



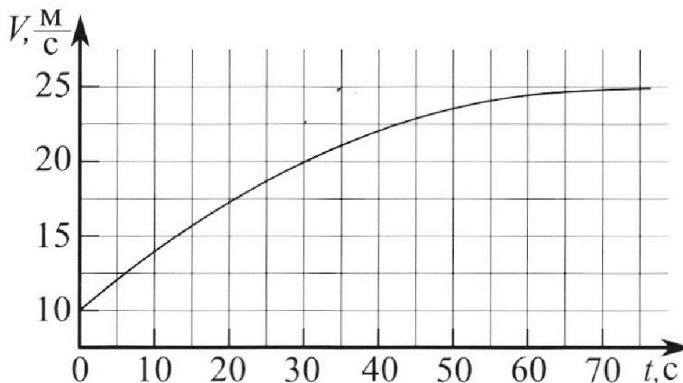
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

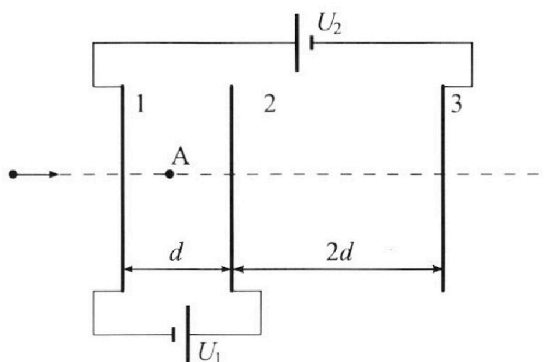
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 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 A на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

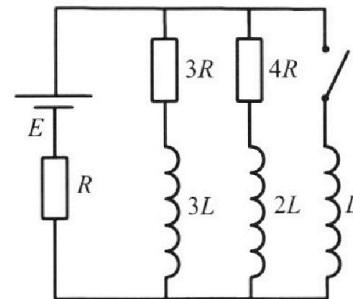


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_0$  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 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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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.

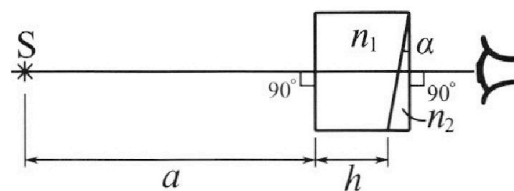


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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



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



№1 Дано:  $m = 1500 \text{ кг}$ ;  $F_k = 600 \text{ Н}$ ;

1)  $a = \frac{dv}{dt}$ , а в начале разгона численно равна тангенсу угла наклона касательной к гр-ку зависимости  $v(t)$  в момент  $t=0$ !

2) Движение прямолинейное.

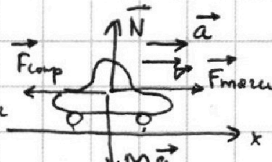
$$a_0 = a(0) = \frac{(22,5 - 10) \text{ м/с}}{(30 - 0) \text{ с}} = \frac{12,5}{30} \text{ м/с}^2 = \frac{25}{60} \text{ м/с}^2 = \frac{5}{12} \text{ м/с}^2$$

2) В любой момент времени

можно записать 23Н для автомобиля:  $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_c + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0} + m\vec{a}$ ;

$$Ox: ma = F_{\text{тр}} - F_{\text{ср}}; \quad F_{\text{ср}} = -k\vec{v}, \quad |F_{\text{ср}}| = F_{\text{ср}} = kv$$

$$ma = F_{\text{тр}} - kv$$



В <sup>устав.</sup> конз. момент времени касат. горизонтальна,  $v_k = 25 \text{ м/с}$ ;  $a = 0 \Rightarrow$

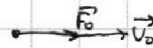
$$\Rightarrow F_k = kv_k \Rightarrow k = \frac{F_k}{v_k}; \quad k = \frac{600}{25} \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}$$

В начальный момент времени:  $ma_0 = F_0 - kv_0 \Rightarrow F_0 = ma_0 + kv_0$ ,  $v_0 = 10 \text{ м/с}$

$$F_0 = 1500 \cdot \frac{12,5}{30} + \frac{600}{25} \cdot 10 = \frac{150 \cdot 12,5}{3} + \frac{6000}{25} = 625 + 240 = 865 \text{ Н}$$

3) В начале разгона от двигателя на ведущие колеса передается мощность, равная  $P_0 = \vec{F}_0 \cdot \vec{v}_0 = F_0 \cdot v_0 \cdot \cos 0 = F_0 v_0 = 865 \cdot 10 = 8650 \text{ Вт}$

Ответ: 1)  $\frac{5}{12} \text{ м/с}^2$



2) 1225 Н

865 Н

3) 12250 Вт

8650 Вт

1  2  3  4  5  6  7

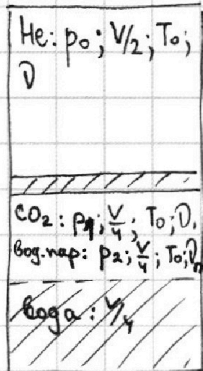
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№2 Дано:  $p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$ ;  $T_0$  - комнатная температура;  $T = 373 \text{ K}$ ;  $\Delta V = k p w$ ;  
 $k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$ ;  $RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$

Найти: 1)  ~~$\frac{V_{\text{газ, верх}}}{V_{\text{газ, ниж}}}$~~   $\frac{V_{\text{газ, верх}}}{V_{\text{газ, ниж}}}$  -? 2)  $\frac{I}{T_0}$  -?

а) Давлением насыщенного пара пренебрежем в конце решения  
 1) Поработаем с сосудом до нагревания. Поршень ~~ниже~~ невесом и движется без трения, а значит силы давления газов ~~до~~ над и под поршнем обязательно будут одинаковы  $\Rightarrow$  и силы давления в верх. и нижней частях сосуда равны между собой. (\*)



Уравнение Менделеева-Клапейрона для газа сверху:  $p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \nu R T_0$   
 (не считаем идеальными газом);  ~~$p_0 = \frac{2 \nu R T_0}{V}$~~  (\*)

Уравнение Менделеева-Клапейрона для CO<sub>2</sub>, который не растворен в жидкости:  $p_1 \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0 \Rightarrow p_1 = \frac{4 \nu_1 R T_0}{V}$   
 $V_2 = k p_1 \frac{V}{4}$  - количество CO<sub>2</sub>, которое растворено в жидкости

Также при  $t = T_0$  вода H<sub>2</sub>O и пар находятся в динамическом равновесии;  $p_2$  - дав. нас. пара при  $T = T_0$ .

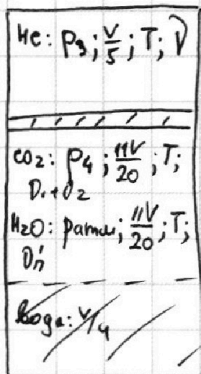
По Закону Дальтона:  $p_1 + p_2 = p_0$ ; (\*)

суммарное давление газов снизу поршня  
 Масс. кн. для вод. пара:  $p_2 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \Rightarrow \frac{4 \nu_2 R T_0}{V} = p_2$ ; (Давл. парев пренебрежем)

$$p_1 + p_2 = p_0 \Rightarrow \frac{4 \nu_1 R T_0}{V} + \frac{4 \nu_2 R T_0}{V} = \frac{2 \nu R T_0}{V} \Rightarrow \frac{\nu_{\text{газ, верх}}}{\nu_{\text{газ, ниж}}} = \frac{\nu}{2 \nu_1} = 2$$

2) Рассм. конечное положение.

$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20 - 5 - 4}{20} V = \frac{11}{20} V; T = 373 \text{ K} \Rightarrow p_{\text{ит}}(373 \text{ K}) = p_{\text{атм}}$$



Менделеев.-Клапейрон: (сосуд христит)

для He:  $p_3 \frac{V}{5} = \nu R T$

для CO<sub>2</sub>:  $p_4 \frac{11V}{20} = (\nu_1 + \nu_2) R T$

т.к. газ в воде уже не растворяется.

из объема нижней H<sub>2</sub>O пренебрежем

Давл. нас. парев воды равно  $p_{\text{атм}}$ .

По Закону Дальтона:

$$p_{\text{атм}} + p_4 = p_3$$

суммарное дав. газв снизу поршня (см. утв. \*)

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!



В2) продолжение. Ур-ние (2):  $\frac{p_{ампл}}{2} = \frac{2VRT_0}{V} \Rightarrow p_{ампл} = \frac{4VRT_0}{V}$

$$p_3 = \frac{5VRT}{V}; p_4 = \frac{20(D_1+D_2)RT}{11V}; p_{ампл} + \frac{20(D_1+D_2)RT}{11V} = \frac{5VRT}{V};$$

$$\frac{4VRT_0}{V} + \frac{20(D_1+D_2)RT}{11V} = \frac{5VRT}{V}; T_0(4D) = T(5D - \frac{20}{11}(D_1+D_2))$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4D}{5D - \frac{20}{11}(D_1+D_2)} = \frac{44}{55 - 20(\frac{D_1+D_2}{D})}$$

$$\frac{D_1+D_2}{D} = \frac{\frac{p_1 V}{4RT_0} + p_1 k \frac{V}{4}}{\frac{p_{ампл} V}{4RT_0}} = \frac{p_1}{p_{ампл}} \cdot \frac{1+kRT_0}{RT_0}$$

В условии сказано пренебречь давлением кас. паров:  $p_2=0$ ,

~~$\frac{D_1+D_2}{D} = \frac{1+kRT_0}{RT_0}$ , пусть  $\xi = \frac{T}{T_0}$ ;~~

~~$\frac{1+kRT\xi}{RT\xi} = \frac{D_1+D_2}{D} \Rightarrow \xi = \frac{44}{55 - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT\xi}}; (55 - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT\xi})\xi = 44$~~

~~$55\xi - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT} = 44; 55RT\xi - 20 - 20kRT\xi = 44; 55RT\xi = 64;$~~

~~$\xi = \frac{64}{RT(55-20k)}$~~

$\frac{D_1+D_2}{D} = 1+kRT_0; \frac{D_1+D_2}{D} = 1+kRT\xi$ , если  $\xi = \frac{T}{T_0}$ .

$\xi = \frac{44}{55 - 20(1+kRT\xi)} \Rightarrow 55\xi - 20\xi - kRT\xi^2 = 44; 35\xi - \frac{3}{2}\xi^2 = 44;$

$kRT = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = \frac{3}{2}; 3\xi^2 - 70\xi + 88 = 0$

$D = 70^2 - 4 \cdot 3 \cdot 88 = 4(35^2 - 3 \cdot 88) = 4(1225 - 264) = 4 \cdot 961 = 4 \cdot 31^2$

$\xi = \frac{70 \pm 2 \cdot 31}{2 \cdot 3} = \frac{35 \pm 31}{3}$

$\xi > 1$  по ул.  $\Rightarrow \xi = \frac{35+31}{3} = \frac{66}{3}$

$\frac{T}{T_0} = \frac{66}{35}$

Ответ: 1) 2  
2)  $\frac{66}{35}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



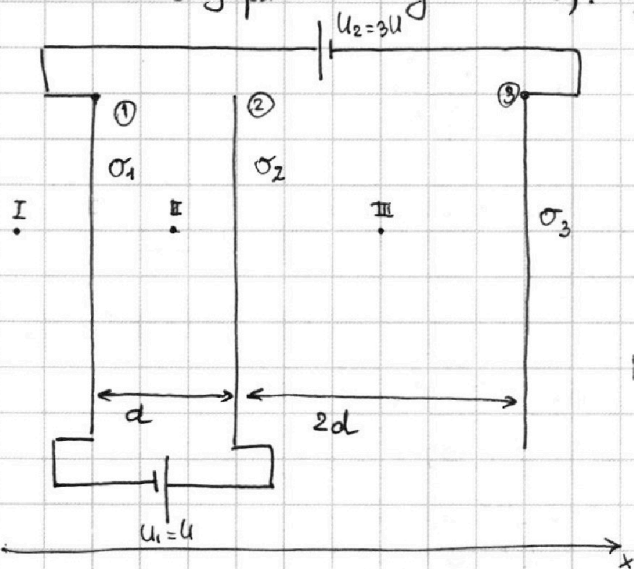
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3)  $U_1 = U; U_2 = 3U; d; 2d; m; q; v_0$

0) каждую сетку считаем беск. заряженной плоскостью

1) После подключения источников на каждой из сеток установимся постоянная поверхностная плотность заряда:  $\sigma_1; \sigma_2; \sigma_3$  на сетках  $N_1, N_2, N_3$  соответственно. По закону сохранения заряда:  $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$  (сетки не заряжены изначально). Пусть  $\sigma = 2\epsilon_0 d$   $\sigma = \epsilon_0 \cdot \frac{U}{d}$



Мы хотим рассчитать проекции напряженности полей, создаваемых на сетках в каждой из областей I-IV по принципу суперпозиции

$$E_{Ix} = -\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IIx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IIIx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IVx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$U = \Delta\varphi$$

Если  $\varphi$  - потенциал сетки 3, то  $\varphi + 3U; \varphi + 3U + U$  - потенциалы сеток 2 и 1 соответственно.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -U$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U$$

$$E_x = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}; \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = -2\epsilon_0$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = 2d \cdot E_{IIIx}; \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} = -\frac{4U}{2d}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = d \cdot E_{IIx}; \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} = +\frac{U}{d}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = -4\sigma \\ \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = 2\sigma \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\sigma_1 = 2\sigma \\ -2\sigma_3 = -4\sigma \\ \sigma_2 = 0 + -\sigma_1 - \sigma_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \sigma \\ \sigma_3 = +2\sigma \\ \sigma_2 = 3\sigma \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = -2\sigma \\ \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = \sigma \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\sigma_1 = \sigma \\ -2\sigma_3 = -2\sigma \\ \sigma_2 = -(\sigma_1 + \sigma_3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma}{2} \\ \sigma_3 = \sigma \\ \sigma_2 = -\frac{3\sigma}{2} \end{cases}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



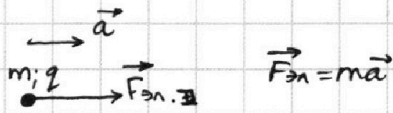
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) -продолжаем решать.

$$E_{Ix} = -\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0} = 0, \quad E_{Iix} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0} = 0 \quad - \text{вне системы напр. } \Phi = 0.$$

$$E_{IIx} = +\frac{U}{d}; \quad E_{IIIx} = -\frac{2U}{d}.$$

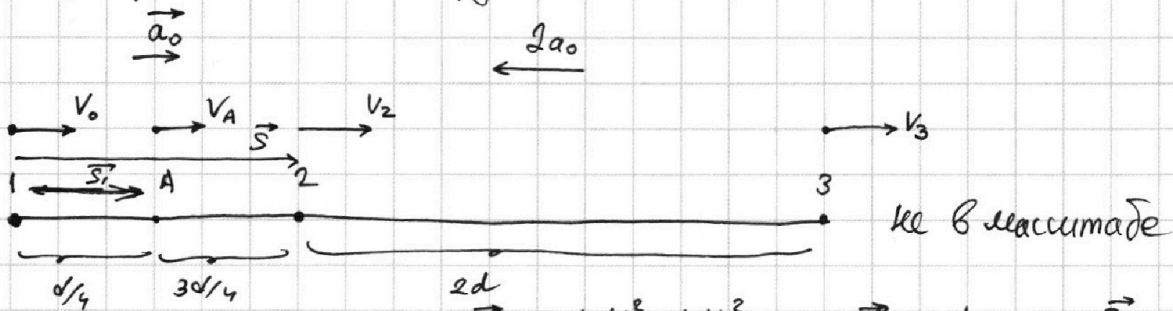
ЗНН для частицы



Обл. II:  $ma_{IIx} = F_{эл. II}; \quad ma_{IIx} = q \cdot E_{IIx}; \quad a_{IIx} = \frac{q}{m} \left( \frac{U}{d} \right) = \frac{qU}{md}; \quad |a_{IIx}| = \frac{qU}{md}, \quad a_0 = \frac{qU}{md}$

Область III:  $ma_{IIIx} = F_{эл. III}; \quad ma_{IIIx} = q \left( -\frac{2U}{d} \right) = -\frac{2qU}{d}; \quad a_{IIIx} = -\frac{2qU}{md} = -2a_0$

По фазе движения частицы между пластинами является промежуток между движениями с постоянными ускорениями, при фазе "1" ск. у частицы равно  $v_0$ , т.к. снаружи поле нет.



Пр-ция РУД:  $v_2^2 - v_0^2 = 2 \cdot a_0 \cdot S; \quad \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = ma_0 \cdot S; \quad \Delta k = -ma_0 \cdot S = -ma_0 \cdot d = -\frac{4q}{d} \cdot -Uq$

$$v_A^2 = v_0^2 + 2a_0 \cdot S_1 = v_0^2 + 2 \cdot \frac{qU}{md} \cdot d \cdot \frac{1}{4} = v_0^2 + \frac{qU}{2m}$$

Ответ: 1)  $\frac{qU}{md}$

2)  $-4q$

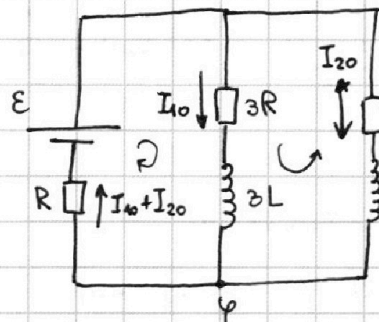
3)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{2m}}$

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!

Задача №4.

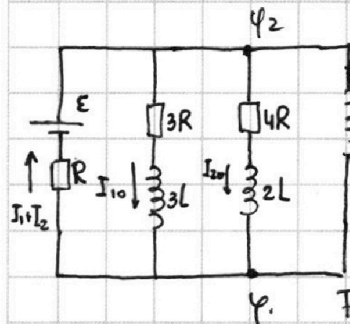
1) Рассм. цепь при разомкнутом ключе. Часть цепи, где ключ разомкнут можно не рассматривать.



Цепь в устан. состоянии  $\Rightarrow$  напряжения на катушках  $3L$  и  $2L$  отсутствуют  
 $U_{3L}^{90} = U_{2L}^{90} = 0$  - го напр. на катуш. го открытые ключа. Попытаемся найти величины токов, протекающих через резисторы, через "3R" и "3L" течет ток  $I_{10}$ ; через "4R" и "2L" течет ток  $I_{20}$ .  
 По 1 правилу Кирхгофа через "E" и "R" течет ток  $I_{10} + I_{20}$ , вверх

2 Правильно Кирхгофа:  $\varphi + 4RI_{20} - 3RI_{10} = \varphi$  ( $U_{3L}^{90} = U_{2L}^{90} = 0$ )  $\Rightarrow I_{20} = \frac{3}{4} I_{10}$   
 $\varphi - R(I_{10} + I_{20}) + E - I_{10} \cdot 3R = \varphi$  ( $U_{3L}^{90} = 0$ )  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow (4I_{10} + \frac{3}{4} I_{10})R = E \Rightarrow I_{10} = \frac{4E}{19R}; I_{20} = \frac{3}{4} I_{10} = \frac{3E}{19R}$

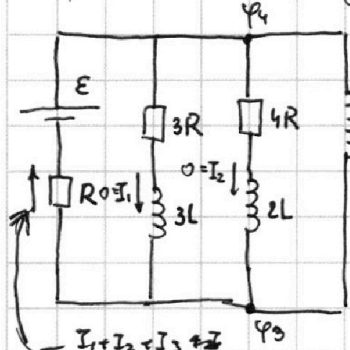
2) Рассм. цепь непосредственно после замыкания ключа, токи через катушки "3L" и "2L" скачком не изменяются и остаются равными  $I_{10}$  и  $I_{20}$  соответственно, ток через "L" будет равен 0 а ток через катушку "L" не течет в начальный момент времени, а значит ток через "E" и "R" не изм.



Пусть этот момент - это  $t=0$ ; токи через резисторы также не изменяются скачком;  $I_L(0) = 0$ , ток через "L" возрастает;  $U_L(0) = L \cdot \dot{I}_L(0) \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{U_L(0)}{L}$   
 2 Правильно Кирхгофа:  $\varphi_1 - (I_{10} + I_{20})R + E + U_L(0) = \varphi_1$ ;  
 $U_L(0) = E - (\frac{3}{19} + \frac{4}{19})R \cdot \frac{E}{R} = \frac{12}{19} E \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{12E}{19L}$

Пусть ток на "L" возрастает.  $U_L(0) = L \cdot \dot{I}_L(0) \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{U_L(0)}{L}$   
 2 Правильно Кирхгофа:  $U_L(0) = \varphi_1 - \varphi_2 = E - (I_{10} + I_{20})R = E - \frac{7}{19} \frac{E}{R} \cdot R = \frac{12E}{19} \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{12E}{19L}$

3) Рассм. установившееся состояние цепи при замкнутом ключе. (напряжения на катушках в устан. положении всегда равно 0),  $t = \tau$ .



Рассчитаем токи ( $U_{3L}(\tau) = U_{2L}(\tau) = U_L(\tau) = 0$ )  
 По 1 пр Кирхгофа через "R" течет ток  $I_1 + I_2 + I_3$ ;  
 3 пр. Кирхгофа:  $\varphi_3 - \varphi_4 = U_L(\tau) = 0 = -4RI_2 = -3RI_1 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow I_1 = I_2 = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I_3$ .  
 $0 = \varphi_3 - \varphi_4 = -R \cdot I_3 + E \Rightarrow I_3 = \frac{E}{R}$



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

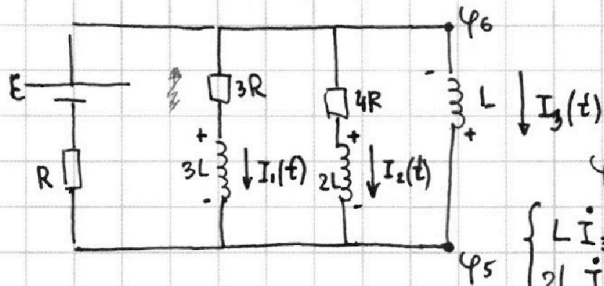
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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) Рассмотрим сам процесс переключения цепи в установившемся состоянии



$I_3 \uparrow; I_1; I_2 \downarrow$ ; По 2 правую Кирхгофа:

$$-\varphi_5 - \varphi_6 = \varphi_6 - \varphi_5 = +U_L = +L I_3$$

$$\varphi_6 - \varphi_5 = +4R I_2 + \underbrace{I_2 \cdot 2L}_{<0} = +3R I_1 + \underbrace{3L I_1}_{<0}$$

$$\begin{cases} L I_3 = 3L I_1 + 3R I_1 & ; I_1 dt = dq_1 \\ 2L I_2 + 4R I_2 = L I_3 & I_2 dt = dq_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} L dI_3 = 3L dI_1 + 3R dq_1 \\ 2L dI_2 + 4R dq_2 = L dI_3 \end{cases}$$

*продумыв. за все время переключ.*

$$\begin{cases} L \Delta I_3 = 3L \Delta I_1 + 3R \Delta q_1 \\ 2L \Delta I_2 + 4R \Delta q_2 = L \Delta I_3 \end{cases}$$

*- и вышло;*

$$\Delta q_1 = \frac{L \Delta I_3 - 3L \Delta I_1}{3R} = \frac{L \left( \frac{E}{R} - 0 \right) - 3L \left( 0 - \frac{4E}{19R} \right)}{3R} = \frac{19EL + 12EL}{3 \cdot 19R^2} = \frac{31EL}{3 \cdot 19R^2} > 0,$$

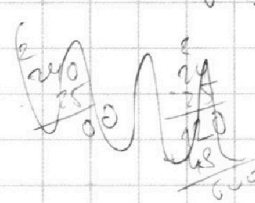
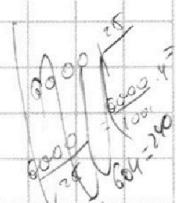
Ответ:

1)  $\frac{4E}{19R}$

2)  $\frac{12E}{19L}$

3)  $\frac{31EL}{19R^2}$   ~~$\frac{31EL}{19R^2}$~~   ~~$\frac{31EL}{57R^2}$~~

$$\begin{array}{r} 19 \\ + 3 \\ \hline 22 \\ + 3 \\ \hline 25 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

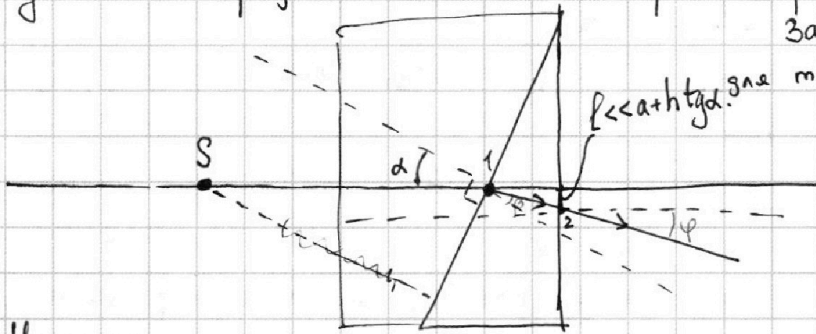
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

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

5) Дано:  $n_B = 1$ ;  $a = 90$  см;  $\alpha = 0,1$  рад;  $h = 14$  см

1), 2):  $n_1 = n_B = 1$ ;  $n_2 = 1,7$ . Т.к.  $n_1 = n_B$ , то луч, проходящий через среду с показателем преломления  $n_1$  (из воздуха) не преломляется и эту часть задачи можно не рассматривать

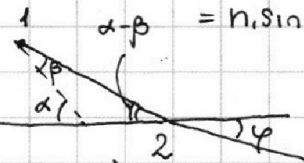


Закон Снеллиуса:

для м.1:  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ ;

$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$  ( $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\alpha \ll 1$   
 $\beta \approx \sin \beta$ ,  $\beta \ll 1$ )

Для м.2:  $n_2 \sin(\alpha - \beta) = n_1 \sin \varphi$

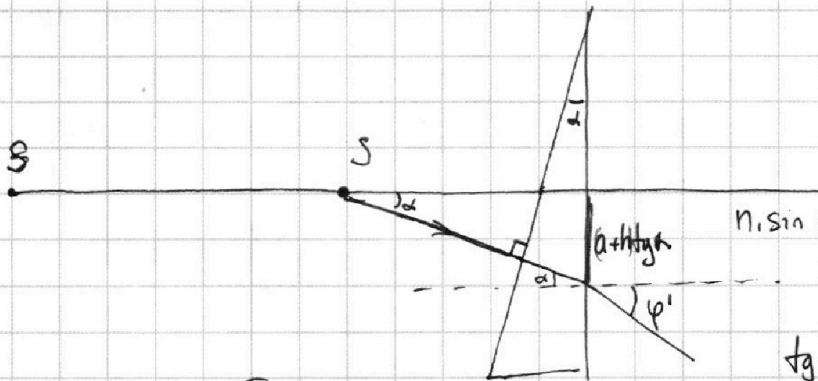


1) На  $0,07$  рад.

$\alpha - \beta$  и  $\varphi$ -малые  $\Rightarrow \varphi = \frac{n_2(\alpha - \beta)}{n_1} =$

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

2) Рассе. лишь саму призму с углом  $\alpha$  и кэф. преломл.  $n_2$

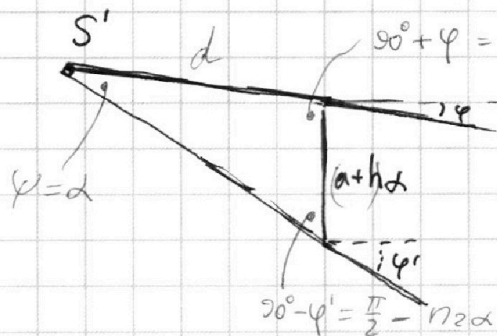


$n_1 \sin \varphi' = n_2 \sin \alpha$ ;  $\varphi' = n_2 \alpha = 0,17 \text{ рад}$

$\text{tg } \alpha \approx \alpha$  ( $\alpha \ll 1$ )

3) Построение изобр. цент.

$S'$ -мнимое изображение!



$90^\circ + \varphi = 90 \frac{\pi}{2} + (n_2 - 1) \alpha$

Теорема о  $\Sigma$  углов в  $\Delta$

$\varphi = \pi - \left( \frac{\pi}{2} + (n_2 - 1) \alpha \right) - \left( \frac{\pi}{2} - n_2 \alpha \right) = \alpha$

$d = \frac{a + h \alpha}{\alpha} = \frac{a}{\alpha} + h$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

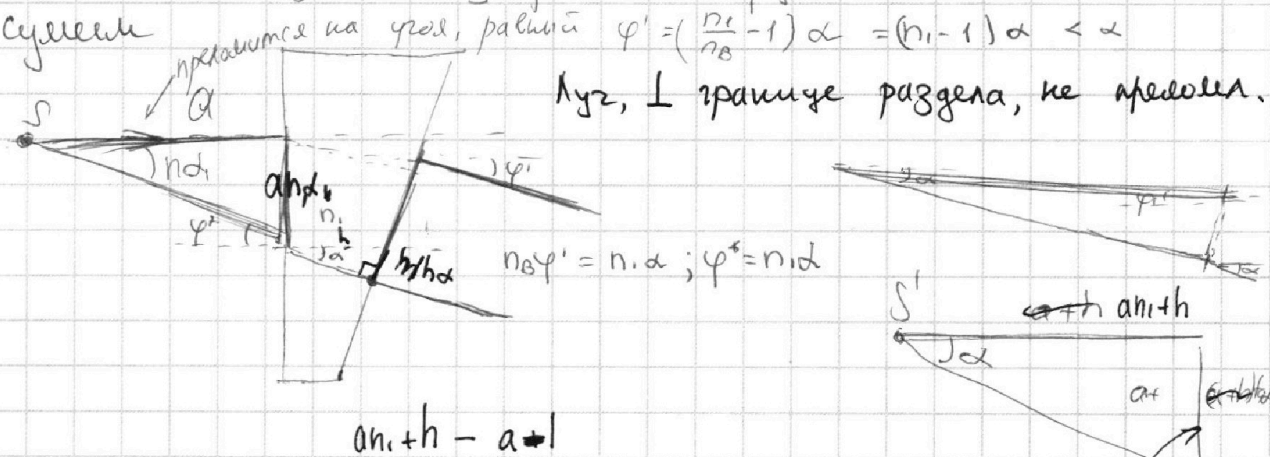
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) продолжение

Расстояние между источником и изображением:  $|a+h-d| = |a+h - \frac{a}{\alpha} - \frac{h}{\alpha}| =$   
 $(a+h)(\frac{1}{\alpha} - 1) = 9a+9h = 810 + 126 \text{ см} = 936 \text{ см}$   
 $\Rightarrow |2a - \frac{a}{\alpha}| = a|\frac{1}{\alpha} - 1| = 9a = 81 \text{ см}$  - изображение миним.  
 (по одну ст. от границы)

3) Теперь уже надо рассматривать всю систему из кристаллов.

Заметим, что отдельно лишь часть кристалла  $n_1$  при малых  $\alpha$  сделает миним. изображение источника  $S'$ , кристалл расстояние от источника до его изобр. в 1 кристалле мы считаем суммой



Потом строим миним. изобр. от изобр.

Потом строим изобр. минимого изобр.  $S'$  в кристалле с пов. прелом.  $n_2$

$d' = \frac{a n_1 + h}{\alpha}$  - это действ. изобр. (как изображение минимого в кристалле).

$$d' + a + h = \frac{a n_1 + h}{\alpha} + a + h = 14 + \frac{1,4 \cdot 90 + 14}{0,1} \neq 90 + 14 =$$

$$= 14 \cdot 100 + 90 + 14 = 1400 + 104 = 1504 \text{ см}$$

(по разнице сторон от фокуса!) - действ. предмет и действ. изобр.

Ответ: 1) 0,07 рад.

2) 207 см 936 см

3) 1504 см

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

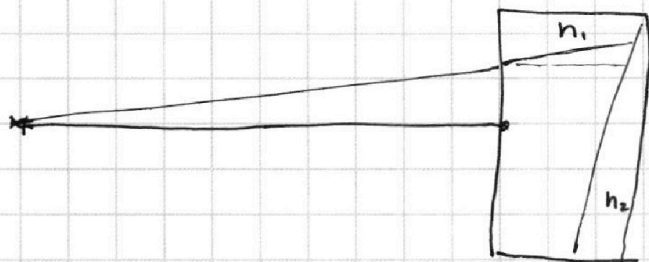
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



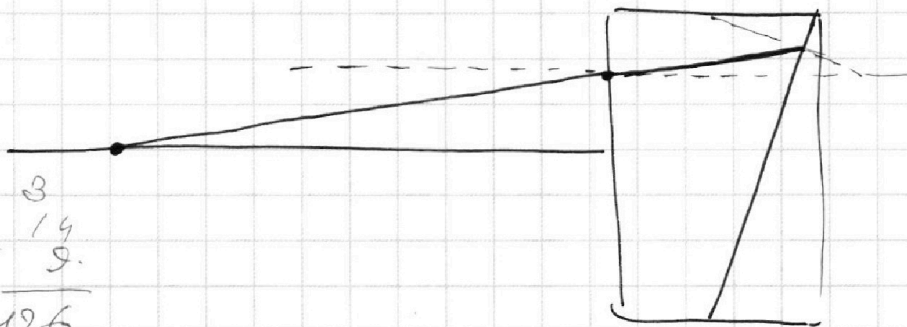
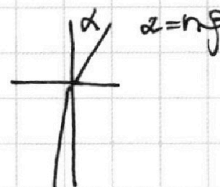
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик.



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



3  
14  
9.  
-----  
126

+ 810  
126  
-----  
936

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

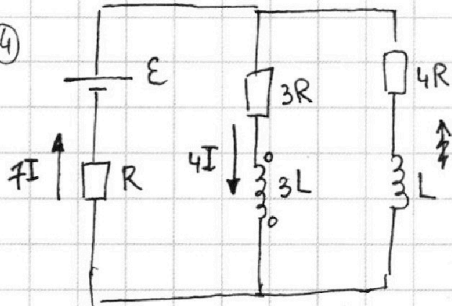
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



④



В узле положим

$$U_L = -LI$$

Это перевернуто!!!!!!!

$$\varphi - IR + E - 12IR = \varphi; \quad I = \frac{E}{13R}$$

$$I = \frac{E}{13R} \quad 12,5$$

$$11 \cdot 88 \quad 3 \cdot 88 = 24 \cdot 11$$

$$E_{\gamma} E_T - F_{\text{уп}} = 0$$

$$E = 12RI + 7IR \Rightarrow I = \frac{E}{19R}; \quad 4I = \frac{4E}{19R}$$

$$\frac{dW}{dt} = 0$$

$$m = 1500 \text{ кг}; \quad F_k = 600 \text{ Н}$$

$$\begin{array}{cccc|cc} 6 & 0 & 0 & 0 & 2 & 5 \\ 5 & 0 & & & 2 & 4 & 0 \\ \hline 1 & 0 & & & & & \\ 1 & 0 & & & 3 & 1 & \\ \hline & & 0 & 0 & 3 & 1 & \end{array}$$

$$+100 \cdot 12$$

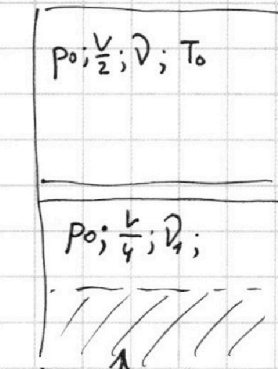
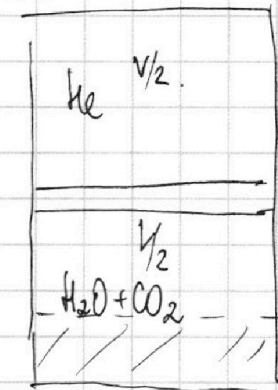
$$\begin{array}{r} 24 \\ 24 \end{array}$$

$$24 \cdot 25 - 10 \cdot 24 \cdot 25 = 10 \cdot 12 \cdot 50 = 10 \cdot 6 \cdot 100 = 600$$

$$s \quad \begin{array}{r} 25 \\ 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 24 \\ \hline 264 \end{array}$$

②

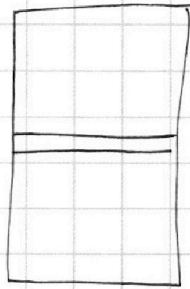


$$p_0; \frac{V}{2}; D; T_0$$

$$p_0; \frac{V}{4}; D;$$

$$D_2 = k p \frac{V}{4}$$

Поршень невисит  $\Rightarrow$  сила грав. действ. на поршень равны  $\Rightarrow$  все остов. Темпер.:  $\Delta D = k p w$



$$p_0 \quad p_0(T)$$

$$pV = \nu RT \quad RT = \frac{p_{\text{дел}} V}{\nu}$$

p.

$$\begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 85 \\ + 905 \\ \hline 1125 \end{array}$$

$$1125$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 25 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$35 \cdot 35 = 1225$$

$$G = 2 - 11$$

112.

$$\begin{array}{r} 196 \\ 492 \\ \hline 521 \end{array}$$

$$G = 2 - 11$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

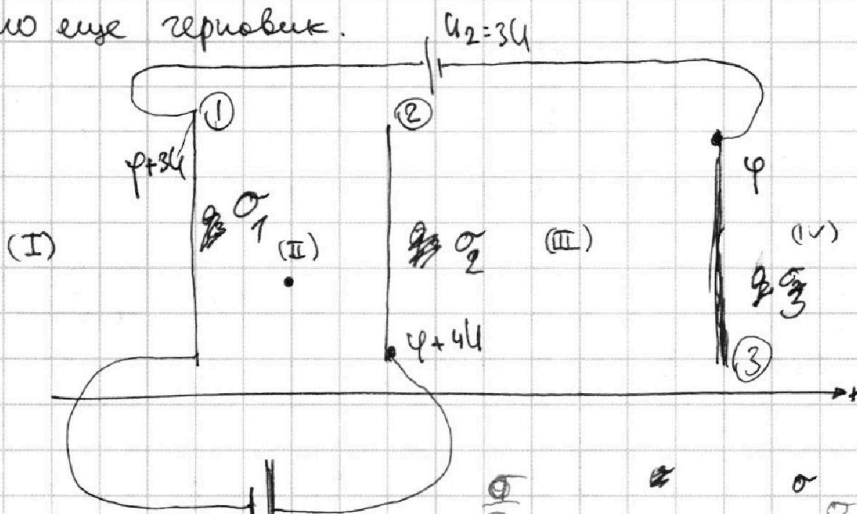
**МФТИ**

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



Это еще черновик.

Витина массой  $m$  и зарядом  $q > 0$ .



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$E_I = -\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{II} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{III} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$U_d = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

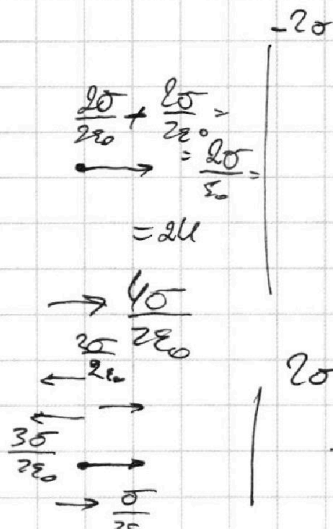
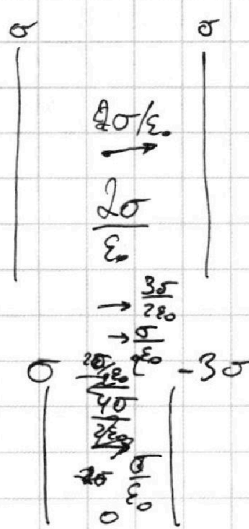
$$-4U_d = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} \quad A$$

$$E_4 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = U$$

$$2\epsilon_0 U_d = \sigma_0$$

$$E = \frac{H}{k_A} = \frac{k_2 \cdot U}{c^2 k_A} = \frac{k_2 \cdot U}{k_A \cdot c^2}$$

$$B = \frac{D \cdot U}{k_A} = \frac{k_1 \cdot U^2}{k_A c^2}$$



$$\frac{20}{\epsilon_0} = 2 \cdot 9 + 1$$

$$\frac{3+2-1}{20^2} = \frac{4}{20^2}$$

5