



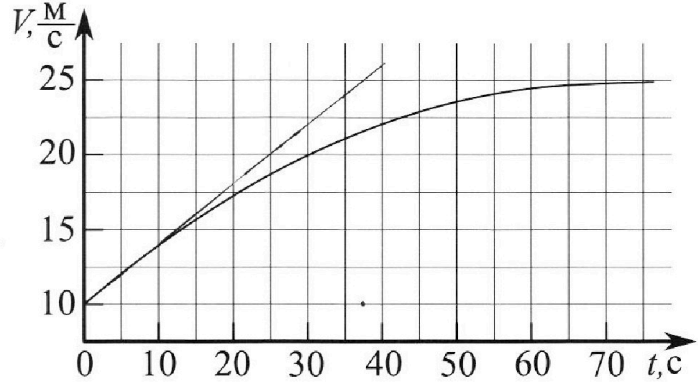
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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?

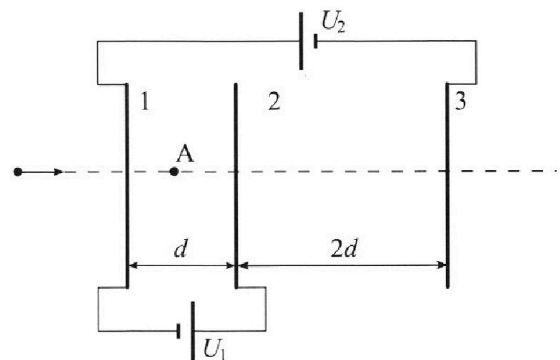
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 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

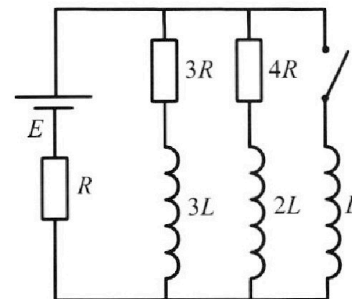
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



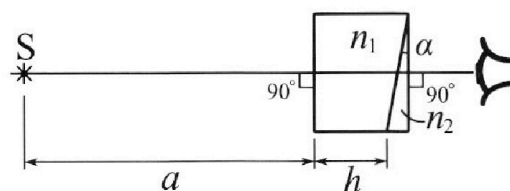
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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  $a = 90$  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.



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.

1  2  3  4  5  6  7



№1

Решение:

Дано:

$m = 1500 \text{ т}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

$a_0 = ?$

$F_0 = ?$

$P_0 = ?$

1) Известно, что  $a = \frac{dv}{dt}$ , что равно коэффициенту наклона касательной к графику в этой точке.

а) Проведя касательную, получаем:

$a_0 = 0,4 \text{ м/с}^2$

2) Запишем 2ЗН на ось  $Ox_1$  в начальный момент:

$ma_0 = F_0 - kv$ , где  $v = 10 \text{ м/с}$  (из графика)

~~$F_0 = 1500 \text{ т} \cdot 0,4 \text{ м/с}^2 + U$~~   $U$  в момент, близкий к установившемуся режиму (75с)

$0 = F_k - kv$ , где  $v = 25 \text{ м/с}$  (из графика)

Из ур-я (2):  $k = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$

Подставим в (1):  $F_0 = 1500 \text{ т} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{Н}}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$

$= 240 \text{ Н} + 150 \cdot 4 \text{ Н} = 240 \text{ Н} + 600 \text{ Н} = 840 \text{ Н}$

3) На колеса передаётся мощность тяги двигателя, значит в ней будет создаваться только силой тяги двигателя:

$N = F_0 \cdot v_0 = 8400 \text{ Вт} = 8,4 \text{ кВт}$

Ответ:

1)  $a_0 = 0,4 \text{ м/с}^2$

2)  $F_0 = 840 \text{ Н}$

3)  $N = 8,4 \text{ кВт}$

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!



N2  
Дано:

$T = 373 \text{ K}$   
 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$   
 $RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$

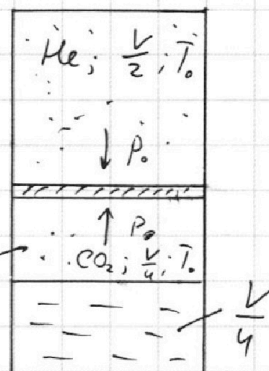
Найти:

$\frac{\nu_{\text{верх}}}{\nu_{\text{нижн}}}; \frac{T}{T_0} - ?$

Решение:

По условию, давление водных паров в начале мало, значит

и  $\nu_{\text{пара нач}} \rightarrow 0$ . Тогда  $\nu_{\text{нижн}} = \nu_{\text{CO}_2}$



1) Ур-е Менделеева-Клапейрона:

$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{верх}} RT_0$  (1);  $p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{нижн}} RT_0$  (2)

$\frac{(1)}{(2)} = \left[ \frac{\nu_{\text{верх}} RT_0}{\nu_{\text{нижн}} RT_0} = \frac{p_0 \frac{V}{2}}{p_0 \frac{V}{4}} = \frac{4}{2} = 2 \right]$

2) В начальный момент  $\nu_{\text{верх}} = \nu_{\text{He}} = \text{const}$ ;

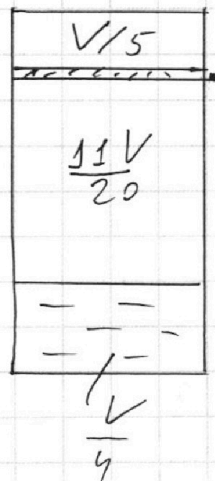
$\nu_{\text{нижн}} = \nu_{\text{CO}_2(\text{нач})}$ . В конечный момент:

$\nu'_{\text{нижн}} = \nu_{\text{CO}_2(\text{нач})} - \Delta \nu_{\text{CO}_2} + \nu_{\text{H}_2\text{O}}$

Давление в конечный момент  $p'$ .

Объемы в конечный момент:

$V'_{\text{верх}} = \frac{V}{5}$ ;  $V'_{\text{нижн}} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{4V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{16V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$



Запишем систему из уравнений з-на Генри, Менделеева-Клапейрона и Дальтона:

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$$\frac{p_0 V}{2} = \nu_{\text{He}} R T_0 \quad (1) - \text{МК, нач, верх.}$$

$$\frac{p_0 V}{4} = \nu_{\text{CO}_2(\text{нач})} R T_0 \quad (2) - \text{МК, нач, нижн.}$$

$$\frac{2 p_0 \cdot 11 V}{20} = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T \quad (3) - \text{МК, парциальный, кон., нижн, во дн}$$

(при  $T=373\text{K}$  у нас пара  $p = 2p_0 = p_{\text{атм}}$ )

$$\frac{p'_{\text{CO}_2} \cdot 11 V}{20} = \left( \nu_{\text{CO}_2}^* - \Delta \nu_{\text{CO}_2}^* \right) R T \quad (4) - \text{МК, парциальный, кон, нижн, CO}_2$$

$$\Delta \nu_{\text{CO}_2} = k \cdot p'_{\text{CO}_2} \cdot \frac{V}{4} \quad (5) - \text{Генри}$$

$$\frac{p' V}{5} = \nu_{\text{He}} R T \quad (6) - \text{МК, кон, верх.}$$

$$p' = p'_{\text{CO}_2} + p_{\text{He}} \quad (7) - \text{Дальтон}$$

1) Из (1) и (6):  $\frac{p'}{p_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{T}{T_0} \rightarrow \frac{p'}{p_0} = \frac{2T}{5T_0} \cdot p_0 \quad (8)$

2) Подставим (2) и (5) в (4)

$$\frac{p'_{\text{CO}_2} \cdot 11 V}{20} = \left( \frac{p_0 V}{4 R T_0} - k p'_{\text{CO}_2} \frac{V}{4} \right) R T$$

$$p'_{\text{CO}_2} \left( \frac{11}{20} + \frac{k R T}{4} \right) = \frac{p_0}{4} \cdot \frac{T}{T_0} \rightarrow p'_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 \cdot \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + k R T} \quad (9)$$

Из (3):  $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2 p_0 V}{16 R T}$  (10)

Подставим (3); (8); (9) в (7):

$$p_0 \cdot \frac{2T}{5T_0} = \frac{p_0 \cdot \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + k R T} + 2 p_0 \quad \text{Пусть } \frac{T}{T_0} = d$$

$$\frac{2}{5} d = \frac{d}{\frac{11}{5} + k R T} + 2$$

№2 стр. 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!

$$\alpha \left( \frac{2}{5} - \frac{1}{\frac{11}{5} + kRT} \right) = 2$$

~~185~~

Подставим  $kRT = 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = \frac{3}{2}$

$$\alpha \left( \frac{2}{5} - \frac{1}{\frac{11}{5} + \frac{3}{2}} \right) = 2$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 37 \\ \hline 185 \end{array}$$

$$\alpha \left( \frac{2}{5} - \frac{10}{22 + 15} \right) = 2$$

$$\alpha = \frac{2}{\frac{2}{5} - \frac{10}{37}} = \frac{1}{\frac{1}{5} - \frac{5}{37}} = \frac{185}{37 - 25} = \frac{185}{12}$$

~~$\alpha = \frac{185}{12}$~~

Ответ: 1)  $\frac{v_{\text{верх}}}{v_{\text{ниж}}} = 2$

2)  $\frac{T}{T_0} = \frac{185}{12}$

№2 стр. 3

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

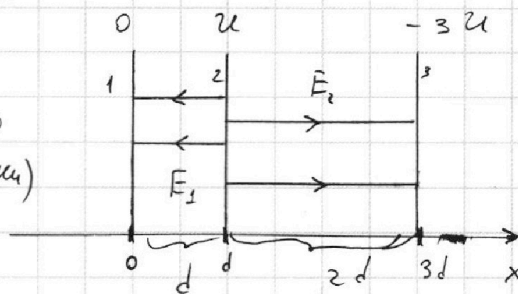
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№3 Найдём поля  $E_1$  и  $E_2$

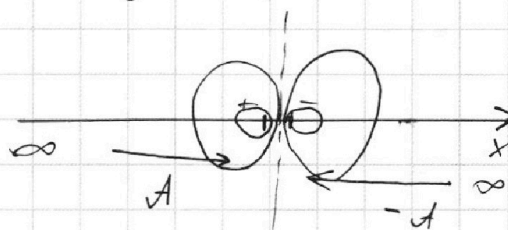
$E_1 = \frac{U}{d}$  (потенциалы на рисунке отнесём к первой сетке)

$E_2 = \frac{U+3U}{2d} = 2 \frac{U}{d}$



1) По 2-му закону Ньютона:

$ma_1 = E_1 q \rightarrow a_1 = \frac{Uq}{md}$



2) По 3-му закону сохранения энергии:

$K_1 + E_1 q d \cdot \cos 180 = K_2$

$K_1 - K_2 = Uq$

3) На больших масштабах систему можно представить как диполь, полученный суперпозицией двух диполей помельше, и прирав их находящимися в одной точке. В силу симметрии, для того чтобы дать до полюсов диполь нужно совершить одинаковую по модулю, но противоположную по знаку работу. Значит при  $\varphi_\infty = 0$ , потенциалы облада будут одинаковыми по модулю и противоположными по знаку.

Эквипотенциальная пов-ть диполь будет располагаться в точке, потенциал которой от бесконечности равен нулю, а относительно первой сетки  $\varphi = -\frac{3}{2}U$

Найдём эту точку; предполагаем, что она находится между второй и третьей сеткой

$V_1 - E_2(x-d) = -\frac{3U}{2} \rightarrow U - 2U\frac{x}{d} + 2U = -1,5U$

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

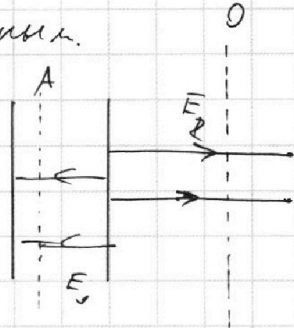
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$4,5U = 2U \frac{x}{d} \rightarrow x = \frac{3}{4}d$$

Наше предположение оказалось верным.

По ЗСЭ:

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{5}{4}E_2qd + \frac{3}{4}E_1qd$$



$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{5}{4} \cdot 2Uq + \frac{3}{4}Uq$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{7Uq}{4}$$

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

Ответ: 1)  $a_1 = \frac{qU}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = qU$

3)  $\sqrt{v_0^2 - \frac{7qU}{2m}}$

№3 стр. 2



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



№4

1) При разомкнутом ключе в ус. состоянии катушки ведут себя как переменная. Эквивалентное напряжение  $\mathcal{E}_0$ :

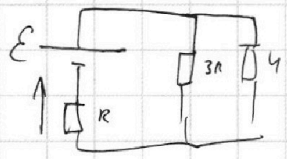
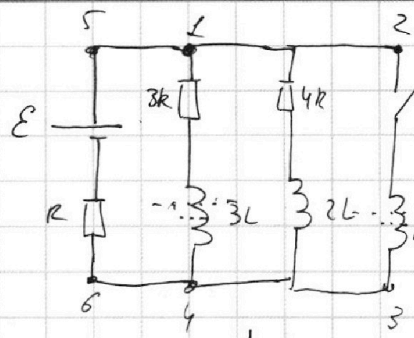
$$R_0 = R + \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} = R + \frac{12R}{7} = \frac{19R}{7}$$

Тогда ток:  $I_0 = \frac{7\mathcal{E}}{19R}$

конт. 2 см. ниже!

$$I_{3R} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$$

$$I_{4R} = \frac{3\mathcal{E}}{19R}$$



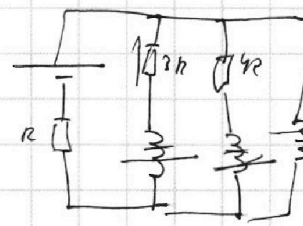
3) В начальный момент по замыканию ключа ток не успеет измениться. В конечный момент:  $I_{3R} = 0$ ;  $I_{4R} = 0$ ;

$$I_L = I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

По 2-му правилу Кирхгофа для контура 1-2-3-4-1:

$$3L \dot{I}_{3R} + I_{3R} 3R + L \dot{I}_L = 0$$

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



Суммируем на промежутке:

$$3L \left( 0 - \frac{4\mathcal{E}}{19R} \right) + L \left( \frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) = -3R(q - 0)$$

минус отсюда записываем в противоположном направлении

$$-\frac{12\mathcal{E}L}{19R} + \frac{19\mathcal{E}L}{19R} = -3qR \rightarrow \boxed{q = -\frac{7\mathcal{E}L}{19 \cdot 3R^2} = -\frac{7\mathcal{E}L}{57R^2}}$$

2) По 2-му пр-му Кирхгофа для 6-5-2-3-6:

$$\mathcal{E} = L \dot{I} + \frac{7\mathcal{E}}{19R} \cdot R \rightarrow L \dot{I} = \frac{12\mathcal{E}}{19} \rightarrow \boxed{\dot{I} = \frac{12\mathcal{E}}{19L}}$$

(Ток не успеваеет поменять)

Ответ: 1)  $I_{3R} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$ ; 2)  $\dot{I} = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$ ; 3)  $q = \frac{7\mathcal{E}L}{57R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



N5

1) В левой призме преломления не будет. Только в правой:

$$1) \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

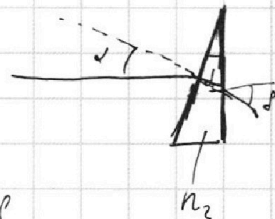
$$2) n_2 \sin(\alpha - \beta) = \sin \delta$$

При  $\alpha, \beta, \delta \rightarrow 0$ ,  $\sin \alpha \approx \alpha$ ;  $\sin \beta \approx \beta$ ;  $\sin \delta \approx \delta$

$$\alpha = n_2 \beta$$

$$n_2 \left( \alpha - \frac{\alpha}{n_2} \right) = \delta \rightarrow \delta = \alpha (n_2 - 1)$$

$$\delta = (1,7 - 1) \cdot 0,1 = 0,07 \text{ рад.}$$



2) Толщиной призмы сказано пренебречь.

Значит изображение только повернётся.

Т.к.  $\delta$  мал, то  $L_1 = \delta (a+h)$

$$L_1 = 0,07 \cdot 104 = 7,28 \text{ см.}$$

3) Найдем угол поворота:

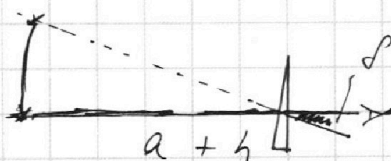
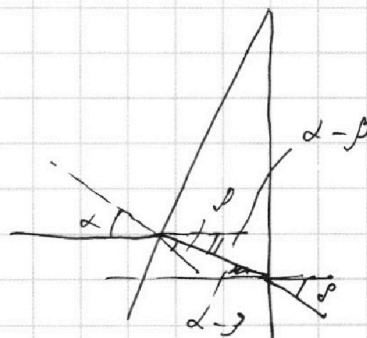
$$\alpha_1 = 0 \rightarrow \beta_1 = 0$$

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

$$n_2 (\alpha - \beta_2) = \delta$$

$$n_2 \left( \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha \right) = \delta$$

$$\delta = \alpha (n_2 - n_1) = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ рад.}$$



N5 стр. 1

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

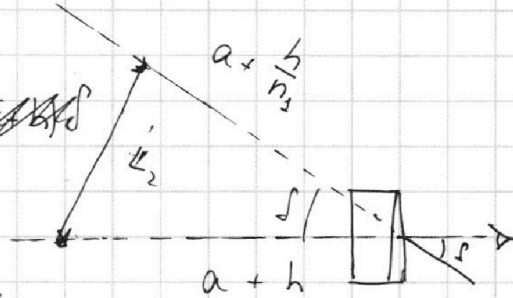


Кроме того, изображение приблизится как будто  
лучи пройдут, через плоскопараллельную пластину длиной  $h$ .  
Это эквивалентно воздуху длиной  $\frac{h}{n_1}$

Тогда  $\Delta R = h - \frac{h}{n_1} = h \frac{n_1 - 1}{n_1}$

$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a + \frac{h}{n_1})^2 - 2(a+h)(a + \frac{h}{n_1}) \cdot \cos \delta}$

$\cos \delta \approx 1 - \frac{\delta^2}{2}$



~~$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a + \frac{h}{n_1})^2 - 2(a+h)(a + \frac{h}{n_1}) \cdot \cos \delta}$~~   
 ~~$= \sqrt{(a+h - a - \frac{h}{n_1})^2 + \delta^2 (a+h)(a + \frac{h}{n_1})}$~~

~~$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a + \frac{h}{n_1})^2 - 2(a+h)(a + \frac{h}{n_1}) \cdot 1 + 2(a+h)(a + \frac{h}{n_1}) \cdot \frac{\delta^2}{2}}$~~

$L_2 = \sqrt{(a+h - a - \frac{h}{n_1})^2 + \delta^2 (a+h)(a + \frac{h}{n_1})} = \sqrt{(h \frac{n_1 - 1}{n_1})^2 + \delta^2 (a+h)(a + \frac{h}{n_1})}$

$= \sqrt{(14 \cdot \frac{0,3}{3,4})^2 + (0,03)^2 \cdot 104 \cdot 100} = \sqrt{9 + 0,03 \cdot 0,03 \cdot 104 \cdot 100} =$

$= \sqrt{9 + 0,09 \cdot 104} = \sqrt{9 + 9 \cdot 1,04} = 3 \sqrt{2,04} \approx 3\sqrt{2} \text{ см}$

Ответ: 1)  $\delta = 0,07 \text{ рад}$

2)  $L_1 = 7,28 \text{ см}$

3)  $L_2 \approx 3\sqrt{2} \text{ см}$

N 5 стр. 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!

$$\frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} R T_0 \quad (1) - \text{МК в нач.; верх.}$$

$$\frac{p_0 V}{4} = \nu_{CO_2(\text{нач})} R T_0 \quad (2) - \text{МК в нач., нижн.}$$

$$\frac{p' V}{5} = \nu_{He} R T \quad (3) - \text{МК в кон.; верх.}$$

$$\frac{11 p' V}{20} = (\nu_{CO_2(\text{кон})} - \Delta \nu_{CO_2} + \nu_{H_2O}) R T \quad (4) - \text{МК в кон.; нижн.}$$

$$\Delta \nu_{CO_2} = k p'_{CO_2} \cdot \frac{V}{4} \quad (5) - \text{Гернц}$$

$$p' = p'_{CO_2} + 2 p_0 \quad (6) - \text{Дальтон}$$

Получим: при  $T = 373 \text{ K}$ ,  $p_{\text{нас}} = p_{\text{атм}} = 2 p_0$

$$2 p_0 \cdot \frac{11 V}{20} = \nu_{H_2O} R T \quad (7) - \text{МК для воды}$$

$$\text{Из (1) и (3)} \quad \frac{p_0 V}{2} = \frac{p' V}{5} \Rightarrow p' = \frac{5 T}{2 T_0} p_0$$

$$\text{Тогда из (6): } p'_{CO_2} = p' - 2 p_0 = \frac{5 T}{2 T_0} p_0 - 2 p_0$$

$$\text{Тогда из (5): } \Delta \nu_{CO_2} = \frac{k V}{4} \left( \frac{5 T p_0}{2 T_0} - 2 p_0 \right)$$

$$\text{Из (7): } \nu_{H_2O} = \frac{11 p_0 V}{10 R T}$$

Подставим все в (4)

$$\frac{11}{20} \cdot \frac{5 T}{T_0} p_0 V = \frac{p_0 V}{4 R T_0} R T - \frac{k p_0 V}{4} \left( \frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right) R T + \frac{11 p_0 V}{10 R T} R T$$

$$\frac{11}{8} \frac{T}{T_0} = \frac{1}{4} \frac{T}{T_0} + \frac{11}{10} - 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{4} \left( \frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right)$$

$$\frac{11 T}{8 T_0} = \frac{2 T}{8 T_0} + \frac{11}{10} - \frac{3}{8} \cdot \frac{5 T}{2 T_0} + \frac{3}{4}$$

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!

~~$$\frac{22T}{16T_0} - \frac{4T}{16T_0} + \frac{15T}{16T_0} = \frac{15}{20} + \frac{22}{20}$$~~

~~$$\frac{33T}{16T_0} = \frac{37}{20} \rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{37}{20} \cdot \frac{16}{33} = \frac{148}{165}$$~~

~~$$\begin{array}{r} 0,03 \\ + 1,04 \\ \hline 1,07 \end{array} = \begin{array}{r} 1,04 \\ - 3 \\ \hline 3,12 \end{array}$$~~

~~$$0,03 \cdot \frac{0,3}{3} = 0,003 \cdot 104$$~~

~~$$S_2 = 0,003 \cdot 0,07 \rightarrow 0,03$$~~

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!



ЧЕРНОВИК!!! ЧЕРНОВИК!!!

1) В начале  $\nu_{He} \rightarrow 0$ , тогда  $\nu_{He} = \nu(CO_2)$

ММ:  $\frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} R T_0$  II)  $\frac{p_0 V}{4} = \nu_{He} R T_0$  III)  $\frac{p_0 V}{4} = \nu_{He} R T_0$  IV)  $\frac{p_0 V}{4} = \nu_{He} R T_0$

$\frac{III}{II} = \frac{\nu_{He} R T_0}{\nu_{He} R T_0} = \frac{p_0 V}{\frac{p_0 V}{4}} = 4 = 2$

$\nu_{He} R = \frac{p_0}{2 T_0}$   
 $\nu_{CO_2} = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$

IV)  $\frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} R T_0$ ;  $\frac{p_0' V}{5} = \nu_{He} R T$

$V_{He} = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{15V}{20} - \frac{4V}{20} = \frac{11V}{20}$

$\frac{p_0 V}{4} = \nu_{CO_2} R T_0$ ;  $\frac{11 p_0' V}{20} = (\nu_{CO_2} - \Delta \nu_{CO_2} + \nu_{He}) R T$

В конце пар насыщенный!!  $\rightarrow p_{пара} = 1 \text{ атм} = 2 p_0$

$p' = p_{CO_2} + p_{пара}$  так как

$2 p_0 \cdot \frac{11V}{20} = \nu_{He} R T$

$\Delta \nu_{CO_2} = k p_{CO_2} \cdot \frac{V}{4}$

$1500 \cdot 0.4 \cdot 10 = 1500 \cdot 4 = 6000$

$\nu_{He} = \frac{11 p_0 V}{10 R T}$

$\Delta \nu_{CO_2} = k (p' - p_{пара}) \cdot \frac{V}{4}$   $\nu_{CO_2} = \frac{p_{CO_2} \cdot 11V}{20}$

$\Delta \nu_{CO_2} = k \left( \frac{5 \nu_{He} R T}{V} - 2 p_0 \right) \cdot \frac{V}{4} = k \left( \frac{5 p_0 \cdot T}{2 T_0} - 2 p_0 \right) \cdot \frac{V}{4}$

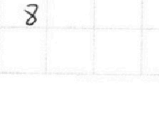
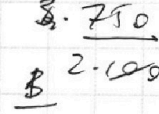
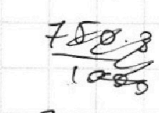
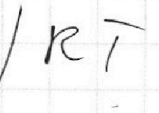
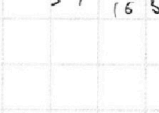
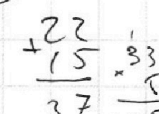
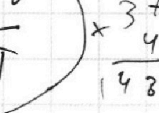
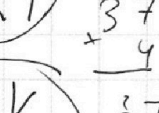
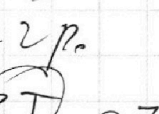
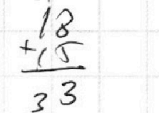
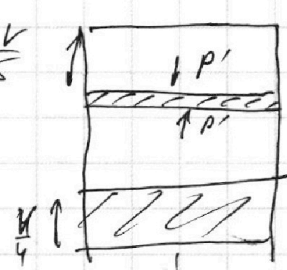
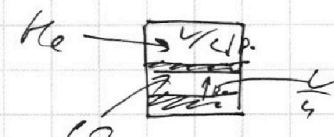
$\frac{11 \cdot 5 p_0 T}{2 T_0} \cdot \frac{V}{4} = \left( \frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{11 p_0 V}{10 R T} - k \left( \frac{5 p_0 T}{2 T_0} - 2 p_0 \right) \frac{V}{4} \right) R T$

$\frac{11 T}{8 T_0} = \frac{T}{4 T_0} + \frac{11}{10} - \frac{k}{4} \left( \frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right)$

$\frac{7 T}{8 T_0} = \frac{T}{4 T_0}$

$\frac{5 T}{4 T_0} = 2$

$\frac{0.7 T}{2} = \frac{8}{8}$



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!



Черновик. №1

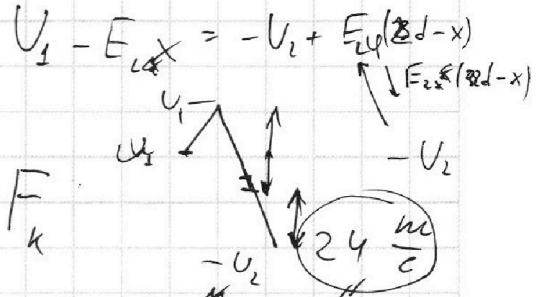
$$1) \frac{dv}{dt}(0) = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ м/с}^2 = \frac{37,5}{150} \cdot \frac{15}{37,5} = \frac{30 \cdot 60}{150} = 0,4$$

2) Конечное состояние:

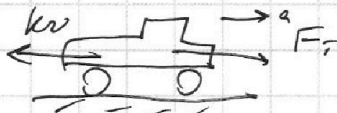


$$150,0$$

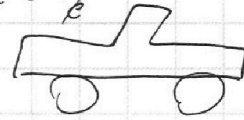
$$kv = F_k$$



3) Начальное состояние



$$k = \frac{F_k}{v} = \frac{600 \text{ м} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{600}{25}$$



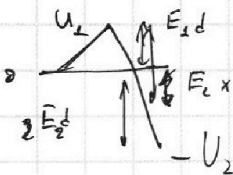
$$F_T - kv = ma \rightarrow F_T = m a + kv$$

$$F_T = 1500 \text{ м} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 150 \cdot 4 + 240 =$$

$$= 600 + 240 = 840 \text{ Н}$$

$$3) P = F \cdot v$$

$$P = F_0 \cdot v_0 = 840 \cdot 10 = 8400 \text{ Вт}$$

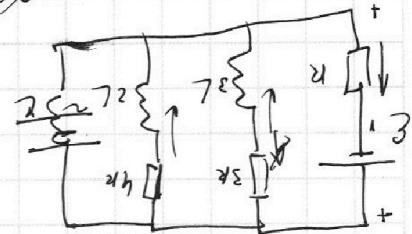


Черновик!!!

$$U_1 - E_2 x = -\frac{U_1}{2}$$

$$\frac{15}{25} - \frac{18}{25} = ?$$

$$\frac{18}{3} = 3 - 3$$

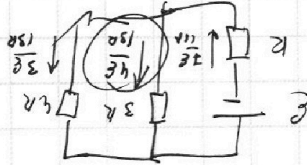


$$\frac{18}{25}$$

$$\frac{18}{25} = \frac{18}{25} = I_0$$

$$\frac{1}{12} R + R = \frac{1}{15} R$$

$$R_{\text{total}} = \frac{3R \cdot 4R}{12} + R = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3}$$



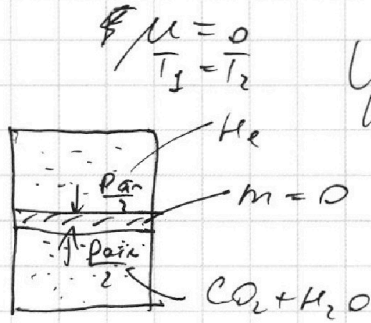
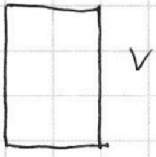
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

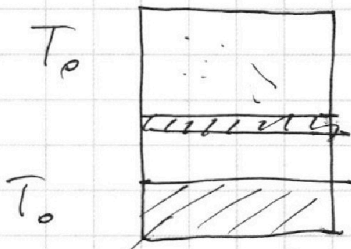


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



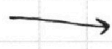
УФ-рентген  $\frac{3}{2}!!!$

Расср!!!

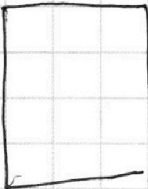
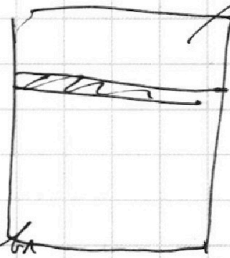


$\frac{V}{2}$

$\frac{V}{2}$



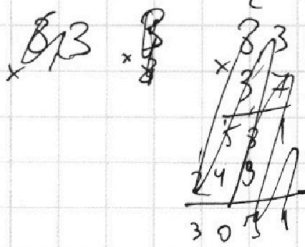
напр. дана



$\Delta V = k p w$   
 раствор / обмен

1) Комната  $T_0$   $k_{ум} = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$

2) Комната  $T = 373 \text{ K}$   $\Delta V = 0$   
 $100^\circ \text{C}!!!$



ком.!!

Рвод.комн.  $\rightarrow 0$   
 $\Delta V \rightarrow 0$

$\frac{V_{верх}}{V_{нижн}} - ?$





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"/>

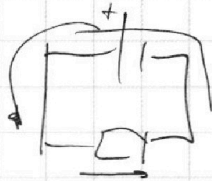
 МФТИ

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

№4 1) При разомкнутом ключе в уст.

$$\mathcal{E} - 3L \dot{I}_{3R} - I \cdot 3R = L \dot{I}_L$$

→



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!



Для ЗЕЭ,

$$\frac{mv_0^2}{2} - E_2 q \cdot \frac{3}{2} d + E_1 q \cdot \frac{3}{4} d = \frac{mv'^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{3}{2} q \cdot d \cdot \frac{2U}{d} + \frac{U}{d} \cdot \frac{3}{4} q \cdot d = \frac{mv'^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - 3Uq + \frac{3}{4}Uq = \frac{mv'^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{9}{4}Uq + \frac{3}{4}Uq = \frac{mv'^2}{2}$$

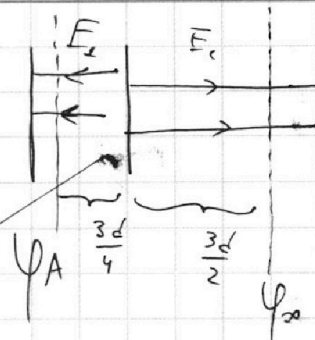
$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{6}{4}Uq = \frac{mv'^2}{2}$$

$$v' = \sqrt{v_0^2 - \frac{6Uq}{2m}}$$

Ответ: 1)  $a_1 = \frac{qU}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = qU$

3)  $v' = \sqrt{v_0^2 - \frac{6Uq}{2m}}$



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!



1) Введем ось  $Ox$ . ;  $E_1 = \frac{U_1}{d}$   
 $ma_1 = q \frac{U_1}{d} \rightarrow a_1 = \frac{qU_1}{md}$

2) ЗСЭ:  $K_1 + E_1 q d \cdot \cos 180 = K_2$   
 $K_1 - K_2 = E_1 q d = \frac{U_1 q d}{d} = qU$

Найдем точку где  $\varphi = \varphi_0$  предположив, что она находится между  $x=d$  и  $x=3d$ .  
 Тогда для нее справедливы следующие

~~$U_1 + E_2(x-d) = E_1(3d-x)$~~   
 ~~$U_1 + \frac{4U}{2d}(x-d) = \frac{U_1}{d}(3d-x)$~~   
 ~~$U_1 + 2U \frac{x-d}{d} = U_1 \frac{3d-x}{d}$~~

$E_2 = \frac{U_1 + U_2}{2d} = \frac{4U}{2d} = \frac{2U}{d}$

У этой точки будет потенциал  $-\frac{U_2}{2}$  при  $x=0$

~~$d = 8x + 4d = 12d$~~   
 ~~$8x = 12d \rightarrow x = \frac{3}{2}d$~~

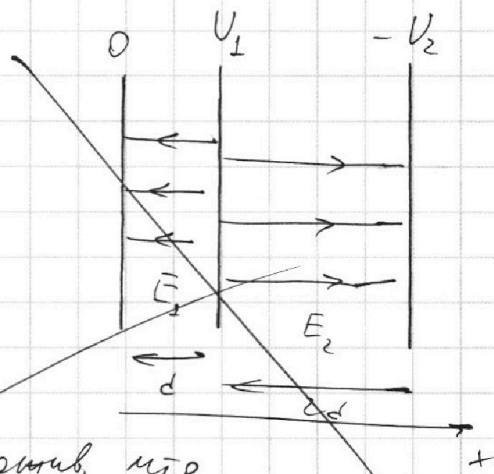
$U_1 - E_2(x-d) = -\frac{U_2}{2}$

~~$U_1 - \frac{4U}{d}(x-d) = -\frac{U_2}{2}$~~

$U - 2U \frac{x}{d} + 2U = -2U$

$5U = 2U \frac{x}{d} \rightarrow x = \frac{5}{2}d = 2,5d$

Наше предположение подтвердилось.  
 В этой точке будет такое же  $K$ , как и на бесконечности.



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. Введём ось  $Ox$

1)  $E_1 d = U$

$E_2 \cdot 2d + E_1 d = 3U$

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

2) Если поле везде одинаковое,  
значит можно заменить эквивалентным  
конденсатором с тем же полем

$ma_1 = \frac{U}{d} \cdot q \rightarrow a_1 = \frac{qU}{md}$

~~3) Если заменить это на один конденсатор, то на расстоянии  $x = \frac{3d}{2}$  будет такая же сила на бесконечности~~

3)  $K_1 - K_2 = -Eqd$  ВСЭ:

$K_1 - Eqd = K_2 \rightarrow K_1 - K_2 = Eqd = Uq$

4) Заменяя конденсатор на один, легко заметить, что  
на расстоянии  $x = \frac{3d}{2}$  будет располагаться бесконечно  
большая эквипотенциальная поверхность, а значит

$\varphi(\frac{3d}{2}) = \varphi_{\infty} = 0$

