



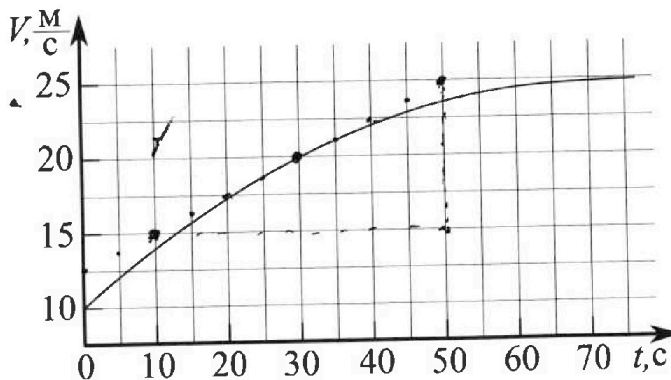
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.

2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .

3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

Требуемая точность в численном ответе на первый вопрос ориентировочно 10%.

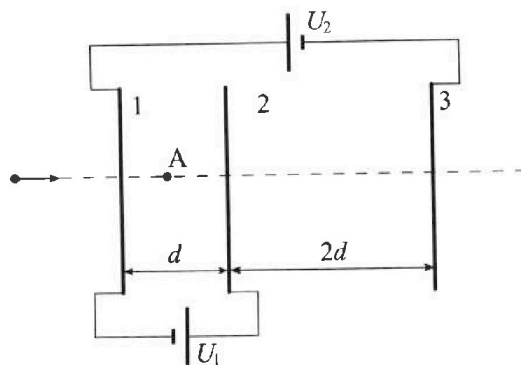
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диском, соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



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

2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.

3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

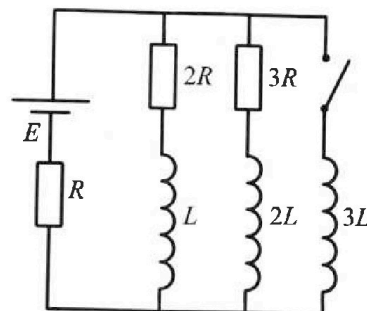
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



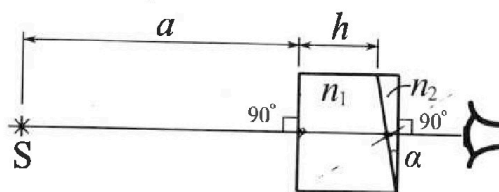
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

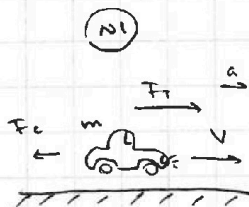
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$F_c = \mu \sigma$$

$$m a = F_T - F_c = F_T - \mu \sigma$$

~~в самом начале~~

в установившемся режиме $a = 0$, $\sigma = \text{const}$

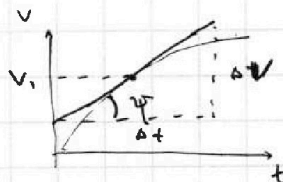
$$0 = F_T' - \mu \sigma_{\text{уст}} \rightarrow F_T' = \mu \sigma_{\text{уст}}$$

$$\mu = \frac{F_T'}{\sigma_{\text{уст}}} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{Н}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{Н}} = 20 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}} = 20 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

ускорение при $\rightarrow a_1 = \dot{V}_1 = \tan \psi_1$, ψ_1 — угол наклона в этой точке

проведем на графике касательную

$$\tan \psi = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{40 \text{ с}} = \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0.25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = a_1$$



$$F_c = \mu V_1 = \frac{F_T'}{\sigma_{\text{уст}}} \cdot V_1 = 20 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 400 \text{ Н}$$

$$F_{T1} - F_c = m a$$

$$F_{T1} = F_c + m a = 400 \text{ Н} + 1800 \text{ кг} \cdot 0.25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \left(400 + \frac{1800}{4} \right) \text{ Н}$$

$$\frac{1800}{4} = \frac{900}{2} = 450, \quad F_{T1} = (400 + 450) \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

$$P_1 = \frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m (V_1 + dV)^2}{2} - \frac{m V_1^2}{2} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{m V_1^2 + 2m V_1 dV}{2} - \frac{m V_1^2}{2} \right) = \frac{d}{dt} (m V_1 dV) = \frac{m V_1 \cdot dV}{dt} =$$

изменение энергии

$$= m V_1 \cdot a_1 = (1800 \cdot 20 \cdot 0.25) \text{ Вт} = 9000 \text{ Вт}$$

$$\frac{1800 \cdot 20}{4} = 1800 \cdot 5 = 18 \cdot 100 \cdot 5 = 90 \cdot 100 = 9000$$



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!

Ответ:

$$a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$$F_1 = 850 \text{ Н}$$

$$\phi_1 = 9000 \text{ Б}_1$$

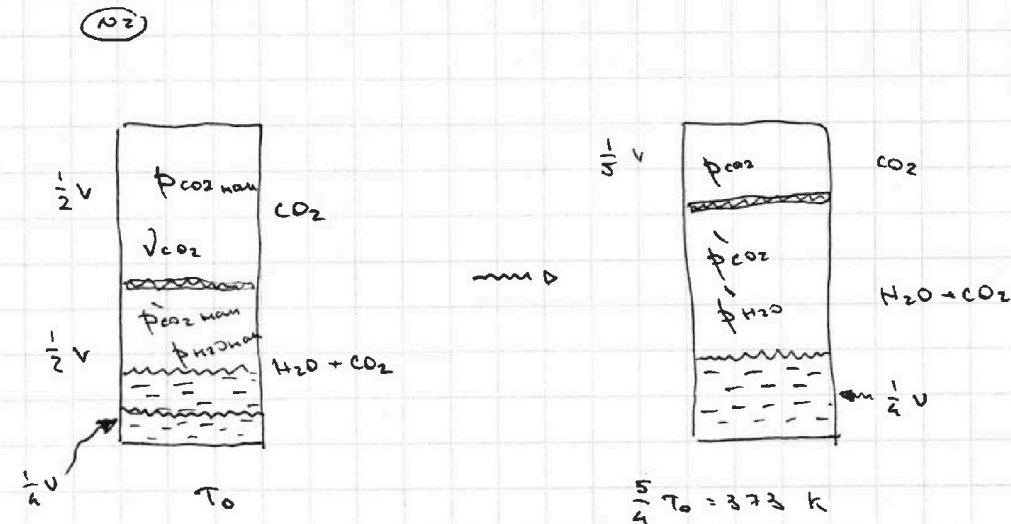
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



закон Генри: $\Delta V = k p w$
 k - константа Генри

В конце ул. газ в воде не растворяется, $\Delta V_{\text{кон}} = 0$
 начальное состояние

ул. обозначения - на рисунке!

$$p_{\text{CO}_2 \text{ max}} \cdot \frac{1}{2} V = V_{\text{CO}_2} R T_0$$

$$(p_{\text{H}_2\text{O max}} + p'_{\text{CO}_2 \text{ max}}) \frac{1}{2} V = (V_{\text{H}_2\text{O max}} + V'_{\text{CO}_2 \text{ max}}) R T_0$$

$$p_{\text{H}_2\text{O max}} = 0, V_{\text{H}_2\text{O max}} = 0 \rightarrow p'_{\text{CO}_2 \text{ max}} \cdot \frac{1}{2} = V'_{\text{CO}_2 \text{ max}} R T_0$$

$$p_{\text{CO}_2 \text{ max}} = p'_{\text{CO}_2 \text{ max}}$$

$$p_{\text{CO}_2 \text{ max}} \cdot V = 2 V_{\text{CO}_2} R T_0$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ max}} \cdot V = 4 V'_{\text{CO}_2} R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{p_{\text{CO}_2 \text{ max}} V}{p'_{\text{CO}_2 \text{ max}} V} = 1 = \frac{2 V_{\text{CO}_2} R T_0}{4 V'_{\text{CO}_2} R T_0}$$

$$= \frac{V_{\text{CO}_2}}{2 V'_{\text{CO}_2}} = 1 ; V_{\text{CO}_2} = 2 V'_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{V_{\text{CO}_2}}{V'_{\text{CO}_2}} = 2$$

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!

МФТИ

конечное состояние

$$p_{CO_2} \cdot \frac{1}{5} V = \nu_{CO_2} RT = \nu_{CO_2} \cdot R \cdot \frac{3}{4} T_0$$

$$p_{CO_2} = \frac{\frac{5}{2} \nu_{CO_2} RT_0}{\frac{1}{5} V}$$

$$p_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{\nu_{CO_2} RT_0}{\frac{1}{2} V}$$

$$p_{CO_2} = \frac{25 \nu_{CO_2} RT_0}{4V}$$

$$p_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{2 \nu_{CO_2} RT_0}{V}$$

$$\frac{\nu_{CO_2} RT_0}{V} = \frac{1}{2} p_{CO_2 \text{ нач}}$$

~~А24~~

$$p_{CO_2} = \frac{25}{4} \cdot \frac{\nu_{CO_2} RT_0}{V} = \frac{25}{4} \cdot \frac{1}{2} p_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{25}{8} p_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{25}{8} \cdot p'_{CO_2 \text{ нач}}$$

$$p_{CO_2} = \underbrace{p_{H_2O}}_{\substack{\uparrow \\ \text{дан. насыщ. паров}}} + p'_{CO_2} = \frac{25}{8} p'_{CO_2 \text{ нач}}$$

В начале какое-то количество CO_2 было растворено в воде. В конце это количество раст. газа стало равно 0, т.к. CO_2 не раств. в воде при конечной темп. Т. Пусть в начале было раств. $\Delta \nu$ газа

$$\Delta \nu = k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot W = k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{24} V$$

тогда можно выразить конечное давление CO_2 :

$$p'_{CO_2} = \left(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{24} \right) = \left(\nu'_{CO_2 \text{ нач}} + \Delta \nu \right) RT = p'_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V$$

$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{24} = \frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11}{20} V$$

$$p'_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V = \left(\nu'_{CO_2 \text{ нач}} + k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{24} V \right) RT$$

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!



$$\begin{aligned}
 p'_{\text{CO}_2} &= \frac{20}{11} \cdot \frac{1}{V} \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0 \left(V'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + k p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{4} V \right) = \\
 &= \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{V'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} R T_0}{V} + \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{V} \cdot V \cdot k R T_0 \cdot p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = \\
 &= \frac{100}{44} = \frac{1}{2} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + \frac{100}{11 \cdot 16} \cdot k R T_0 \cdot p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}}
 \end{aligned}$$

$$p_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}},$$

$$p'_{\text{CO}_2} = \frac{100}{88} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + \frac{100}{11 \cdot 16} \cdot k R T_0 \cdot p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}}$$

$$p'_{\text{CO}_2} = p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \cdot \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{11 \cdot 16} k R T_0 \right)$$

$$p_{\text{CO}_2} = p'_{\text{H}_2\text{O}} + p'_{\text{CO}_2} = p'_{\text{H}_2\text{O}} + p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{176} k R T_0 \right) = \frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}}$$

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} - \text{Давл. нас. паров при } T = 373 \text{ К}$$

т.к. в сосуде наход. и вода и пар, и фазы установились равновесие, то пар насыщенный

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па.}$$

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = p_{\text{атм}} + p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{176} k R T_0 \right)$$

$$\frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} - p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{176} k R T_0 \right) = p_{\text{атм}}$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100}{176} k R T_0 \right) = p_{\text{атм}}$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = \frac{p_{\text{атм}}}{\frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100 \cdot 10^{-3}}{176 \cdot 3}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

~~$$kRT_0 = k \cdot R \cdot \frac{4}{5} T = \frac{4}{5} kRT$$~~

~~$$\frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100}{176} \cdot \frac{4}{5} kRT = \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{176 \cdot 8} =$$~~

~~$$= \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100 \cdot 4}{176} = \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{200}{88} =$$~~

~~$$= \frac{25}{8} - \frac{25}{22} - \frac{50}{22} = \frac{25}{8} - \frac{75}{22} = 2\frac{1}{8} - 3\frac{3}{22} =$$~~

~~$$= 2\frac{11}{22} - 3\frac{3}{22} = -1\frac{2}{22} = -\frac{1}{11}$$~~

$kRT = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 1$, но размерности — единицы,

$kRT_0 = kR \cdot \frac{4}{5} T = \frac{4}{5}$ так что подставим, это
ни на что не влияет

$$\frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100}{176} \cdot \frac{4}{5} = \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{200}{88 \cdot 5} = \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{40}{88}$$

$$= \frac{25}{8} - \frac{140}{88} = \frac{25 \cdot 11 - 140}{88} = \frac{275 - 140}{88} = \frac{135}{88}$$

$$p'_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{135}{88} = p_{\text{атм}}$$

$$p'_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{88}{135} p_{\text{атм}}$$

p_0 — начальная давл. в сосуде — это и есть

$$p'_{CO_2 \text{ нач}}, \quad p_0 = \frac{88}{135} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 2

$$p_0 = \frac{88}{135} \cdot p_{\text{атм}}$$

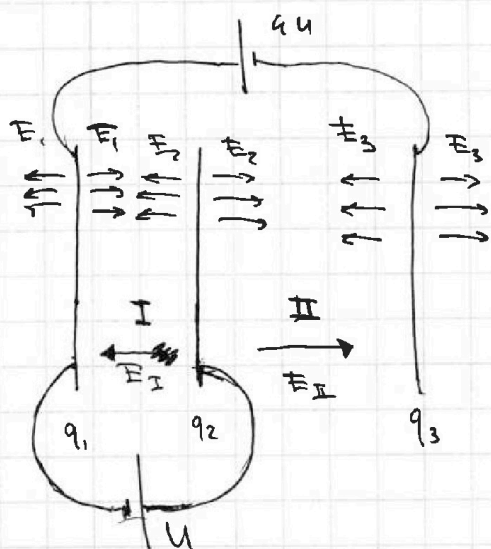
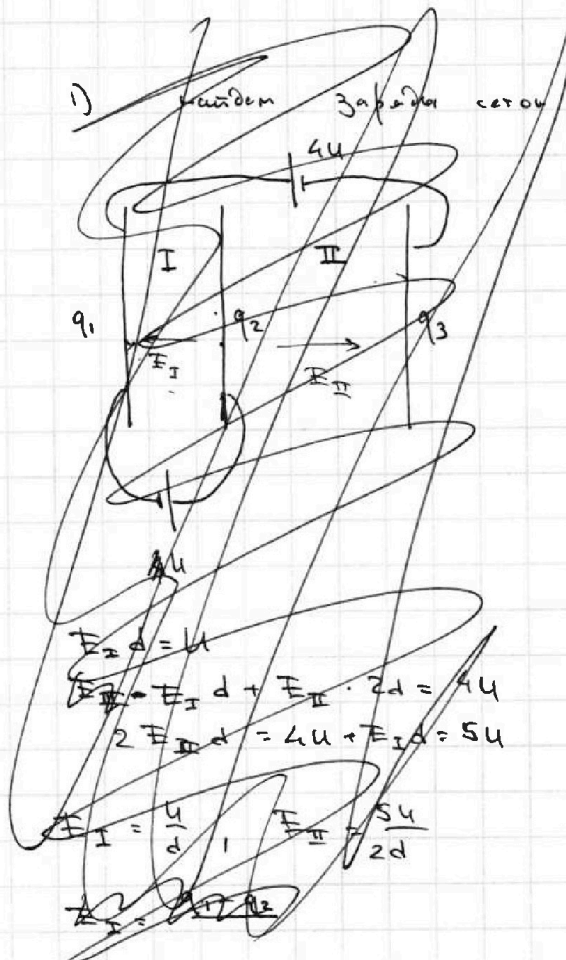
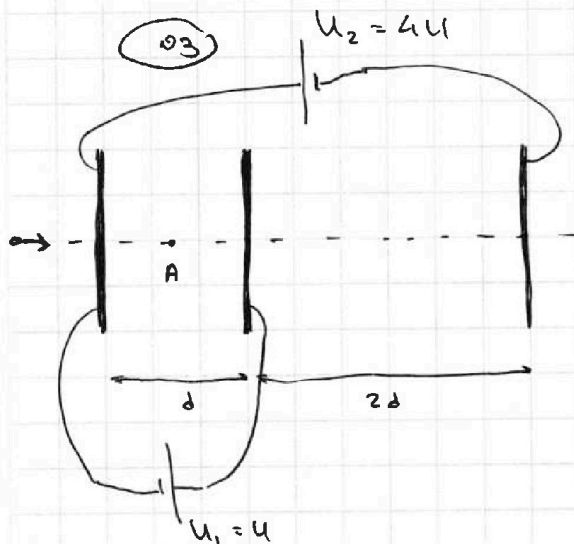
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐



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



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

Вн:

$$E_2 = \frac{U}{d} = E_2 - E_1$$

$$E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{q_2}{2S\epsilon_0}; E_1 = \frac{q_1}{2S\epsilon_0}$$

$$E_I = \frac{q_2 - q_1}{2S\epsilon_0} = \frac{U}{d}; E_3 = \frac{q_3}{2S\epsilon_0}$$

аналогично, $E_{II} = \frac{5U}{2d} = \frac{E_2 - E_3}{2\epsilon_0} = \frac{q_2 - q_3}{2S\epsilon_0} = \frac{5U}{2d}$

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!

~~$$\frac{q_2 - q_1}{2\epsilon_0 d} = \frac{4}{d}$$
$$(q_2 - q_1)d = 2\epsilon_0 d$$
$$(q_2 - q_1) \cdot 2d = 10\epsilon_0 d$$
$$\frac{d(q_2 - q_1)}{2d(q_2 - q_1)} = \frac{2\epsilon_0 d}{10\epsilon_0 d} = \frac{q_2 - q_1}{2q_2 - 2q_1} = \frac{1}{5}$$
$$5q_2 - 5q_1 = 2q_2 - 2q_1$$
$$3q_2 - 5q_1 = 2q_1$$
$$3q_2 = 5q_1 + 2q_1$$
$$q_2 = \frac{5}{3}q_1 + \frac{2}{3}q_1$$
$$q_2 - q_1 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_1 - q_1 + \frac{2}{3}q_1 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_1 - \frac{3}{3}q_1 + \frac{2}{3}q_1 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{3}{3}q_1 = \frac{2}{3}q_1$$
$$q_1 + q_3 = \frac{1}{3}\epsilon_0 d$$
$$q_1 + q_2 + q_3 = q_1 + \frac{5}{3}q_1 + q_3 + \frac{2}{3}q_3 = \frac{8}{3}q_1 + \frac{5}{3}q_3 = 0$$
$$8q_1 + 5q_3 = 0$$
$$q_1 = -\frac{5}{8}q_3$$
$$q_2 = -\frac{5}{3} \cdot \frac{5}{8}q_3 + \frac{2}{3}q_3 = -\frac{25}{24}q_3 + \frac{16}{24}q_3 = -\frac{9}{24}q_3 = -\frac{3}{8}q_3$$~~

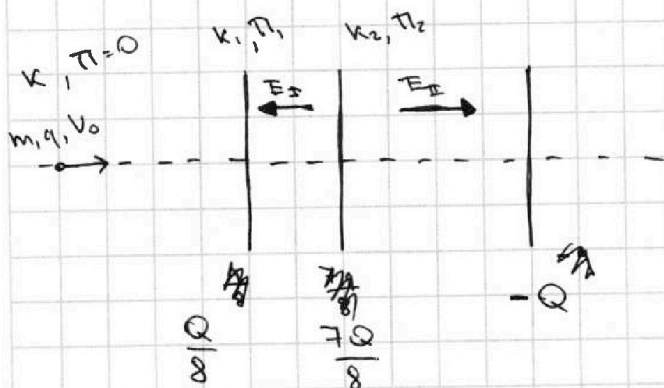
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$Q > 0$

k - кин. энергия
 π - потенц. энергия

$$a_1 = \frac{F_1}{m} = \frac{qE_1}{m}; E_1 = \frac{U}{d}$$

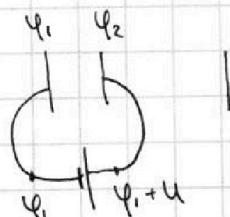
$$a_1 = \frac{qU}{md}$$

$$k + \pi = k = k_1 + \pi_1 = k_2 + \pi_2$$

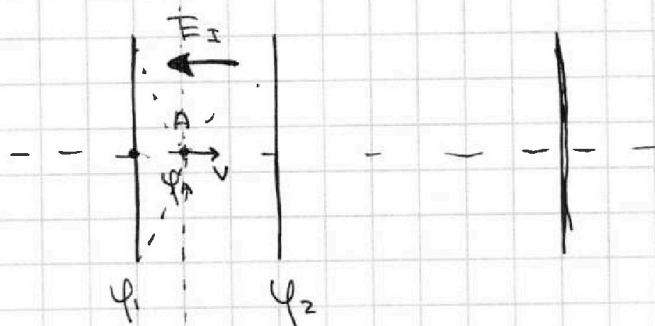
$$k_1 - k_2 + \pi_1 = \pi_2$$

$$k_1 - k_2 = \pi_2 - \pi_1 = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + U$$



$$k_1 - k_2 = qU$$



$$k = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \underbrace{q\varphi_A}_{\pi_A}$$

$$\varphi_A - \varphi_1 = E_1 \frac{d}{3} = \frac{U}{3}$$

Затемнение и деформация

Затемнение и деформация

Затемнение и деформация

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!



$$\frac{q_2 - q_3}{2\epsilon_0} = \frac{54}{2d}$$

$q_2 > 0$ — это означает из
рисунка, поле должно идти от него

$$\frac{q_2 - q_1}{2\epsilon_0} = \frac{4}{d}$$

$q_3 < 0$ и $q_3 < q_1$, это
тоже видно из распр. полей
и рисунка, весь заряд
ЭДС-ки как раз

$$q_2 - q_3 = 2.5 \cdot \frac{4}{d} \cdot 2\epsilon_0 = 5 \cdot \frac{4}{d} \cdot \epsilon_0 \quad \text{из } q_3$$

$$q_2 - q_1 = 2 \cdot \frac{4}{d} \cdot \epsilon_0$$

$$\frac{q_2 - q_3}{q_2 - q_1} = \frac{5}{2}$$

$$2q_2 - 2q_3 = 5q_2 - 5q_1$$

$$2q_2 - 2q_3 - 5q_2 + 5q_1 = 0$$

$$-3q_2 - 2q_3 + 5q_1 = 0$$

$$5q_1 - 2q_3 = 3q_2$$

$$\frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3 = q_2$$

$$0 = q_1 + q_2 + q_3 = q_1 + q_3 + \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3 = \frac{8}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_3 = 0$$

$$8q_1 + q_3 = 0$$

$$q_1 = -\frac{q_3}{8}, \quad q_2 = \frac{5}{3} \left(-\frac{q_3}{8} \right) - \frac{2}{3}q_3 = -\frac{5}{24}q_3 - \frac{2}{3}q_3 =$$

$$= -q_3 \left(\frac{5}{24} + \frac{2}{3} \right) = -q_3 \left(\frac{5}{24} + \frac{16}{24} \right) = -\frac{21}{24}q_3 = -\frac{7}{8}q_3$$

перепроверим: $q_3 = 4q_1 - Q$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

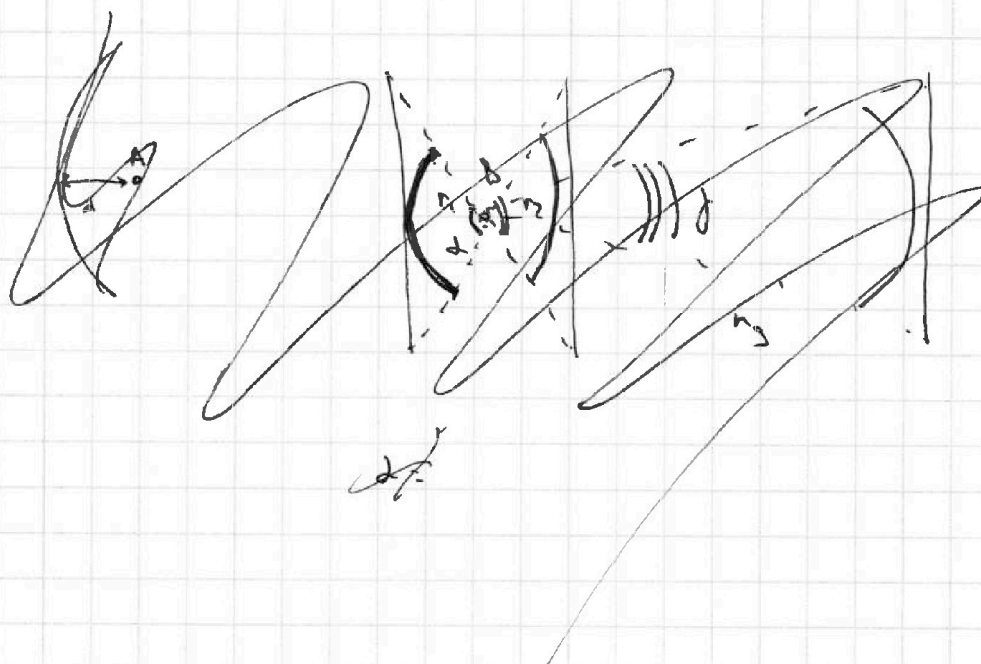
5
☐

6
☐

7
☐

 МФТИ

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



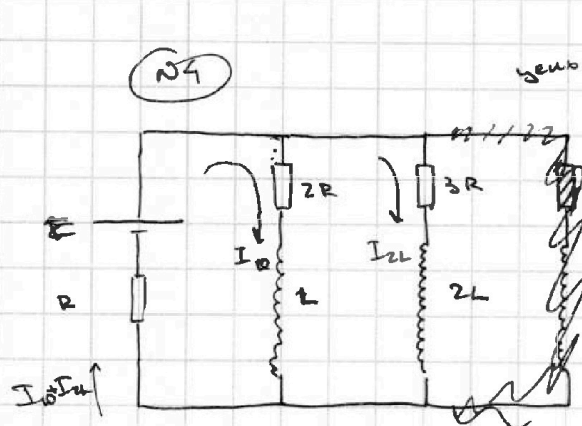
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$I_{10}, I_{2L} = \text{const.}, \text{ т.к. } \text{фазы}$
уст.

$\mathcal{E}_{\text{ind } L} = 0$
 $\mathcal{E}_{\text{ind } 2L} = 0$, т.к. уст. реж.

$$E = 2R \cdot I_{10} + R \cdot (I_{10} + I_{2L})$$

$$E = 2R I_{10} + R I_{10} + R I_{2L} = 3R \cdot I_{10} + R I_{2L}$$

$$2R \cdot I_{10} = 3R \cdot I_{2L}$$

$$2I_{10} = 3I_{2L}$$

$$I_{10} = \frac{3}{2} I_{2L}$$

$$E = 3R \cdot I_{10} + R \cdot I_{2L}$$

$$E = 3R \cdot \frac{3}{2} I_{2L} + R \cdot I_{2L} =$$

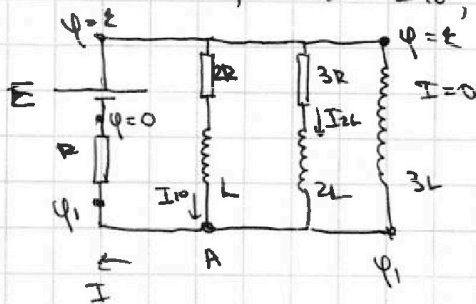
$$= \left(\frac{9}{2} + 1 \right) R I_{2L} = \frac{11}{2} R I_{2L}$$

$$I_{2L} = \frac{2E}{11R}, \quad I_{10} = \frac{3 \cdot 2E}{11 \cdot 2R} = \frac{3E}{11R}$$

$$I_{10} + I_{2L} = \frac{5E}{11R}$$

$$I_{10} = \frac{3E}{11R}$$

сразу после замыкания ток через катушки не
меняется, $I_L = I_{10}$, $I_{2L} = I_{2L}$



уп-но кр-но фа- для узла A
 $I = I_{10} + I_{2L} = \frac{5E}{11R}$

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

$$I_{10} R = \frac{5}{11} E \cdot R = \frac{5}{11} E$$

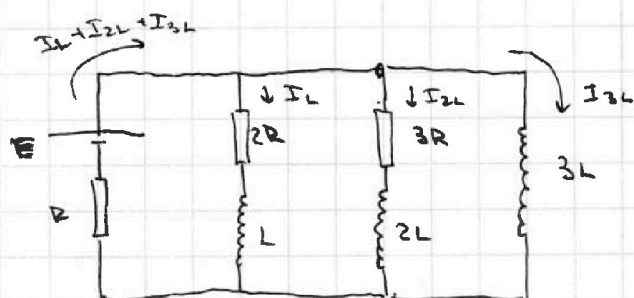
$$\varphi_1 = \int I_{10} R = \tau \frac{5}{11} E$$

$$\varphi - \varphi_1 = E + \frac{5}{11} E = \frac{16}{11} E - \frac{16}{11} E = 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

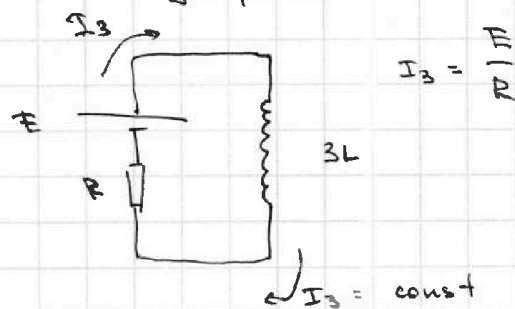
$$\frac{16}{11} E = 3L \cdot \dot{I}_{3L}$$

$$\frac{16}{11 \cdot 3L} E = \dot{I}_{3L} = \frac{16}{33} \frac{E}{L} = \dot{I}_{3L} = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$$

нр. момент времени:



уст. режим:



$$E - 3L \frac{dI_{3L}}{dt} = R(I_L + I_{2L} + I_{3L})$$

$$E - 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 3R(I_{2L}) + R(I_L + I_{2L} + I_{3L})$$

$$E - L \frac{dI_L}{dt} = 2R \cdot I_L + R(I_L + I_{2L} + I_{3L})$$

$$E - 3L \frac{dI_{3L}}{dt} + (I_L + I_{2L} + I_{3L})R = 2L \frac{dI_{2L}}{dt} + 3R \cdot I_{2L} + L \frac{dI_L}{dt} + 2R I_L$$

$$E - 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 3I_{2L}R + E - 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

$$-2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 3I_{2L}R - 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

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!



$$3L \frac{dI_{3L}}{dt} - 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = \cancel{2} I_{2L} R$$

$$3L dI_{3L} - 2L dI_{2L} = \cancel{2} \underbrace{(I_{2L} \cdot dt)}_{dq_{2R}} R$$

$$L (3dI_{3L} - 2dI_{2L}) = \cancel{2} R \cdot dq_{2R}$$

$$\frac{L}{\cancel{2}R} \left(3 \cdot \int_0^{\frac{E}{R}} dI_{3L} - 2 \int_{\frac{2}{11}\frac{E}{R}}^0 dI_{2L} \right) = \int_0^q dq_{2R}$$

$$\frac{L}{\cancel{2}R} \left(3 \cdot \frac{E}{R} - 2 \left(0 - \frac{2}{11} \frac{E}{R} \right) \right) = \int_0^q dq_{2R}$$

$$\frac{L}{\cancel{2}R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{6}{11} \frac{E}{R} \right) = q$$

$$\frac{L}{\cancel{2}R} \cdot \left(\frac{E}{R} \left(3 + \frac{6}{11} \right) \right) = q$$

$$\frac{L}{R} \cdot \frac{E}{R} \left(\frac{3}{2} + \frac{6}{11 \cdot 2} \right) = q = \frac{EL}{R^2} \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{11} \right) = \frac{EL}{R^2} \cdot \frac{33+6}{22} =$$

$$\frac{EL}{R^2} \left(1 + \frac{6}{33} \right) = \frac{EL}{R^2} \left(1 + \frac{2}{11} \right) = q = \frac{EL}{R^2} \cdot \frac{39}{22}$$

$$\frac{2}{11} \cdot \frac{EL}{R^2} = q$$

Ответ : $I_{10} = \frac{3E}{R}$

$I_{3L} = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$

$\frac{EL}{R^2} \cdot \frac{39}{22}$

$q = \frac{39}{22} \frac{EL}{R^2}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

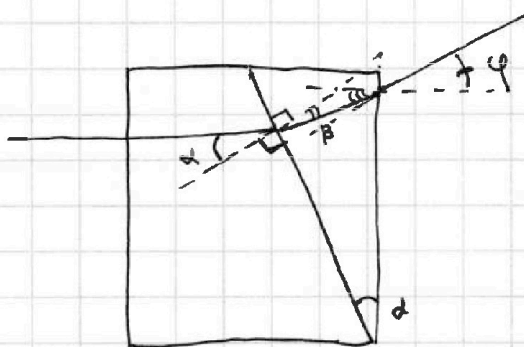
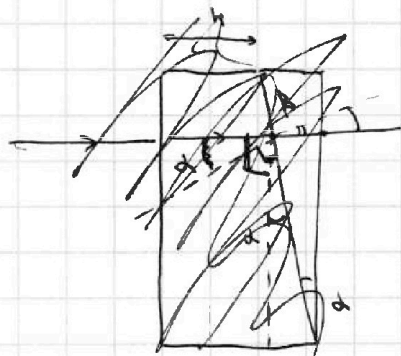
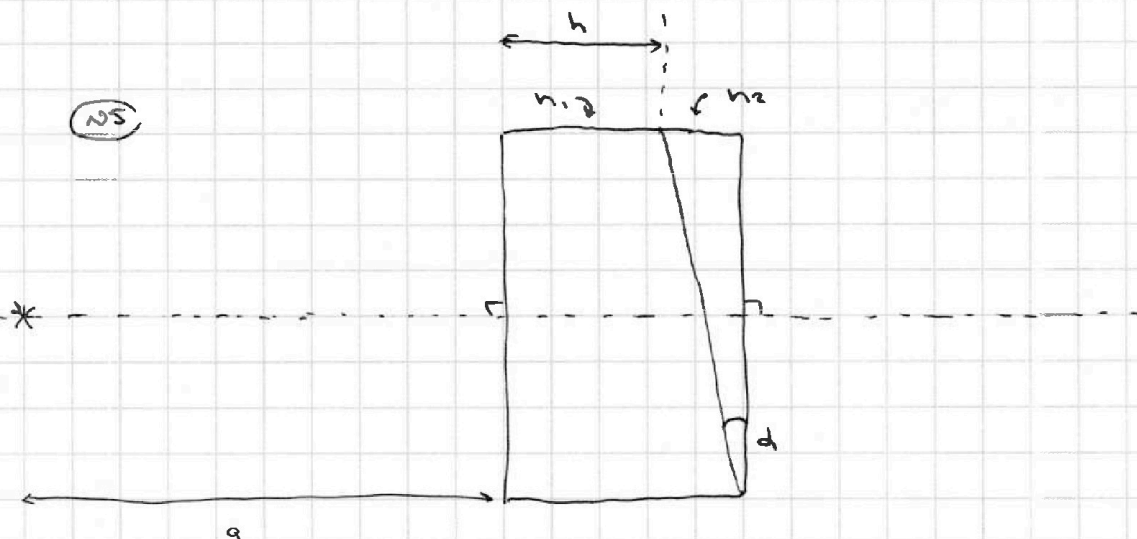
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

25

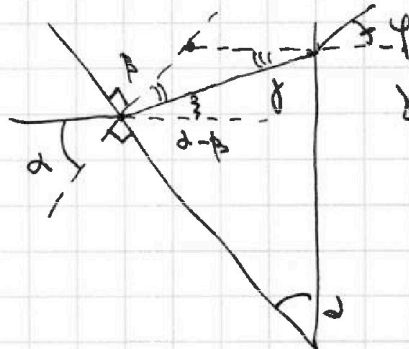


$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

углы малы, тогда, $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{n_2}{n_1}$

расст. падение на ~~поверхность~~ последнюю поверхность:

нужно найти γ



$$\gamma = \alpha - \beta, \quad \beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha, \quad \gamma = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

~~АКВ~~

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\gamma}{\alpha} \quad (\text{углы малы})$$

$$\gamma = \frac{n_2}{n_1} \alpha = \frac{n_2}{n_1} \cdot \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_1} = \beta$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

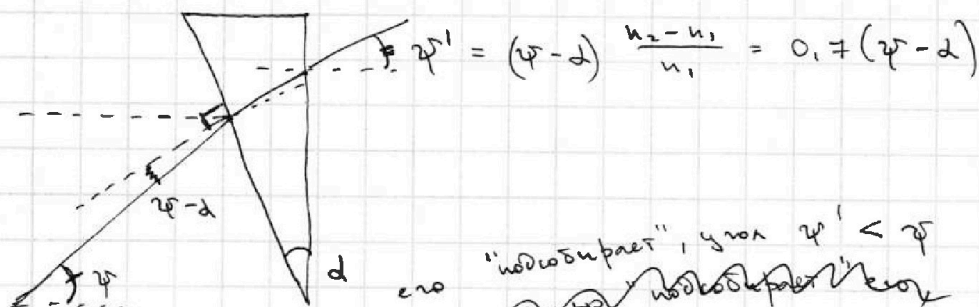
7
☐

МФТИ

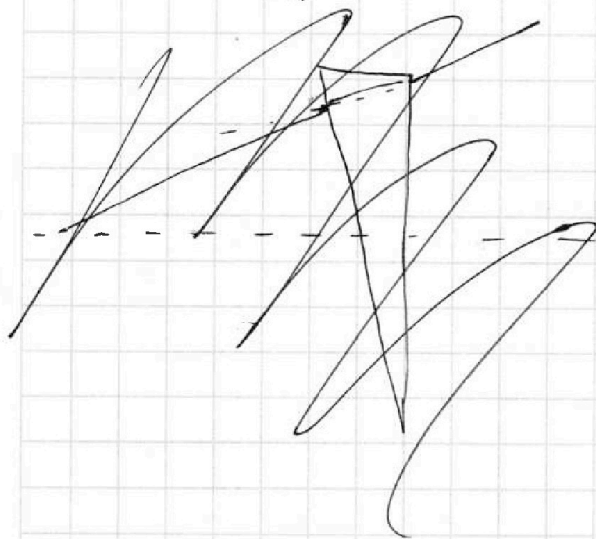
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\varphi = 2 \frac{n_2 - n_1}{n_1} \Rightarrow \varphi = 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} = 0,1 \cdot (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

$n_1 = 1 \rightarrow$ Возникнет нормальная призма.



на призму падает расхож. луч, призма собирает лучи





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

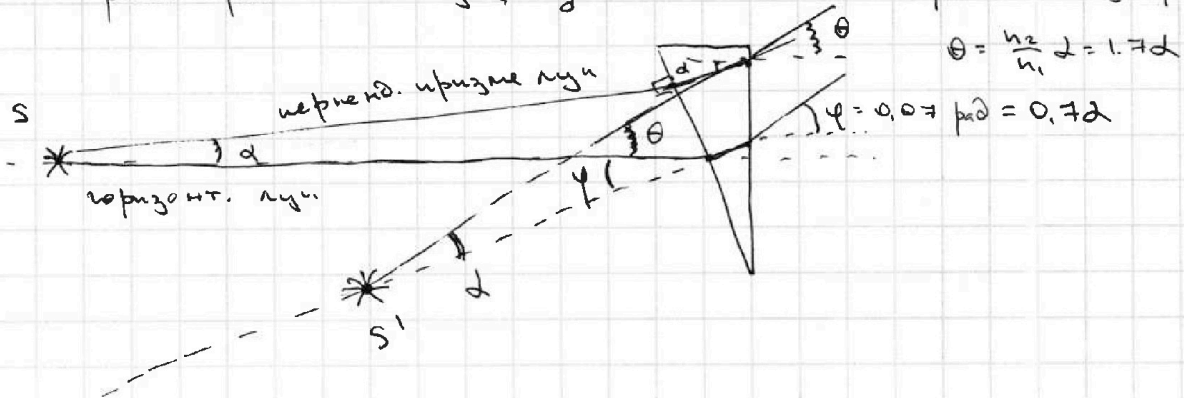
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

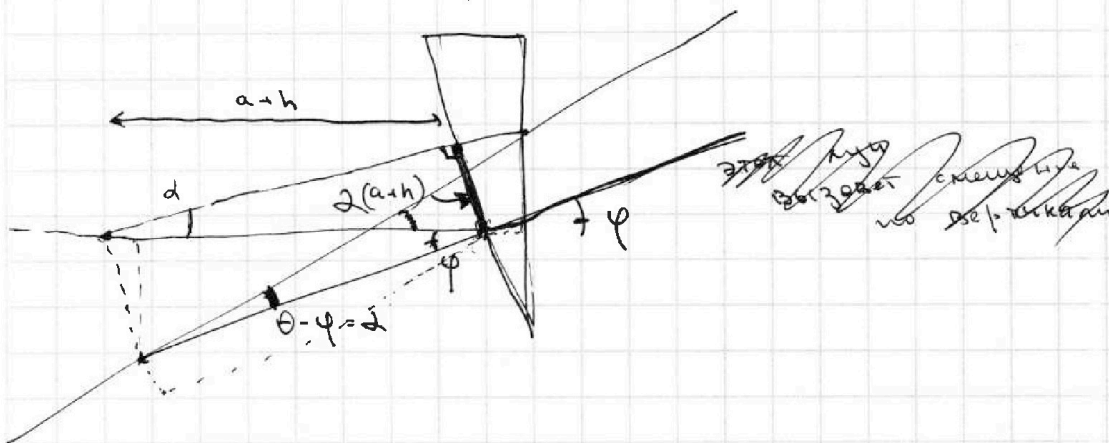
МФТИ

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

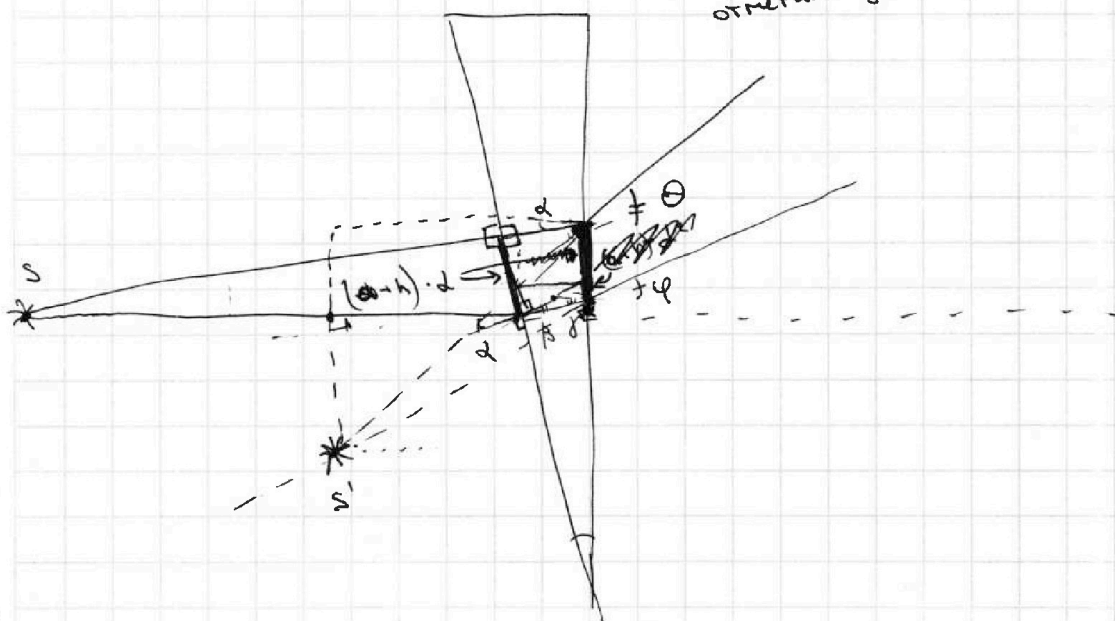
рассмотрим два луча удобных для построения изображений



на продолжении лучей находим S'



отметим углы и стороны





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!

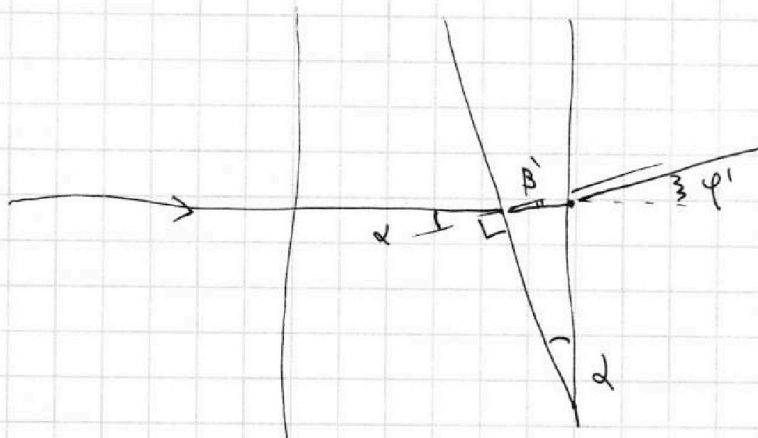
$$BS = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 205 = 0,7 \cdot 20,5 = \frac{2,05}{14,35} = 14,4 \text{ см}$$

если $n_1 = 1,5$, то изменится угол φ и θ .

угол φ определяется расстоянием BS , так что
стоит искать именно его.

$$BS = \varphi (2+h)$$

$$\varphi \rightarrow \varphi'$$



$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,5}{1,7}, \quad \alpha' = 2 \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\sin \varphi'}{\sin \varphi} = \frac{n_2}{1} = n_2, \quad \varphi' = \alpha' \cdot n_2 = 2 \frac{n_1}{n_2} \cdot n_2 = 2 n_1$$

$$\varphi' = 1,7 \cdot 1.$$

$$BS' = \varphi' (2+h) = 1,7 \cdot 0,1 \cdot 205 = 1,7 \cdot 20,5 = \frac{2,05}{14,35} \approx 35 \text{ см}$$

Ответ: $\varphi = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$; $BS = L = 14,4 \text{ см}$; $BS' = L' = 35 \text{ см}$

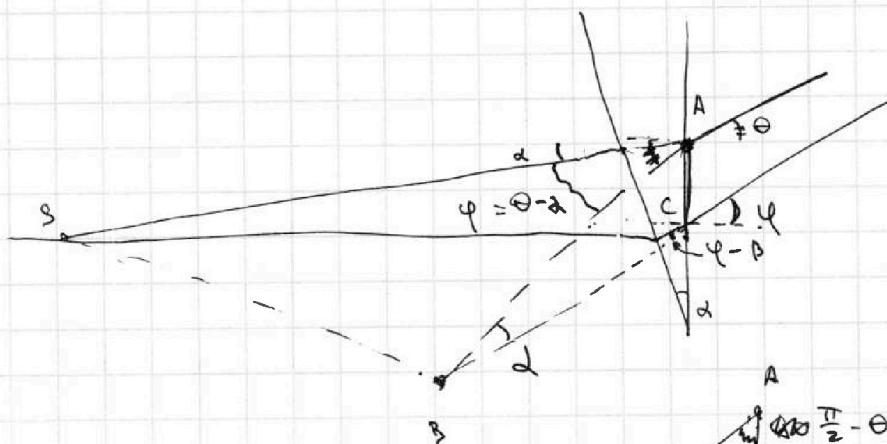
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

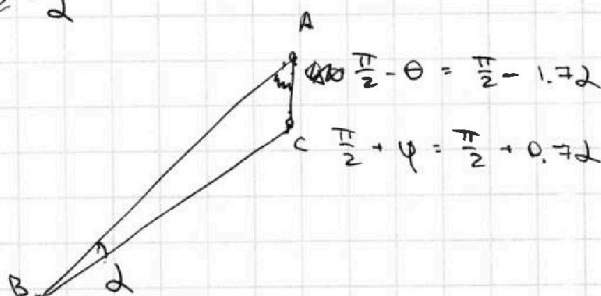
МФТИ

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



$$AC = (a+h)d$$

В $\triangle ABC$:



$$\frac{AB}{\sin(\frac{\pi}{2} + 0.72)} = \frac{AC}{\sin \alpha} = \frac{BC}{\sin(\frac{\pi}{2} - \theta)}$$

$$\frac{AB}{\cos 0.72} = \frac{AC}{d}$$

$$\frac{AB}{1 - \frac{(0.72)^2}{2}} = \frac{AC}{d} = \frac{(a+h)d}{d} = a+h$$

$$AB = (a+h) \left(1 - \frac{0.49d^2}{2} \right) =$$

$$= (a+h) + (1 - 0.49 \cdot 0.5 \cdot 0.01) =$$

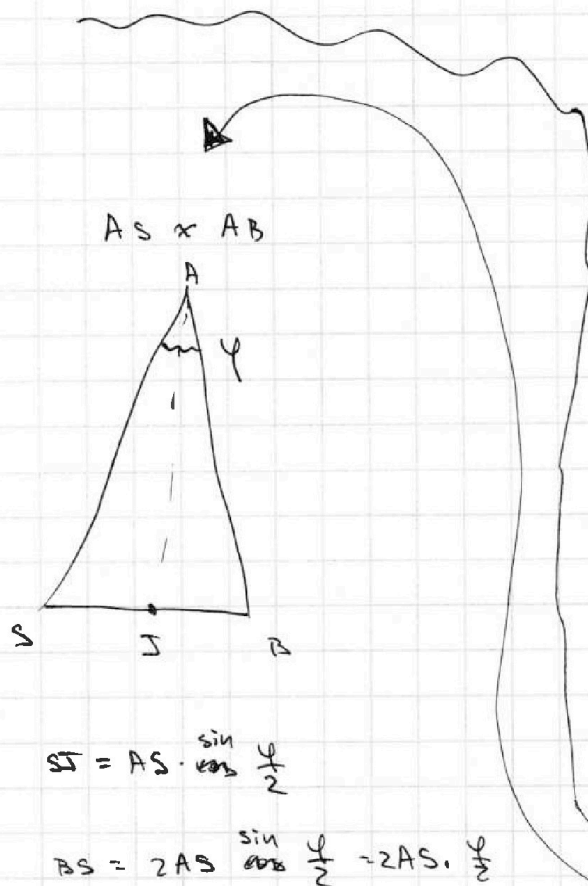
$$= 205 + (1 - 0.25 \cdot 0.01) =$$

$$= 205 - 205 \cdot 0.25 \cdot 0.01 =$$

$$= 205 - 2.05 \cdot 0.25 =$$

$$= 205 - \frac{2.05}{4} = 204.5$$

$$AB = a+h.$$



$$AS \propto AB$$

$$SJ = AS \cdot \sin \frac{\phi}{2}$$

$$BS = 2AS \sin \frac{\phi}{2} = 2AS \cdot \frac{\phi}{2}$$

$$BS = AS \cdot \phi = AB \cdot \phi = 0.72(a+h)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

