



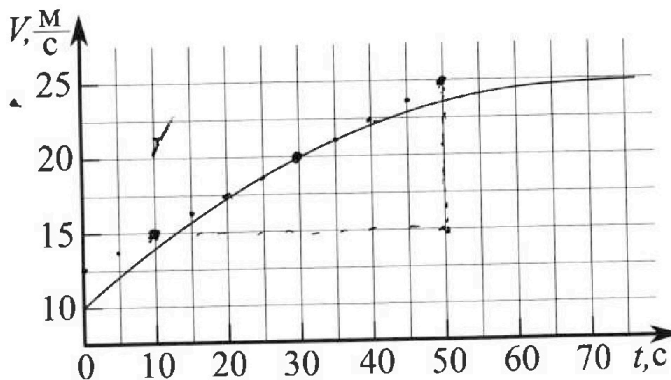
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

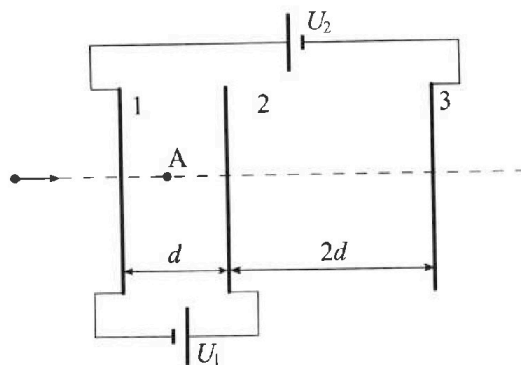
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диском, соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В 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  $\Delta n$  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/(м<sup>3</sup>·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

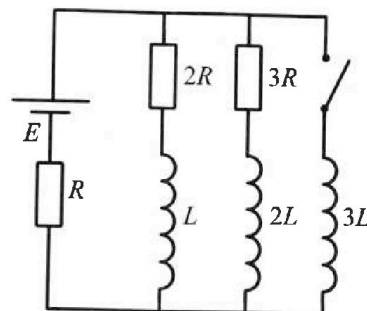
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



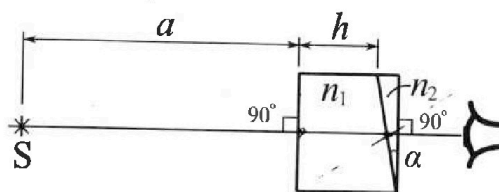
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{10}$  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 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.

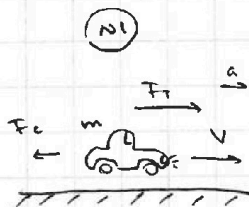
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$F_c = \mu \sigma$$

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

~~в самом начале~~

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

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

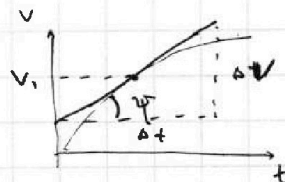
$$\mu = \frac{F_T'}{\sigma_{\text{уст}}} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} = 20 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}} =$$

$$= 20 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

ускорение при  $\rightarrow a_1 = \dot{V}_1 = \tan \psi_1$ ,  $\psi_1$  — 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

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

$$= 9000 \text{ Вт}$$

$$\frac{1800 \cdot 20}{4} = 1800 \cdot 5 =$$

$$= 18 \cdot 100 \cdot 5 =$$

$$= 80 \cdot 100 =$$

$$= 9000$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

Ответ:

$$a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$$F_1 = 850 \text{ Н}$$

$$\phi_1 = 9000 \text{ Б}$$



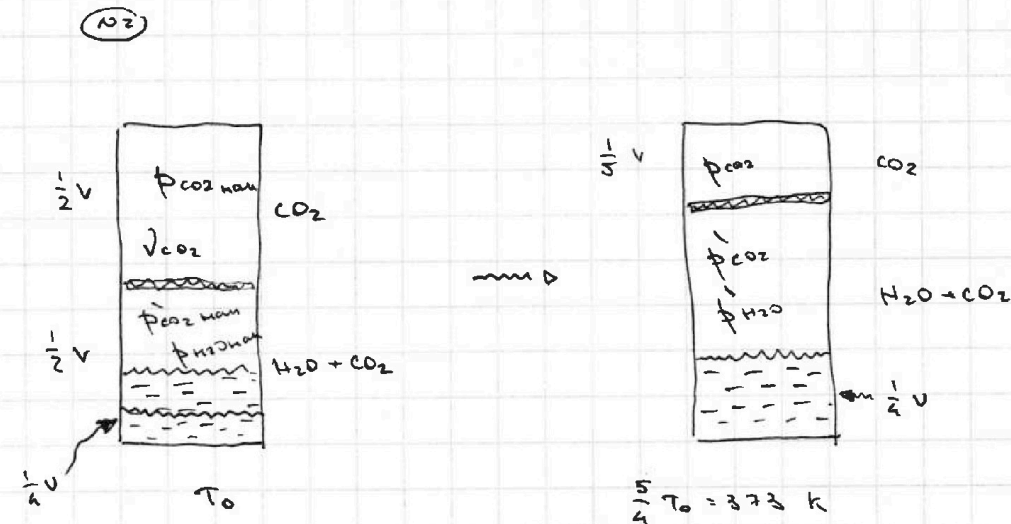
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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 усл. раз в воде не растворяется,  $\Delta V_{\text{кон}} = 0$   
 начальное состояние

усл. обозначения - на рисунке!

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{\nu_{\text{CO}_2}}{2 \nu'_{\text{CO}_2}} = 1 ; \quad \nu_{\text{CO}_2} = 2 \nu'_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{\nu_{\text{CO}_2}}{\nu'_{\text{CO}_2}} = 2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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

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~~

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

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

дан. насыщ. паров

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

$$\Delta \nu = k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot W = k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{4} V$$

тогда можно выразить конечное давление  $CO_2$ :

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

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

$$p'_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V = \left( \nu'_{CO_2 \text{ нач}} + k p'_{CO_2 \text{ нач}} \cdot \frac{1}{4} V \right) RT$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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



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

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

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

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

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

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

т.к. в сосуде наход. и вода и пар, и процесс установился 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input 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!

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

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

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

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

$$kRT = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 1, \text{ но размерности — единицы, так что подставим, это ни на что не влияет}$$

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

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

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

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

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

$p_0$  — начальная давл. в сосуде — это и есть

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

Ответ: 2  
 $p_0 = 88/135 \cdot p_{\text{атм}}$

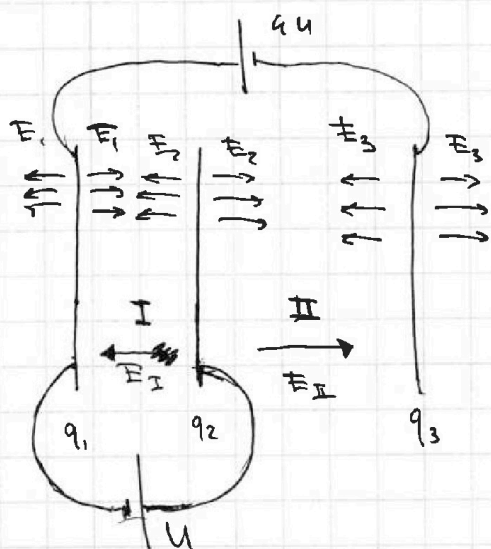
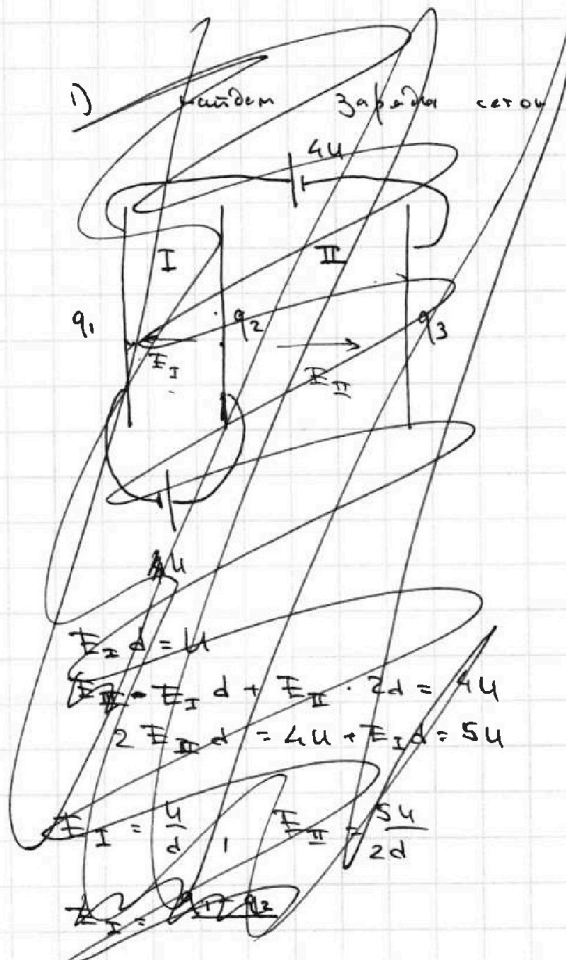
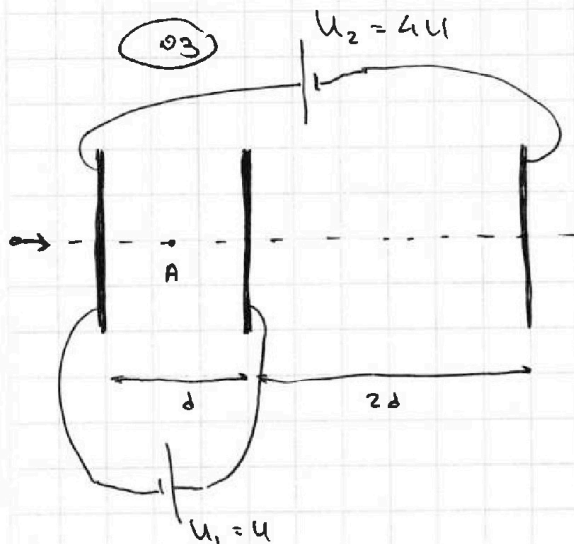
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

~~$$\frac{q_2 - q_1}{2\epsilon_0 d} = \frac{4}{d}$$
$$(q_2 - q_1)d = 2\epsilon_0 d$$
$$(q_2 - q_1) \cdot 2d = 10\epsilon_0 d$$
$$\frac{d(q_2 - q_1)}{2d(q_2 - q_3)} = \frac{2\epsilon_0 d}{10\epsilon_0 d} = \frac{q_2 - q_1}{2q_2 - 2q_3} = \frac{1}{5}$$
$$5q_2 - 5q_1 = 2q_2 - 2q_3$$
$$3q_2 - 5q_1 = -2q_3$$
$$3q_2 = 5q_1 - 2q_3$$
$$q_2 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3$$
$$q_2 - q_1 = \frac{5}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3 - q_1 = \frac{2}{3}q_1 - \frac{2}{3}q_3 = \frac{2}{3}(q_1 - q_3)$$
$$q_1 + q_3 = \frac{3}{2}\epsilon_0 d \cdot \frac{4}{d}$$
$$q_1 + q_2 + q_3 = q_1 + \frac{5}{3}q_1 + q_3 - \frac{2}{3}q_3 = \frac{8}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_3 = 0$$
$$8q_1 + q_3 = 0$$
$$q_1 = -\frac{1}{8}q_3$$
$$q_2 = -\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{8}q_3 - \frac{2}{3}q_3 = -\frac{1}{24}q_3 - \frac{16}{24}q_3 = -\frac{17}{24}q_3$$~~

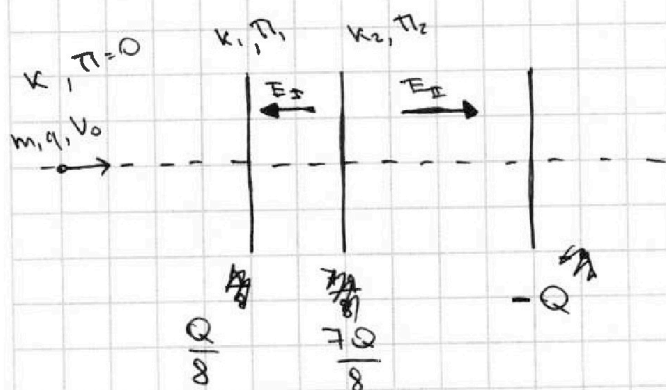
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



$Q > 0$

$k$  - кин. энергия  
 $\pi$  - потенц. энергия

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

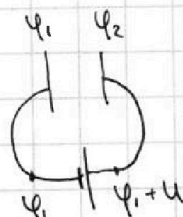
$$a_I = \frac{qU}{md}$$

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

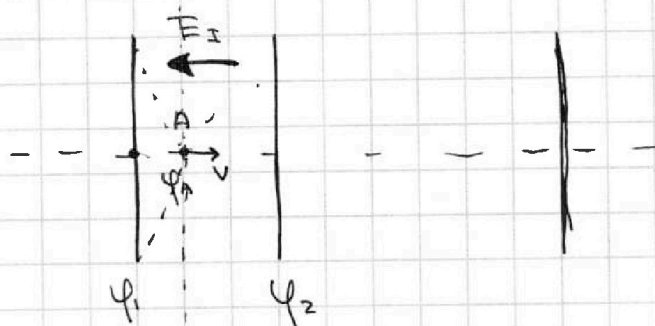
$$k_1 - k_2 + \pi_1 = \pi_2$$

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

$$\varphi_2 = \varphi_1 + U$$



$$k_1 - k_2 = qU$$



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

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

Зона минимальной напряженности

Зона минимальной напряженности

Зона минимальной напряженности

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!



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

$q_2 > 0$  — 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$8q_1 + q_3 = 0$$

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

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

перепроверяем:  $q_3 = 4q_1 - Q$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  
☐

2  
☐

3  
☒

4  
☐

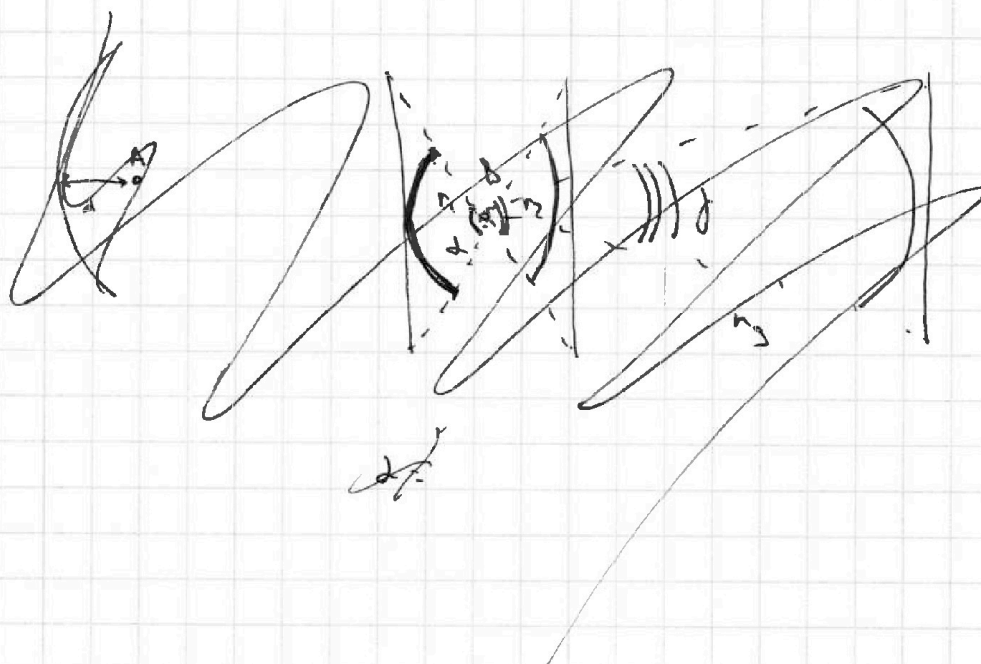
5  
☐

6  
☐

7  
☐

 МФТИ

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





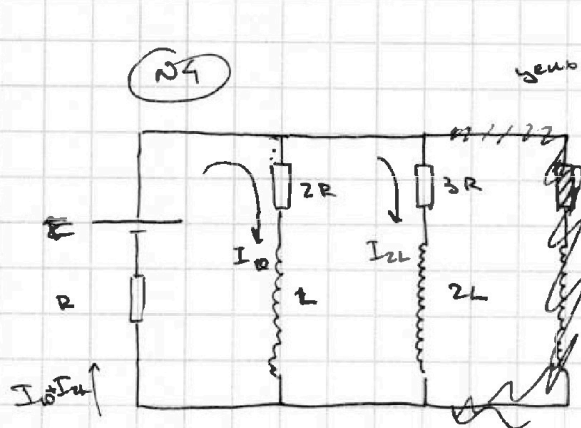
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

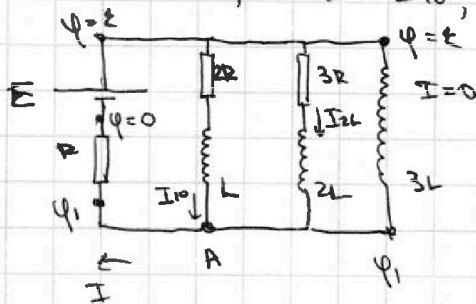
$$= \left( \frac{9}{2} + 1 \right) R I_{2L} = \frac{11}{2} R I_{2L}$$

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

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

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

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

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

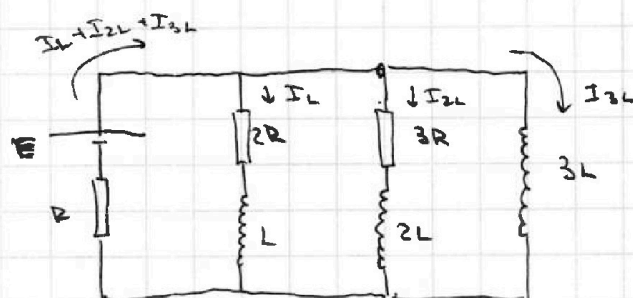
$$\varphi_1 = \int I_{10} R = \tau \frac{5}{11} E$$

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

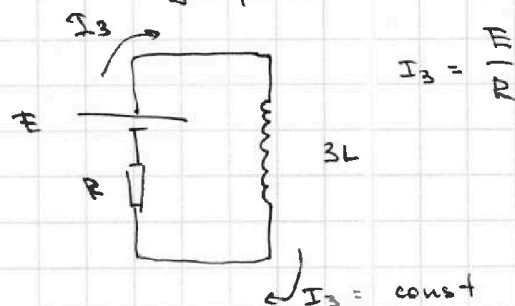
$$\frac{16}{11} E = 3L \cdot \dot{I}_{3L}$$

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

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                        |
| <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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

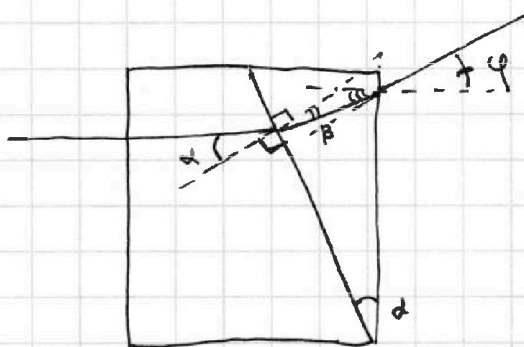
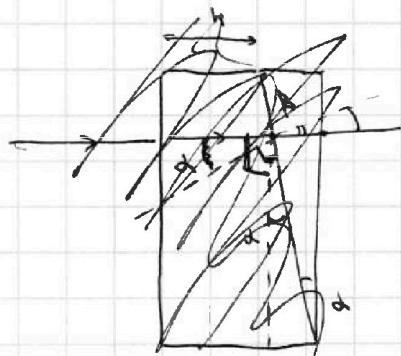
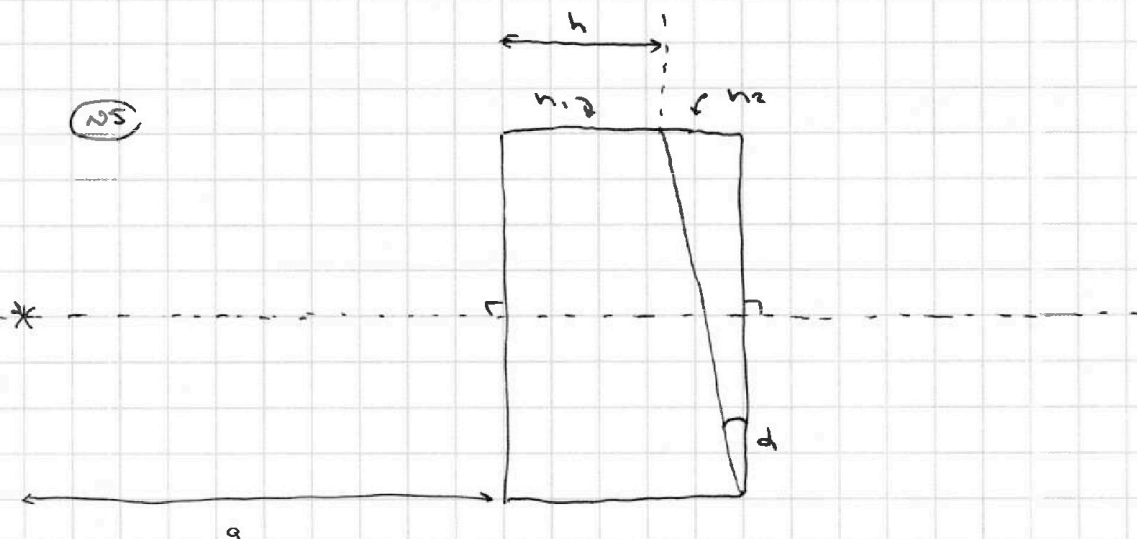
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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!

25

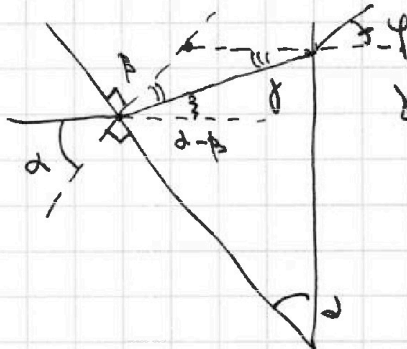


$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

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

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

нужно найти  $\gamma$



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

~~АКР~~

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

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





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☐

5  
☒

6  
☐

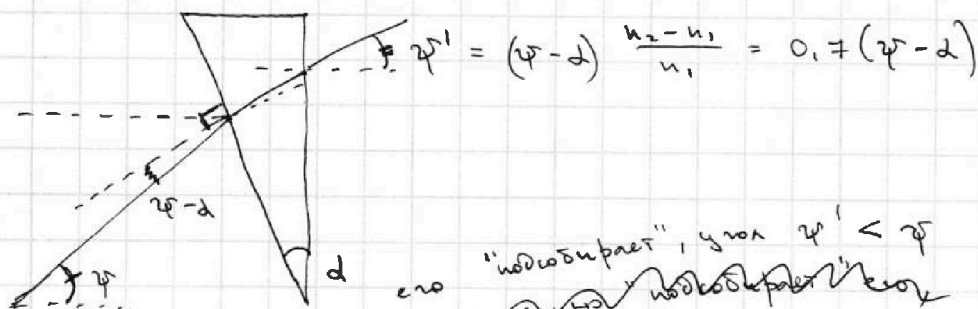
7  
☐

**МФТИ**

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

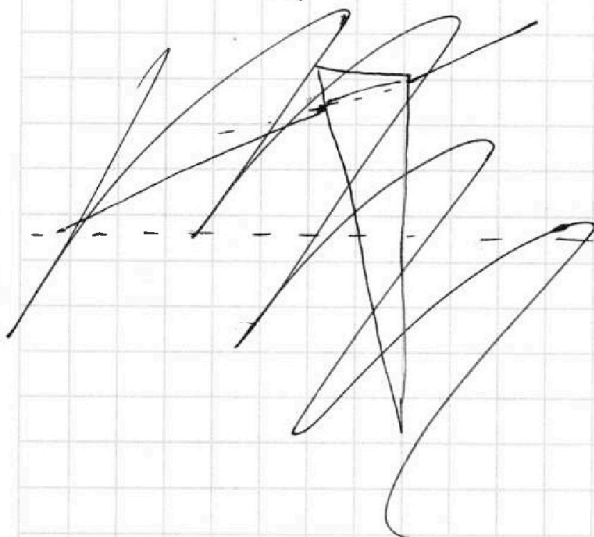
$$\varphi = 2 \frac{n_2 - n_1}{n_1} \Rightarrow \varphi = 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} = 0,1 \cdot (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

$n_1 = 1 \rightarrow$  Возникнет нормальная призма.



на призму  
падает расхо-  
дящийся луч,  
призма собирает лучи

его "подбирает", угол  $\varphi' < \varphi$   
~~лучи собираются~~ "подбирает" луч





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

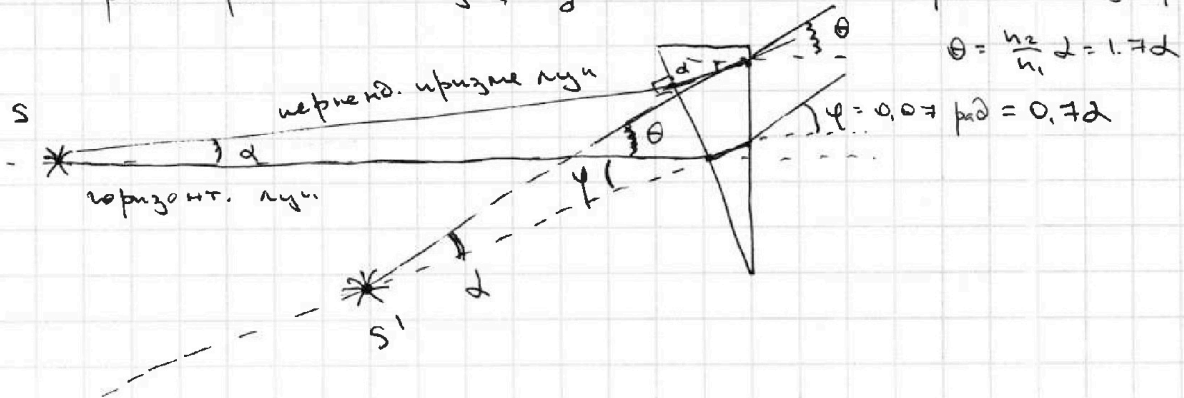
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



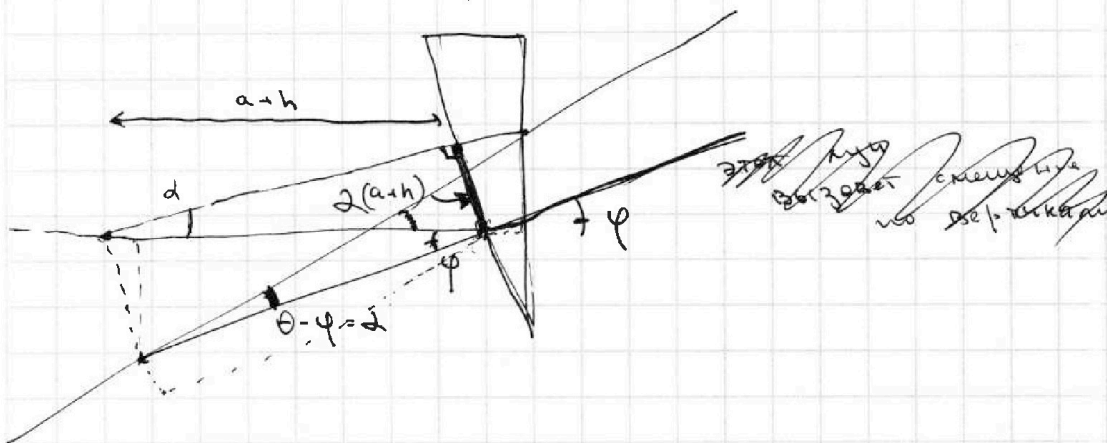
**МФТИ**

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

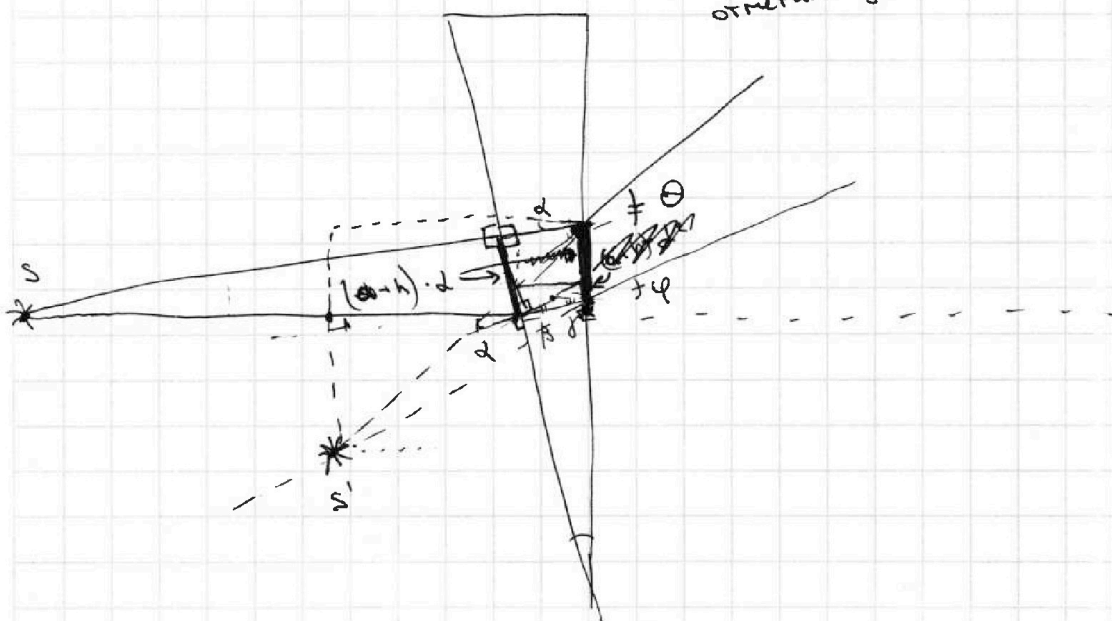
рассмотрим два луча удобных для построения изображений



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                        |
| <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!

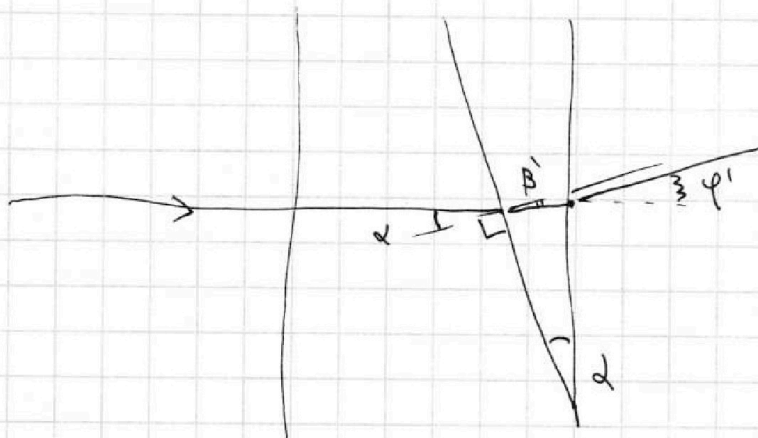
$$BS = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 205 = 0,7 \cdot 20,5 = \frac{2,05}{14,35} = 14,4 \text{ см}$$

если  $n_1 = 1,5$ , то изменится угол  $\varphi$  и  $\theta$ .

угол  $\varphi$  определяется расстоянием  $BS$ , так что  
стоит искать именно его.

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

$$\varphi \rightarrow \varphi'$$



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

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

$$\varphi' = 1,7 \cdot 1,5$$

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

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

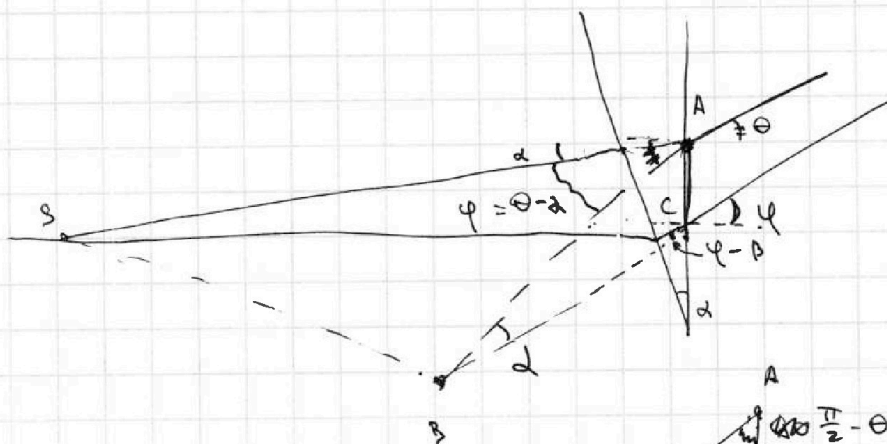
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

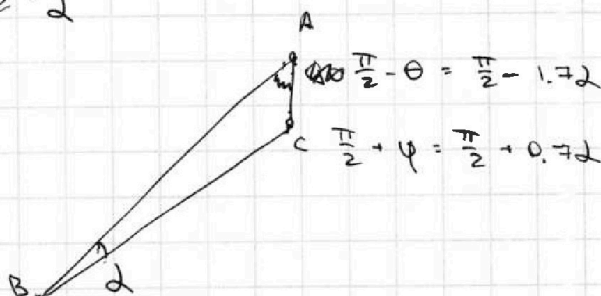
МФТИ

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



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

В  $\triangle ABC$ :



$$\frac{AB}{\sin(\frac{\pi}{2} + 0.2d)} = \frac{AC}{\sin d} = \frac{BC}{\sin(\frac{\pi}{2} - \theta)}$$

$$\frac{AB}{\cos 0.7d} = \frac{AC}{d}$$

$$\frac{AB}{1 - \frac{(0.7d)^2}{2}} = \frac{AC}{d} = \frac{(a+h)d}{d} = a+h$$

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

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

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

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

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

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

$$AB = a+h.$$

$AS \propto AB$



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

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

$$BS = AS \cdot \phi = AB \cdot \phi = 0.7d(a+h)$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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

