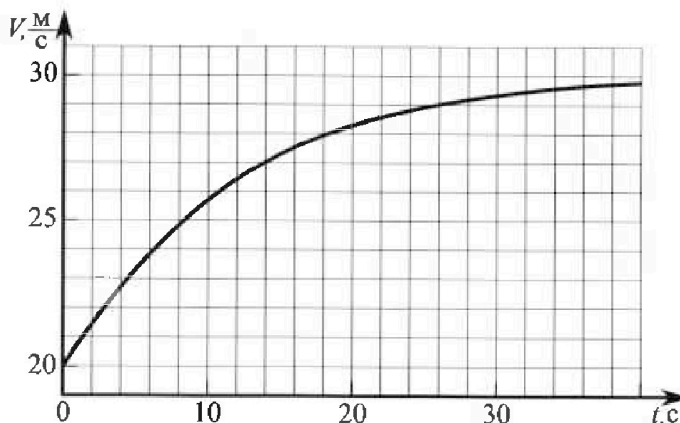
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



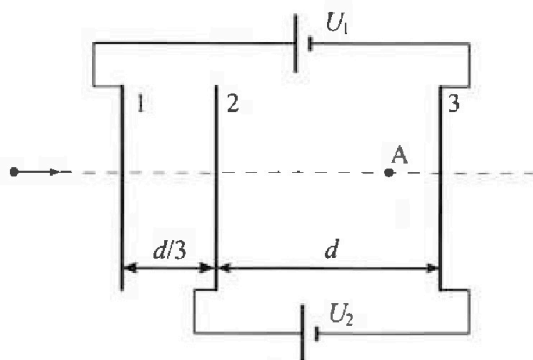
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.
 - 2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .
 - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?
- Требуемая точность численного ответа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

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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 $\Delta\nu$ растворённого газа в объёме жидкости ν пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta\nu = k p \nu$. 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

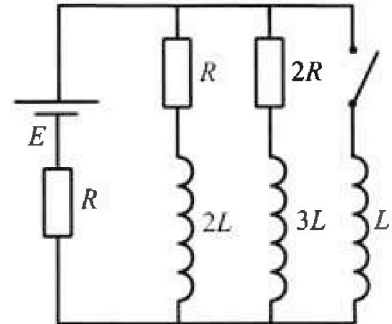
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 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 $n_в = 1,0$. 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.

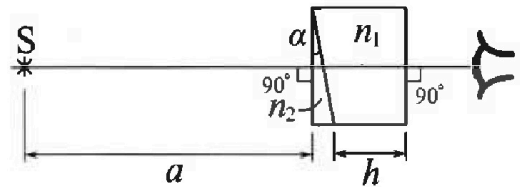


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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!

Дано:

траект $V(t)$

$V_1 = 27 \text{ м/с}$

$F_k = 405 \text{ Н}$

Найти:

1) a_1

2) F_1

3) $\frac{N_1}{N}$

Решение:

1) для определения a_1 по траекции мысленно проведем касательную к траекции с V_1 , касательная сила - это физическая

$V'(t) = a(t)$, тогда $\text{tg } \beta = a(t)$, где β - угол между касательной и осью t .

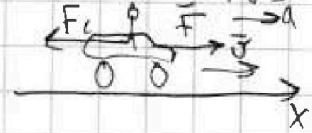
Касательная к V_1 будет примерно ~~пересекать~~ ^{проходить} ~~через~~ ^{через} точку

$t_1 = 10 \text{ с}$, $t_2 = 13 \text{ с}$, $V_1(t_1) = 27 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_1(t_2) = 26 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_1(t_2) = 23 \frac{\text{м}}{\text{с}}$,

тогда $a_1 = \text{tg } \beta = \frac{V_1(t_2) - V_1(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{23 - 27}{13 - 10} = -\frac{4}{3} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) II закон Ньютона для машины в (0) земли, которая является инерциальной:

$\vec{F} + \vec{F}_c = m\vec{a}$, F - сила тяги, F_c - сила сопротивления движению на ось x , $x \rightarrow \vec{j}$



$x: F - F_c = ma$

В конечный момент, когда разгон закончился $a_k = 0$, тогда:

$F_k^* - F_k = 0 \Rightarrow F^* = F_k$, где F^* - сила тяги в конце разгона.

$N = FV$ - по опред, где N - мощность без потерь, F - сила тяги, V - скорость автомобиля.

$N = F^* V_k$ - для конечного и $N = F_0 V_1$ - для начального, т.к. $N = \text{const}$ по условию.

$F^* = \frac{N}{V_k} = F_k \Rightarrow N = F_k V_k$, по условию $V_k \rightarrow 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_k = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$F_0 - F_1 = ma_1$, где F_0 - сила тяги без потерь в начале.

$F_0 = \frac{N}{V_1} = F_k \frac{V_k}{V_1} \Rightarrow F_1 = F_k \frac{V_k}{V_1} - ma_1 = 405 \cdot \frac{30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{4} = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$, где F_1 - сила сопротивления при $V_1 = 27 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $N_1 = F_1 V_1$ - мощность силы сопротивления, $N = F_k V_k$ тогда $\frac{N_1}{N} = \frac{F_1 V_1}{F_k V_k} = \frac{375 \cdot 27}{405 \cdot 30} = \frac{5}{6}$

Ответ: 1) $a_1 = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $F_1 = 375 \text{ Н}$, 3) $\frac{N_1}{N} = \frac{5}{6}$.

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. Печать QR-кода недоступна!

Решение:

1) Пусть $\nu_{\text{нач}}$ - кол-во в газоб. состоянии в верхней части, ν_N - кол-во в-во азота, $\Delta \nu$ - кол-во вещества CO_2 , расп. в воде вначале, ν_{CO_2} - кол-во в-во всего CO_2 .

2) Сначала N_2 занимал $\frac{V}{2}$, а $\nu_{\text{нач}}$ $\frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$, т.к. $\frac{V}{4}$ занимала вода. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для каждого вещества:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_N RT_0 \quad (1)$$

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_{\text{нач}} RT_0 \quad (2)$$

поделив (2) на (1): $\frac{p_0 \frac{V}{4}}{p_0 \frac{V}{2}} = \frac{\nu_{\text{нач}} RT_0}{\nu_N RT_0} \Rightarrow \frac{\nu_{\text{нач}}}{\nu_N} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\nu_N}{\nu_{\text{нач}}} = 2, \nu_N = 2\nu_{\text{нач}}$

3) Т.к. N_2 - идеальный газ, то $\nu_N = \text{const}$, $\nu_{\text{нач}} = \nu_N \Rightarrow \frac{\nu_N}{\nu_{\text{нач}}} = 2$ - отношение кол-в в-в в газоб. сост. вначале в верх. и ниж. частях.

$$4) \Delta \nu = k p_0 \frac{V}{4} = k \cdot \frac{2\nu_N RT_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = \frac{1}{2} k \nu_N RT_0, \text{ где}$$

$$p_0 = \frac{2\nu_N RT_0}{V} - \text{из уравн. Менд.-Клапейрона для } \text{N}_2 \text{ вначале, } \Delta \nu = k p w - \text{по з-му Бунзена}$$

5) после нагревания до $T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$:

Пусть в сосуде давление P , $\frac{5V}{6}$ - объем N_2 в конце, $\frac{5V}{6} - \frac{V}{4} = \frac{10-3}{12} V = \frac{7}{12} V$ - объем CO_2 в конце;

$$P \frac{5V}{6} = \nu_N RT \quad (3)$$

$$P_{\text{CO}_2} \frac{7V}{12} = \nu_{\text{CO}_2} RT \quad (4), \text{ где } P_{\text{CO}_2} - \text{парциальное давление } \text{CO}_2$$

$$P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}}, \text{ т.к. при } T = 100^\circ \text{C} \text{ давление пар. воды равно } P_{\text{атм}}$$

$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{нач}} + \Delta \nu$, т.к. весь при T CO_2 в воде практически не растворяется, а в начальном состоянии было примерно столько CO_2 , т.к. $p_{\text{H}_2\text{O}}$ вначале мало \Rightarrow самого H_2O вначале мало. Перепишем уравн. (3) и (4) с выше сказанными ~~мы~~ измерениями:

$$\frac{5V}{6} (P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}}) = 2\nu_{\text{нач}} RT, \quad \nu_N = 2\nu_{\text{нач}}$$

$$P_{\text{CO}_2} \frac{7V}{12} = (\nu_{\text{нач}} + \Delta \nu) RT \Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{12}{7V} (\nu_{\text{нач}} + \frac{1}{2} k \nu_N RT_0) = \frac{12}{7V} (\nu_{\text{нач}} + \frac{1}{2} k \cdot 2\nu_{\text{нач}} RT_0) RT =$$

$$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{12}{7V} \nu_{\text{нач}} (1 + k RT_0) RT \quad \text{и} \quad P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = \frac{12}{V} \nu_{\text{нач}} RT$$

$$\frac{12}{7V} \nu_{\text{нач}} (1 + k RT_0) RT + P_{\text{атм}} = \frac{12}{V} \nu_{\text{нач}} RT \Rightarrow \nu_{\text{нач}} \frac{12 RT}{V} \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{3} k RT_0\right) = P_{\text{атм}}$$

$$\nu_{\text{нач}} = \frac{P_{\text{атм}} V}{12 RT \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{3} k RT_0\right)}$$

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"/>

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

МОТИ

$$P = P_{\text{соз}} + P_{\text{атм}} =$$

$$P_{\text{соз}} = \frac{12V}{3V} I_{\text{ном}} (1 + kRT_0) RT = 7 \cdot \frac{P_{\text{атм}} V}{12RT}$$

$$P_{\text{соз}} = \frac{12V}{3V} I_{\text{ном}} (1 + kRT_0) RT$$

$$P_{\text{соз}} = \frac{12V}{3V} I_{\text{ном}} (1 + kRT_0) RT = \frac{12V}{3V} \cdot \frac{P_{\text{атм}} V (1 + kRT_0) RT}{12RT (1 - \frac{1}{3} - \frac{1}{4} kRT_0)} = \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{1 + \frac{3}{4} kRT}{\frac{6}{7} - \frac{1}{3} + \frac{3}{4} kRT} =$$

$$= \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{28 + 21kRT}{24 - 3kRT}$$

$$P = P_{\text{соз}} + P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{28 + 21kRT}{24 - 3kRT} + P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{28 + 21 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{24 - 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{28 + 21 \cdot 1,8}{24 - 3 \cdot 1,8} + P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}} \cdot 65,8}{7 \cdot 18,6} + P_{\text{атм}} = \frac{47}{93} P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} = \frac{140}{93} P_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) 2 ; 2) $\frac{140}{93} P_{\text{атм}}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Дано:

$d, U_1=U, U_2=2U$
 $q > 0, m, V_0$

Найти:

- 1) q_{23} ;
2) $K_1 - K_2$;
3) V_A

Решение:

1) в самом начале пластины не были заряжены $\Rightarrow q_0 = 0$, тогда $q_1 + q_2 + q_3 = q_0 = 0$ где

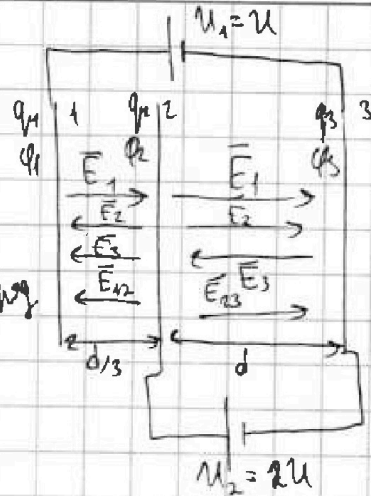
q_1 - заряд на 1 пластине,
 q_2 и q_3 - заряд на 2 и 3 соств. пластины соств, q_0 - общий заряд

2) $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - потенциалы на 1, 2, 3 пластине соств,
 $\varphi_1 - \varphi_2 = U_1 = U$
 $\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = 2U$

3) Предполагаем, что $q_1 > 0, q_2 > 0, q_3 > 0$, тогда

$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}, E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}, E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$, где S - площадь пластины

Направления $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$ изображены на рис в этом случае.



4) E_{12} - резулт. E м-у 1 и 2, E_{23} - резулт. E м-у 2 и 3. По принципу суперпозиции:

$E_{12} = E_2 + E_3 - E_1, E_{23} = E_1 + E_2 - E_3$ - для выб. направления E_{12} влево и E_{23} - вправо
 $E_{12} = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}, E_{23} = \frac{q_1 + q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}, E_{12}$ и E_{23} - const.

5) $\varphi_1 - \varphi_2 = E_{12} \frac{d}{3} = U$

$\varphi_2 - \varphi_3 = E_{23} d$

$\frac{d}{3} \cdot \frac{q_2 + q_3 - q_1}{2\epsilon_0 S} = U$

$U = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} d$

$q_2 + q_3 - q_1 = \frac{6U\epsilon_0 S}{d}$

$q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U}{d}$

Предполагая $\epsilon = 2\epsilon_0 S$ - const $\Rightarrow q_2 + q_3 - q_1 = \frac{3U\epsilon}{d}, q_1 + q_2 - q_3 = \frac{U\epsilon}{d}$

6) $\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0, & (1) \\ q_2 + q_3 - q_1 = \frac{3U\epsilon}{d}, & (2) \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{U\epsilon}{d}, & (3) \end{cases}$

(1) $q_2 = -q_1 - q_3$

(2) $q_2 + q_3 - q_1 - q_3 + q_3 - q_1 = \frac{3U\epsilon}{d}, \Rightarrow q_1 = -\frac{3U\epsilon}{2d}$

(3) $q_1 - q_1 - q_3 - q_3 = \frac{U\epsilon}{d}, \Rightarrow q_3 = -\frac{U\epsilon}{2d}$

Тогда $q_2 = +\frac{3U\epsilon}{2d} + \frac{U\epsilon}{2d} = \frac{2U\epsilon}{d}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

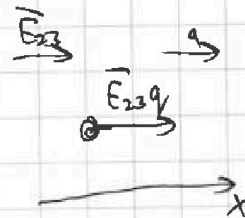


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Печать QR-кода неопустима!



$$\begin{aligned} \text{Д) } E_{12} &= \frac{q_2 + q_3 - q_1}{c} = \frac{\frac{4q}{d} - \frac{4qc}{d} - \frac{4qc}{2d} + \frac{5qc}{2d}}{c} = \frac{3qc}{d} = \frac{3U}{d} > 0, \text{ значит, } \vec{E}_{12} \text{ - влево} \\ E_{23} &= \frac{q_1 + q_2 - q_3}{c} = \frac{-\frac{4qc}{2d} + \frac{4q}{d} + \frac{4c}{d}}{c} = \frac{4q}{d} = \frac{U}{d} > 0, E_{23} \text{ - вправо} \end{aligned}$$

В) II закон Ньютона м-у 2 и 3 массами:



$$\vec{E}_{23} q = m a_{23}$$

на ось x, которая вправо:

$$\frac{U}{d} q = m a_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{Uq}{md}$$

г) Импульс $K_1 = \frac{mV_0^2}{2}$:

Закон сохранения энергии:

$$K_2 = K_1 + (q_1 - q_2)q, \quad \varphi_1 - \varphi_2 = -E_{12} \frac{d}{3}, \text{ т.к. } E_{12} \text{ против } \varphi_1 - \varphi_2$$

$$K_2 = K_1 - \frac{3U}{d} \cdot \frac{d}{3} q = K_1 - Uq$$

$$K_3 = K_2 + (q_2 - q_3)q, \quad \varphi_2 - \varphi_3 = E_{23}d$$

$$K_3 = K_2 + \frac{U}{d} d q \Rightarrow K_3 - K_2 = Uq$$

$$K_A = K_2 + (q_2 - q_A)q, \quad \varphi_2 - \varphi_A = E_{23} \frac{2}{3}d = \frac{U}{d} \cdot \frac{2}{3}d = \frac{2}{3}U$$

K_A - кин. энергия в точке A.

$$K_A = K_1 - Uq + \frac{2}{3}Uq$$

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{1}{3}Uq, \text{ где } J_A - J_B \text{ в точке A.}$$

$$J_A^2 = V_0^2 - \frac{2Uq}{3m}, \quad J_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$$

Ответ: 1) $a_{23} = \frac{Uq}{md}$; 2) $K_3 - K_2 = Uq$; 3) $J_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Решение: 1) до замыкания в установ. режиме

$U_{2L} = 0, U_{3L} = 0$, т.к. $I_1 = \text{const}, I_2 = \text{const}$, где

I_1 и I_2 — токи на $2L$ и $3L$ соотв., I_1 и I_2 — I через

$2L$ и $3L$ соотв.

2) Ток через R равен I ,

по 2-му закону Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2$$

3) методом потенциалов найдем φ , где φ — потенциал точки φ (см. на рис.)

$$I_1 = \frac{E - \varphi}{R}, \quad I_2 = \frac{E - \varphi}{2R}, \quad I = \frac{\varphi}{R}. \quad \text{Тогда: } \frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{R} + \frac{E - \varphi}{2R} \cdot 2R$$

$$4) I_2 = \frac{E - \frac{3}{5}E}{2R} = \frac{\frac{2}{5}E}{2R} = \frac{E}{5R}$$

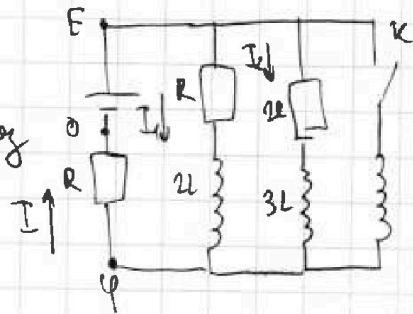
$$2\varphi = 2E - 2\varphi + E - \varphi \\ 5\varphi = 3E \Rightarrow \varphi = \frac{3}{5}E$$

5) $U_{1R} = 2R \cdot I_2 = 2R \cdot \frac{E}{5R} = \frac{2}{5}E$ — напряжение на $2R$ до замыкания

6) После замыкания ключа K : $U_L = U_{2R} = \frac{2}{5}E = L I'_L \Rightarrow I'_L = \frac{2}{5L}E$, где

I'_L — скорость возрастания тока в L

Ответ: 1) $I_2 = \frac{E}{5R}$, 2) $I'_L = \frac{2E}{5L}$.



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!

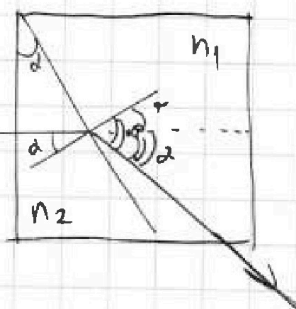
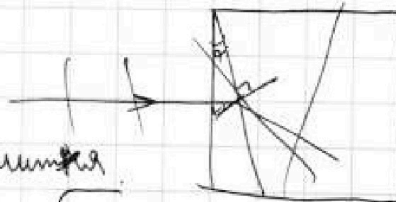
Решение:

1) луч I левой грани пройдет через нее без преломления

2) достигнув грани между n_2 и n_1 , луч преломится по закону Снеллиуса. соответствующий угол падения равен α , угол β - угол преломления, а γ - угол отклонения

3) По 3-му закону $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$, для малых α и β , $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta \Rightarrow n_2 \alpha = n_1 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$
 $n_2 > n_1 \Rightarrow \beta > \alpha$, тогда $\gamma = \beta - \alpha = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \alpha =$
 $= \frac{1,8}{1} \cdot 0,05 - 0,05 = 0,08 - 0,05 = 0,03 (\text{рад})$

4) после прохождения n_1 на грани n_1 и n_6 луч пройдет без преломления, т.к. $n_1 = n_6$, тогда окончательный луч от первоначального направ. равен $\gamma = 0,03$ рад.



Ответ: 1) 0,03 рад.

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!



$$1) P_0 \frac{V}{2} = 2J_N RT_0 \Rightarrow P_0 = \frac{2J_N RT_0}{V}$$

$$\frac{5V}{6} \frac{V}{4} = \frac{10V-3V}{12} = \frac{7V}{12}$$

$$P_0 \frac{V}{4} = J_{max} RT_0$$

$$J_{max} = J_N - \Delta J$$

$$2 = \frac{J_N}{J_{max}} \Leftrightarrow J_N = 2J_{max}$$

$$\frac{3}{7} \cdot 1,8 = \frac{3 \cdot 1,89}{8 \cdot 205} = \frac{21}{40} + \frac{2}{7} = \frac{289}{280}$$

$$\Delta J = k P_0 \frac{V}{4} = k \cdot \frac{2J_N RT_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = \frac{1}{2} k J_N RT_0$$

$$2) P \frac{V}{6} = J_N RT$$

$$J_N = J_{max} + \Delta J \rightarrow$$

$$P \frac{6V}{6}$$

$$P_0 \frac{7V}{12} = J_N RT$$

$$P = \frac{12V}{7} J_N RT + P_A =$$

$$P = P_N + P_A$$

305

$$P \frac{V}{6} = 2J_{max} RT$$

$$P_N \frac{7V}{12} = J_N RT$$

$$P_N = \frac{12V}{7V} J_N RT$$

$$(P_N + P_A) \frac{V}{6} = 2(J_N - \Delta J) RT$$

$$\left(\frac{12V}{7V} J_N RT + P_A\right) \frac{V}{6} = 2\left(J_N - \frac{1}{2} k J_N RT_0\right) RT$$

$$P_A \frac{V}{6} + \frac{12V}{7V} J_N RT \frac{V}{6} = 2J_N \left(1 - \frac{1}{2} k RT_0\right) RT$$

$$P_A \frac{V}{6} + \frac{2}{7} J_N RT = 2J_N \left(1 - \frac{1}{2} k R \cdot \frac{3}{4} T\right) RT$$

$$P_A \frac{V}{6} = 2J_N \left(1 - \frac{3}{8} k RT - \frac{2}{7}\right) RT$$

$$\frac{P_A V}{6} = 2J_N \left(1 - \frac{3}{8} k RT - \frac{2}{7}\right) RT$$

$$J_N = \frac{P_A V}{12 RT \left(1 - \frac{3}{8} k RT - \frac{2}{7}\right)}$$

$$L I_3' + 2E - \varphi$$

$$\varphi_1 - \varphi = 2L I_1'$$

$$\varphi_2 - \varphi = 3L I_2'$$

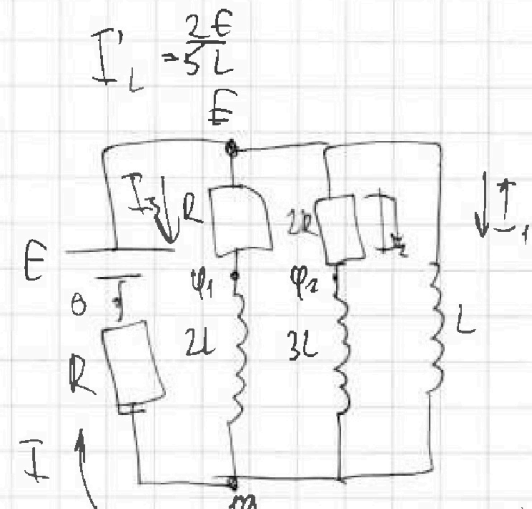
$$E - \varphi = L I_3'$$

$$2\varphi = 2E - 2\varphi_1 + E - \varphi_2 + 2RT I_1'$$

$$2E - 2\varphi = 2\varphi_1 + E - \varphi_2 + 2RT I_1' = 0$$

$$2L I_3' + 2E - \varphi - 2\varphi_1 - \varphi_2 + 2RT I_1' = 0$$

$$-2\varphi_1 + 2\varphi + \varphi - \varphi_2$$



$$I_L = \frac{2E}{5L}$$

$$\frac{329}{49} \frac{7}{47}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 189 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 116 \\ \hline 168 \\ \hline 21 \\ \hline 378 \\ \hline 27 \\ \hline 65,8 \end{array}$$

$$P = P_{cos} + P_{ATM}$$

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

$$\begin{array}{r} - 240 \\ 554 \\ \hline 185 \end{array}$$

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!

$$E_{12} = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{-\frac{3}{2}e + 2e}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{23} = \frac{U}{d}$$

$$E_{12} = \frac{q_2 + q_3 - q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{2e - \frac{e}{2} + \frac{3e}{2}}{2\epsilon_0 S} = \frac{3eU}{8d} = \frac{3U}{d}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -E_{12} \frac{d}{3}$$

$$K_2 = K_1 + (\varphi_1 - \varphi_2)q = K_1 + \frac{Uq}{3}$$

$$K_3 = K_2 + (\varphi_2 - \varphi_3)q = K_2 + Uq$$

$$K_3 - K_2 = Uq$$

$$K_3 = K_2 + E_{23} \cdot \frac{2}{3}d = K_2 + \left(\frac{Uq}{d} \cdot \frac{2}{3}\right) \cdot \frac{2}{3}d = K_2 + \frac{2}{3}Uq$$

$$K_2 = K_1 + (\varphi_1 - \varphi_2)q = K_1 - \frac{3U}{d} \cdot \frac{d}{3}q = K_1 - Uq$$

$$K_A = K_1 - Uq + \frac{2}{3}Uq = K_1 - \frac{1}{3}Uq$$

$$\frac{B \cdot K_A}{m} = \frac{2m \cdot K_A}{c^2} = \frac{Uq}{c^2}$$

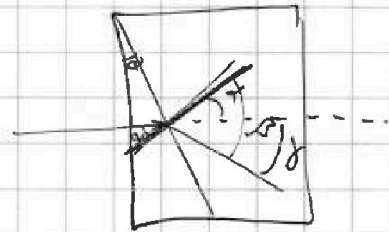
$$K_A = \frac{mJ_A^2}{2}$$

$$K_1 = \frac{mJ_0^2}{2}$$

$$\frac{mJ_A^2}{2} = \frac{mJ_0^2}{2} - \frac{1}{3}Uq \cdot \frac{2}{m}$$

$$J_A^2 = J_0^2 - \frac{2}{3} \frac{Uq}{m}$$

$$J_A = \sqrt{J_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$$



Answer: 1) $a_{23} = \frac{Uq}{dm}$, 2) $K_3 - K_2 = Uq$, 3) $J_A = \sqrt{J_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$

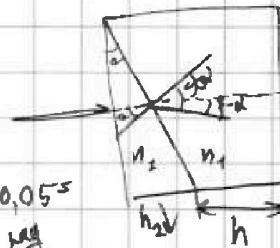
$$\sin \alpha n_2 = \sin \beta n_1$$

$$d, \beta \ll 1 \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta$$

$$dn_2 = \beta n_1$$

$$\beta = \frac{n_2}{n_1} d$$

$$\gamma = \beta - d = \frac{n_2}{n_1} d - d = \frac{n_2 - n_1}{n_1} d = \frac{1,6 - 1}{1} \cdot 0,05 = 0,6 \cdot 0,05 = 0,03 \mu\text{m}$$



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!

$$p_{\text{co}_2} \frac{6V}{6} = \nu_{\text{co}_2} R T$$

$$2) \nu_{\text{max}} = 2(\nu_{\text{co}_2} - \nu) = 2\nu$$

$$V_k = 29,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a_1 = \frac{30-29}{40-26} = \frac{1}{14} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$(p_{\text{co}_2} + p_{\text{атм}}) = \nu N R T$$

$$\varphi_4 - \varphi_3 = U_1$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

$$\varphi_4 - \varphi_2 = U_1 - U_2 = 2U - U = U$$

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 2U \\ \varphi_2 - \varphi_3 = U \\ \varphi_1 - \varphi_2 = U \end{cases}$$

$$\varphi_1 = \varphi_3 + 2U$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U$$

$$\varphi_3 + 2U - \varphi_2 = U$$

Дано:

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 > 0, q_2 > 0, q_3 > 0$$

$$E_{12} \frac{d}{3} = \varphi_1 - \varphi_2 = U$$

$$\frac{q_2 + q_3 - q_1}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} = U$$

$$E_{23} d = \varphi_2 - \varphi_3 = U$$

$$\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

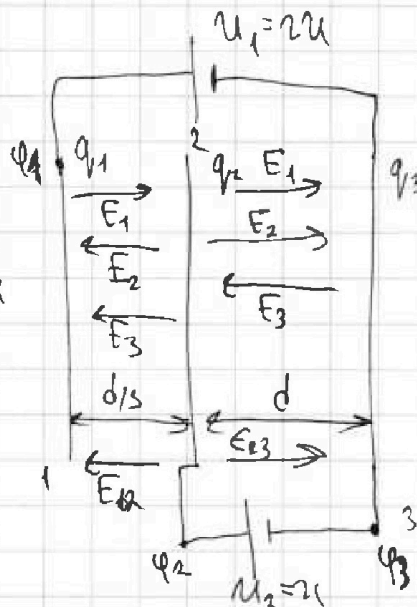
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = -q_3 - q_1$$

$$q_2 + q_3 - q_1 = \frac{6U\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow q_2 + q_3 - q_1 = 3C$$

$$q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow q_1 + q_2 - q_3 = C$$

$$-q_3 - q_1 + q_2 - q_1 = 3C$$

$$q_1 = -\frac{3C}{2}$$



$$F - F_4 = ma$$

$$F - F_4 = ma_1 = \frac{29-27}{22-14} = \frac{2}{8} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F - F_k = ma_k = 0$$

$$F - F_1 = ma_1$$

$$a_k = 0$$

$$F = F_k$$

$$F_1 - F_k = ma_k$$

$$F_{12} = E_2 + E_3 - E_1$$

$$E_{23} = E_1 + E_2 - E_3$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{12} = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$F_1 - F_k = ma_1 = 405 - 500 \cdot \frac{1}{4} = 340 \text{ Н}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{340}{405} = \frac{68}{81}$$

Ответ:

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

$$2) F_1 = 340 \text{ Н}$$

$$3) \frac{F_1}{F} = \frac{68}{81}$$

$$\begin{cases} q_1 = -\frac{3C}{2} \\ q_3 = -\frac{C}{2} \\ q_2 = 2C \end{cases}$$

$$C = \frac{2U\epsilon_0 S}{d}$$

$$E_{23} = \frac{U}{d}$$

$$q_2 = \frac{C}{2} + \frac{3C}{2} = 2C$$

$$23\text{H: } ma = qE_{23}$$

$$a_{23} = \frac{Uq}{dm}$$

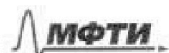
$$q_1 - q_3 - q_2 - q_3 = C$$

$$q_3 = -\frac{C}{2}$$

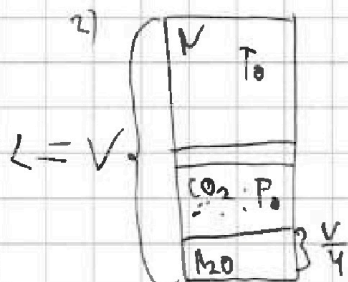
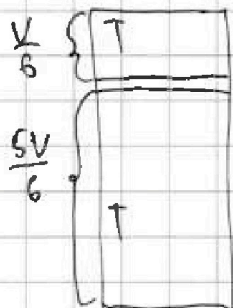
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$2BH: F - F_k = ma$$

$$F_k \sim J_{\text{полн}}$$

$$a = \frac{30 - 20}{40 - 20} = \frac{1}{10} \text{ м/с}^2$$

$$H: P_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = J_{CO_2} R T_0$$

$$2 = \frac{J_N}{J_{CO_2}}$$

$$J_N = 2 J_{CO_2}$$

$$J_N = J_{CO_2} + \Delta J$$

$$\Delta J = k p w$$

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

$$H: P_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = (J_{CO_2} - \Delta J) R T_0$$

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

$$K: P \frac{V}{6} = J_N R T$$

$$P \frac{5V}{6} = J_N R T$$

$$P = P_H + P_N$$

$$P_H + P_N \frac{5V}{6} = J_{CO_2} R T$$

$$P \frac{V}{6} = 2 J_{CO_2} R T$$

$$P \frac{5V}{6} = (J_{CO_2} + k p_0 \frac{V}{4}) R T$$

$$5 \pm \frac{J_{CO_2} + k p_0 \frac{V}{4}}{2 J_{CO_2}}$$

$$10 J_{CO_2} = J_{CO_2} + k p_0 \frac{V}{4}$$

$$9 J_{CO_2} = k p_0 \frac{V}{4} \Rightarrow p_0 V = \frac{36 J_{CO_2}}{k}$$

$$P_0 \frac{V}{2} = 2 J_{CO_2} R T_0$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{36 J_{CO_2}}{k} = 2 J_{CO_2} R T_0$$

$$18 J_{CO_2} = 2 J_{CO_2} R T_0$$

$$9 = 2 R T_0 = 2 \cdot R \cdot \frac{3}{4} T_0 = \frac{3}{2} R T_0 = \frac{13}{4} R T_0$$

$$\frac{9}{6} \cdot 10^4 = \frac{9}{2} \cdot 10^5$$

$$H: P_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0 \quad (1)$$

$$P_0 \frac{V}{4} = (J_{CO_2} - \Delta J) R T_0 \quad (2)$$

$$K: P \frac{V}{6} = J_N R T_0 \quad (3)$$

$$P \frac{5V}{6} = J_{CO_2} R T_0 \quad (4)$$

$$P = P_H + P_N \quad (5)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: 2 = \frac{J_N}{J_{CO_2} - \Delta J} \Rightarrow J_N = 2 J_{CO_2} - 2 \Delta J$$

$$J_N = 2 J_{CO_2}$$

J_N - количество молей азота
 J_{CO_2} - количество молей CO_2
 ΔJ - количество молей CO_2 в поршневом пространстве
 P_0 - атмосферное давление, p - давление газа
 J_{CO_2} - количество молей CO_2 в начале цикла

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!

$$J_{10} = \frac{E-\varphi}{R}, J_{20} = \frac{E-\varphi}{2R}, J = \frac{\varphi}{R}$$

$$J = J_{10} + J_{20}$$

$$\frac{\varphi}{R} = \frac{E-\varphi}{R} + \frac{E-\varphi}{2R} \quad | \cdot 2R$$

$$2\varphi = 2E - 2\varphi + E - \varphi$$

$$5\varphi = 3E$$

$$\varphi = \frac{3}{5}E$$

$$J_{20} = \frac{E - \frac{3}{5}E}{2R} = \frac{\frac{2}{5}E}{2R} = \frac{E}{5R}$$

$$U_R = J_{20} \cdot 2R = \frac{E}{5R} \cdot 2R = \frac{2}{5}E$$

$$U_L = U = LI'_L \Rightarrow I'_L = \frac{U}{L} = \frac{\frac{2}{5}E}{5L}$$

$$q' = I$$

$$U_{2R} = U_L = LI'$$

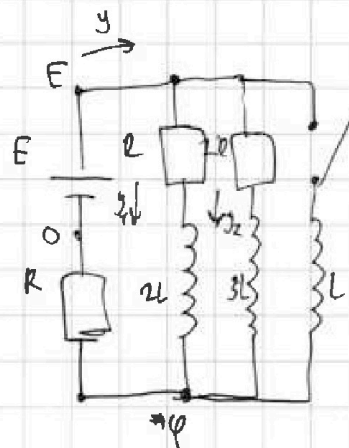
$$2R I_{2R} = LI'$$

$$2R \dot{q}_{2R} = L \cdot \ddot{q}$$

$$I = I_R + I_{2R} + I_L$$

$$I_R = 2I_{2R}$$

$$I = 3I_{2R} + I_L$$



$$\frac{5V}{8} - \frac{V}{4} = \frac{7}{12}V$$

$$P_{02} \frac{V}{2} = J_{max} RT_0 =$$

$$P_{02} \frac{V}{4} = J_{max} RT_0 \Rightarrow P_{02} = \frac{4 J_{max} RT_0}{V} = \frac{4 \cdot 3 J_{max} RT}{4V} = \frac{3 J_{max} RT}{V}$$

$$\frac{J_{max}}{J_{max}} = 2$$

$$\Delta V = k P_{02} \frac{V}{4} = k \cdot \frac{3}{4} \frac{J_{max} RT}{V} \cdot V = \frac{3}{4} J_{max} RT$$

$$(P_{CO2} + P_{amm}) \frac{V}{6} = 2 J_{max} RT$$

$$P_{CO2} \frac{2V}{12} = (J_{max} + \Delta V) / RT$$

$$P_{CO2} = \frac{12}{7V} (J_{max} + \frac{3}{4} J_{max} RT) RT$$

$$\frac{12}{7V} J_{max} (1 + \frac{3}{4} RT) RT + P_{amm} = \frac{12}{V} J_{max} RT$$

$$\frac{12}{V} J_{max} RT - \frac{12}{7} J_{max} (1 + \frac{3}{4} RT) RT = P_{amm}$$

$$\frac{12}{V} RT J_{max} (1 - \frac{1}{7} (1 + \frac{3}{4} RT)) = P_{amm}$$

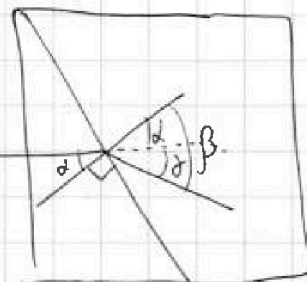
$$J_{max} = \frac{P_{aV}}{12RT (1 - \frac{1}{7} (1 + \frac{3}{4} RT))}$$

$$P_{CO2} = \frac{P_a \cdot (1 + \frac{3}{4} kRT) RT}{7 \cdot \frac{1 + \frac{3}{4} kRT}{1 - \frac{1}{7} (1 + \frac{3}{4} kRT)}} = \frac{P_a}{7} \cdot \frac{28 + 21kRT}{28 - 4 - 3kRT} =$$

$$= \frac{P_a}{7} \cdot \frac{28 + 21 \cdot 0,6 \cdot 3}{24 - 1,8 \cdot 3}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 1,8 \\ \hline 168 \\ 21 \\ \hline 378 \\ + 231 \\ \hline 658 \end{array}$$

$$P_a \cdot \frac{658}{24 - 5,4} = \frac{329}{2,93} P_a$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

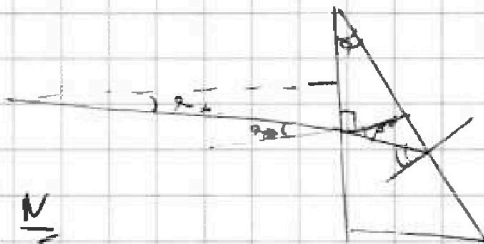
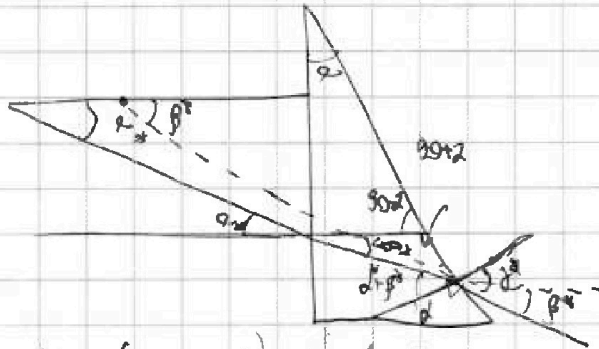
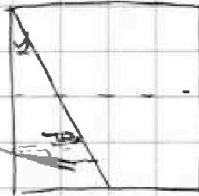
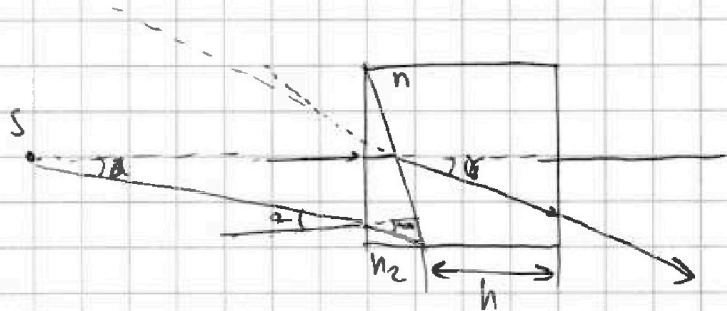
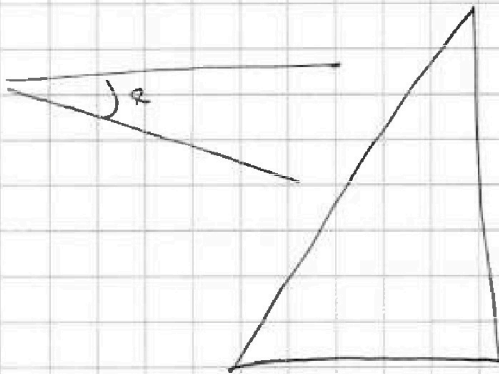
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$N = F \cdot \nu$$



$$130 - (90 + \alpha + \beta) = 90 - (\alpha + \beta)$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \alpha'$$

$$(n_1 + n_2) \sin \alpha = n_2 \sin \alpha'$$

$$\frac{375 \cdot 270}{485} = \frac{25}{30} = \frac{5}{6}$$

$$\frac{405}{35} \Big| \frac{9}{45}$$

$$\frac{375}{45} \Big| \frac{15}{25}$$

$$\frac{375}{35} \Big| \frac{15}{25}$$

$$F = \frac{N}{\nu}$$

$$\frac{N}{\nu} - F_k = 0 \quad | \cdot \nu \quad F_0 - F_k = m a_1$$

$$\frac{N}{\nu_k} = F_k$$

$$N - N_k = 0$$

$$N = F = \frac{N}{\nu} =$$

$$\frac{N}{\nu_1} - F_1 = m a_1$$

$$N = F_k \nu_k$$

$$F_k \cdot \frac{\nu_k}{\nu_1} - F_1 = m a_1$$

$$F_1 = 405 \cdot \frac{30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{3} = 450 - 100 = 350$$

$$\frac{F_1 \nu_1}{F_k \nu_k} = \frac{35 \cdot 27}{405 \cdot 30} = \frac{9}{10}$$



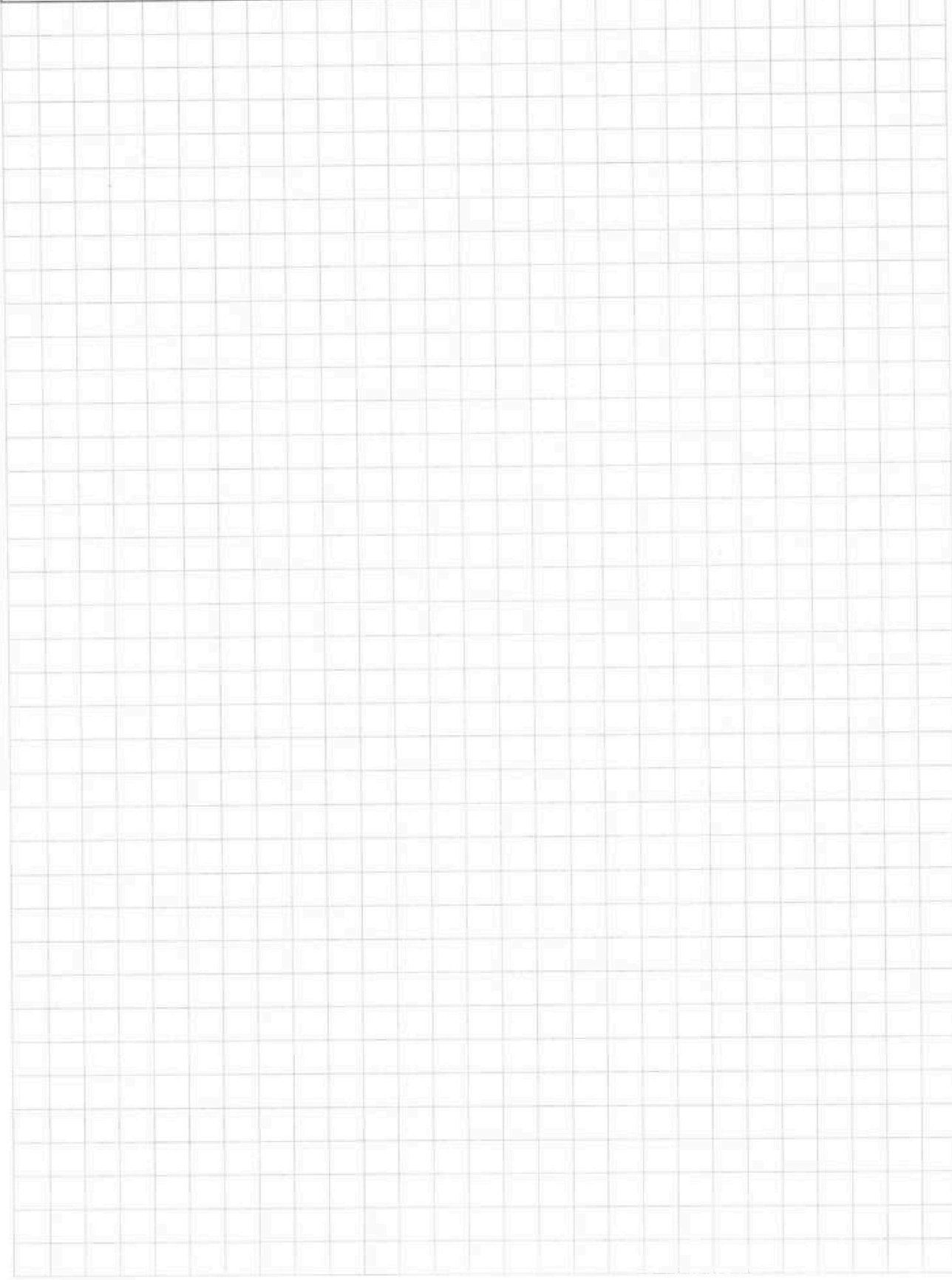
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





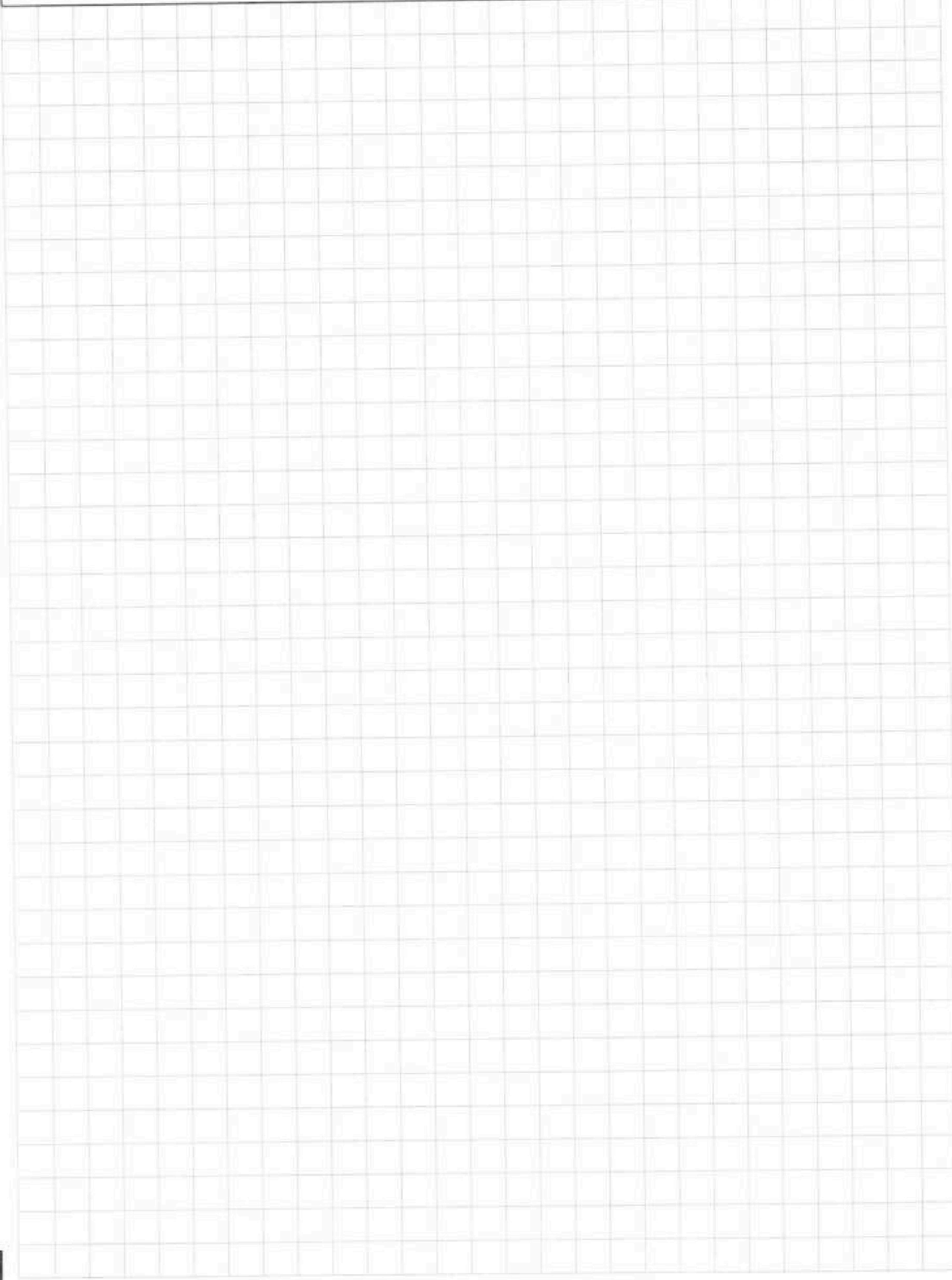
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/>



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"/>

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

