



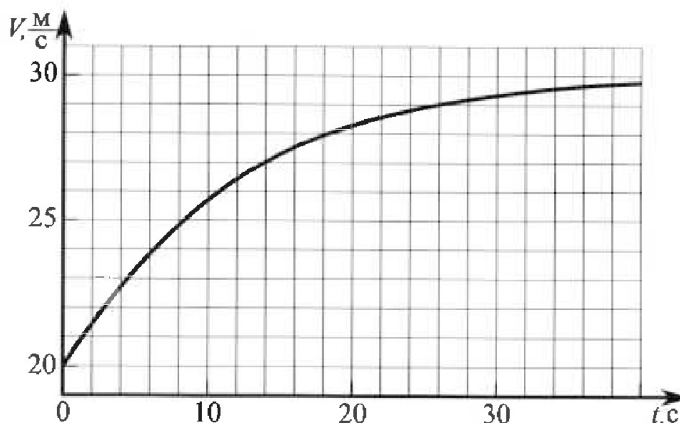
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

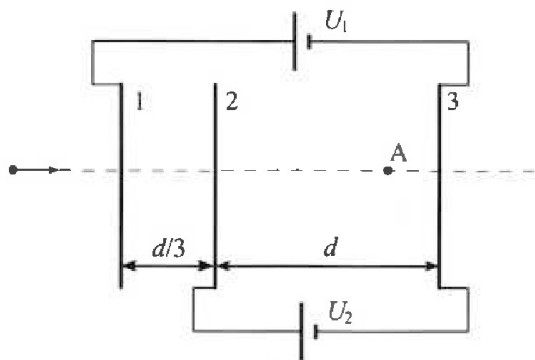
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости ω пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = k p \omega$. 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 A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

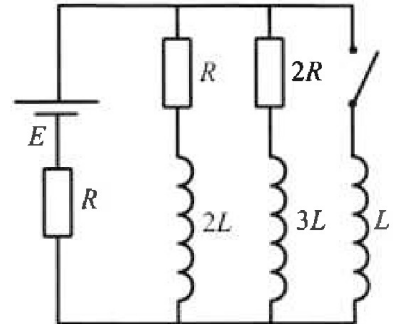
Вариант 11-02

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_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 $n_v = 1,0$. 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.

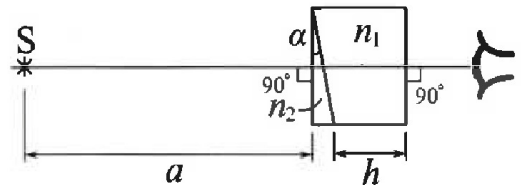


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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. Порука 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) $\frac{N}{N}$

Решение:

1) для определения a_1 по траект. мысленно проведем касательную к траект. с V_1 , касательная имеет физический смысл

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

Касательная к V_1 будет примерно пересекать траект. в точке

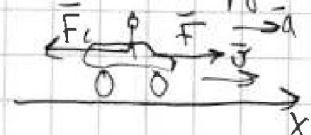
$$t_1 = 10 \text{ с}, t_k = 18 \text{ с}, V_1(t_1) = 27 \text{ м/с}, V_k(t_k) = 23 \text{ м/с},$$

$$\text{тогда } a_1 = \tan \beta = \frac{V_k(t_k) - V_1(t_1)}{t_k - t_1} = \frac{23 - 27}{18 - 10} = -\frac{4}{8} = -0,5 \text{ м/с}^2$$

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

$$\vec{F} + \vec{F}_c = m\vec{a}, \quad \vec{F} - \text{сила тяги}, \vec{F}_c - \text{сила сопротивления.}$$

сориентирован на ось x , $x \uparrow \vec{F}$



$$x: F - F_c = ma$$

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

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

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

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

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

$F_0 - F_1 = ma_1$, где F_0 - сила тяги без колес 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 $V_1 = 27 \text{ м/с}$

3) $N_1 = F_1 V_1$ - мощность силы сопротивления, $N = F_k V_k$ тогда частота, которая нужна на преодоление силы сопротивления равна $\frac{N_1}{N} = \frac{F_1 V_1}{F_k V_k} = \frac{375 \cdot 27}{405 \cdot 30} = \frac{5}{6}$.

Ответ: 1) $a_1 = -0,5 \text{ м/с}^2$; 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 , переш. в воду 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 состояния:

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

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

$$4) \Delta \nu = \kappa p_0 \frac{V}{4} = \kappa \cdot \frac{2\nu_{\text{нач}} RT_0}{\frac{V}{4}} \cdot \frac{V}{24} = \frac{1}{2} \kappa \nu_{\text{нач}} RT_0, \text{ где}$$

$$p_0 = \frac{2\nu_{\text{нач}} RT_0}{V} - \text{из уравн. Менд.-Клапейрона для } \text{N}_2 \text{ вначале, } \Delta \nu = \kappa p V - \text{по з-ну Бенгум}$$

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

Пусть в сосуде давление P , $\frac{V}{6}$ - 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; Менделеев-Клапейрона:

$$P \frac{V}{6} = \nu_{\text{нач}} RT \quad (3)$$

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

$P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}}$, т.к. при $T = 100^\circ \text{C}$ давление насыщен. паров H_2O 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. Перенесем правые чл. (3) и (4) с левых слагаемыми на измеренные:

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

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

$$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{12}{7V} \nu_{\text{нач}} (1 + \frac{1}{2} \kappa RT_0) RT \text{ и } P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = \frac{12}{V} \nu_{\text{нач}} RT$$

$$\frac{12}{7V} \nu_{\text{нач}} (1 + \frac{1}{2} \kappa RT_0) RT + P_{\text{атм}} = \frac{12}{V} \nu_{\text{нач}} RT \Rightarrow \nu_{\text{нач}} \frac{12RT}{V} (1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{14} \kappa RT_0) = P_{\text{атм}}$$

$$\nu_{\text{нач}} = \frac{P_{\text{атм}} V}{12RT (1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{14} \kappa RT_0)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МОТИ

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

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

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

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

$$P_{\text{соз}} = \frac{12V}{7} I_{\text{ном}} (1 + kRT_0) RT = \frac{12V}{7} \cdot \frac{P_{\text{атм}} V (1 + kRT_0) RT}{12RT (1 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} kRT_0)} = \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{1 + \frac{3}{4} kRT}{\frac{2}{3} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} kRT} =$$

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

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

$$= \frac{P_{\text{атм}}}{7} \cdot \frac{28 + 21 \cdot 1,8}{24 - 3 \cdot 0,8} + P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}} \cdot 65,8}{7 \cdot 18,6} + P_{\text{атм}} = \frac{47}{93} P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} = \frac{140}{93} P_{\text{атм}}$$

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

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!

Дано:

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

Найти:

- 1) q_{23} ;
- 2) $K_3 - K_2$;
- 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 соотв, q_0 - общий заряд

2) $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - потенциалы на 1, 2, 3

пластина соотв,

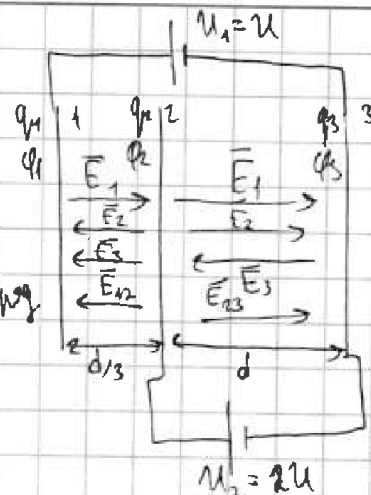
$\varphi_1 - \varphi_2 = U_1 = U$

$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = 2U$

3) Предполагая, 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 $\vec{E}_{12}$ влево и $\vec{E}_{23}$ вправо

$E_{12} = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}, E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}, E_{12} \text{ и } E_{23} - \text{const.}$

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

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:

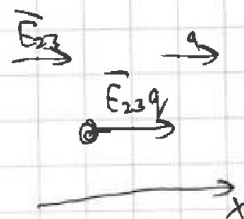
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$7) E_{12} = \frac{q_2 + q_3 - q_1}{c} = \frac{\frac{4q}{d} - \frac{4qc}{2d} - \frac{4qc}{2d} + \frac{5qc}{2d}}{c} = \frac{3qc}{d} = \frac{3q}{d} > 0, \text{ значит, } \vec{E}_{12} \text{ — влево}$$

$$E_{23} = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{c} = \frac{-\frac{4qc}{2d} + \frac{4q}{d} + \frac{4c}{2d}}{c} = \frac{4q}{d} = \frac{q}{d} > 0, E_{23} \text{ — вправо}$$



8) II закон Кулона м-у 2 и 3 точечными:

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

на ось x, которая вправо:

$$\frac{4q}{d} q = m a_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{4q}{m d}$$

$$9) \text{ Импульс } K_1 = \frac{m V_0^2}{2}:$$

Законом сохранения энергии:

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

$$K_2 = K_1 - \frac{3q}{d} \cdot \frac{d}{3} q = K_1 - \frac{4}{3} q^2$$

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

$$K_3 = K_2 + \frac{4}{3} q^2 \Rightarrow K_3 - K_2 = \frac{4}{3} q^2$$

$$K_A = K_2 + (q_2 - q_A) q, \quad q_2 - q_A = E_{23} \frac{2}{3} d = \frac{4}{d} \cdot \frac{2}{3} d = \frac{8}{3} q$$

K_A — кин. энергия в точке A.

$$K_A = K_1 - \frac{4}{3} q^2 + \frac{8}{3} q^2$$

$$\frac{m V_A^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - \frac{4}{3} q^2, \text{ где } V_A - V \text{ в точке A.}$$

$$V_A^2 = V_0^2 - \frac{8 q^2}{3 m}, \quad V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{8 q^2}{3 m}}$$

$$\text{Ответ: 1) } a_{23} = \frac{4q}{m d}; 2) K_3 - K_2 = \frac{4}{3} q^2; 3) V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{8 q^2}{3 m}}$$

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!



Решение: 1) до замыкания в установ. режиме

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

U_{2L} и U_{3L} — напряжения на $2L$ и $3L$ соотв., I_{10} и $I_{20} = I$ через $2L$ и $3L$ соотв.

2) Ток через R течет I ,

по 2-му закону сохранения заряда:

$$I = I_{10} + I_{20}$$

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

$$I_{10} = \frac{E - \varphi}{R}, I_{20} = \frac{E - \varphi}{2R}, I = \frac{\varphi}{R}. \text{ Тогда: } \frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{R} + \frac{E - \varphi}{2R} \cdot 2R$$

$$4) I_{20} = \frac{E - \frac{2}{5}E}{2R} = \frac{\frac{3}{5}E}{2R} = \frac{3E}{10R}$$

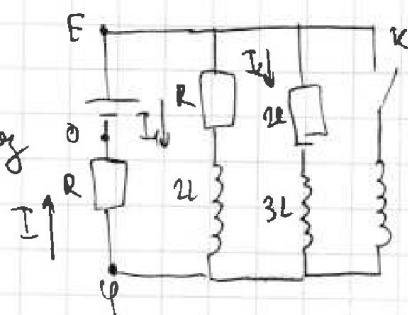
$$2\varphi = 2E - 2\varphi + E - \varphi \\ 5\varphi = 3E \Rightarrow \varphi = \frac{3}{5}E$$

$$5) U_{1R} = 2R \cdot I_{20} = 2R \cdot \frac{3E}{10R} = \frac{2}{5}E - напряжение на $2R$ до замыкания$$

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

I'_L — скорость возрастания тока в L

$$\text{Ответ: } 1) I_{20} = \frac{3E}{10R}, 2) I'_L = \frac{2E}{5L}.$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

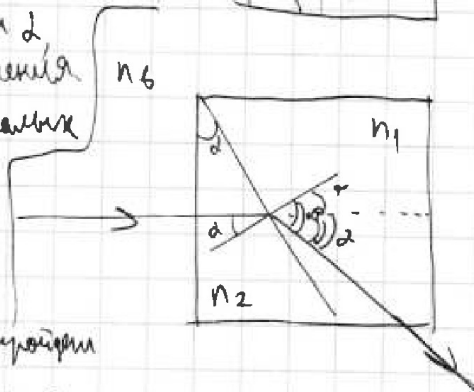
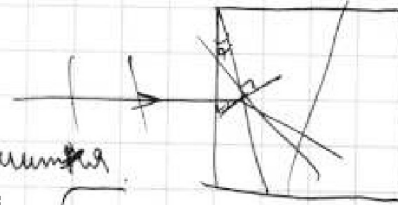
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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 $\perp$ левой грани пройдет через нее без преломления
- 2) достигнув грани между n_2 и n_1 , луч преломится из вакуума. соотношений углов падения равен α и 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 $\gamma = \beta - \alpha = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \alpha =$
 $= \frac{1,08}{1} \cdot 0,05 - 0,05 = 0,08 - 0,05 = 0,03 (\text{рад})$
- 4) после прохождения n_1 на грани n_1 и n_2 луч пройдет без преломления, т.к. $n_1 = n_2$, тогда отклонение луча от первоначального направ. равен $\gamma = 0,03 \text{ рад}$.



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. Понча QR-кода недопустима!

МФТИ

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

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

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

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

$$2 = \frac{J_N}{J_{\text{max}}} \Rightarrow J_N = 2J_{\text{max}}$$

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

$$\frac{3}{7} \cdot 18 = \frac{3 \cdot 189}{8 \cdot 105} = \frac{21}{40} + \frac{2}{7} = \frac{289}{280}$$

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

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

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

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

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

$$P = P_N + P_A$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

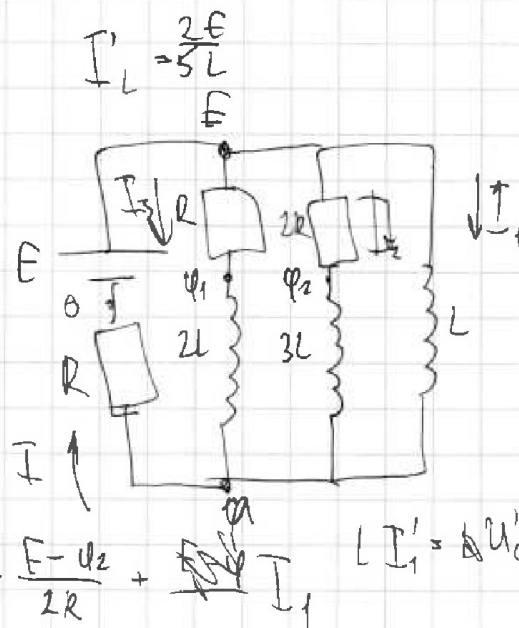
$$E - \varphi = L I_3'$$

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

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

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

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



$$L I_1' = \Delta U_1'$$

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!

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

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

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

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

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

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

$$K_3 - K_2 = Uq$$

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

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

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

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

$$K_A = \frac{m J_A^2}{2}$$

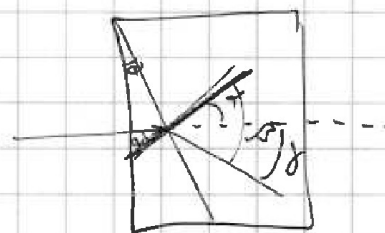
$$K_1 = \frac{m J_0^2}{2}$$

$$\frac{m J_A^2}{2} = \frac{m J_0^2}{2} - \frac{1}{3}Uq \cdot \frac{2}{m}$$

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

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

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



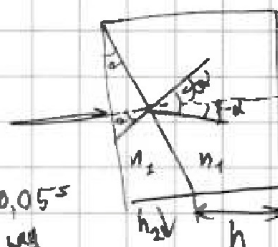
$$\sin 2n_2 = \sin \beta n_1$$

$$2, \beta \ll 1 \Rightarrow \sin 2 \approx 2, \sin \beta \approx \beta$$

$$2n_2 = \beta n_1$$

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

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



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!

$$p_{\text{coz}} \frac{6V}{6} = j_{\text{coz}} R T$$

$$2) j_{\text{max}} = 2(j_{\text{coz}} - \Delta V) = 2N$$

$$V_K = 29,8 \frac{\text{M}}{\text{C}}$$

$$a_1 = \frac{30-29}{40-16} = \frac{1}{14} \frac{\text{M}}{\text{C}^2}$$

$$(p_{\text{coz}} + p_{\text{ATH}}) = j_{\text{NRT}}$$

$$\varphi_4 - \varphi_3 = U_1$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

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

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

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

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U$$

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

Далее:

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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

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

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

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

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

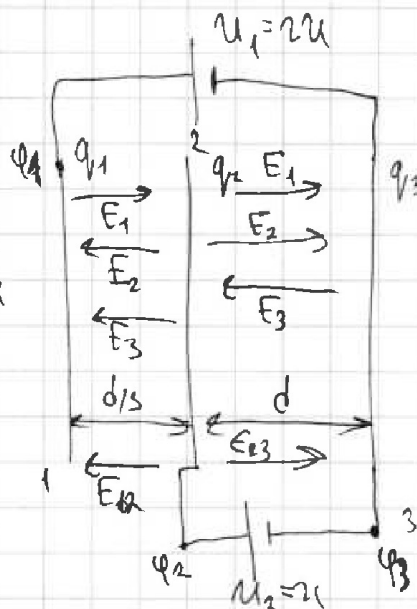
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = -q_3 - q_1$$

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

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

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

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



$$F - F_4 = ma$$

$$q_3 F - F$$

$$a_1 = \frac{29-27}{22-14} = \frac{2}{8} = 0,25 \frac{\text{M}}{\text{C}^2}$$

$$F - F_K = m a_K = 0$$

$$F - F_1 = m a_1$$

$$a_K = 0$$

$$F = F_K$$

$$F_1 - F_K = m a_K$$

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

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

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

$$F_1 - F_K = m a_1 = 405 - 500 \cdot \frac{1}{4} = 340 \text{ H}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{340}{505} = \frac{68}{101}$$

Ответ:

$$1) a_1 = 0,25 \frac{\text{M}}{\text{C}^2}$$

$$2) F_1 = 340 \text{ H}$$

$$3) \frac{F_1}{F} = \frac{68}{101}$$

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

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

$$23 \text{ H: } ma = q E_{23}$$

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

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

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

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

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

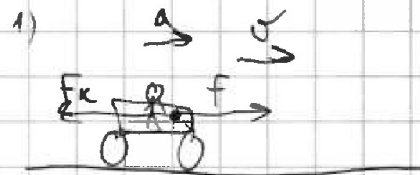
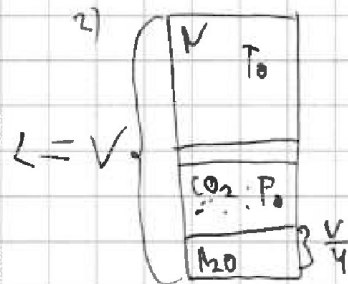
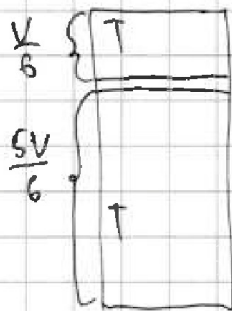
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$23H: F - F_k = ma$$

$$F_k \sim J_{\text{тр.}}$$

$$a = \frac{30 - 20}{40 - 20} = \frac{1}{10} \frac{m}{c^2}$$

$$H: p_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{4} = J_{CO_2} R T_0$$

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

$$J_N = 2 J_{CO_2}$$

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

$$\Delta J = k p w$$

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

$$H: p_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{4} = (J_{CO_2} - \Delta J) R T_0$$

$$K: p_0 \frac{V}{6} = J_N R T$$

$$p_0 + p_0 \frac{5V}{6} = J_{CO_2} R T$$

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

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

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

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

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

$$p_0 \frac{V}{2} = 2 J_{CO_2} R T_0$$

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

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

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

$$\frac{9}{6} \cdot 10^4 = \frac{3}{2} \cdot 10^3$$

$$H: p_0 \frac{V}{2} = J_N R T_0 \quad (1)$$

$$p_0 \frac{V}{4} = (J_{CO_2} - \Delta J) R T_0 \quad (2)$$

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

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

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{г}}$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{J_N}{J_{CO_2}} = 2$$

$$J_{\text{атм}} = 2 J_{\text{г}}$$

J_N - количество тепла, отданное
 J_{CO_2} - количество тепла, отданное CO_2
 ΔJ - количество тепла, отданное CO_2 при изменении объема
 p_0 - атмосферное давление, p - давление газа
 $J_{\text{атм}}$ - количество работы, совершаемой атмосферой

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$$I_{10} = \frac{E - \varphi}{R}, I_{20} = \frac{E - \varphi}{2R}, I = \frac{\varphi}{R}$$

$$I = I_{10} + I_{20}$$

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

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

$$5\varphi = 3E$$

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

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

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

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

$$q' = I$$

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

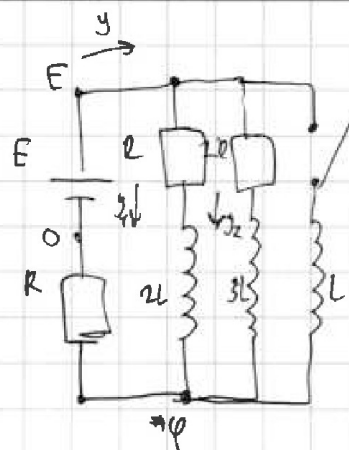
$$2RI_{2R} = LI'$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

$$(P_{02} + P_{\text{амм}}) \frac{V}{6} = 2 J_{\text{max}} RT$$

$$P_{02} \frac{2V}{12} = (J_{\text{max}} + \Delta V) / RT$$

$$P_{02} = \frac{12}{2V} (J_{\text{max}} + \frac{3}{4} J_{\text{max}} RT) RT$$

$$\frac{12}{2V} J_{\text{max}} (1 + \frac{3}{4} RT) RT + P_{\text{амм}} = \frac{12}{V} J_{\text{max}} RT$$

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

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

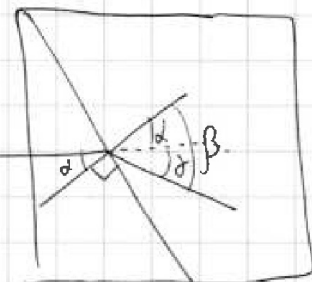
$$J_{\text{max}} = \frac{P_{\text{амм}}}{12 RT (1 - \frac{1}{4} (1 + \frac{3}{4} RT))}$$

$$P_{02} = \frac{P_{\text{амм}} (1 + \frac{3}{4} kRT) RT}{12 RT (1 - \frac{1}{4} (1 + \frac{3}{4} kRT))} = \frac{P_{\text{амм}}}{12} \cdot \frac{1 + \frac{3}{4} kRT}{1 - \frac{1}{4} (1 + \frac{3}{4} kRT)} = \frac{P_{\text{амм}}}{12} \cdot \frac{28 + 21 kRT}{28 - 4 - 3 kRT} =$$

$$= \frac{P_{\text{амм}}}{12} \cdot \frac{28 + 21 \cdot 0,6 \cdot 3}{24 - 1,8 \cdot 3} = \frac{P_{\text{амм}}}{12} \cdot \frac{65,8}{24 - 5,4} = \frac{P_{\text{амм}}}{12} \cdot \frac{65,8}{18,6}$$

$$\frac{21}{12} \cdot \frac{65,8}{18,6} = \frac{21}{12} \cdot 3,54 = \frac{21}{12} \cdot 3,54 = 6,58$$

$$P_{\text{амм}} \cdot \frac{65,8}{24 - 5,4} = \frac{47}{2 \cdot 93} P_{\text{амм}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

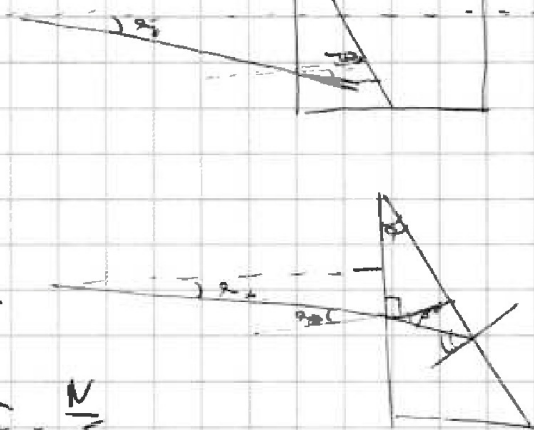
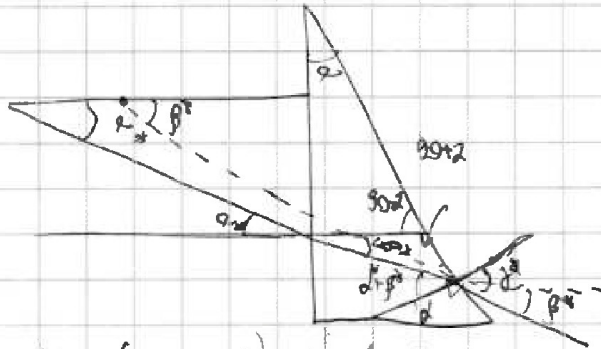
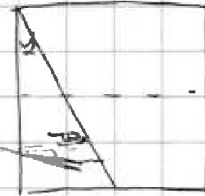
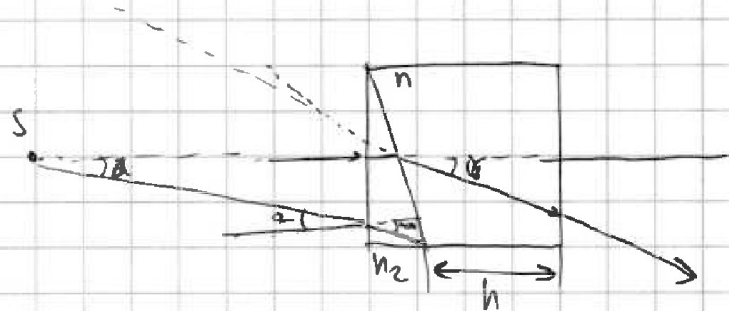
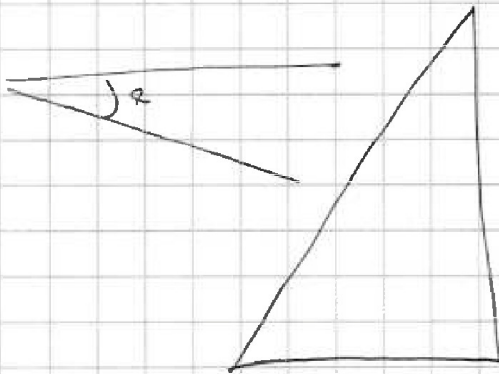
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$N = F \sin$$



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

$$\sin \alpha = \sin \beta$$

$$(\sin \alpha + \sin \beta) n_2 = \sin \alpha h_2$$

$$\frac{325 \cdot 278}{486 \cdot 3010} = \frac{25}{30} = \frac{5}{6}$$

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 9} \\ 35 \overline{) 45} \\ 15 \overline{) 35} \\ 25 \end{array}$$

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

$$\frac{N}{\sin} - F_k = 0 \quad 0.5 F_k - F_k = ma_1$$

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

$$N - N_k = 0$$

$$N = F \sin$$

$$\frac{N}{\sin} - F_k = ma_1$$

$$N = F_k \sin$$

$$F_k \cdot \sin - F_k = ma_1$$

$$F_k = 405 \cdot \frac{30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{3} = 450 - 15 = 335$$

$$\frac{F_k \sin}{F_k \sin} = \frac{325 \cdot 278}{486 \cdot 3010} = \frac{25}{30} = \frac{5}{6}$$



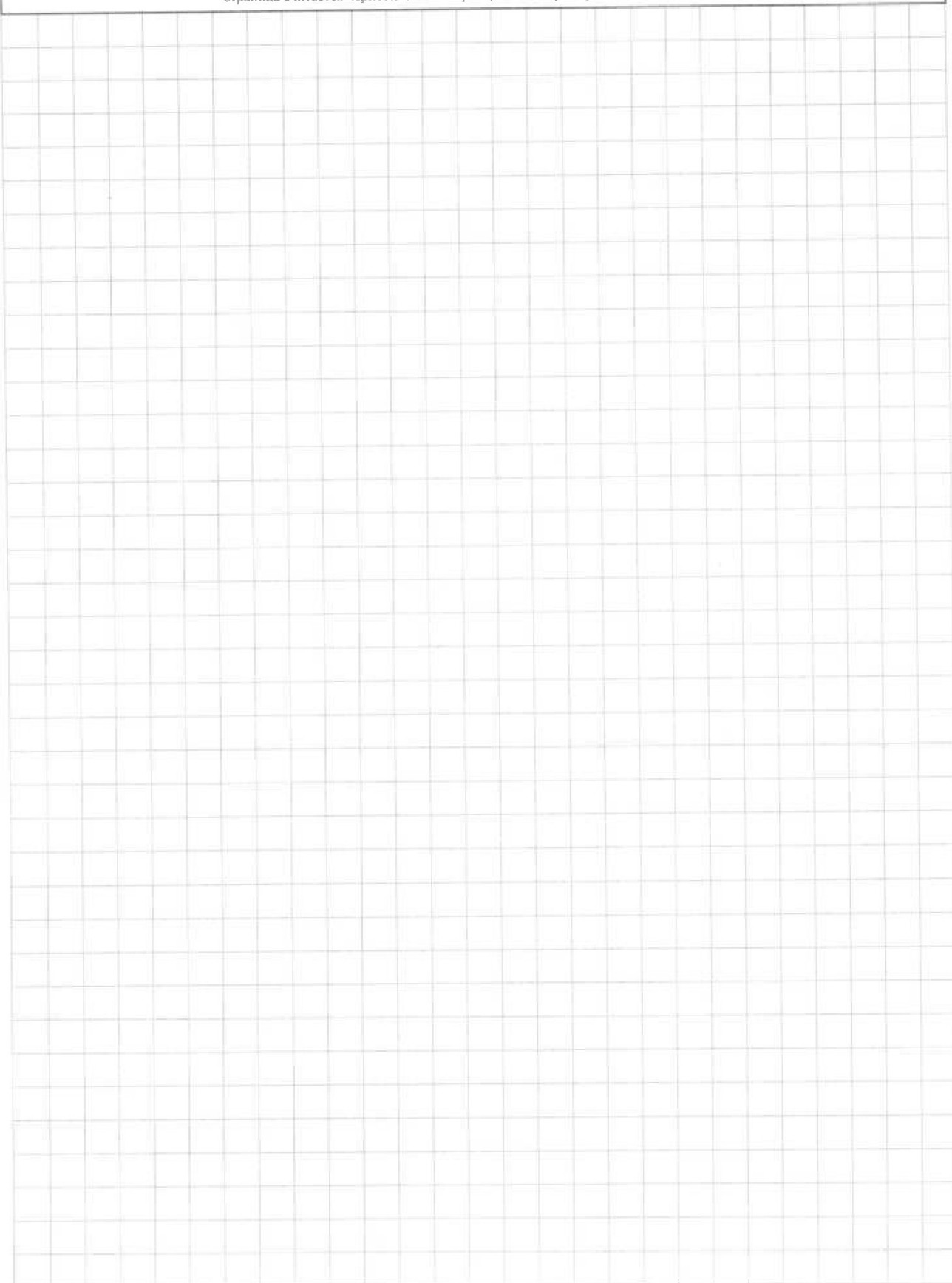
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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





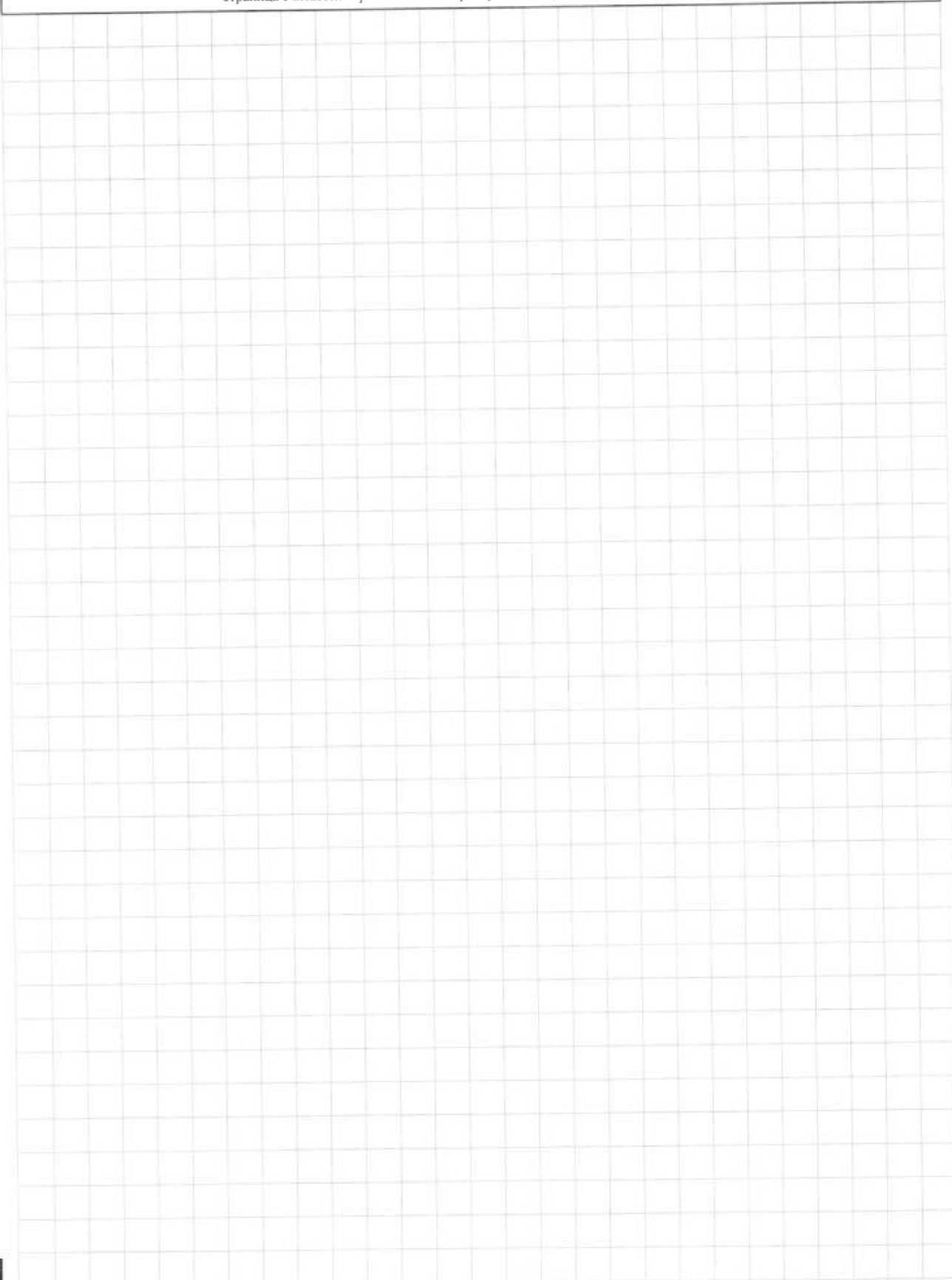
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





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!

