

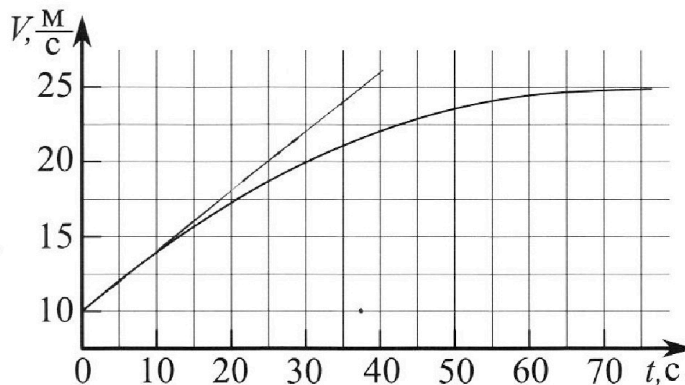
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

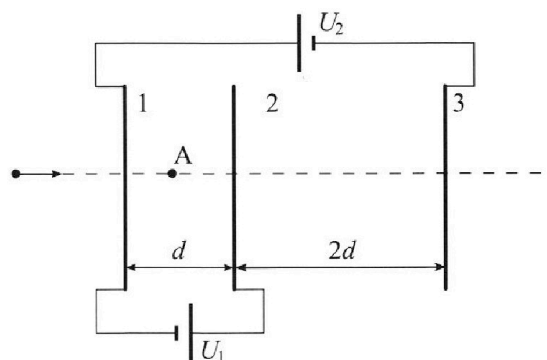
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δv 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/(м³·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

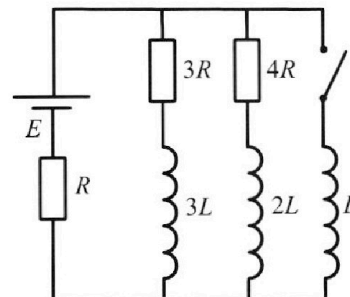
Вариант 11-03

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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

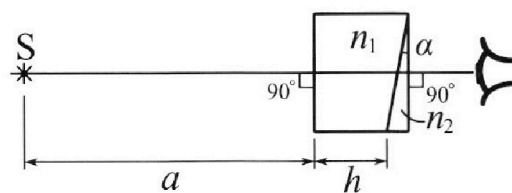


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐



№1

Решение:

Дано:

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

$a_0 = ?$

$F_0 = ?$

$P_0 = ?$

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 в начальный момент:

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

~~$F_0 = 1500 \cdot 0,4 \text{ м/с}^2$~~ и 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): $F_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{Н}}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$

$= 240 \text{ Н} + 240 \text{ Н} = 240 \text{ Н} + 600 \text{ Н} = 840 \text{ Н}$

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

$N = F_0 \cdot v_0 = 840 \text{ Вт} = 8,4 \text{ кВт}$

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!



№2

Дано:

μ_{He}

$$T = 373 \text{ K}$$

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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$$

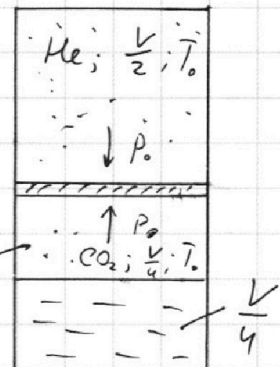
Найти:

$$\frac{p_{\text{верх}}}{p_{\text{ниж}}}; \frac{T}{T_0} - ?$$

Решение:

По условию, давление водных паров в начале мало, значит

и $p_{\text{пары нач}} \rightarrow 0$. Тогда $p_{\text{нижн}} = p_{\text{св}} \frac{V}{4}$



1) Ур-е Менделеева-Клапейрона:

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

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

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

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

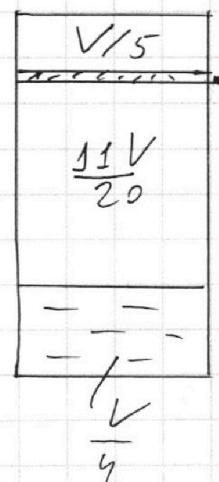
$$p'_{\text{нижн}} = p_{\text{CO}_2(\text{нач})} - \Delta p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

Давление в конечный момент p' .

Объемы в конечный момент:

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

$$= \frac{16V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$$



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

№2 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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$\frac{P_0 V}{2} = \nu_{\text{не}} R T_0 \quad (1) - \text{МК, нач, верх.}$$

$$\frac{P_0 V}{4} = \nu_{\text{CO}_2(\text{нач})} R T_0 (2) - \text{МК, нач, нижн.}$$

$$\frac{2 P_0 \cdot 11 V}{20} = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T \quad (3) - \text{МК, парциальный, кон., нижн, в } \Delta h$$

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

$$\frac{P_{\text{CO}_2} \cdot 11 V}{20} = (\nu_{\text{CO}_2}^* - \Delta \nu_{\text{CO}_2}^*) R T \quad (4) - \text{МК, парциальный, кон, нижн, CO}_2$$

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

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

$$P' = P_{\text{CO}_2}' + P_{\text{H}_2\text{O}} \quad (7) - \text{Дальтон}$$

$$1) \text{ из (1) и (6): } \frac{P'}{P_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{T}{T_0} \rightarrow \frac{P'}{P_0} = \frac{2 T}{5 T_0} \cdot P_0 \quad (8)$$

2) Подставим (2) и (5) в (4)

$$\frac{P_{\text{CO}_2}' V}{20} = \left(\frac{P_0 V}{4 R T_0} - k P_{\text{CO}_2}' \frac{V}{4} \right) R T$$

$$P_{\text{CO}_2}' \left(\frac{11}{20} + \frac{k R T}{4} \right) = \frac{P_0}{4} \cdot \frac{T}{T_0} \rightarrow P_{\text{CO}_2}' = \frac{P_0 \cdot \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + k R T} \quad (9)$$

$$\text{из (3): } \nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2 P_0 V}{10 R T} \quad (10)$$

Подставим (3); (8); (9) в (7):

$$P_0 \cdot \frac{2 T}{5 T_0} = \frac{P_0 \cdot \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + k R T} + 2 P_0 \quad \text{Пусть } \frac{T}{T_0} = \alpha$$

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

н/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!

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

185

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

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

$$\begin{array}{r} 3 \\ 37 \\ \times 5 \\ \hline 185 \end{array}$$

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

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

~~$\ln = \frac{185}{12} \approx 15.4$~~

Ответ: 1) $\frac{v_{\text{вер.}}}{v_{\text{норм}}} = 2$

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

№ стр. 3

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!

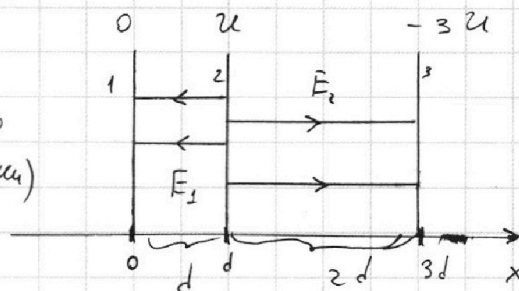


№3 Найдём поле E_1 и E_2

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

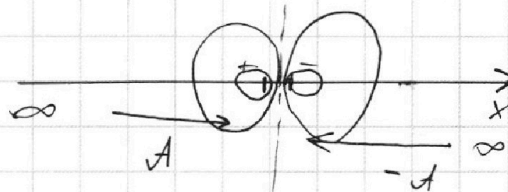
(потенциалы на
рисунке отнесём к
первой сетке)

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



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 приняв 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, предположим, 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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

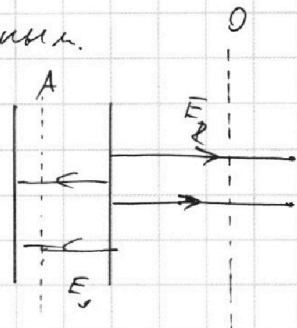
МФТИ

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

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

Наше предположение оказалось верным.

По ЗСЭ:



$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{5}{4} E_2 q d + \frac{3}{4} E_1 q d$$

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

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

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

Ответ: 1) $a_1 = \frac{qV}{md}$

2) $K_1 - K_2 = qV$

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

№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!

МФТИ

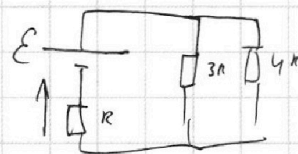
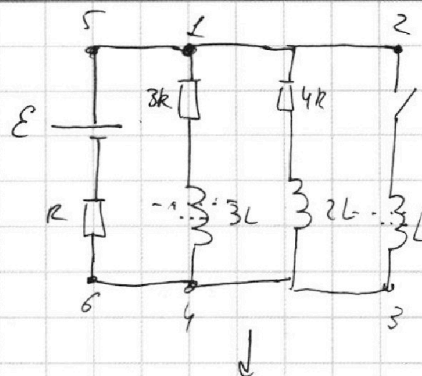


№4

1) При разомкнутом ключе в уст. состоянии катушки ведут себя как перемычки:
Эквивалентное напряжение R_0 :

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

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



конт. 2
см.
ните!

$$I_{3R} = \frac{4\varepsilon}{19R}$$

$$I_{4R} = \frac{3\varepsilon}{19R}$$

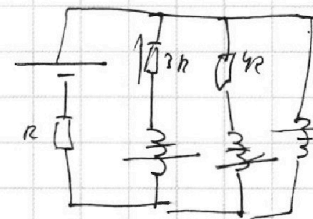
3) В начальный момент по замыканию ключа ток не успеет измениться. В конечный момент: $I_{3R} = 0$; $I_{4R} = 0$;

$$I_L = I = \frac{\varepsilon}{R}$$

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:

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

минус означает
заряд протёк
в противоположном
направлении

$$-\frac{12\varepsilon L}{19R} + \frac{19\varepsilon L}{19R} = -3Rq \rightarrow \left[q = -\frac{7\varepsilon L}{19 \cdot 3R^2} = -\frac{7\varepsilon L}{57R^2} \right]$$

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

$$\varepsilon = L \dot{I} + \frac{7\varepsilon}{19R} \cdot R \rightarrow L \dot{I} = \frac{12\varepsilon}{19} \rightarrow \left[\dot{I} = \frac{12\varepsilon}{19L} \right]$$

(Ток не
успевают
поменяться)

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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

МФТИ



N 5

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 повернется.

Т.к. δ мал, то $L_1 = \delta(a+h)$

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

3) Найдем угол поворота:

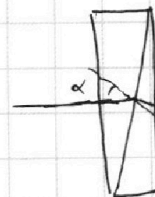
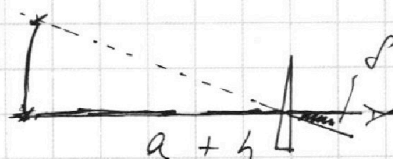
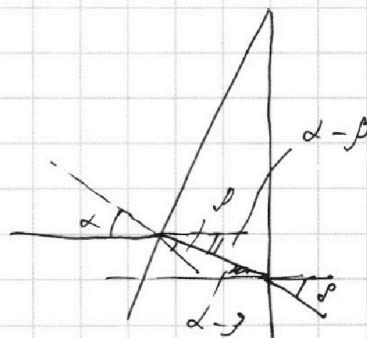
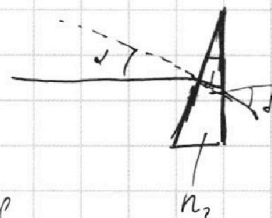
$$\alpha_1 = 0 \rightarrow \beta_1 = 0$$

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

$$n_2 (\alpha - \beta_1) = \delta$$

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

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



N 5 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!

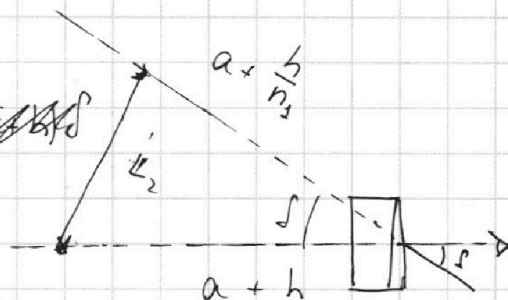


Кроме того, изображение приблизится как будто
лучи пройдут, через плоскопараллельную пластину длиной h .
Это эквивалентно воздуху длиной $\frac{h}{n_1}$

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

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

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



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

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

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

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

$$= \sqrt{(4 \cdot \frac{0,3}{1,4})^2 + (0,03)^2 \cdot 104 \cdot 100} = \sqrt{9 + 0,03 \cdot 0,03 \cdot 104 \cdot 100} =$$

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

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!

$$\frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} RT_0 \quad (1) - \text{МК в нач.; верх.}$$

$$\frac{p_0 V}{4} = \nu_{CO_2(\text{нач})} RT_0 \quad (2) - \text{МК в нач., нижн.}$$

$$\frac{p' V}{5} = \nu_{He} RT \quad (3) - \text{МК в кон.; верх.}$$

$$\frac{11 p' V}{20} = (\nu_{CO_2(\text{нач})} - \Delta \nu_{CO_2} + \nu_{H_2O}) RT \quad (4) - \text{МК в кон.; нижн.}$$

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

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

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

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

$$U_3 \text{ (1) и (3)} \quad \frac{p_0 V}{2} = \frac{p' V}{5} \cdot \frac{\nu_{He} RT_0}{\nu_{He} RT} \rightarrow p' = \frac{5 T}{2 T_0} p_0$$

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

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

$$U_3 \text{ (7): } \nu_{H_2O} = \frac{11 p_0 V}{10 RT}$$

Подставим все в (4)

$$\frac{11}{20} \cdot \frac{5 T}{2 T_0} p_0 V = \frac{p_0 V}{4 RT_0} - \frac{k p'_{CO_2} V}{4} \left(\frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right) + \frac{11 p_0 V}{10 RT}$$

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

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

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!

$$\frac{22}{16} \frac{T}{T_0} - \frac{4}{16} \frac{T}{T_0} + \frac{15}{16} \frac{T}{T_0} = \frac{15}{20} + \frac{22}{20}$$
$$\frac{33}{16} \frac{T}{T_0} = \frac{37}{20} \rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{37}{20} \cdot \frac{16}{33} = \frac{148}{165}$$

$$\begin{array}{r} 0,03 \\ + 1,04 \\ \hline 1,07 \end{array}$$

$$0,03 \cdot 0,3 = 0,009 \cdot 104$$

$$S_2 = 0,03 \cdot 104 \rightarrow 0,31$$

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!



$$\frac{\gamma_{He} R}{V} = \frac{P_0}{2T_0}$$

$$\gamma_{CO_2} = \frac{P_0 V}{4RT_0}$$

ЧЕРНОВИК!!!

ЧЕРНОВИК!!!

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

$$MK: \frac{P_0 V}{2} = \gamma_{He} RT_0 \quad || \quad \frac{P_0 V}{4} = \gamma_{CO_2} RT_0 \quad || \quad$$

$$\frac{|||}{(2)} = \frac{\gamma_{He} RT_0}{\gamma_{CO_2} RT_0} = \frac{\frac{P_0 V}{2}}{\frac{P_0 V}{4}} = \frac{4}{2} = 2$$

$$|| \quad \frac{P_0 V}{2} = \gamma_{He} RT_0 ; \quad \frac{P'_0 V}{5} = \gamma_{He} RT$$

$$V'_{CO_2} = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{15V}{20} - \frac{4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{P_0 V}{4} = \gamma_{CO_2} RT_0 ; \quad \frac{11P'_0 V}{20} = (\gamma_{CO_2} - \Delta\gamma_{CO_2} + \gamma_{He}) RT$$

В конце пар насыщенный!! $\rightarrow P_{пара} = 1 \text{ атм} = 2P_0$

$$P' = P_{CO_2} + P_{пара} \text{ так как}$$

$$2P_0 \cdot \frac{11V}{20} = \gamma_{He} RT$$

$$\Delta\gamma_{CO_2} = k P'_{CO_2} \cdot \frac{V}{4}$$

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

$$\gamma_{He} = \frac{11P_0 V}{10RT}$$

$$\Delta\gamma_{CO_2} = k (P' - P_{пара}) \cdot \frac{V}{4} \quad \gamma'_{CO_2} = \frac{P'_{CO_2} V}{4RT}$$

$$\Delta\gamma_{CO_2} = k \left(\frac{5\gamma_{He} RT}{V} - 2P_0 \right) \frac{V}{4} = k \left(\frac{5P_0 T}{2T_0} - 2P_0 \right) \frac{V}{4}$$

$$\frac{11 \cdot 5P_0 T}{2T_0} \cdot \frac{V}{4} = \left(\frac{P_0 V}{4RT_0} + \frac{11P_0 V}{10RT} - k \left(\frac{5P_0 T}{2T_0} - 2P_0 \right) \frac{V}{4} \right) RT$$

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

$$\frac{11}{8} = \frac{1}{4} + \frac{11}{10} - \frac{k}{4} \left(\frac{5}{2} - 2 \right)$$

$$\frac{11}{8} = \frac{1}{4} + \frac{11}{10} - \frac{k}{4} \cdot \frac{1}{2}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Черновик. №1

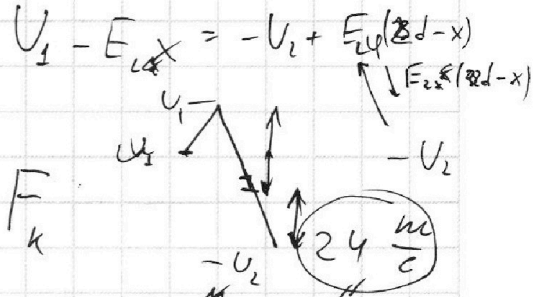
$$1) \frac{dv}{dt}(0) = \frac{10}{25} = 0,4 \frac{m}{c} = \frac{37,5}{150} \cdot \frac{15}{37,5} = \frac{30}{150} = 0,2$$

2) Конечное состояние:



$$150,0$$

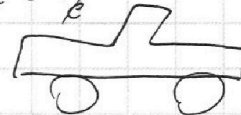
$$kv = F_k$$



3) Начальное состояние



$$k = \frac{F_k}{v} = \frac{600 \frac{m \cdot m}{c^2}}{25 \frac{m}{c}} = \frac{600}{25}$$



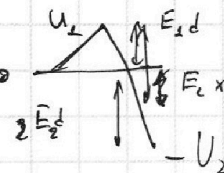
$$F_T - kv = ma \rightarrow F_T = m a + kv$$

$$F_T = 1500 \frac{m}{c^2} \cdot 0,4 \frac{m}{c} + 24 \frac{m}{c} \cdot 10 \frac{m}{c} = 150 \cdot 4 + 240 =$$

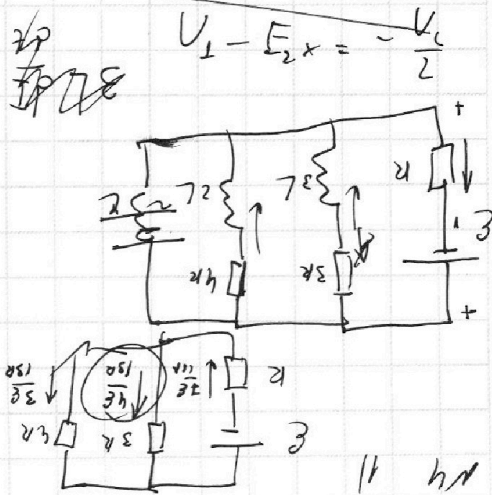
$$= 600 + 240 = 840 \text{ Н}$$

3) $P = F \cdot v$

$$P = F \cdot v = 840 \cdot 10 = 8400 \text{ Вт}$$



Черновик!!!



$$\frac{15}{25} - \frac{15}{25} = 0$$

$$\frac{15}{25}$$

$$\frac{15}{25}$$

$$\frac{15}{25}$$

$$R_{\text{экв}} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 12}{12 + 4 + 3} = \frac{144}{19} = 7,58$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{15}{7,58} = 1,98$$



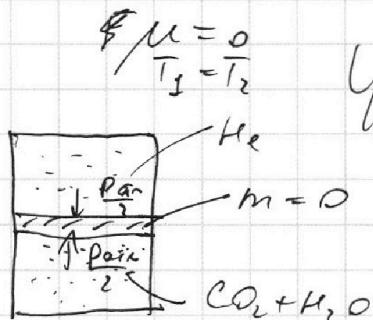
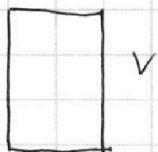
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

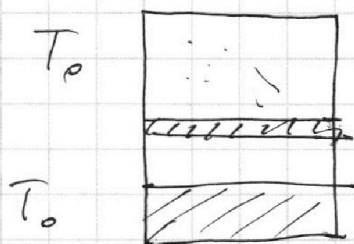
МФТИ

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



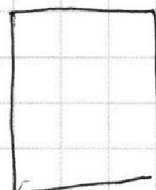
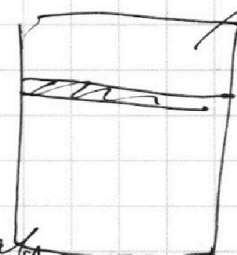
Черновик 3!!!
2!!!

Расс!!!



$\frac{V}{2}$

$\frac{V}{2}$



$\frac{V}{2}$

$$\Delta D = k p w$$

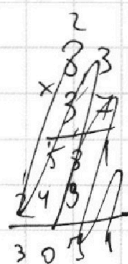
раствор

одна

1) Комната T_0 $k_{ум} = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^2}$

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

ВЗ



ком.!!

$p_{вод.ком.} \rightarrow 0$
 $\Delta V \rightarrow 0$

$\frac{V_{верх}}{V_{нижн}} - ?$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

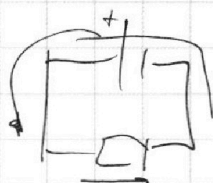
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **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 вуст.

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



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!



Дано: $3C2$,

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

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

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

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

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

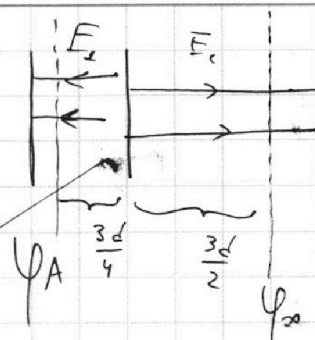
$$v' = \sqrt{v_0^2 - \frac{6Uq}{2m}}$$

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: $K_1 + E_1 qd \cdot \cos 180 = K_2$
 $K_1 - K_2 = E_1 qd = \frac{U_1 qd}{d} = qU$

Найдем точку где $\varphi = \varphi_0$ предположив, что
 она находится между $x=d$ и $x=3d$.
 Тогда для нас справедливо следующее

~~$U_1 + E_2(x-d) = E_1(3d-x) + U_2$~~
 ~~$U_1 + \frac{4U}{2d}(x-d) = \frac{U_1}{d}(3d-x) + U_2$~~
 ~~$U_1 + 2U \frac{x-d}{d} = \frac{U_1}{d}(3d-x) + U_2$~~

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

~~$d = 8x + 4d = 12d$~~

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

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

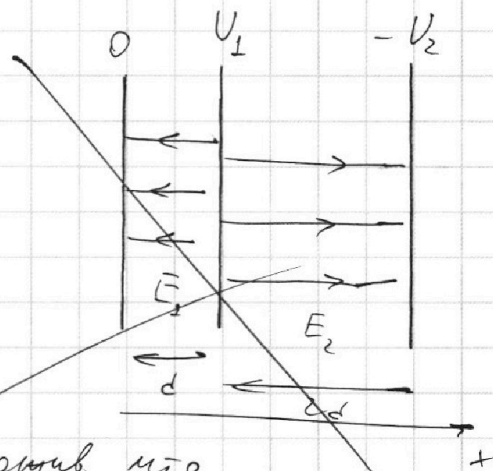
~~$U_1 - \frac{4U}{2d}(x-d) = -\frac{U_2}{2}$~~

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

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

Наше предположение подтвердилось.

В этой точке будет такое же K , как и на бесконечности.



У этой точки будет потенциал

$-\frac{U_2}{2}$ или $x=0$

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. 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

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

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

3) $K_1 - K_2 = -Eqd \cdot \cos 180^\circ$ ВСЭ:

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

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

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

