



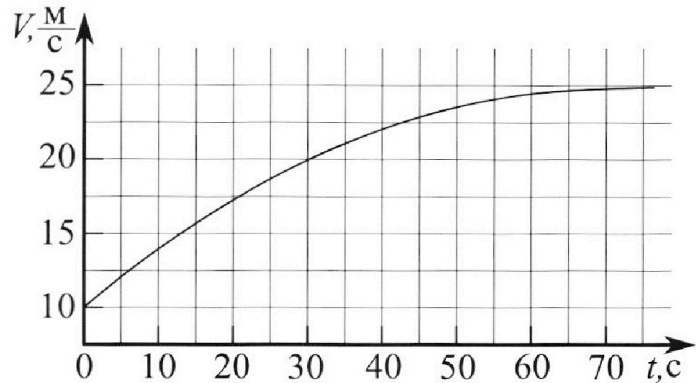
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой  $m = 1500$  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  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

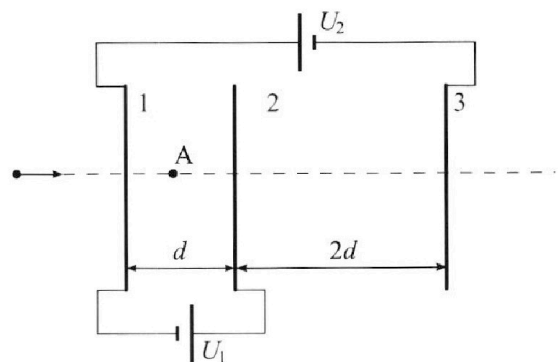
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$  ( $P_{\text{АТМ}}$  - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  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 отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

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  $U_2 = 3U$ . 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  $d/4$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

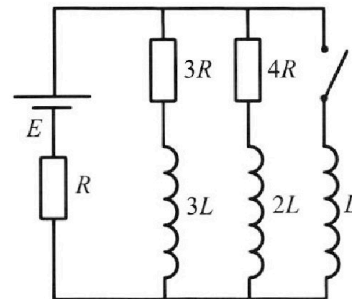
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

Ответы давать с числовыми коэф. фициентами 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  $a = 90$  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  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

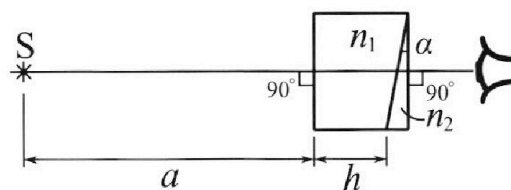


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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:

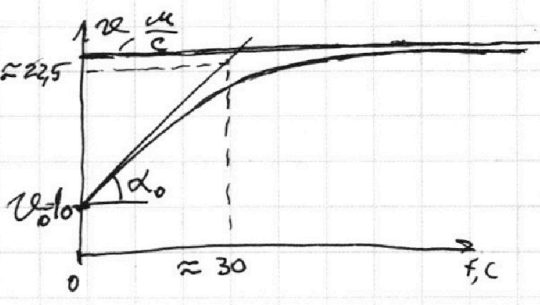
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№1  
 $m = 1500 \text{ кг}$   
 $F_k = 600 \text{ Н}$   
 $F_{\text{соп}} = \alpha v$

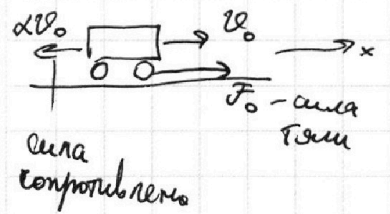


$a = \frac{dv}{dt}$  - касательная к графику  
 $a(0) = \frac{v_0}{t_0}$  - в точке 0  
 проводя касательную получаем примерные значения

$$a(0) = \frac{(22,5 - 10) \frac{\text{м}}{\text{с}}}{(30 - 0) \text{ с}} = \frac{12,5}{30} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 0,417 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$a(0) = ?$   
 $F_0 = ?$   
 $P_0 = ?$

Начальный момент:



ИЗН ок:  $ma(0) = F_0 - \alpha v_0$

Заметим, что график  $v(t)$  выискивает асимптоту при  $t \rightarrow \infty$  в виде  $v_k \approx 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $v_k = \text{const}$  характеризует конечный момент, когда  $a_k = 0$ , тогда  $F_{\text{соп}}(v_k) = F_k$

тогда:  $F_0 = ma(0) + \frac{F_k}{v_k} v_0 \approx 865 \text{ Н}$

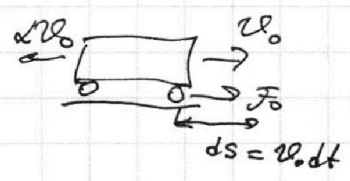
$$\alpha v_k = F_k \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v_k}$$

$$a(0) = 0,417 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Начальный момент, смотрим  $dt \rightarrow 0$ :



$$dA_{\text{глу}} = F_0 \cdot ds = F_0 \cdot v_0 dt$$

$$P_0 = \frac{dA_{\text{глу}}}{dt} = F_0 v_0 \approx 8,65 \text{ кВт}$$

Ответ.  $a(0) = 0,417 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $F_0 = 865 \text{ Н}$   
 $P_0 = 8,65 \text{ кВт}$

- 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!



$\sqrt{2}$  (начало)

$V, p_0 = \frac{p_A}{2}$

$T = 373 \text{ K}$

$V/5, V/4$

$\Delta \nu = k p_A$

$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$

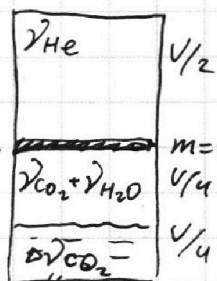
$RT \approx 310^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

$\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{ниж}}} - ?$

$\nu_{\text{ниж}}$

$\frac{T}{T_0} - ?$

Начало:



сказано, что  $p_{\text{H}_2\text{O}} \ll p_{\text{CO}_2}$

УМК:  $p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}} RT_0}{V/4}$

$p_{\text{CO}_2} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} RT_0}{V/4}$

$\Rightarrow \nu_{\text{H}_2\text{O}} \ll \nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{ниж}}$   
 $p_0 = p_{\text{CO}_2}$

тогда, УМК:

верх:  $\nu_{\text{He}} RT_0 = p_0 \cdot \frac{V}{2}$

низ:  $\nu_{\text{ниж}} RT_0 = p_0 \cdot \frac{V}{4}$

$\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{ниж}}} = \frac{p_0 V \cdot 4}{2 p_0 V} = 2$

пусть  $\nu_{\text{CO}_2} = \nu = \nu_{\text{ниж}}$   
тогда  $\nu_{\text{He}} = 2\nu$

закон Генри:  $\Delta \nu = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = k p_A V \cdot \frac{1}{8}$

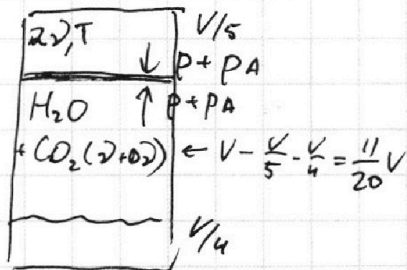
Концы:

т.к.  $\Delta \nu_{\text{возд}}$  мал и в сосуде она еще осталась  $p_{\text{возд}} = p_{\text{нас}}$

$p_{\text{нас}} (T = 373 \text{ K}) = p_A$

пусть  $p'_{\text{CO}_2} = p$

$\nu'_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu$  - т.к. весь газ вышел из воды и больше в нем не растворяется:



УМК: верх:  $(p + p_A) \frac{V}{5} = 2\nu RT \Rightarrow p = \frac{10\nu RT}{V} - p_A$

(2) низ для CO<sub>2</sub>:  $p \cdot \frac{11V}{20} = (\nu + \Delta \nu) RT$

из начала:  $\begin{cases} \Delta \nu = k p_A V \frac{1}{8} \\ \frac{p_A V}{4} = 2\nu RT_0 \Rightarrow \nu = \frac{p_A V}{8 RT_0} \end{cases}$

(2):  $\left( \frac{10 RT}{V} \cdot \frac{p_A V}{8 RT_0} - p_A \right) \cdot \frac{11}{20} V = RT \cdot \left( \frac{p_A V}{8 RT_0} + k p_A V \frac{1}{8} \right)$

$V p_A \cdot \frac{11}{20} \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) = p_A V \cdot RT \left( \frac{1}{8 RT_0} + \frac{k}{8} \right)$

прогнозируем ↓

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!

№2 (прогнозирование ↓)

$$\frac{T}{T_0} = \alpha$$

$$\frac{11}{20} \left( \frac{5}{4} \alpha - 1 \right) = \frac{1}{8} \alpha + RT \cdot \frac{k}{8}$$

$$\frac{11 \cdot 5}{8 \cdot 4 \cdot 4} \alpha - \frac{11}{20} = \frac{1}{8} \alpha + \frac{RTk}{8}$$

$$\frac{11}{16} \alpha - \frac{2}{16} \alpha = \frac{11}{20} + \frac{RTk}{8}$$

$$\frac{9}{16} \alpha = \frac{11}{20} + \frac{RTk}{8}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{дн} \cdot \text{е}}{\text{млн}}; \quad k = 0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{млн} \cdot \text{л}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$\alpha = \frac{16 \cdot 11}{20 \cdot 9} + \frac{16 \cdot RTk}{9 \cdot 8} = \frac{44}{45} + \frac{2RTk}{9} = \frac{44}{45} + \frac{2}{9} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = \frac{44}{45} + \frac{1}{3} = \frac{59}{45}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{44}{45} + \frac{2RTk}{9} = \frac{59}{45}$$

Ответ.  $\frac{\gamma_{не}}{\gamma_{штк}} = 2$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{44}{45} + \frac{2RTk}{9} = \frac{59}{45}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



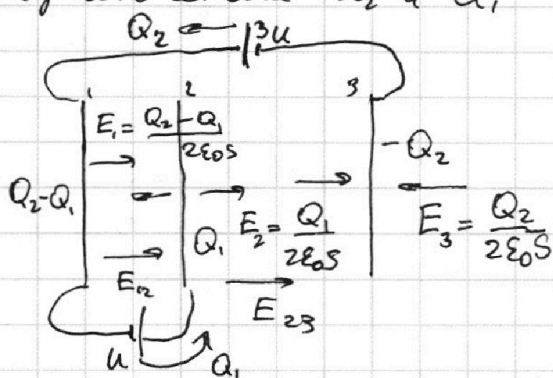
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\sqrt{3} d \ll \sqrt{S}$   
 $d, 2d$   
 $U_1 = U$   
 $U_2 = 3U$   
 $m, q, \varphi_0$   
 $q \ll Q$   
 $q_{1,2} - ?$   
 $K_1 - K_2 - ?$   
 $\varphi_A - ?$

**НАЧАЛО!**

Найдем установившиеся на сетках заряды после подключения  $U_2$  и  $U_1$ .



$E_{\text{от пластины}} = \frac{q_{\text{пластины}}}{2S\epsilon_0}$   
 т.к. пластины близко друг к другу и поле как от бесконечной плоскости

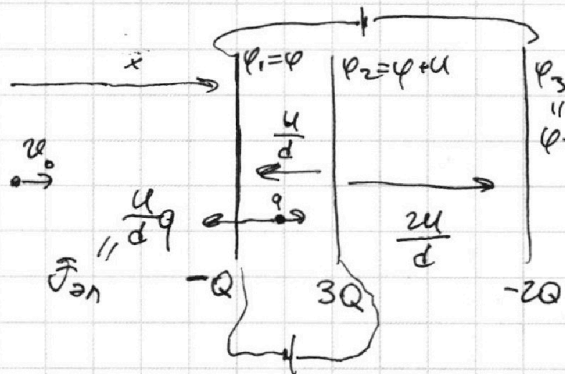
$3U = E_{12}d + E_{23} \cdot 2d$  - условие установившегося состояния  
 $U = -E_{12}d$  - условие

$$\begin{cases} 3U = \frac{d}{2\epsilon_0 S} ((Q_2 - Q_1) \cdot 3 + Q_1 \cdot 3 - Q_1 + 2Q_2) = (6Q_2 - 2Q_1) \frac{d}{2\epsilon_0 S} \\ U = \frac{d}{2\epsilon_0 S} (Q_1 - (Q_2 - Q_1) - (Q_2)) = (2Q_1 - 2Q_2) \frac{d}{2\epsilon_0 S} \end{cases}$$

$\Rightarrow 6Q_1 - 6Q_2 = 6Q_2 - 2Q_1 \Rightarrow 2Q_1 = 3Q_2$  пусть  $Q_2 = 2Q$   
 тогда  $Q_1 = 3Q$

$E_{12} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_2 - Q_1 + Q_2 - Q_1) = -\frac{2Q}{2\epsilon_0 S} = -E_{21} \Rightarrow Q = \frac{U\epsilon_0 S}{d}$

$E_{23} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_2 - Q_1 + Q_2 + Q_1) = \frac{4Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{2Q}{\epsilon_0 S} = \frac{2U\epsilon_0 S}{d \cdot \epsilon_0 S} = \frac{2U}{d}$



$\text{IIЗН } \text{ок}: m a = -\frac{U}{d} q$

$|a| = \frac{Uq}{dm}$

пусть  $y$  — потенциал  $\varphi_1 = 0$  на бесконечности  $\varphi = 0$

$-\Delta\varphi = E \Delta x$

12:  $-(\varphi_2 - \varphi_1) = -\frac{U}{d} \cdot d \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 + U = \varphi + U$

23:  $-(\varphi_3 - \varphi_2) = \frac{2U}{d} \cdot 2d \Rightarrow \varphi_3 = \varphi_2 - 4U = \varphi - 4U$

**продолжение!**

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!



продолжение: ↓

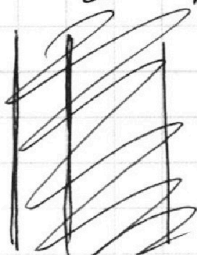
ЗСЭ для системы:  $K_1 + \varphi_1 q = K_2 + \varphi_2 q$

$$K_1 - K_2 = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) = q \cdot (\varphi + u - \varphi) = qu$$

~~ЗСЭ для системы после  
того как появились  
батарейки:~~

~~$A \delta \varphi_1 + A \delta \varphi_2 = \varphi_1 Q_1 + \varphi_2 Q_2 + \varphi_3 Q_3$   
 $u_1 Q_1 + u_2 Q_2$   
 $u \cdot 3Q + 3u \cdot 2Q = \varphi \cdot (-Q) + (\varphi + u) \cdot 3Q +$   
 $+ (\varphi + 3u) \cdot (-2Q)$~~

~~или  $\varphi_{\text{лево}} = \varphi_{\text{право}}$~~



На бесконечности система вытекает как  
один конденсатор у которого  $\varphi_{\text{правого}} = -\varphi_{\text{левого}}$   
тогда  $\varphi = 3u - \varphi \Rightarrow \varphi = \frac{3}{2}u$

$\varphi(x)$  линейн в областях  
 $E = \text{const}$

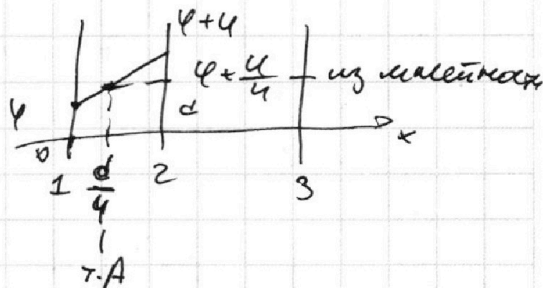
тогда

ЗСЭ для  $q$ :

$$\frac{m v_0^2}{2} + \varphi_0 q = \frac{m v_A^2}{2} + (\varphi + \frac{u}{4}) \cdot q$$

$$v_0^2 = v_A^2 + \frac{2}{m} q \cdot \frac{7}{4} u$$

$$\Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{7qu}{2m}}$$



Ответ:  $|a_{12}| = \frac{uq}{dm}$   
 $K_1 - K_2 = qu$   
 $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{7qu}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

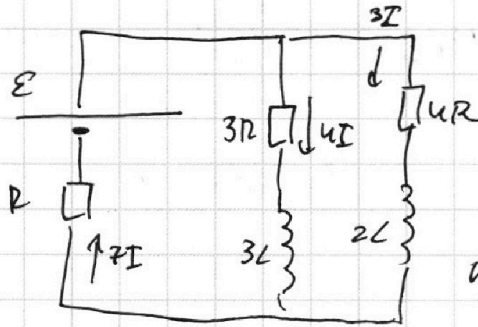
МФТИ

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



№4

$I_{10} - ?$   
 $\mathcal{U}_I(0) - ?$   
 $q_{3R} - ?$



До замыкания:  
установившееся  
режим  $I_{3L}$  и  $I_{2L} = \text{const}$

$\Rightarrow U_{3L}$  и  $U_{2L} = 0$  - нулевого

мощь  $I_{3R} = 4I = I_0$  - закон Ома

тогда  $I_{4R} = 3I$

$I_{0\text{е}}$   
правило Кирхгофа:

$$\varepsilon = 7IR + 12IR = 19IR \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{19R} \Rightarrow I_{10} = \frac{4\varepsilon}{19R}$$

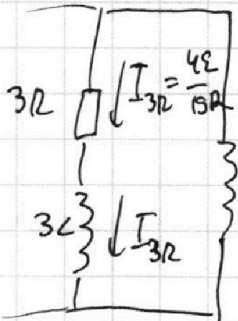
Ключ замыкаем, ~~и~~  $I$  катушек не может мгновенно поменяться следовательно  $I_{3R}$  и  $I_{4R}$  остались такими же, значит и во всей цепи ток не изменился

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{19R}$$

$$\varepsilon = 7IR + 12IR + \dot{I}_{3L}L \Rightarrow \dot{I}_{3L} = 0$$

$$\Rightarrow U_L = 3R \cdot 4I = \frac{12}{19}\varepsilon = \dot{I}_L L = \frac{2\varepsilon}{19}$$

$$\Rightarrow \mathcal{U}_I = \frac{12\varepsilon}{19L}$$



С замыканием ключом установившегося  
варьманя, когда  $I_L' = \text{const} \Rightarrow U_L' = 0 \Rightarrow U_{3R}'$  и  $U_{4R}' = 0$

ИТК:

$$\varepsilon = I'R \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{R} = \text{const}$$

$$I_{3R}'$$
 и  $I_{4R}' = 0$

$$= \text{const}$$

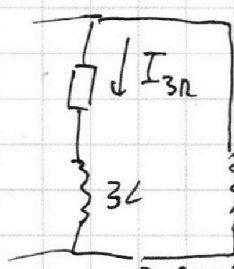
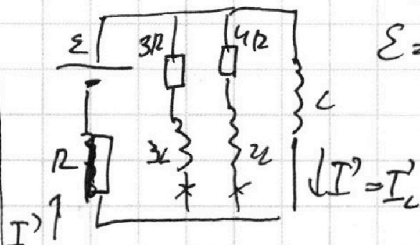
$$U_{3L}'$$
 и  $U_{2L}' = 0$

Ответ.

$$I_{10} = \frac{4\varepsilon}{19R}$$

$$\mathcal{U}_I = \frac{12\varepsilon}{19L}$$

$$q_{3R} = \frac{31\varepsilon L}{57R^2}$$



$$I_{3R}' \cdot 3R + \dot{I}_{3R}' \cdot 3L = \dot{I}_L' L - \text{параллельно ветви}$$

$$\frac{dI_{3R}'}{dt} \cdot 3R + \frac{dI_{3R}'}{dt} \cdot 3L = \frac{dI_L'}{dt} L$$

$$\Rightarrow q_{3R}' \cdot 3R = \Delta I_L' L - \Delta I_{3R}' \cdot 3L =$$

$$= \left(\frac{\varepsilon}{R} - 0\right)L - \left(0 - \frac{4\varepsilon}{19R}\right) \cdot 3L = \frac{31\varepsilon L}{19R}$$

$$\Rightarrow q_{3R} = \frac{31\varepsilon L}{57R^2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

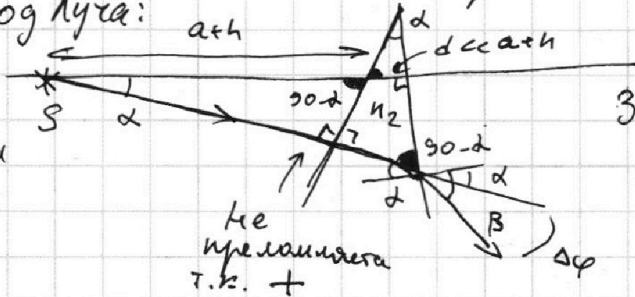
**МФТИ**

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

№5 (метод)

$n_1 = 1, n_2 = 1.7$   
 $a = 90 \text{ см}$   
 $h = 14 \text{ см}$   
 $d = 0,1 \text{ рад - мал}$

лучи 1 и 2 первой призмы нет:  
 ход луча:



Закон Снеллиуса

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

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

$$\sin \beta \approx \beta \quad \text{т.к. малые углы}$$

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

$$\Delta \varphi = \beta - \alpha = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha = 0,04 \text{ рад}$$

1)  $n_1 = n_2$

$\Delta \varphi = ?$

2)  $n_1 = n_1$

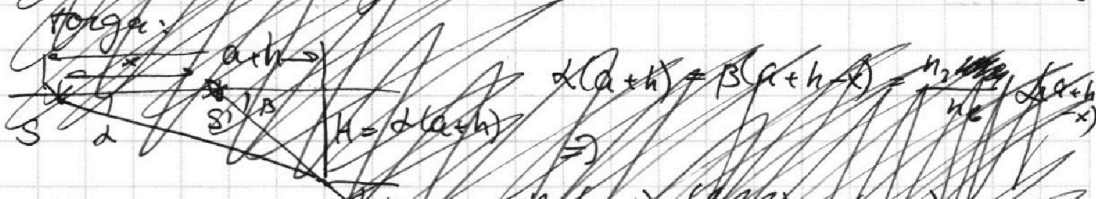
$x = ?$

3)  $n_1 = 1,4$

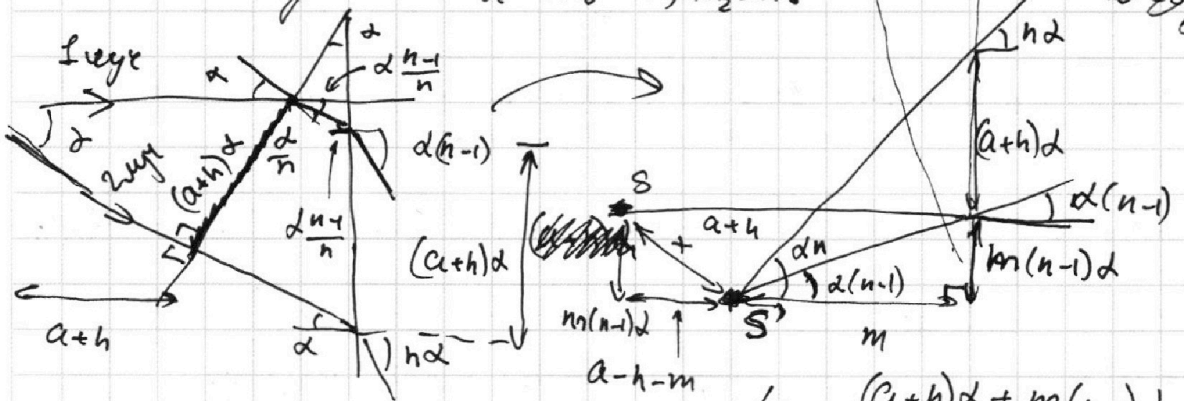
$y = ?$

Найдем  $x$ :

ход луча в призме  $n_2$   
 по длине волны  $\lambda$  и  $\lambda/n_2$   
 тогда:



Найдем  $x$ : построим изображение  $S'$  с помощью двух лучей, ход лучей с учетом малости углов и  $n_1 = 1; n_2 = n$ :



$$d n = \frac{(a+h)d + m(n-1)d}{m}$$

$$m n = (a+h) + m(n-1)$$

$$m = a+h$$

4,16 см

Тогда  $x = m(n-1)d = (a+h)(n_2-1)d$

продолжение ↓

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

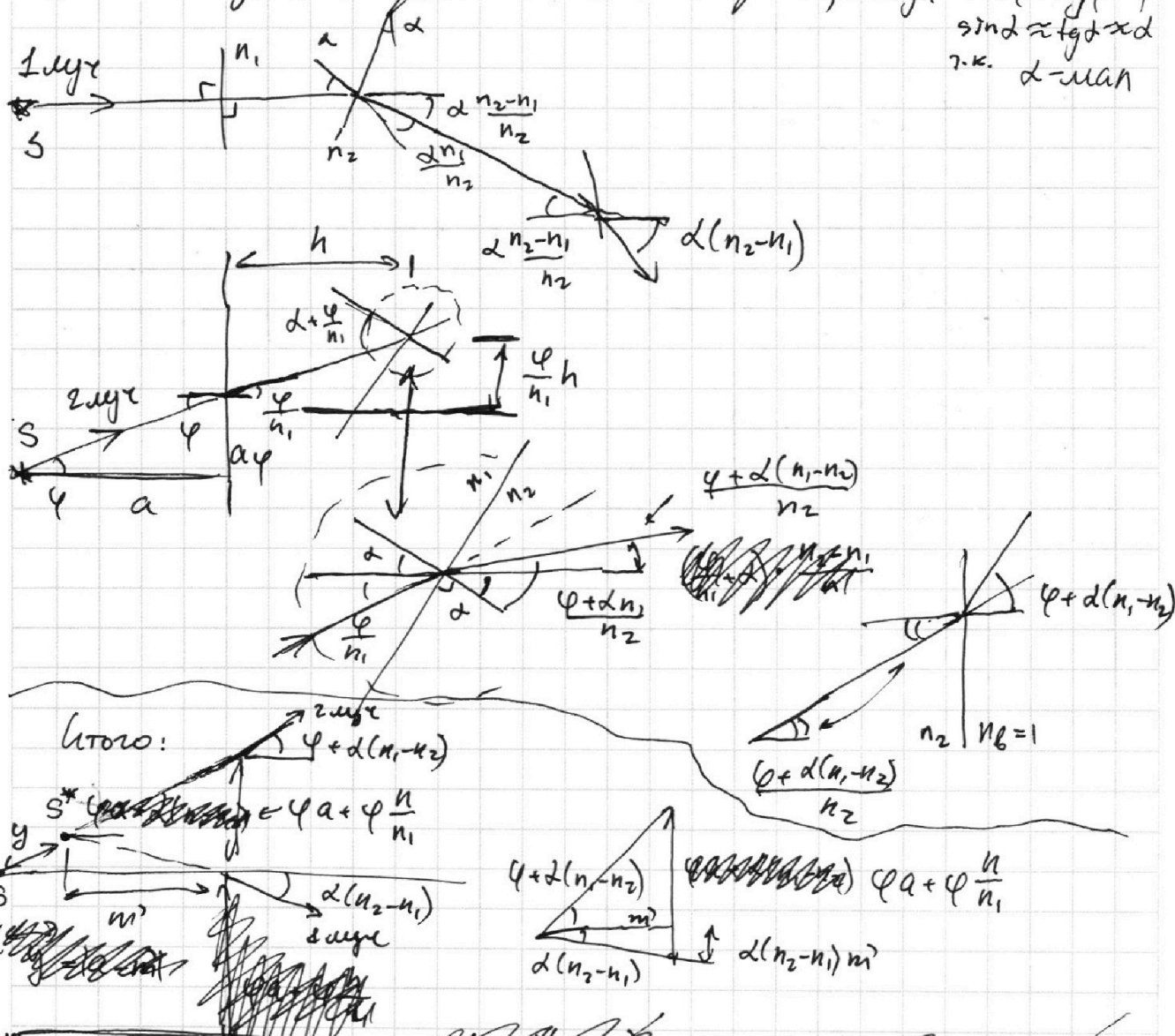
**МФТИ**

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

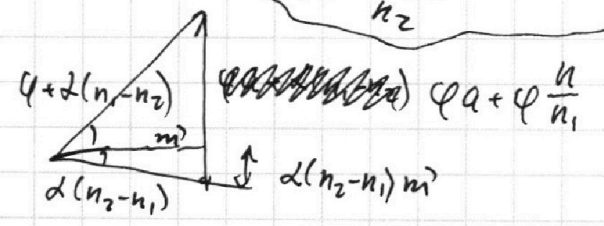
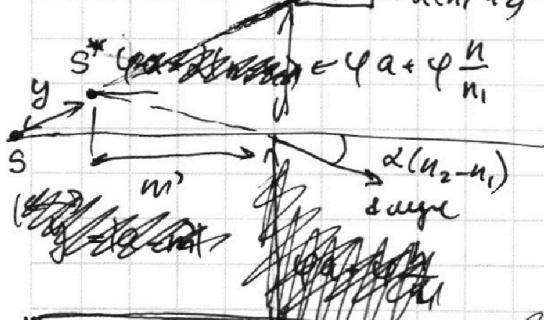


Продолжается!

Найдем у ~~двух~~ ~~лучей~~ ~~луча~~  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$  построим изображение  $S$  с помощью двух лучей, которые мы построим с учетом тонкости призмы  $n_2$  и с помощью строксильных лучей, когда  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi \approx \varphi$   
 $\sin \delta \approx \text{tg} \delta \approx \delta$   
 т.к.  $\delta$  мал



Итого:



Отв.  $\Delta \varphi = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \delta = 0,04 \text{ рад}$   
 $x = (a+h)(n_2-1)\delta = 4,16 \text{ см}$   
 $y = \frac{h}{n_1} = 10 \text{ см}$

~~$\varphi + d(n_2-n_1)m' = \varphi a + d(n_2-n_1)m'$~~   
 $\varphi m' + d m' (n_1 - n_2) = \varphi a + \varphi \frac{h}{n_1} + d(n_1 - n_2) m'$   
 $m' = a + \frac{h}{n_1}$ , т.к.  $d(n_2 - n_1) m' \ll m'$   
 $y = (a - m')$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



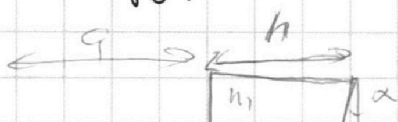
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$500 \cdot \frac{12,5}{5} + \frac{600}{5} \cdot 2 = \frac{1200}{5} \quad 10 \cdot \frac{120}{5} = 240$$

$$\begin{array}{r} 5 \cdot 125 + 240 \\ \underline{125} \\ 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 625 + 240 = \\ \underline{625} \\ 865 \end{array}$$

$n_1 = 1$   
 $\alpha = 90^\circ$   
 $\lambda = 0,1 \text{ рад} - \text{кажд}$   
 $h = 14 \text{ см}$



$$\frac{90+14}{1,4} \cdot 0,1 = \frac{2}{7} \cdot (90+14) = 20 + \frac{40}{7} + 4$$

$$\frac{70+20+14}{7} = 24 + 5 + \frac{5}{7}$$

$$\frac{40}{7} = 5 \frac{5}{7}$$

$a+h$

$$\frac{400}{1,4} = 100$$

$$\left( \frac{a+h}{n_1} + \alpha \right) n_1 = \beta n_2$$

$$(a+h)(n-1) = x$$

$$\begin{array}{r} 50 \overline{) 7} \\ \underline{49} \\ 10 \\ \underline{7} \\ 30 \end{array}$$

*(This section contains extensive handwritten diagrams and equations related to the geometry of the prism and the trigonometric relationships between the angles and dimensions.)*

Key equations and relationships shown:

- $\frac{n_1 - n_2}{n_2} = \beta$
- $\frac{\varphi + \alpha n_1}{n_2} = \beta n_2$
- $\frac{\varphi}{n_2} + \alpha \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2}{n_2}$
- $\frac{\varphi}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$
- $\frac{\varphi}{n_2} = \alpha \frac{n-1}{n}$
- $\frac{\varphi}{n_2} = \alpha \frac{n-1}{n}$

Diagrams include various views of the prism, showing the angles  $\alpha$ ,  $\lambda$ , and  $\varphi$ , and the dimensions  $a$ ,  $h$ ,  $n_1$ , and  $n_2$ .

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!



$N_1 = 1500 \text{ км}$

0:00

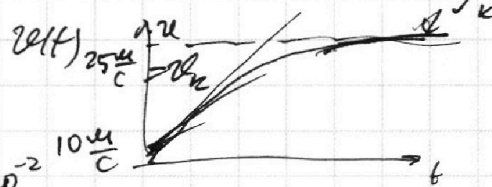
$v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$a = \frac{dv}{dt}$

0:00  
0:07

$F_k = 600 \text{ Н}$

$F_{\text{кон}} \sim v$

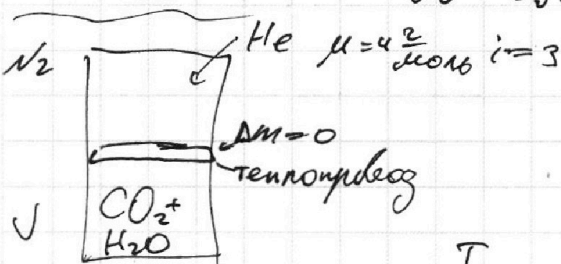
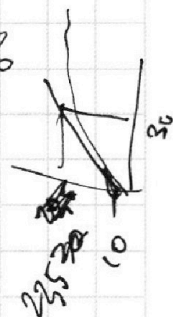
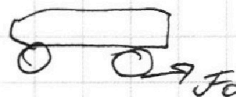


$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F_0 \cdot ds}{dt} = F_0 v_0$

$\frac{125}{0.5} \sqrt[3]{41.6} \cdot 10^{-2}$

$F_k = 600 \text{ Н} = v_k \cdot k$

$F_0 - v_0 k = ma$

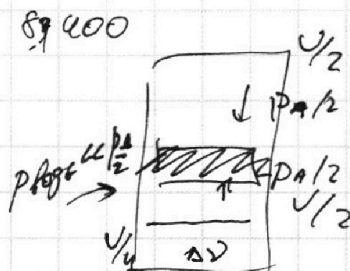
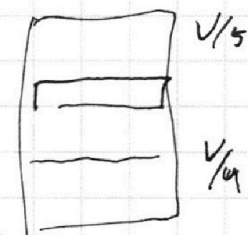
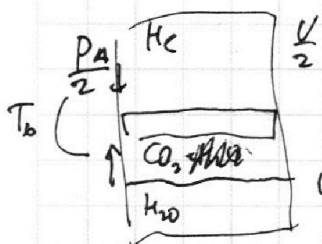


$\kappa = 9.5 \cdot 10^{-3}$   
 $\Delta v = \kappa p w$

0:07  
0:05

$mq = \rho \frac{L}{\epsilon_0 S} \frac{\epsilon_0 S U}{4}$

$a = \frac{u q}{4 m}$

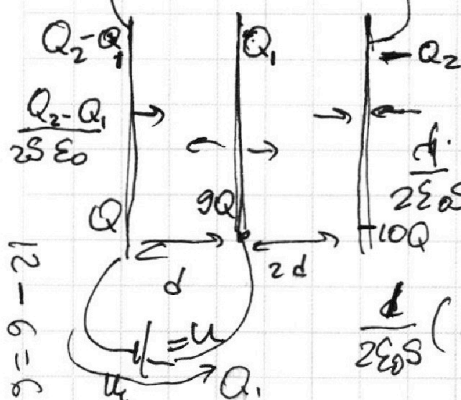
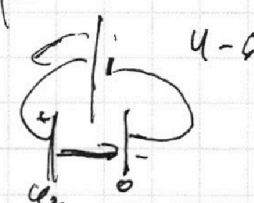


$\frac{V}{2} \cdot \frac{P_A}{2} = \nu_{\text{He}} p T_0$   
 $\frac{V}{2} \cdot \frac{P_A}{2} = \nu_{\text{CO}_2} p T_0$

$6Q_1 - 6Q_2 = 6Q_2 - 2Q_1$   
 $8Q_1 = 12Q_2$   
 $2Q_1 = 3Q_2$

0:20

$u_2 = 3u$



$\frac{d}{2\epsilon_0 S} ((Q_2 - Q_1) \cdot 3d + Q_2 \cdot 3d - Q_1 d + 2Q_1 d) =$   
 $= 3Q_2 - 3Q_1 + 3Q_2 + Q_1 = 6Q_2 - 4Q_1 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} \cdot 3u$

$\frac{d}{2\epsilon_0 S} (Q_1 d - (Q_2 - Q_1) d) = 2Q_1 - Q_2 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} u$

$8Q_1 - 3Q_2 = 6Q_2 - 4Q_1$

$Q = \frac{\epsilon_0 S u}{4}$

$E_{12} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_2 - Q_1 - Q_2 + Q_2) =$   
 $= \frac{Q_2 - Q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

$10Q_1 = 9Q_2$   
 $Q_1 = \frac{9Q_2}{10}$

$Q_2 = 10Q$   
 $Q_1 = 9Q$

$Q = \frac{\epsilon_0 S u}{4}$

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!



Handwritten solution on grid paper for a thermodynamics problem involving a gas mixture and electrical circuits.

**Initial Equations:**

- $\Pi a \cdot \omega^3$
- $\Pi a = \frac{H}{\omega^2}$
- $\Delta \nu = k \cdot \frac{P_A \cdot V}{2} \cdot \frac{V}{4}$
- $\varepsilon = V - \frac{V}{4} - 2 \frac{V}{5} = \frac{3}{4} - \frac{1}{5} = \frac{11}{20}$
- $T = 373 \text{ K}$
- $\nu = \frac{P_A V}{8 \cdot 2RT_0} \frac{\varepsilon L}{R}$

**Electrical Circuit Diagram:**

- Left branch:  $3R$  resistor, current  $I_2$ , voltage  $\frac{V}{2}$ .
- Right branch:  $4R$  resistor, current  $I_3$ , voltage  $\frac{V}{5}$ .
- Bottom branch:  $3L$  inductor, current  $I_1$ .
- Total current  $I = I_1 + I_2 + I_3$ .

**Thermodynamic Diagrams:**

- Left cylinder:  $\text{CO}_2$  gas, piston area  $2r$ , height  $h$ , pressure  $P_0$ , temperature  $T_0$ .
- Right cylinder:  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  gas mixture, piston area  $4r$ , height  $h$ , pressure  $P_A + P$ , temperature  $T$ .

**Equations for Currents and Pressures:**

- $3R I_2 + 3L I_2 = 4R I_1 + 2L I_3$
- $3R I_2 + 3L I_2 = L I_3$
- $\frac{I}{10} = \frac{(P_A + P) \frac{1}{5}}{R}$
- $\frac{11}{20} \frac{P_A V}{R} + 3 \cdot 2RT_0 I_3 = (P_A + P) \cdot \frac{V}{5} = 2 \cdot 2RT = 31$
- $P = \frac{11}{20} V = (2 + \Delta \nu) RT$
- $\Delta \nu = k \cdot \frac{P_A \cdot V}{2} \cdot \frac{V}{4}$
- $I_3 = \frac{1}{L} \left( \frac{V}{4} + 3(I_2 - 4I) \right)$
- $P = \frac{20}{11} V$

**Final Equation:**

$$\frac{11}{20} \frac{P_A V}{R} + 3 \cdot 2RT_0 I_3 = (P_A + P) \cdot \frac{V}{5} = 2 \cdot 2RT = 31$$

$$\frac{11}{20} \frac{P_A V}{R} + 3 \cdot 2RT_0 I_3 = (P_A + P) \cdot \frac{V}{5} = 2 \cdot 2RT = 31$$

$$\frac{11}{20} \frac{P_A V}{R} + 3 \cdot 2RT_0 I_3 = (P_A + P) \cdot \frac{V}{5} = 2 \cdot 2RT = 31$$

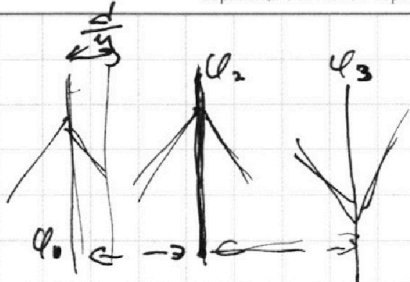
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

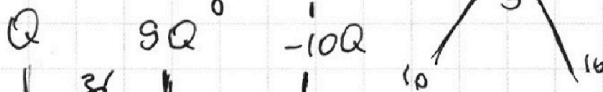
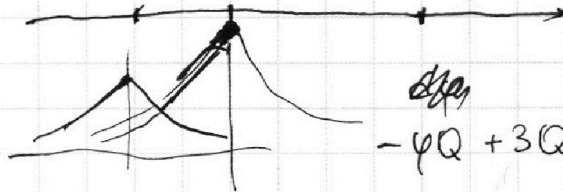
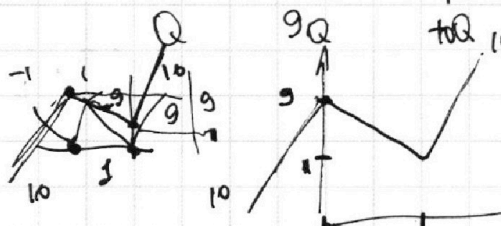
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

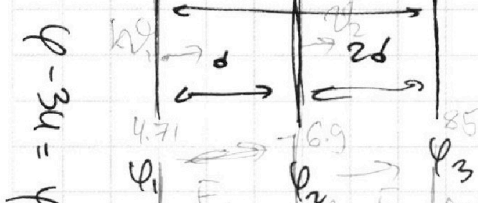
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\varphi = Ed$      $d\varphi = E \cdot de$     3 + 6  
 $\frac{d\varphi}{de} \sim E$



$\varphi \sim \frac{k}{r}$

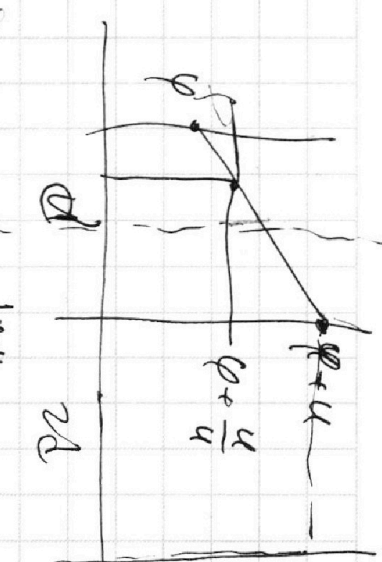
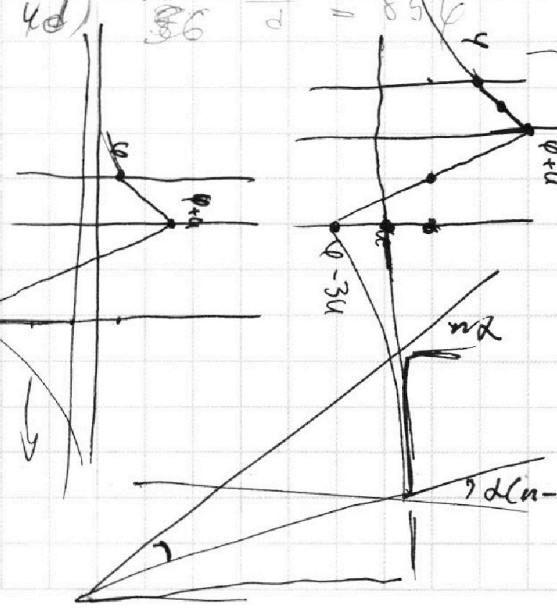
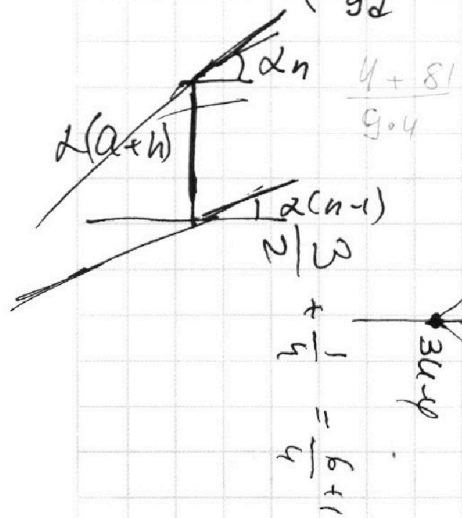


$k_1 + q_1 \cdot 4.71d = k_2 - 6.9q_2$   
 $(90 + 14) \cdot 0.4 \cdot 0.1$   
 $104 \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 9.4$

$\varphi_1 = k \cdot \left( \frac{8Q}{9d} - \frac{10Q}{9d} \right) = \frac{2Q}{d} = \frac{71}{9}$

$\varphi_2 = k \cdot \left( \frac{4Q}{4d} - \frac{10Q}{4d} \right) = \frac{2Q}{d} \cdot \frac{-6}{4}$

$\varphi_3 = k \cdot \left( \frac{Q}{9d} + \frac{9Q}{4d} \right) = \frac{85}{36} \frac{kQ}{d} = 85 \frac{10}{d}$



$-4Q + 3Q$   
 $3Q + 3Q$   
 $6Q + 6Q$   
 $12Q - 2Q$