



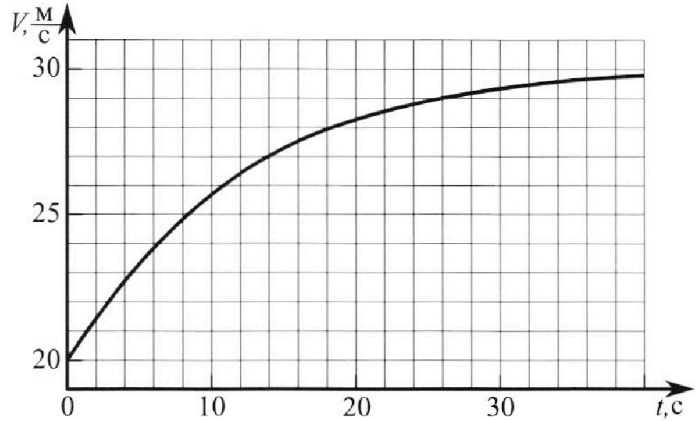
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



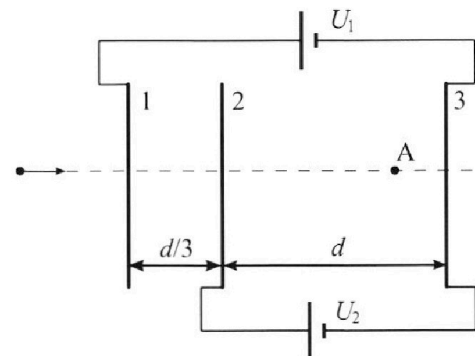
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?  
Требуемая точность числен ного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

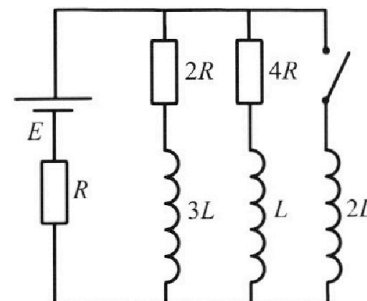
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



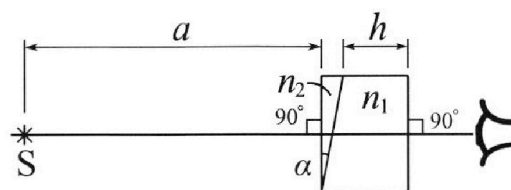
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  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  $a = 100$  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.



(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.

- 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

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

1. 1) Ускорение  $a = \frac{dV}{dt}$ , тогда начальное ускорение  $a_0$  равно угл. коэф. касательной к графику  $V(t)$  при  $t=0$ .

Можно считать, что в 1-ую с. движение было (почти) равноускоренным, тогда из графика найдем:

$$\Delta V \approx 1,5 \frac{m}{c}, \quad \Delta t = 2c.$$

$$a_0 = \frac{\Delta V}{\Delta t} \approx \frac{1,5 \frac{m}{c}}{2c} = 0,75 \frac{m}{c^2}$$

2)  $N = F_T \cdot V$ , где  $N$  - мощность,  $F_T$  - сила тяги

В конце разгона  $F_T \approx F_k$ , т.к.  $a \rightarrow 0$ . Поэтому

$$\frac{N}{V_k} \approx F_k \Rightarrow N \approx F_k \cdot V_k, \quad \text{где } V_k \approx 30 \frac{m}{c} - \text{значение ско-}$$

рости, к которому стремился график.  $N \approx 200H \cdot 30 \frac{m}{c} = 6000 \text{ Вт}$

Из II з Ньютона получаем:  $ma_0 = \frac{N}{V_0} - F_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{N}{V_0} - ma_0 \approx \frac{F_k \cdot V_k}{V_0} - ma_0 \approx \frac{200H \cdot 30 \frac{m}{c}}{20 \frac{m}{c}} - 200H \cdot 0,75 \frac{m}{c^2}$$

$$= 300H - 180H = 120H$$

3) Работа сил сопротивления  $A = -\bar{F} \cdot s$ , где  $s$  - перемещение

$$\frac{dA}{dt} = -\frac{d(F \cdot s)}{dt} = -\frac{dF \cdot s + F \cdot ds}{dt}$$

При  $t=0$ :  $s=0$ , а  $\frac{ds}{dt} = V_0$ :  $-\frac{dA}{dt} = F_0 \cdot V_0 = 120H \cdot 20 \frac{m}{c} = 2400 \text{ Вт}$

$k = \frac{-\frac{dA}{dt}}{N}$  - часть мощности, идущая на преодоление сил сопротивления.  $k = \frac{2400 \text{ Вт}}{6000 \text{ Вт}} = 0,4$

Ответ: 1)  $0,75 \frac{m}{c^2}$ , 2)  $120H$ , 3)  $0,4$

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!

2.  $T_0$ :  $\frac{V}{2}$   $\text{CO}_2$  1) Три температуры  $T_0$ : (нормальность, потому что давление на него сверху и снизу одинаково)

$\frac{1}{8} \frac{V}{8}$   $\text{CO}_2$   
 $\frac{3V}{8}$   $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

$T$ :  $\frac{V}{8}$   $\text{CO}_2$   
 $\frac{V}{2}$   $\text{CO}_2 + \text{в.п.}$   
 $\frac{3V}{8}$   $\text{H}_2\text{O}$

$p_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$   $\nu_B$  - кол-во газа в верхней части  
 $p_0 \frac{V}{8} = \nu_{\text{нер}} R T_0 \Rightarrow \nu_{\text{нер}}$  - кол-во газа в нижней части при  $T_0$  (нераств.)  
 $\Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_{\text{нер}}} = 4$   $\nu_H$  - кол-во газа в нижней части (нераств. + раствор.)

2) Три температуры  $T$ :

( $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$  - темп. кипения воды, давление насыщен-ных паров воды равно  $P_{\text{ATM}} = 100 \text{ кПа}$ )

$p_1 \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R T$  формулы неподвижен  $\Rightarrow P_1 = P_2 + P_{\text{ATM}}$

$p_2 \frac{V}{2} = \nu_H \cdot R T$

Каждый  $\nu_H$ :  $\nu_H - \nu_{\text{нер}} = k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}$  (из формулы  $\Delta \nu = k p \Delta h$ )  
 $= k \cdot \frac{3V}{8} \cdot \frac{\nu_{\text{нер}} \cdot R T_0}{V} = \frac{9}{4} k \nu_{\text{нер}} R T \Rightarrow$

$\nu_H = \nu_{\text{нер}} \cdot \left(1 + \frac{9}{4} k R T\right) = \nu_{\text{нер}} \left(1 + \frac{9}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}\right) =$

$= 5,05 \cdot \nu_{\text{нер}}$

$P_{\text{ATM}} = P_1 - P_2 = \frac{8 \nu_H \cdot R T}{V} - \frac{2 \nu_H R T}{V} = \frac{8 \cdot 4 \nu_{\text{нер}} \cdot R T}{V} - \frac{2 \cdot 5,05 \nu_{\text{нер}} \cdot R \cdot T}{V} =$   
 $= 21,9 \frac{\nu_{\text{нер}} \cdot R T}{V} = 21,9 \cdot \frac{P_0}{8} \Rightarrow P_0 = \frac{8}{21,9} \cdot P_{\text{ATM}} = \frac{80}{219} P_{\text{ATM}}$

Ответ: 1) 4, 2)  $P_0 = \frac{80}{219} P_{\text{ATM}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

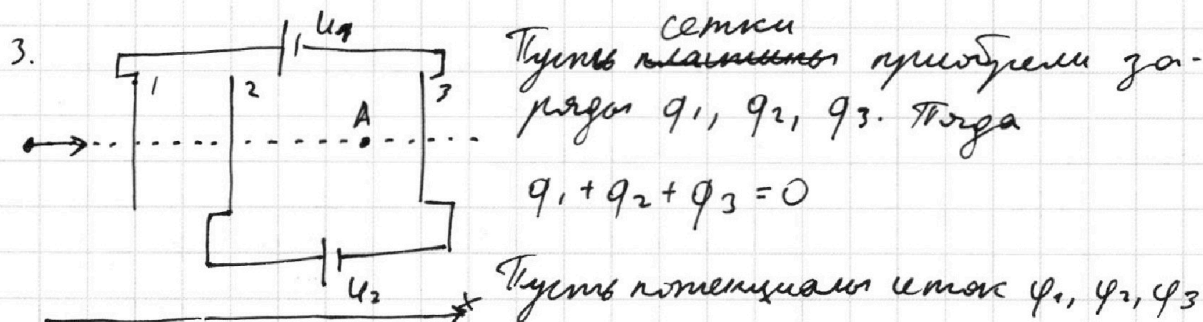
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



Тогда  $\varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 5U, \quad \varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U,$

$\varphi_1 - \varphi_2 = (\varphi_1 - \varphi_3) - (\varphi_2 - \varphi_3) = 5U - U = 4U$

Найдем напряженности поля между сетками 1 и 2, 2 и 3:

$$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\frac{d}{2}} = 12 \frac{U}{d} \quad \Bigg| \Rightarrow$$

$$E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = U/d$$

$\Rightarrow q_1 - q_2 - q_3 = 12q_1 + 12q_2 - 12q_3 \Rightarrow 11q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$

$q_1 + q_2 = -q_3 \Rightarrow -11q_3 + 2q_2 - 11q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = 11q_3, \quad q_1 = -12q_3$

1) По II з. Ньютона для частицы между сетками 2 и 3:

$$qE_{23} = ma_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{qE_{23}}{m} = \frac{qU}{dm}$$

2)  $K_3 - K_2 = A_{э.п} = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) = qU$  (A - работа э. поля)

3) Снаружи сетки поле нет  $\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2}$

$$\frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = 4qU$$

$$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_2) = q \cdot E_{23} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{3}{4} qU$$

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{3}{4} qU + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{19}{4} qU + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{19}{4} qU + \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}}$$

Ответ: 1)  $a_{23} = \frac{qU}{dm}$ , 2)  $K_3 - K_2 = qU$ , 3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}}$

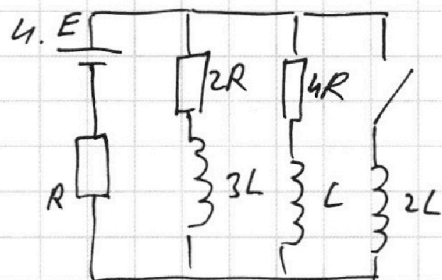
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) До замыкания через  $3L$  и  $L$  идет максимальный ток, поэтому ЭДС индукции нет.

Начальный ток  $I_0 = \frac{E}{R + \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R}} = \frac{3}{7} \frac{E}{R}$

Напряжение на  $4R$ :  $U_{4R} = E - I_0 \cdot R = \frac{4}{7} E$

$I_{20} = \frac{U_{4R}}{4R} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$

2) Сразу после замыкания ключа токи в катушках:

$I_{3L} = I_0 - I_{20} = \frac{2}{7} \frac{E}{R}$ ,  $I_L = I_{20} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$ ,  $I_{2L} = 0$ .

По 2-ому правилу Кирхгофа для внешней контура: (обход по часовой стрелке)

$E = L I'_{2L} + I_0 R$  (ток  $I_0$  через резистор  $R$  по условию)

$I'_{2L} = \frac{E - I_0 R}{L} = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$  (взгляните)

3) Запишем 2-ое правило Кирхгофа для правой контура: (обход по час. стрелке)

$-L \cdot I'_L - I_L \cdot 4R + 2L I'_{2L} = 0$

$-L \frac{dq_L}{dt} - \frac{dq_L}{dt} \cdot 4R + 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow dq_L \cdot 4R = 2L \cdot dI_{2L} - L \cdot dI_L$  ( $dq_L = dq_{4R}$ )

# Суммируя от  $t=0$  момента замыкания ключа до установившегося режима, получим:

$q_{4R} = q_L = \frac{2L \cdot I_y + L \cdot I_L}{4R}$ , где  $I_y = \frac{E}{R}$ ,  $I_L = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$ .

$q_{4R} = \frac{2L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{1}{7} \frac{E}{R}}{4R} = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$  - искомый заряд.

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$ , 2)  $I'_{2L} = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$ , 3)  $q_{4R} = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$

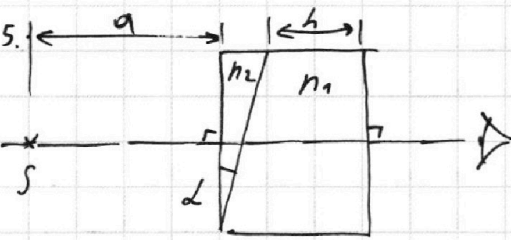
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

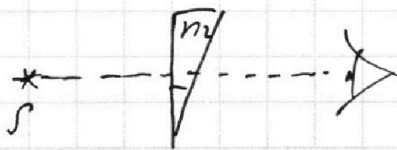
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

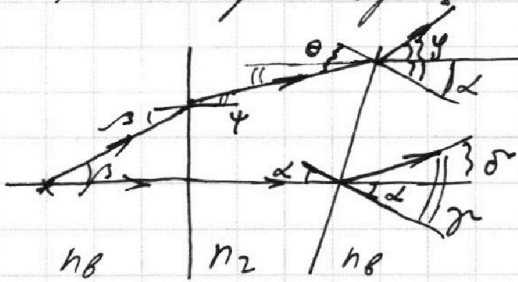
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Считаю, что  $n_1 = n_2 = 1$ , можно представить световую среду следующим образом:



Рассмотрим процесс преломления:

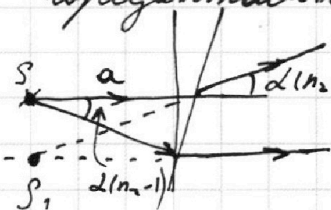


луч, идущий вдоль ~~горизонтальной~~ <sup>перпендикулярно границе</sup> ~~горизонтальной~~ <sup>горизонтальной</sup> оси, отклонится на угол  $\delta = \gamma - \alpha$ , где  $\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{n_2}{1}$ . Угол мал, поэтому  $\gamma = n_2 \alpha \Rightarrow \delta = \gamma - \alpha = \alpha(n_2 - 1) = 0,09 \text{ рад}$

2) Пусть луч вошел под углом  $\beta$ , преломился,  $\frac{\sin \psi}{\sin \beta} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow \psi = \frac{\beta}{n_2}$ , затем преломился под углом  $\theta = \psi + \alpha = \frac{\beta}{n_2} + \alpha$  и вышел из призмы под углом  $\varphi$  к её поверхности  $\varphi = n_2 \cdot \theta = \beta + n_2 \alpha$ , то есть под углом к горизонтальной оси  $\varphi - \alpha = \beta + \alpha(n_2 - 1)$

Пусть  $\beta = -\alpha(n_2 - 1)$  (знак "-" означает, что угол отсчитывается по часовой стрелке)

тогда после выхода из призмы луч пойдет параллельно горизонтальной оси (см. рис.)



Для клина  $S$ -предела,  $S_1$ -изображение т.к. угол мал, то  $S$  и  $S_1$  попадают на одну вертикаль, а расстояние  $SS_1$  равно  $\alpha \cdot \tan(\alpha(n_2 - 1)) \approx \alpha \cdot \alpha(n_2 - 1) = 7 \text{ см.}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

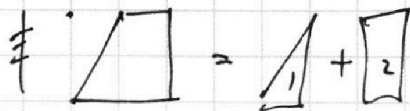


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



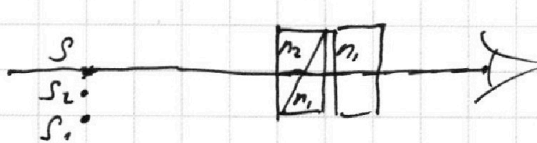
3) <sup>Призма</sup> Клейон  $n_2$  поворачивает лучи, проходящие через неё на угол  $\alpha(n_2 - 1)$  против часовой стрелки.

Рассмотрим процесс. Разделим вторую призму на 2 составляющие: вертикальную такую же призму и плоско-параллельную пластину:



Первая призма развернет лучи на угол  $2(n_1 - 1)$  к своему основанию подобно призме  $n_2$ , что свинтит изображение зритель от источника вверх на  $a \cdot \text{tg}(2(n_1 - 1)) = 0,24 \text{ см}$ .

Тогда систему можно изобразить так:

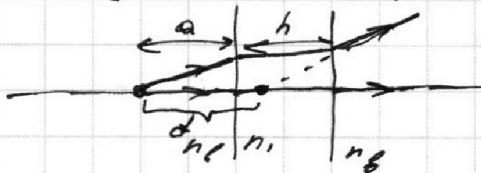


Для призмы с  $n_2$ :  $S$  - источник,  $S_1$  - изображение

Для плоско-параллельной пластины с  $n_1$ :  $S_1$  - источник,  $S_2$  - изображение

Для плоско-параллельной пластины с  $n_1$ :

$S_2$  - источник. Рассмотрим процесс хода лучей:

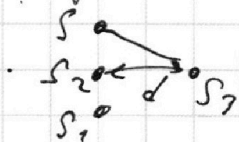


Пластина не меняет направления лучей, а создает изображение, сдвинутое от источника на расстояние, равное

$$d = h - h \cdot \frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha} = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \quad (\text{где } \alpha - \text{угол падения, } \alpha - \text{угол преломления})$$

$$= 14 \text{ см} \cdot \left(1 - \frac{1}{1,4}\right) = 14 \text{ см} - 10 \text{ см} = 4 \text{ см}$$

Тогда полная система будет выглядеть так:  $S_3$  - изображение от источника, его видит глаз



$$SS_3 = \sqrt{(SS_1 - S_1S_2)^2 + (S_2S_3)^2} = \sqrt{(3 \text{ см})^2 + (4 \text{ см})^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,07 рад, 2) 7 см, 3) 5 см



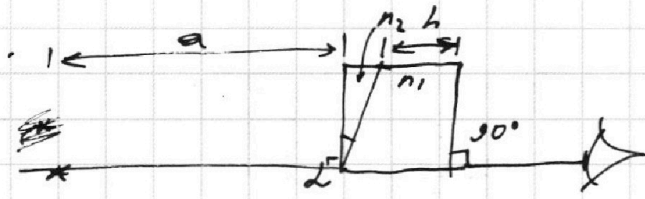
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

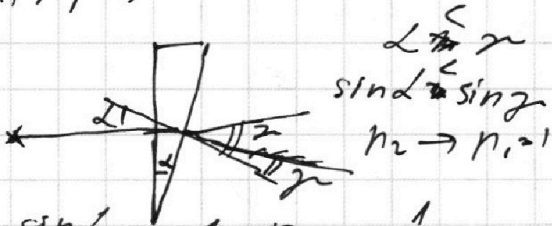


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$n_3 = 1$   
 $a = 100 \text{ см}$   
 $\alpha = 0,1 \text{ рад} - \text{максимум}$   
 $h = 14 \text{ см}$

1)  $n_1 = 1$



$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = 1$   
 $\gamma = \alpha = 0,1 \text{ рад}$

ОТРАЖ. НЕ УЧИТ.

1)  $n_1 = n_3 = 1, n_2 = 1,7$   
 $\gamma = ?$

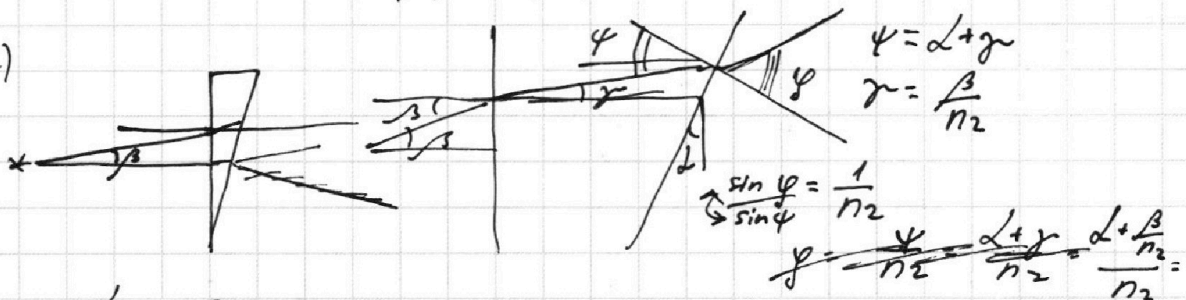
2)  $n_1 = n_3 = 1, n_2 = 1,7$

$\rho(n_1, n_2) = ?$

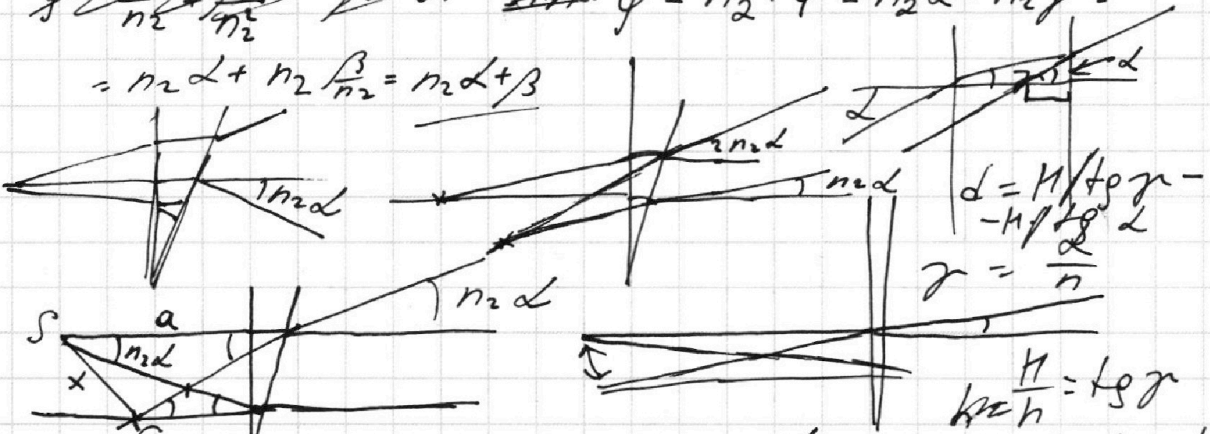
3)  $n_1 = 1,4, n_2 = 1,7$

$\rho(n_1, n_2) = ?$

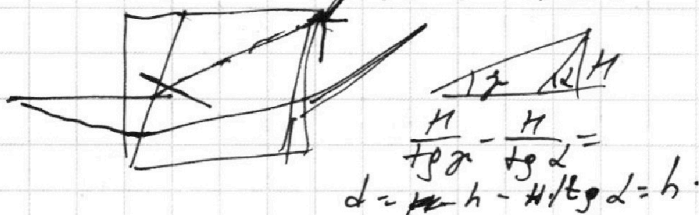
2)



$\beta = 0: \sin \gamma = n_2 \cdot \sin \alpha = n_2 \alpha = n_2 \beta$   
 $\gamma = n_2 \beta = 1,7 \cdot 0,1 = 0,17 \text{ рад}$



$x \approx \alpha \cdot n_2 \cdot d \approx a \cdot n_2 \cdot \alpha = 100 \text{ см} \cdot 1,7 \cdot 0,1 = 17 \text{ см}$

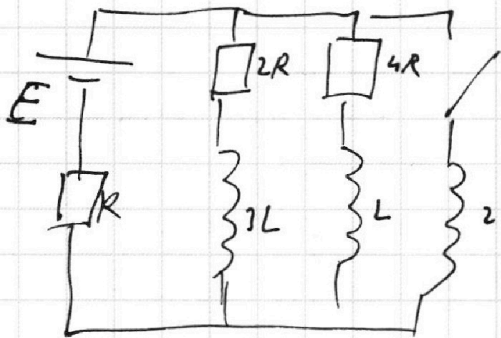


$\frac{H}{\tan \gamma} - \frac{H}{\tan \alpha} = d$   
 $d = H \left( \frac{1}{\tan \alpha} - \frac{1}{\tan \gamma} \right)$

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) Уст. режим до замк.

$$I_0 = \frac{E}{\frac{2R \cdot 4R}{2R+4R} + R} = \frac{3E}{7R}$$

$$U_{4R} = E - I_0 R = \frac{4}{7} E$$

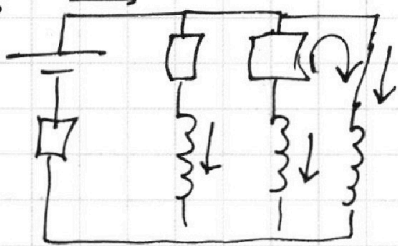
$$I_{20} = \frac{U_{4R}}{4R} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$$

2) Сразу после замыкания  $I_{3L} = \frac{2}{7} \frac{E}{R}$ ,  $I_L = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$ ,  $I_{2L} = 0$

2-ое прав. Кирхгофа (внеш. конт.)  $E = LI' + I_0 R$

$$\mathcal{E}_u = -LI', U = LI' \quad \Rightarrow \quad I' = \frac{E - I_0 R}{L} = \frac{E - \frac{3}{7} E}{L} = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$$

3)  $q_{4R} = ?$



кон. момент:  $W_{3L} = 0$ ,  $W_L = 0$ ,  $W_{2L} = \frac{2LI_y^2}{2} = LI_y^2$

$$I_y = \frac{E}{R} \Rightarrow W_{2L} = \frac{LE^2}{R^2}$$

ЗСЭ:  $A_{ист} = \Delta W_L + Q$

$$A_{ист} = \Delta Q E$$

$$\Delta W_L = -\frac{3L \left(\frac{2}{7} \frac{E}{R}\right)^2}{2} - \frac{L \left(\frac{1}{7} \frac{E}{R}\right)^2}{2} + \frac{LE^2}{R^2} = \left(-\frac{6}{49} - \frac{1}{98} + 1\right) \frac{LE^2}{R^2}$$

$$= \frac{98 - 12 - 1}{98} \frac{LE^2}{R^2} = \frac{85}{98} \frac{LE^2}{R^2} \times$$

2-ое прав. к. для прав. контура:  $-LI_L' - I_L \cdot 4R + 2LI_{2L}' = 0$

$$-L \frac{dI_L}{dt} - 4R \frac{dq_C}{dt} - 4R + 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 0 \quad dI_L < 0$$

$$dq_C \cdot 4R = 2L dI_{2L} - L dI_L$$

$$\text{Сумми: } q_{4R} \cdot 4R = 2L I_y + L I_L = 2L \frac{E}{R} + L \frac{1}{7} \frac{E}{R} = \frac{15}{7} \frac{LE}{R}$$

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!

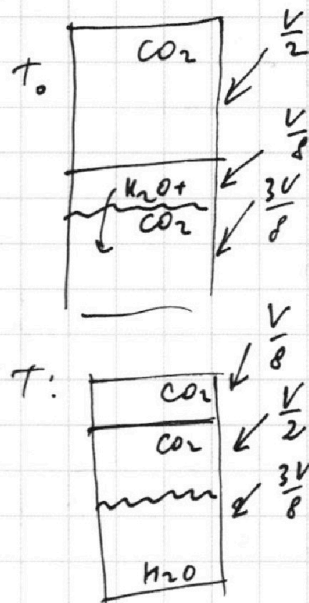


$\Delta V$  раст. газа <sup>объём</sup> в  $W$  исп.:  $\Delta V = k p W$

$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$  - при кон.  $T$

при конечной  $T$  ул. газ не раст. при  $T_0$

$R T \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$ ,  $p \cdot V \cdot n$  - пренебреж,  $\Delta W$  - пренебреж



1)  $\frac{\Delta p}{\Delta h} = ?$  (указан)

2)  $p_0 = ?$  (выр. через  $P_{\text{атм}}$ )

1.  $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$  - т. кипения воды

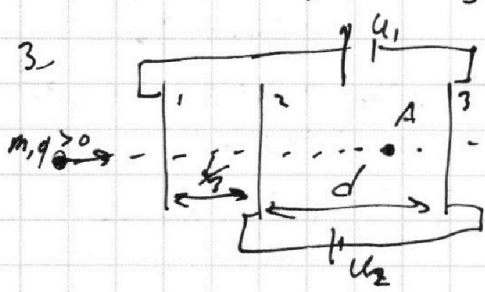
$P_B = P_{\text{CO}_2 B} = \frac{\Delta_B R T}{V}$   
 $P_H = P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2 H} = P_{\text{атм}} + \frac{\Delta_H R T}{V/2}$

$P_B = P_H \Rightarrow P_{\text{атм}} = \frac{RT}{V} (8 \Delta_B - 2 \Delta_H)$  (1)

перед кап.:  $\frac{\Delta_B R T}{V/2} = \frac{\Delta_H R T}{V/8} \Rightarrow 2 \Delta_B = 8 \Delta_H \Rightarrow \Delta_B = 4 \Delta_H$

2 подст. в (1):  $\frac{1}{30} P_{\text{атм}} = \frac{RT}{V} (30 \Delta_H)$

$P_0 = 268 \frac{\Delta_H R T}{V} = \frac{8}{30} P_{\text{атм}} = \frac{4}{15} P_{\text{атм}}$



$U_1 = 5 U_2, U_2 = 4$

- 1)  $Q_{21} = ?$
- 2)  $K_3 - K_2 = ?$
- 3)  $V_A, \frac{1}{3} d$  от сетки 2)

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

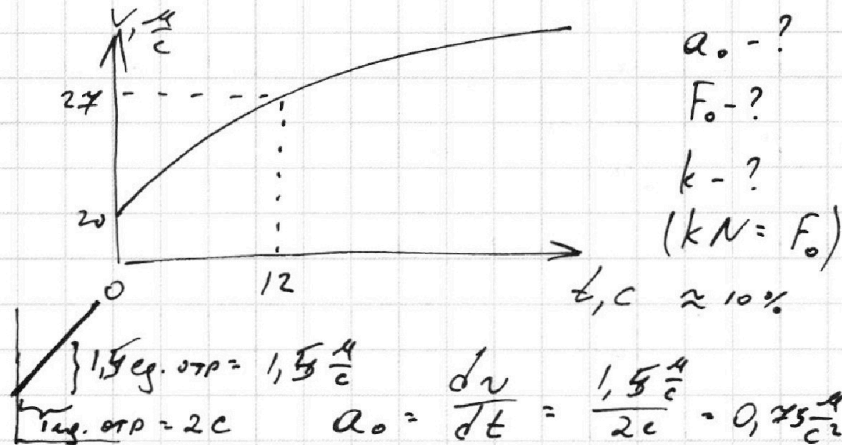
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1.  $m = 240 \text{ кг}$   
 $v_0 = \text{const}$   
 $N_F = \text{const}$   
 $F_k = 200 \text{ Н}$



$v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$1.5 \text{ м. отр} = 1.5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{1.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = 0.75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$a_0 = ?$   
 $F_0 = ?$   
 $k = ?$   
 $(kN = F_0)$

2) В конце  $v_k \approx 29.7 \frac{\text{м}}{\text{с}}, t = 40 \text{ с}$

$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F_T \cdot v$

$\frac{24}{60} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$

В конце разгона  $F_{TK} \approx F_k \Rightarrow F_{TK} = 200 \text{ Н} \Rightarrow$

$N \approx 200 \text{ Н} \cdot 29.7 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6 \text{ кВт}$

$F_c \sim v (v^2)?$

$m a_0 = \frac{N}{v_0} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{N}{v_0} - m a_0 = \frac{F_k \cdot v_k}{v_0} - m a_0$   
 $= \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot 0.75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 300 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 120 \text{ Н}$

3)  $A_{\text{рез}} = \Delta E_k = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$   
 $A = N \cdot t$   
 $A_c = A - A_{\text{тр}} = N \cdot t - \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$   
 $\frac{dA_c}{dt} = N - \frac{2mv a}{2} = N - m a$   
 $F_0 \cdot a_0 = 120 \text{ Н} \cdot 0.75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 90 \text{ Вт}$   
 $120 \cdot 20 = 2400 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

В мом. времени  $t=0: \frac{dA_c}{dt} = N - m a_0^2 = F_k \cdot v_k - m \cdot a_0 = 6000 - 240 \cdot 0.75^2 = 6000 - 135 = 5865$

$k = \frac{5865}{6000} = \frac{1955}{2000} = 0.9775$

$\frac{90}{6000} = \frac{30}{2000} = \frac{3}{200} = 0.015$

2  $V_1$   $V_2 = \frac{3}{8} V_1$

$T_0 \rightarrow T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ К}; V_2 = \frac{V_1}{8}$

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!

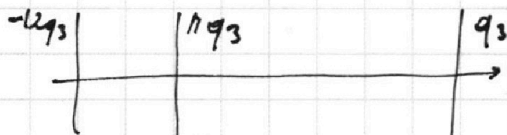
$$1) q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 = -q_3$$

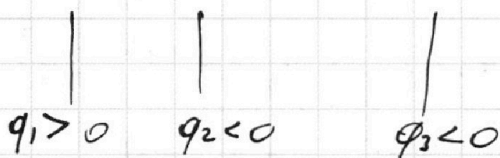
$$-11q_3 + 2q_2 - 11q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = 11q_3$$

$$q_1 = -12q_3$$



$$E_{12} = \frac{-12q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{11q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = -12 \frac{q_3}{\epsilon_0 S} \quad \varphi_1 - \varphi_2 = -4 \frac{d q_3}{\epsilon_0 S} = 4U$$

$$E_{23} = \frac{-12q_3}{2\epsilon_0 S} + \frac{11q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = -\frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \quad \varphi_2 - \varphi_3 = -\frac{d q_3}{\epsilon_0 S} = U$$



$$q_3 = -\frac{U \epsilon_0 S}{d}$$

$$q_2 = 11q_3 = -11 \frac{U \epsilon_0 S}{d}$$

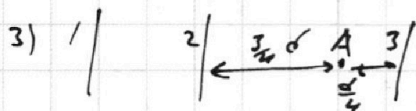
$$q_1 = -12q_3 = 12 \frac{U \epsilon_0 S}{d}$$

$$E_{23} = U/d$$

$$qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

$$2) K_3 - K_2 = A_{23} = q(\varphi_2 - \varphi_3) = d q E_{23} > 0$$

$$> qU?$$



$$K_A - K_2 = \frac{3}{4} d q \cdot E_{23} = \frac{3}{4} qU$$

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = \frac{3}{4} qU$$

скорости пока нет  $\Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + 4qU$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{3}{4} qU + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{19}{4} qU$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}, \quad v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

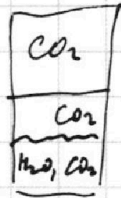


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2. Форм T:  $P_{атм} = \frac{RT}{V} (8\sqrt{3} - \sqrt{4})$

Форм T<sub>0</sub>:  $2 \frac{\sqrt{3}RT}{V} = 8 \frac{\sqrt{4}RT}{V} \quad P_0 = \frac{\sqrt{P}}{kV} =$



$\sqrt{4} = \sqrt{4} - \sqrt{4} \quad T = \frac{4T_0}{3} \Rightarrow T_0 = \frac{3}{4} T$

$\sqrt{P} = kPV, \quad \text{где } P = 8 \frac{\sqrt{4}RT_0}{V}$

$\frac{P}{21,9} = \frac{80}{219}$

$(V = \frac{3}{8} V)$

$\sqrt{4}RT_0 = \sqrt{4} - 8k \frac{\sqrt{4}RT_0}{V} \cdot \frac{3}{8} V = \sqrt{4} - \frac{3k \sqrt{4}RT_0}{V}$

$\sqrt{4}RT_0 = \frac{\sqrt{4}}{1 + 3kRT_0}$

$\frac{1000}{1 \cdot 10^3} \cdot \frac{200}{1000} = \frac{200}{1 \cdot 10^3} = \frac{1}{5}$

$\frac{1}{1 + 3kRT_0} = \frac{1}{1 + 3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 + 0,9} = \frac{1}{1,9} = \frac{10}{19} = \frac{5}{9,5}$

$\sqrt{4}RT_0 = \frac{5}{32} \sqrt{4} \quad \sqrt{P} = \frac{27}{32} \sqrt{4}$

$2 \frac{\sqrt{3}RT}{V} = \frac{5}{4} \frac{\sqrt{4}RT}{V} \Rightarrow 2 \frac{\sqrt{3}RT}{V} = \frac{5}{4} \frac{\sqrt{4}RT}{V} \Rightarrow 8\sqrt{3} = 5\sqrt{4}$

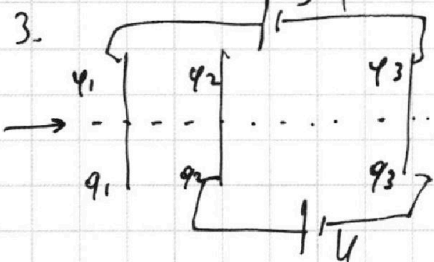
$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{4}} = \frac{5}{8} \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{3}} = \frac{32}{5} \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{4}} = \frac{32}{5} \cdot \frac{5}{8} = 4$

$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{4}} = \frac{5}{8}$

$P_{атм} = \frac{RT}{V} (8\sqrt{3} - \sqrt{4}) = 4 \frac{\sqrt{4}RT}{V} = 4 \cdot \frac{32}{5} \frac{\sqrt{4}RT}{V} = \frac{128}{5} P_0$

$P_0 = \frac{5}{128} P_{атм}$

$\sqrt{\frac{5}{128}} = 0,623$



$q_0 = 0 \quad \phi_1 - \phi_3 = 5U$

$\phi_2 - \phi_3 = U$

$\phi_1 - \phi_2 = 4U$

$\frac{2}{4} \cdot 96,3 = 51,43 = \frac{8,1}{2} = 4,05$

$q_1 + q_2 + q_3 = q_0 = 0 \quad q_1 > q_2 > 0 \quad q_3 < 0$

$4U = \phi_1 - \phi_2 = \frac{d}{3} E_{12} \quad E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$

$U = \phi_2 - \phi_3 = d E_{23} \quad E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$

$U = \frac{d}{12} E_{12} = d E_{23} \Rightarrow \frac{E_{12}}{E_{23}} = 12$

$q_1 - q_2 - q_3 = 12q_1 + 12q_2 - 12q_3$

$11q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$