

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 11-01

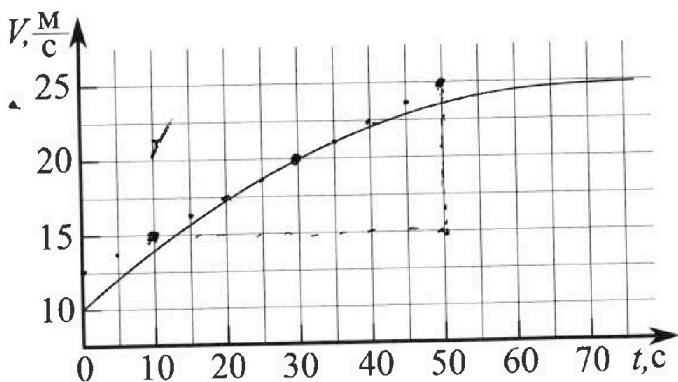


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

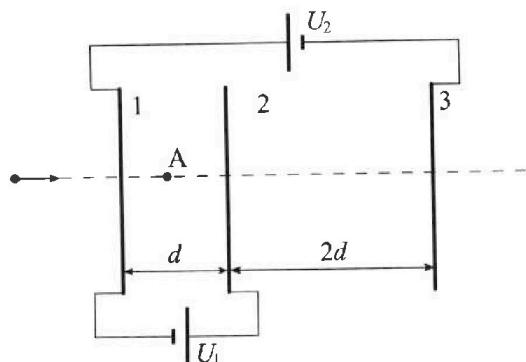


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp w$. 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. Всё 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 А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



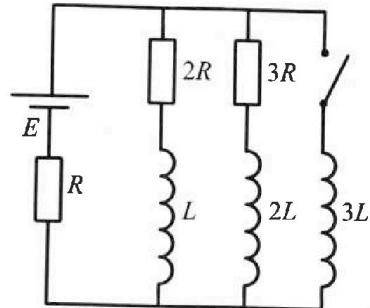
Вариант 11-01

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.

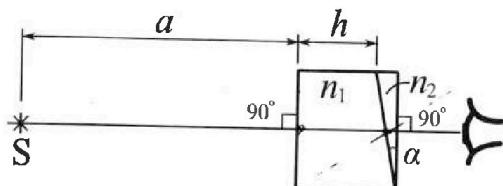
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числом выми 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 $n_b = 1,0$. 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 $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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:

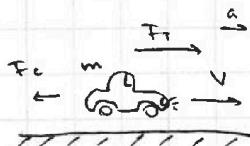


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

(1)



$$V_1 = 20 \frac{m}{s}$$

$$F_c = \mu v$$

$$ma = F_T - F_c = F_T - \mu v$$

в самом начале

установ. режиме $a = 0, \dot{v} = \text{const}$

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

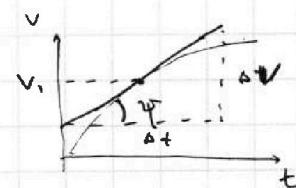
$$\mu = \frac{F_T'}{v_{\text{уст}}} = \frac{500 \text{ H}}{25 \frac{m}{s}} = 20 \frac{\text{H} \cdot \text{s}}{\text{m}} = 20 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

условие при $\rightarrow a_1 = \frac{\dot{v}_1}{V_1} = \tan \psi_1, \psi_1 - \text{угол наклона в этой точке}$

упадем на 2 фазы касательную

$$\tan \psi = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10 \frac{m}{s}}{40 s} = \frac{1}{4} \frac{m}{s} = 0.25 \frac{m}{s^2} = a_1$$

$$F_c = \mu v_1 = \frac{F_T'}{v_{\text{уст}}} \cdot V_1 = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 20 \frac{m}{s} = 400 \text{ H}$$



$$F_{T1} - F_c = ma$$

$$F_{T1} = F_c + ma = 400 \text{ H} + 1800 \text{ кг} \cdot 0.25 \frac{m}{s^2} = (400 + \frac{1800}{4}) \text{ H}$$

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

$$P_1 = \frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m(V_1 + dV)^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{mV_1^2 + 2mV_1dV}{2} - \right.$$

изменение энергии

$$- \frac{mV_1^2}{2} \Big) = \frac{d}{dt} (mV_1dV) = \frac{mV_1 \cdot dV}{dt} =$$

$$= mV_1 \cdot a_1 = (1800 \cdot 20 \cdot 0.25) \text{ B}_T = 9000 \text{ B}_T$$

$$\begin{aligned} & \frac{1800 \cdot 20}{4} = 1800 \cdot 5 \\ & = 18 \cdot 100 \cdot 5 \\ & = 9000 \end{aligned}$$



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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

 МФТИ

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

Ответ: $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$

$F_1 = 850 \text{ Н}$

$b_1 = 9000 \text{ Вт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

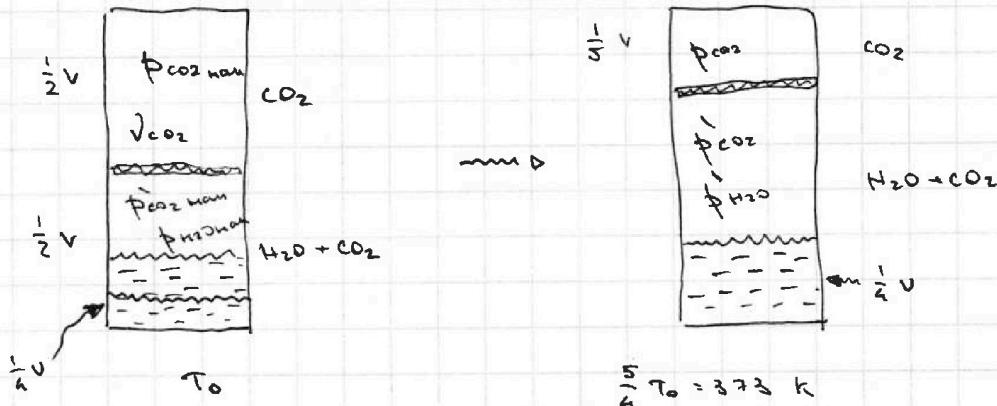


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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

МФТИ

(62)



$$\text{закон Тейфи: } \Delta V = k \Delta T$$

k - константа Тейфи

В конце урн. 2013 в воде не растворяется, $\Delta V_{\text{воды}} = 0$

начальное состояние усл. обозначение меня - на рисунке!

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

коинесное давление

$$P_{CO_2} \cdot \frac{1}{2} V = V_{CO_2} RT = V_{CO_2} \cdot R \cdot \frac{3}{4} T_0$$

$$P_{CO_2} = \frac{\frac{3}{4} V_{CO_2} RT_0}{\frac{1}{2} V}, \quad P_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{V_{CO_2} RT_0}{\frac{1}{2} V}$$

$$P_{CO_2} = \frac{25 V_{CO_2} RT_0}{4V}$$

$$P_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{2 V_{CO_2} RT_0}{V}$$

$$\frac{V_{CO_2} RT_0}{V} = \frac{1}{2} P_{CO_2 \text{ нач}}$$

$$P_{CO_2} = \frac{25}{4} \cdot \frac{V_{CO_2} RT_0}{V} = \frac{25}{4} \cdot \frac{1}{2} P_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{25}{8} P_{CO_2 \text{ нач}} = \frac{25}{8} \cdot P'_{CO_2 \text{ нач}}$$

$$P_{CO_2} = \underbrace{P_{H_2O}}_{\uparrow} + P'_{CO_2} = \frac{25}{8} P'_{CO_2 \text{ нач}}$$

дав. начальн. паров

В начале некое-то количество CO_2 было растворено
во в. воде. В конце это количество
раст. газа вышлоство O_2 , т.к. CO_2 не растворим.
в. воде осталось некое колич. темп. T . Итого в. начале было
раст. газа

$$\Delta V = k P'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot w = k P'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{2} V$$

тогда можно выразить коинесное давление CO_2 :

$$P'_{CO_2} = \left(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} \right) = \left(V_{CO_2 \text{ нач}} + \Delta V \right) RT = P'_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V$$

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

$$P'_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V = (V_{CO_2 \text{ нач}} + k P'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{2} V) RT$$

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!

$$\begin{aligned} p'_{\text{CO}_2} &= \frac{20}{11} \cdot \frac{1}{V} \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0 \left(\bar{v}'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + k p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{2} v \right) = \\ &= \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{\bar{v}'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} RT_0}{V} + \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{V} \cdot V \cdot k RT_0 \cdot p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = \\ &= \frac{100}{44} - \frac{1}{2} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + \frac{100}{11 \cdot 16} + k RT_0 \bar{v}'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} p'_{\text{CO}_2} &= \frac{100}{88} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} + \frac{100}{11 \cdot 16} \cdot k RT_0 + p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \\ p'_{\text{CO}_2} &= p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \cdot \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{11 \cdot 16} k RT_0 \right) \end{aligned}$$

$$p_{\text{CO}_2} = p'_{\text{H}_2\text{O}} + p'_{\text{CO}_2} = p'_{\text{H}_2\text{O}} + p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{11 \cdot 16} k RT_0 \right) = \frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}}$$

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} - \text{давн. нас. напор} \rightarrow T = 373 \text{ K}$$

т.к. в сосуде наход. вода и пар, и pressure установленось равновесие, то пар насыщенный

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

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = p_{\text{ATM}} + p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{11 \cdot 16} k RT_0 \right)$$

$$\frac{25}{8} p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} - p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{100}{88} + \frac{100}{11 \cdot 16} k RT_0 \right) = p_{\text{ATM}}$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \left(\frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100}{11 \cdot 16} k RT_0 \right) = p_{\text{ATM}}$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100 \cdot 10^{-3}}{11 \cdot 16 \cdot 3}$$

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!

$$\begin{aligned} kRT_0 &= k \cdot R \cdot \frac{4}{5}T = \frac{4}{5}kRT \\ \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100}{176} \cdot \frac{4}{5}kRT &= \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{100 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{176 \cdot 5} \\ &= \frac{25}{8} - \frac{100}{88} - \frac{200}{88} = \\ &= \frac{25}{8} - \frac{25}{8} = 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$kRT = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 1$$

$$kRT_0 = kR \cdot \frac{4}{5}T = \frac{4}{5}$$

то разность — единицы,
так что подходит, это
ничего не означает

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

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

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} \cdot \frac{135}{88} = p_{\text{ATH}}$$

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}} = \frac{88}{135} p_{\text{ATH}}$$

p_0 — начальное давление в сосуде — это и есть

$$p'_{\text{CO}_2 \text{ нач}}, \quad p_0 = \frac{88}{135} p_{\text{ATH}}$$

$$\frac{O_{\text{TEST}}: 2}{p_0 = \frac{88}{135} \cdot p_{\text{ATH}}}$$

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

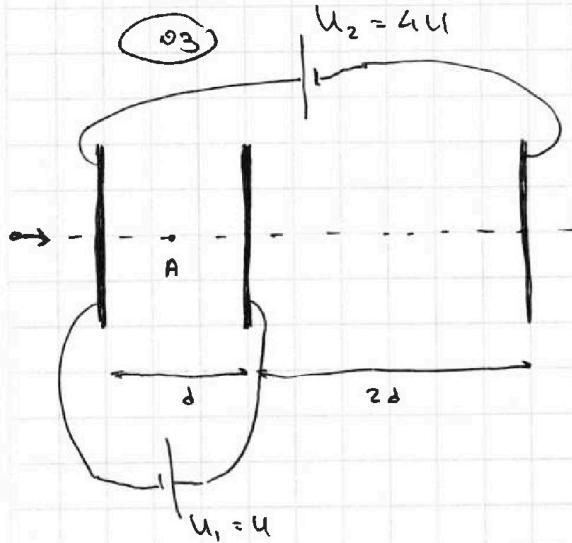
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

МФТИ



1) *видим заряды сбоку*

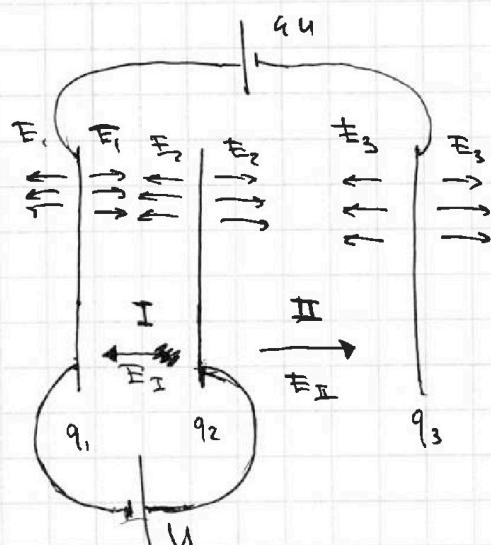
$$E_2 \cdot d = 4U$$

$$E_{II} \cdot d + E_{III} \cdot 2d = 4U$$

$$2E_{III} \cdot d = 4U + E_{I} \cdot d = 5U$$

$$E_I = \frac{U}{d}, \quad E_{II} = \frac{5U}{2d}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



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

$$E_2 = \frac{U}{d} = \frac{E_2 - E_1}{2S\epsilon_0}$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$\frac{q_2 - q_1}{2S\varepsilon_0} = \frac{4}{d}$$
$$\frac{q_2 - q_3}{2S\varepsilon_0} = \frac{54}{2d}$$
$$(q_2 - q_1)d = 2U_5\varepsilon_0$$
$$(q_2 - q_3) \cdot 2d = 10U_5\varepsilon_0$$
$$\frac{d(q_2 - q_1)}{2d(q_2 - q_3)} = \frac{2U_5\varepsilon_0}{10U_5\varepsilon_0} = \frac{q_2 - q_1}{2q_2 - 2q_3} = \frac{1}{5}$$
$$5q_2 - 5q_1 = 2q_2 - 2q_3$$
$$3q_2 - 5q_1 = 2q_3$$
$$3q_2 = 5q_1 + 2q_3$$
$$q_2 = \frac{5}{3}q_1 + \frac{2}{3}q_3$$
$$q_2 - q_1 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3 - q_1 = \frac{2}{3}(q_1 - \frac{2}{3}q_3)$$
$$q_1 - q_3 = 3.5\varepsilon_0 \frac{4}{d}$$
$$q_1 + q_2 + q_3 = q_1 + \frac{5}{3}q_1 + q_3 - \frac{2}{3}q_3 = \frac{8}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_3 = 0$$
$$8q_1 + q_3 = 0$$
$$q_1 = -\frac{5}{8}q_3$$
$$q_2 = -\frac{5}{3} \cdot \frac{5}{8}q_3 - \frac{2}{3}q_3 = \frac{2}{3}q_3 - \frac{25}{24}q_3 = -\frac{13}{24}q_3 = -\frac{3}{8}q_3$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

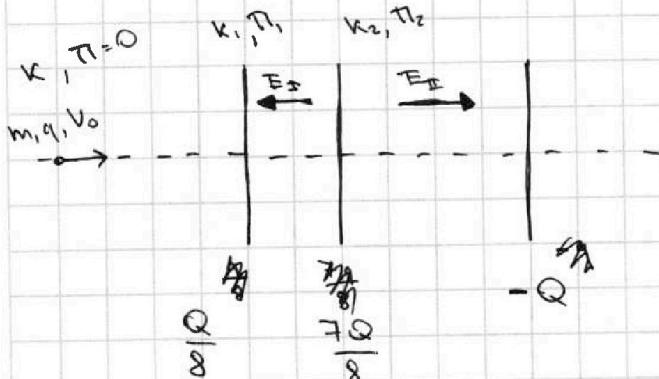
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 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

$$a_I = \frac{F_I}{m} = \frac{q E_I}{m}; E_I = \frac{U}{d}$$

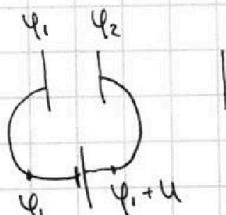
$$a_I = \frac{q U}{md}$$

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

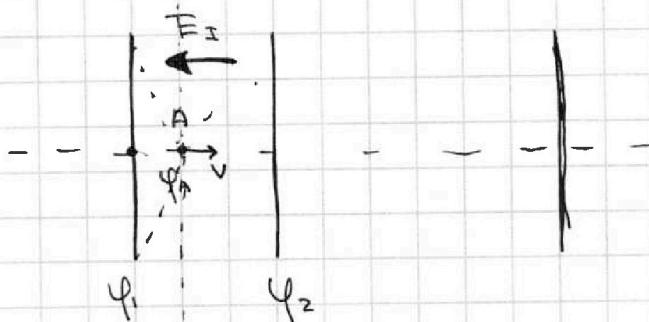
$$k_1 - k_2 + \pi_1 = \pi_2$$

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

$$\varphi_2 = \varphi_1 + U$$



$$k_1 - k_2 = qU$$



$$k = \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + q \varphi_A$$

$\underbrace{\qquad\qquad\qquad}_{\pi_A}$

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

Задача решена с помощью метода
затухающих колебаний

затухание

$\varphi_A =$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$\frac{q_2 - q_3}{2s_0} = \frac{s_4}{2d}$$

$q_2 > 0$ — это значит что из рисунка, выше должно быть от него

$$\frac{q_2 - q_1}{2s_0} = \frac{u}{d}$$

$q_3 < 0$ и $q_3 < q_1$, это тоже видно из расп. момент и рисунка, весь заход

ЭДС-ки начат

$$q_2 - q_3 = 2.5 \cdot \frac{u}{d} \cdot 2s_0 = 5 \frac{u}{d} \cdot s_0 \quad u_3 \quad q_3$$

$$q_2 - q_1 = 2 \frac{u}{d} \cdot s_0$$

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

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

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

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

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

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

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

$$8q_1 + q_3 = 0$$

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

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

переобозначим: $q_3 = G_{ij} - Q$



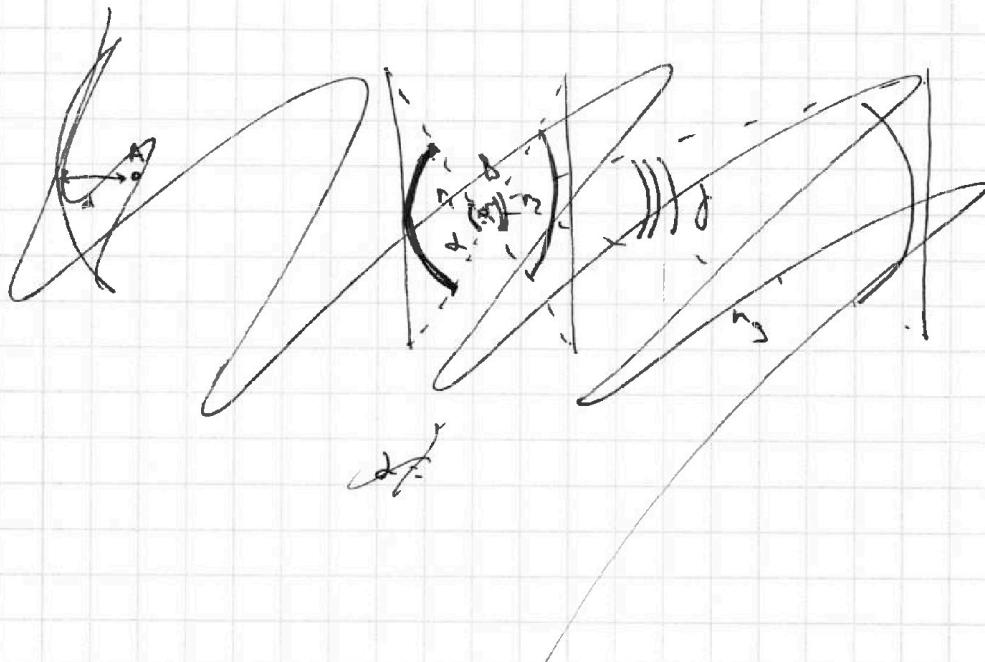
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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





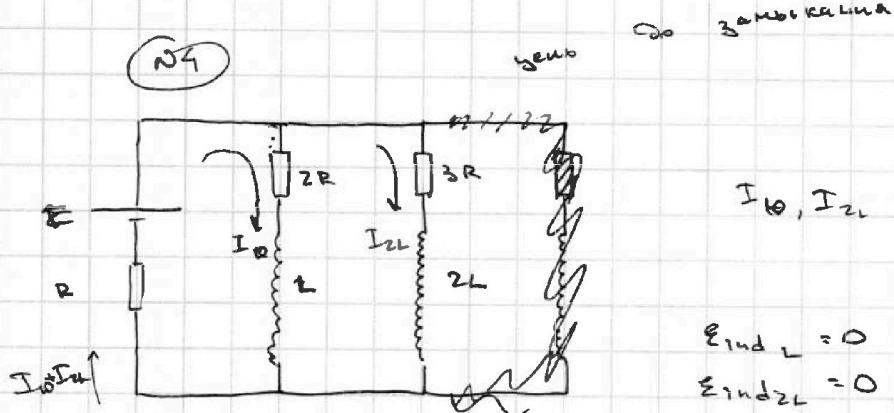
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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



$I_{10}, I_{2L} = \text{const.}$, т.к. $\frac{d}{dt}$ Φ = 0

$\epsilon_{\text{инд}} L = 0$
 $\epsilon_{\text{инд}} 2L = 0$, т.к. Φ = 0

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

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

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

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

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

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

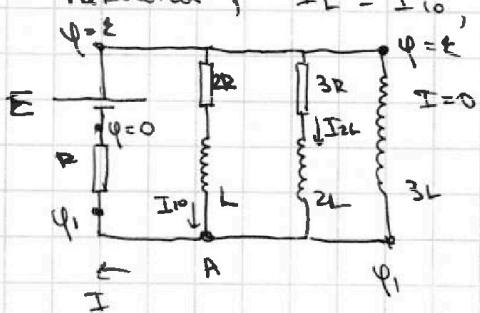
$$= \left(\frac{9}{2} + 1\right) R I_{2L} = \frac{11}{2} R I_{2L}$$

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

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

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

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



Итак, первое уравнение дает узел A
 $I = I_{10} + I_{2L} = \frac{6}{11} E$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

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

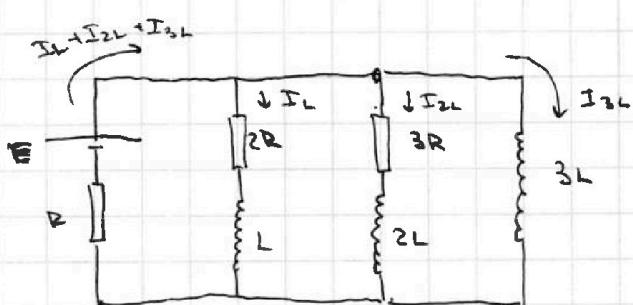
$$\varphi_1 = \text{const} I_{10} R = t \frac{3}{11} E$$

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

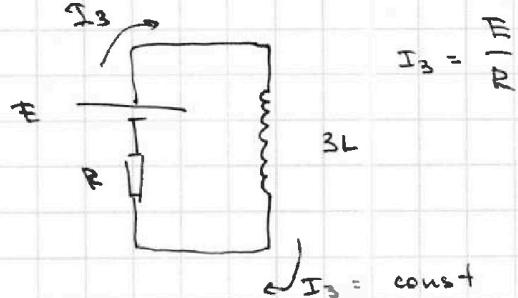
$$\frac{16}{11} E = 3L \cdot \dot{I}_{3L}$$

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

нр. момент времени:



чт. расходы:



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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

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

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

$$dq_{2R}$$

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

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

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

$$\frac{L}{28R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{6}{11} \frac{E}{R} \right) = q$$

$$\frac{L}{28R} \cdot \left(\frac{E}{R} \left(3 + \frac{6}{11} \right) \right) = q$$

$$\frac{L}{R} \cdot \frac{E}{R} \left(\frac{3}{28} + \frac{6}{11 \cdot 28} \right) = q = \frac{EL}{R^2} \left(\frac{3}{28} + \frac{3}{11} \right) = \frac{EL}{R^2} \cdot \frac{33+6}{22} =$$

$$\cancel{\frac{EL}{R^2} \left(1 + \frac{6}{33} \right)} = \cancel{\frac{EL}{R^2} \left(1 + \frac{3}{11} \right)} = q = \frac{EL}{R^2} \cdot \frac{33+6}{22}$$

$$\cancel{1 + \frac{6}{33}} = \cancel{1 + \frac{3}{11}} = q$$

$$\text{Ответ: } I_{10} = \frac{3E}{R}$$

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

$$\cancel{\frac{EL}{R^2} \left(1 + \frac{3}{11} \right)}$$

$$q = \frac{33}{22} \frac{EL}{R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

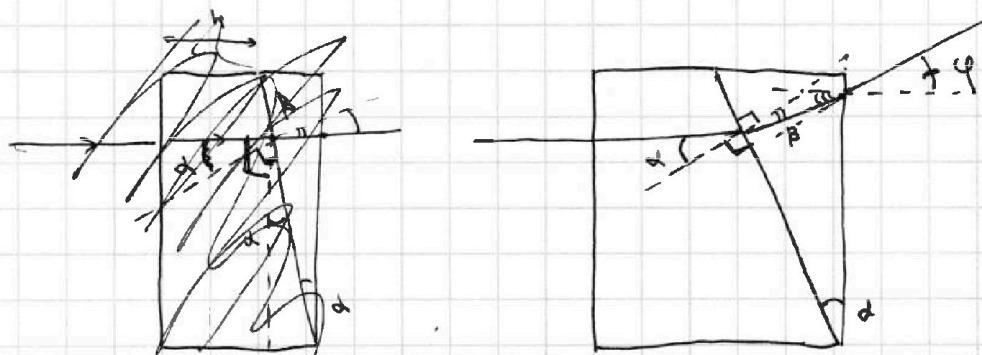
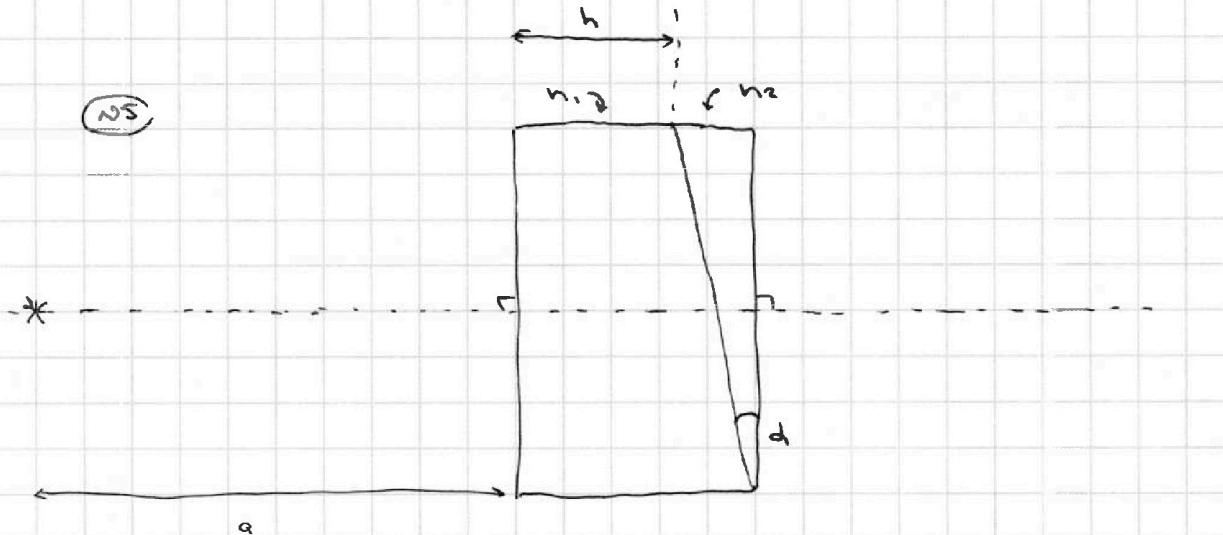
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

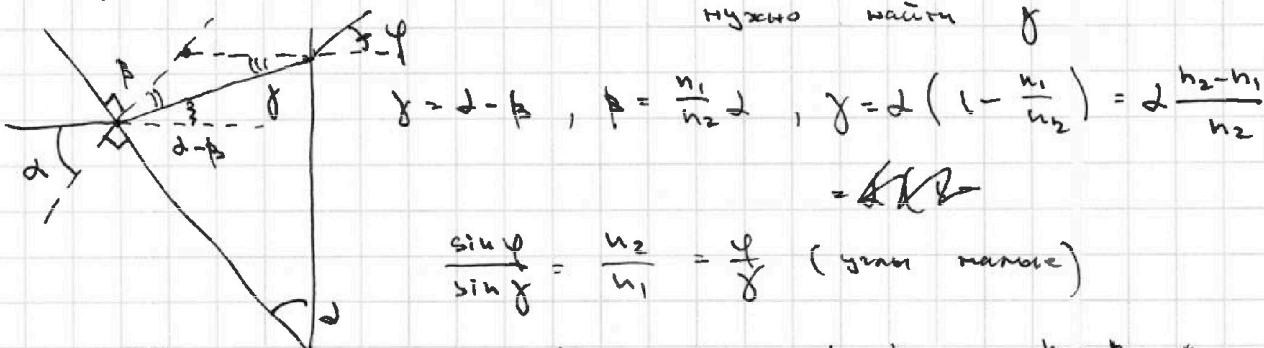


$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

угол малое, тогда, $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{n_2}{n_1}$

расч. падение на ~~стекло~~ наследовано из в-ности:

нужно найти γ



$$\frac{\sin \phi}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi}{\gamma} \quad (\text{угол малое})$$

$$\phi = \frac{n_2}{n_1}, \gamma = \frac{n_2}{n_1} \cdot d \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_2} = d \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} = \beta$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

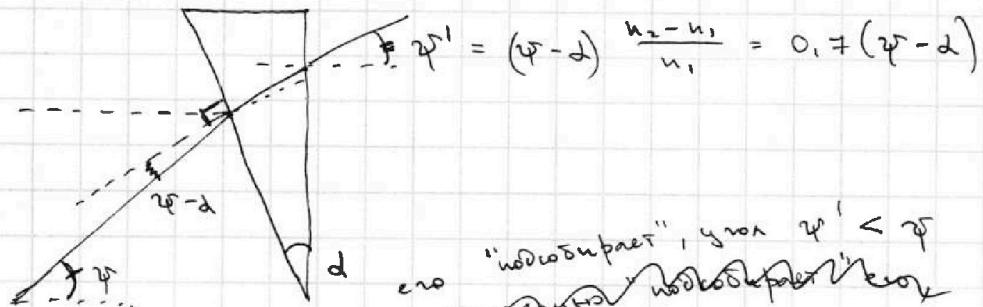
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

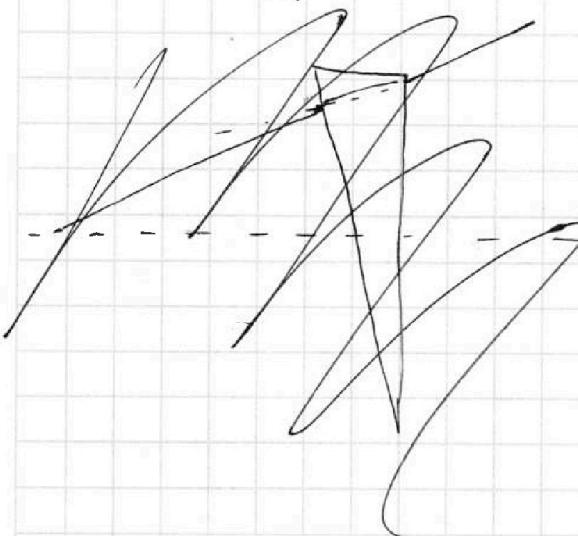
$$\eta = 2 \frac{n_2 - n_1}{n_1} \Rightarrow \eta = 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} = 0,1 \cdot (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

$n_1 = 1 \rightarrow$ возьмем первую призму.



на призму надает расход. лучок, призма преломляет лучок

если "подсобирает", угол ϕ' < ϕ
доказательство подсобирает



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

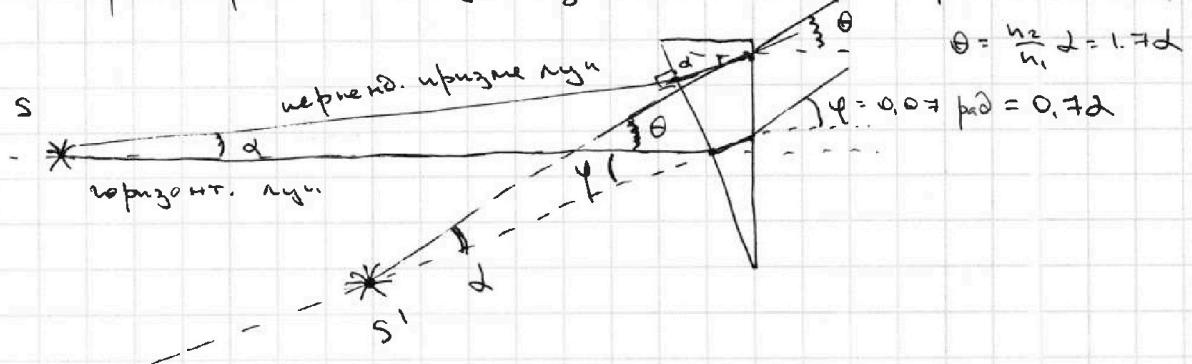


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

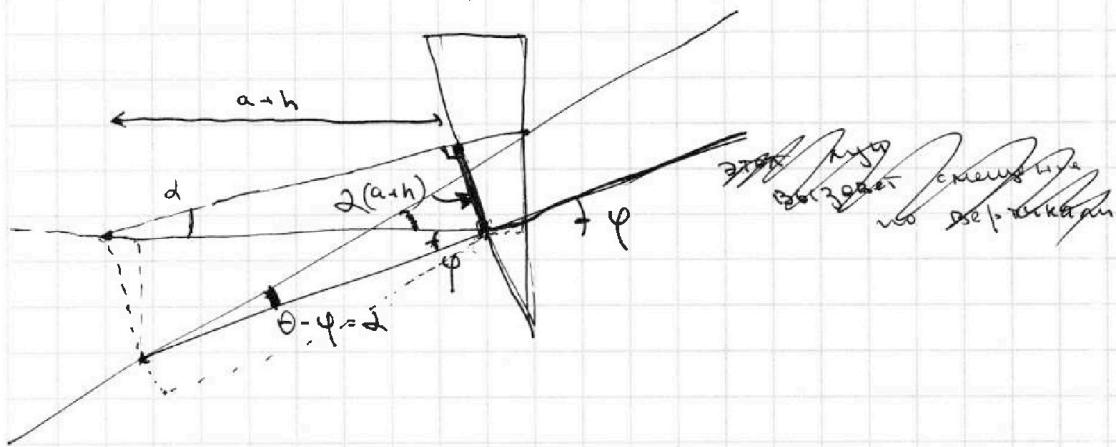
рассмотрим два луча удобных для построения изображения



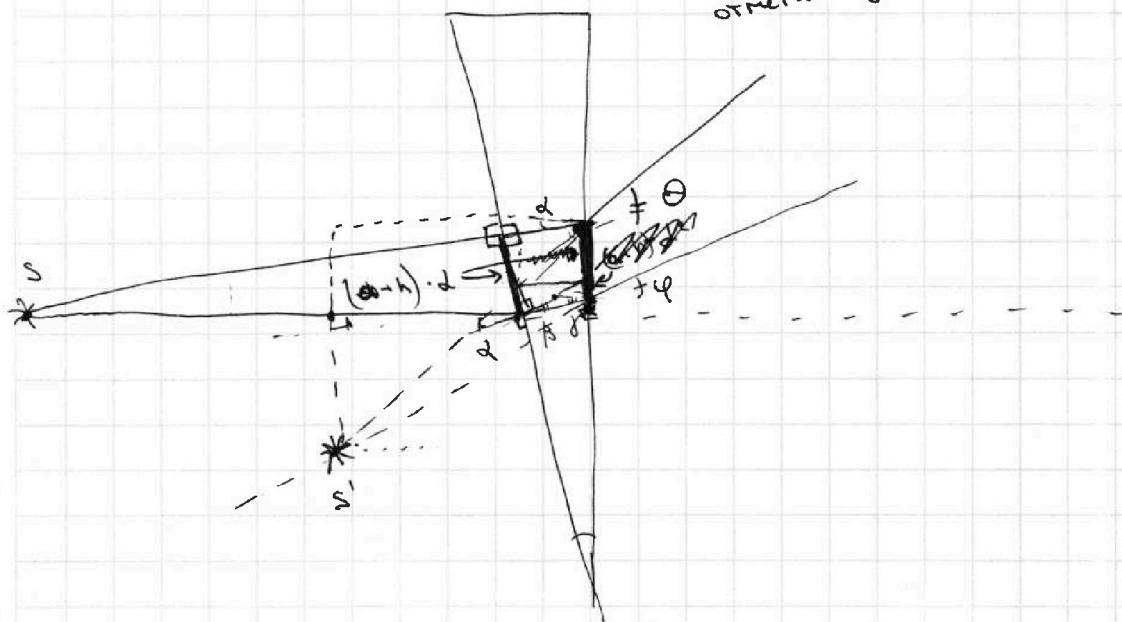
$$\theta = \frac{h_2}{h_1} d = 1.7d$$

$$\varphi = 0.07 \text{ rad} = 0.7d$$

на продолжении лучей находится 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

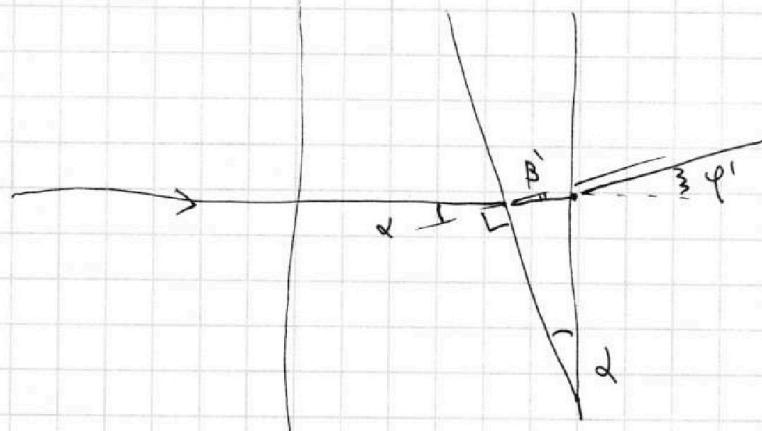
$$BS = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 205 = 0,7 \cdot 20,5 = \frac{14,35}{14,35} = 14,4 \text{ см}$$

если $n_1 = 1,5$, то изменить углы φ и Θ .

угол φ определяет расстояние BS, так что
стоит искать именно его.

$$BS = \varphi (\text{deg})$$

$$\varphi \rightarrow \varphi'$$



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

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

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

$$BS' = \varphi' (deg) = 1,7 \cdot 0,1 \cdot 205 = 1,7 \cdot 20,5 = \frac{34,95}{34,95} \approx 35 \text{ см}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

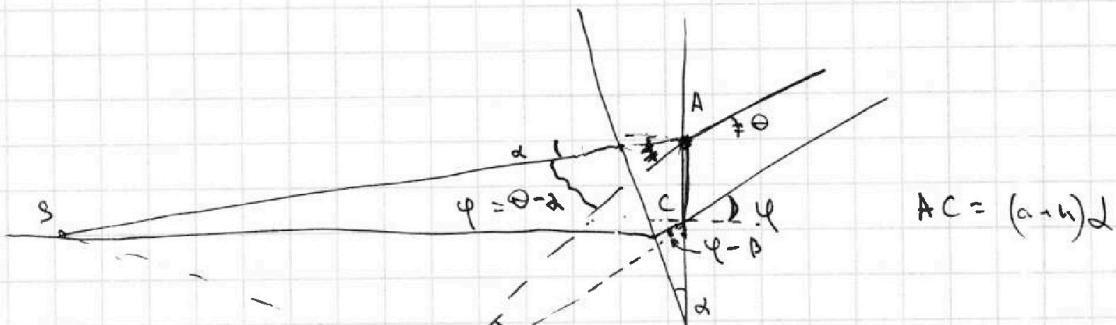
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



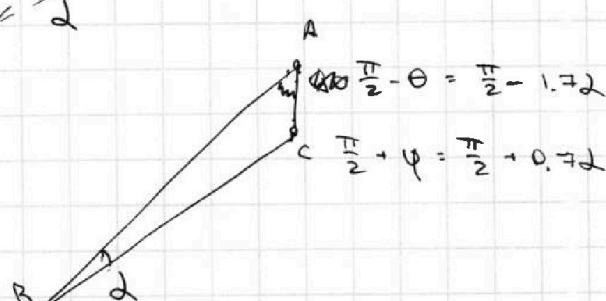
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



B ABC :



$$\frac{AB}{\sin(\pi/2 - \theta)} = \frac{AC}{\sin \phi} = \frac{BC}{\sin(\pi/2 - \theta)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$AB = a+h.$$

$$BS = AS \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = AB \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = 0.72(a+h)$$

$$ST = AS \cdot \cos \frac{\varphi}{2}$$

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



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