



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

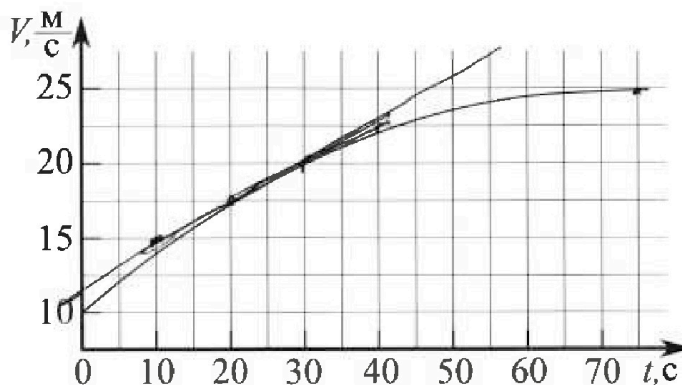
Вариант 11-01



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

v?

1. Автомобиль массой $m = 1800$ 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 $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

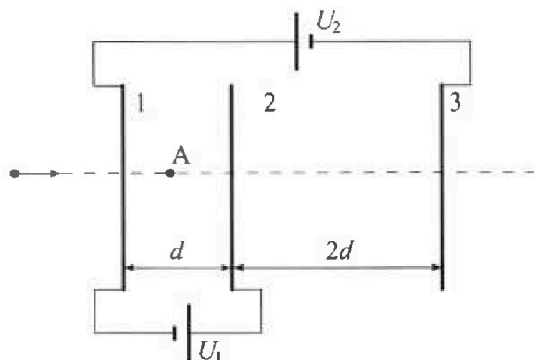
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится 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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ 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 $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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.

- 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 $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. 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 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

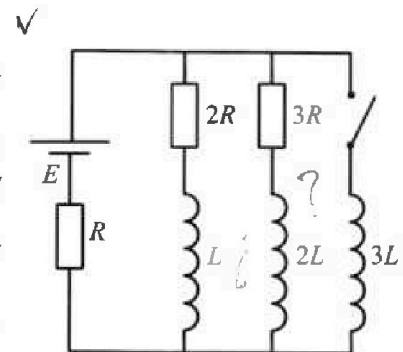
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ 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 $a = 194$ 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 $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

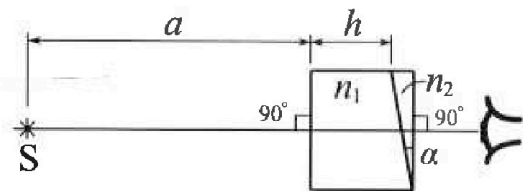


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

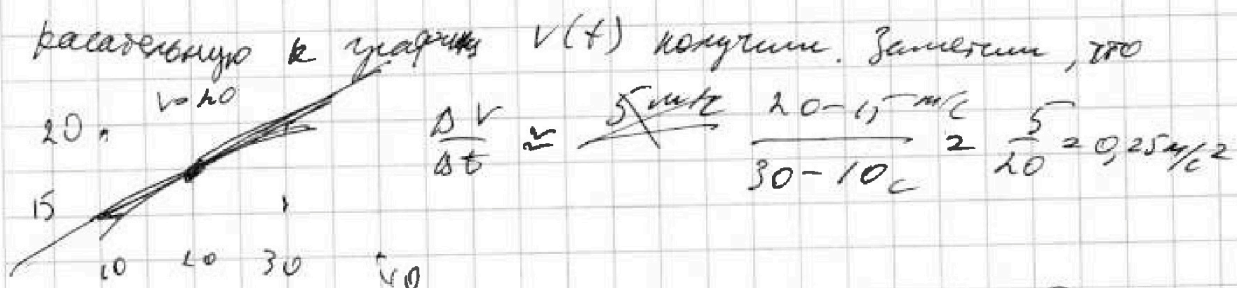


1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1. $a \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t}$; в окрестности $v = 20$ ^{м/с}, проведем



2) В $t = 20$ $v = 25 \text{ м/с}$ $a \rightarrow 0$; $m a = F_g - F_{\text{тр}} =$

$$\rightarrow 500 \text{ Н} = m \cdot 25 \text{ м/с} \rightarrow m = \frac{500 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}} \text{ где это сила}$$

В $t = 20$ $v = 20 \text{ м/с}$ $m a = F_g - F_{\text{тр}} = 1800 \text{ Н} - 0,25 \text{ м/с}^2$

$$\rightarrow F_{\text{т}} = 1800 \text{ Н} - 0,25 \text{ м/с}^2 + 20 \cdot \frac{500 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}} =$$

$$= 450 + 400 = 950 \text{ Н}$$

$$3) P = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{A}{t} = F \cdot v = 950 \cdot 20 = 19000 \text{ Вт}$$

Ответ: $\approx 0,25 \text{ м/с}^2$; 950 Н ; 19000 Вт

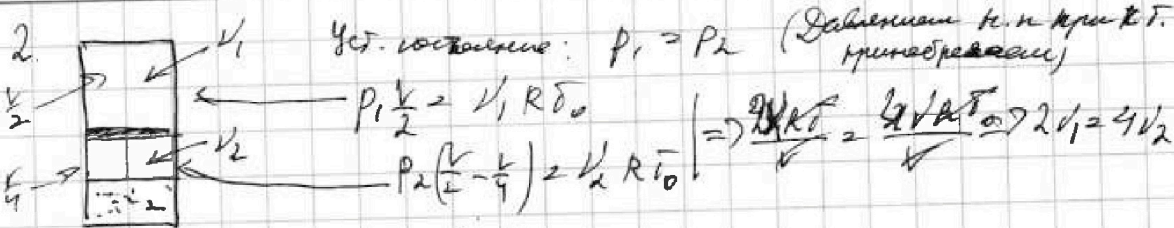
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

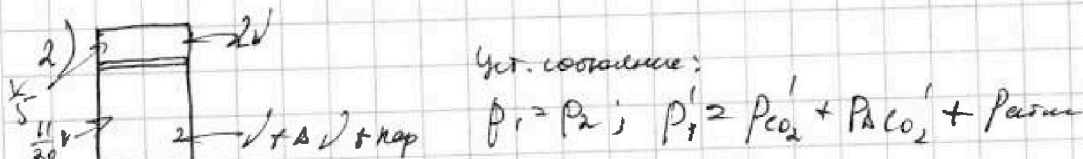
МФТИ

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!



$$\Rightarrow \nu_1 = 2\nu_2; \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{2}; \nu_2 = \nu; \nu_1 = 2\nu$$



$$p_1' \frac{V}{5} = 2\nu R T_0 - \frac{5T_0}{4} \Rightarrow p_1' = \frac{50}{4} \frac{\nu R T_0}{V} = \frac{50 p_1}{16}$$

$$p_1 \frac{V}{2} = 2\nu R T_0;$$

$$p_{CO_2}' = \nu R \frac{5T_0}{4} \Rightarrow p_{CO_2}' = \frac{100 \nu R T_0}{44 V} = \frac{25 \cdot 100}{44} p_1$$

$$p_1 = \frac{4\nu R T_0}{V}$$

$$p_{Ar} = \nu \frac{11}{20} = \nu \cdot R T_0 = \frac{p_1 V}{4} \cdot \frac{11}{20} \cdot \frac{1}{5} = \frac{11 p_1 V}{400}$$

$$\Rightarrow p_{Ar} = \frac{20}{44} p_1$$

$$\frac{50 p_1}{16} = \frac{100 p_1}{44} + \frac{20}{44} p_1 + p_{Ar}$$

$$p_{Ar} = \left(\frac{50}{16} - \frac{25}{44} - \frac{20}{44} \right) p_1 = \left(\frac{50}{16} - \frac{45}{44} \right) p_1 = \left(\frac{50}{16} - \frac{25}{16} \left(\frac{50}{10} - \frac{5}{4} \right) \right) p_1$$

$$= \left(\frac{50}{16} - \frac{20}{16} \right) p_1 = \frac{30}{16} p_1 = \frac{15}{8} p_1 \Rightarrow p_1 = \frac{8}{15} p_{Ar}$$

Ответ: $\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{2}; p_1 = \frac{8}{15} p_{Ar}$

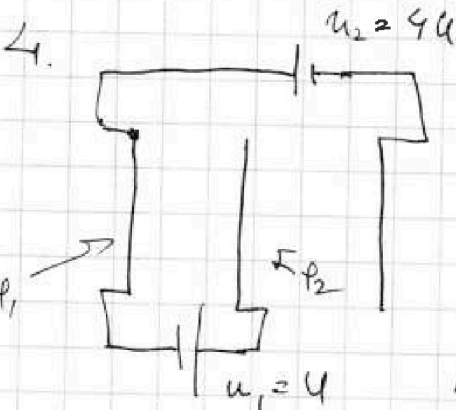
На одной странице можно оформить только одну задачу.

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) По орг: $U = EN \rightarrow E = \frac{U}{d}$

$ma = qE \Rightarrow a = \frac{qU}{md}$

2) $E = q(\phi_1 - \phi_2)$

$K_1 = \frac{mv_0^2}{2} + q(\phi_1 - 0)$

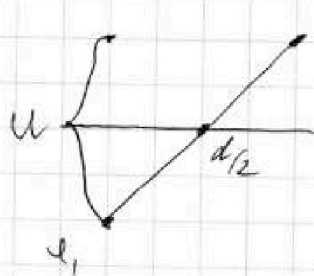
$K_2 = \frac{mv^2}{2} + q(\phi_2 - 0)$

$(\phi_2 - \phi_1) = U$

$\Rightarrow K_1 - K_2 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} + q(\phi_1 - 0) - q(\phi_2 - 0) = q(\phi_1 - \phi_2) =$

$-q(\phi_2 - \phi_1) = -qU$

3) В центре конденсатора $\phi = \phi_0$; будем искать уравнение $\phi(x)$ для



$\phi(x) = -\frac{U}{d} + U \cdot \frac{x}{d}$

$\phi(\frac{d}{3}) = -\frac{U}{2} + \frac{d}{3d} U = -\frac{1}{6}U$

$E = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \phi; E(\frac{d}{3}) = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{qU}{6}$

$= \frac{mv^2}{2} \rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{qU}{6} \rightarrow v^2 = v_0^2 - \frac{qU}{3m} \rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{3m}}$

Ответ: $|\alpha| = \frac{qU}{md}; K_1 - K_2 = -qU; v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{3m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

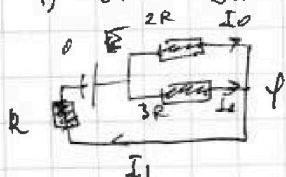
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

4. 1) экв. схема



Возьмем ток в цепи: $2R$ и $3R$ заменим на $p-p$

$$c R' = \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = \frac{6}{5}R \rightarrow$$

$$I_1 = \frac{E}{R + R'} = \frac{E}{R + \frac{6}{5}R} = \frac{E}{11/5 R} = \frac{5E}{11R}$$

$$U_R = (\phi - 0) = I_1 R = \frac{5E}{11R} \cdot R = \frac{5E}{11}; \quad E - \phi = U_{2R} = \frac{10E}{11}$$

$$I_0 = \frac{U_{2R}}{2R} = \frac{10E/11}{2R} = \frac{5E}{11R}$$

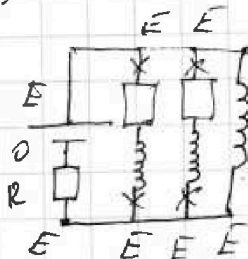
2) ток в цепи с двумя параллельными катушками с разным

не индуктивностью I_1 - ток на R сразу после замыкания:

$$I_1 = I_1 = \frac{5E}{11R}$$

$$U_{3L} = 3L \dot{I} = (E - \phi) = E - I_1 R = \frac{6E}{11}; \quad 3L \dot{I} = \frac{6E}{11} \Rightarrow \dot{I} = \frac{2E}{11L}$$

3) экв. схема:



$$U_L = 0$$

$$I_1 = \frac{E}{R} \text{ (ток через } 2R \text{ и } 3R \text{ не идет)}$$

В любой момент времени:

$$I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} = 3L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$2R \Delta I_{3L} + L \Delta I_{3L} = 3L \Delta I_{3L}; \quad \Delta I_{3L} = (0 - I_0) = -\frac{3E}{11R}; \quad \Delta I_{3L} = \left(\frac{E}{R} - 0\right) \cdot \frac{L}{E}$$

$$2R \Delta I_{3L} = 3L \cdot \frac{E}{R} - L \left(\frac{3E}{11R}\right) = \frac{3LE}{R} + \frac{3LE}{11R} = \frac{35LE}{11R} \Rightarrow \Delta I_{3L} = \frac{35LE}{22R^2}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{5E}{11R}, \quad \dot{I}_{3L} = \frac{2E}{11L}; \quad \Delta I_{3L} = \frac{35LE}{22R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

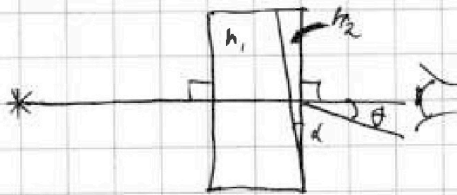
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

5.



1) По общеизвестной формуле
углового преобразования:
 $\angle \theta = \alpha (n-1) = 0,1 \cdot 1,49 - 1 / 2,007 \text{ рад}$

Ответ: 1) 0,07 рад.

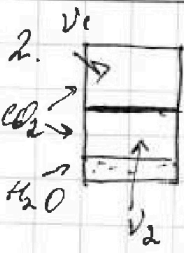


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



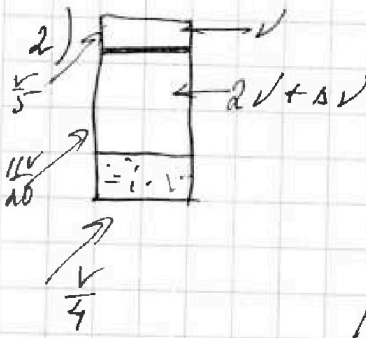
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Услов. соизмерение: $p_1 = p_2$
 2) сверху: $p_1 \cdot \frac{V}{2} = v_1 R \delta_0 \rightarrow p_1 = \frac{2v_1 R \delta_0}{V}$, $p_2 = \frac{4v_2 R \delta_0}{V}$
 3) снизу: $p_2 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4}\right) = v_2 R \delta_0$ *Аналогично в к. н. н. н.*

Радиусы δ не учитываем

$$\frac{2v_1 R \delta_0}{V} = \frac{4v_2 R \delta_0}{V} \rightarrow 4v_2 = 2v_1 \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}; v_2 = \frac{1}{2}v_1; v_2 = \frac{1}{2}v_1$$



Услов. соизмерение: $p_1' = p_2' = p_{CO_2}' + p_{air}'$

$$p_1' \cdot \frac{V}{5} = v R \cdot \frac{5\delta_0}{4} \rightarrow p_1' = \frac{25}{4} \frac{v R \delta_0}{V}$$

$$p_{CO_2}' = \frac{200}{44} \frac{v R \delta_0}{V} \rightarrow p_{CO_2}' = \frac{200}{44} \frac{v R \delta_0}{V}$$

$$p_{CO_2}' = \frac{200}{44} \frac{v R \delta_0}{V} = \Delta V \cdot R \delta = p_1 \cdot \frac{V}{4} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = \frac{p_1 V}{400}$$

$$= \frac{p_1 V}{4} \rightarrow p_{CO_2}' = \frac{20}{44} p_1$$

$$p_1 \cdot \frac{V}{4} = v_1 R \delta_0 = v R \delta_0 \rightarrow p_1 = \frac{25}{4} \frac{v R \delta_0}{V} = \frac{p_1 V}{4} = \frac{25}{4} p_1$$

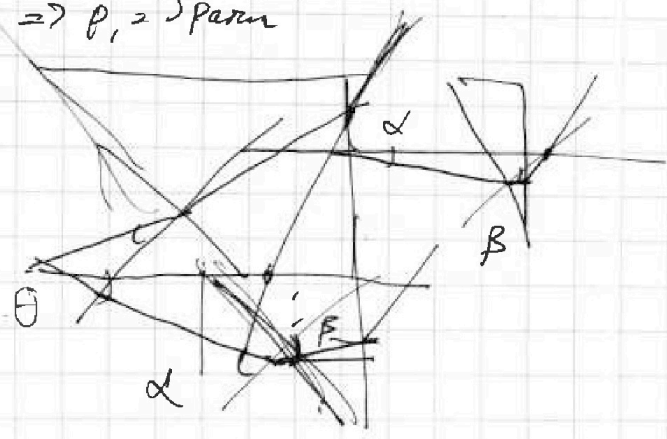
$$p_1' = \frac{4v R \delta_0}{V} \rightarrow p_1' = \frac{25}{4} \cdot \frac{4v R \delta_0}{V} = 25 p_1$$

$$p_{CO_2}' = \frac{200}{44} \cdot \frac{4v R \delta_0}{V} = \frac{200}{11} p_1; p_{CO_2}' = \frac{20}{11} p_1$$

$$25 p_1 = \left(\frac{200}{11} + \frac{20}{11}\right) p_1 + p_{air}'$$

$$\left(25 - \frac{220}{11}\right) p_1 = p_{air}' \Rightarrow p_1 = 5 p_{air}'$$

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = 2$





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!

$$P_K = P_{K02} + P_{K1} + P_A$$

$$P_{K02} \parallel V \approx 2V \cdot \frac{50}{4} R \Rightarrow P_{K02} = \frac{50}{4} \frac{V R 50}{V} = 500 P_1$$

$$P_{K02} \parallel V \approx 2V \cdot \frac{50}{4} R \Rightarrow P_{K02} = \frac{100}{44} \frac{V R 50}{V} = \frac{100}{11} P_1$$

$$P_{A1} \parallel V \approx 2V \frac{P_1 V_1}{4} \Rightarrow P_A = \frac{20 P_1}{44} = \frac{20}{11} P_1$$

$$P_1 \cdot \alpha \approx 2V R \Rightarrow P_1 = \frac{4V R \sigma}{V}$$

$$500 P_1 = \frac{100 + 20}{11} P_1 \text{ парам}$$

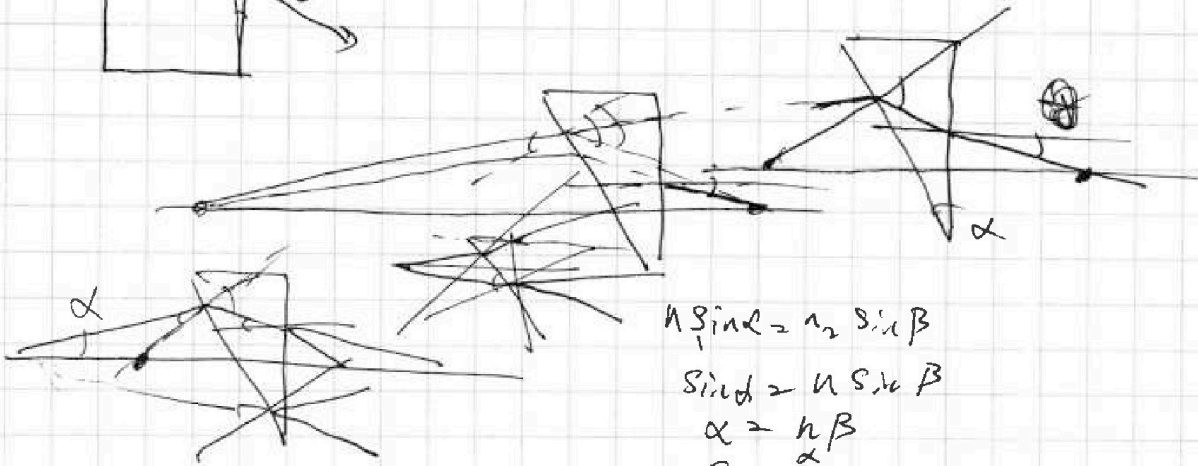
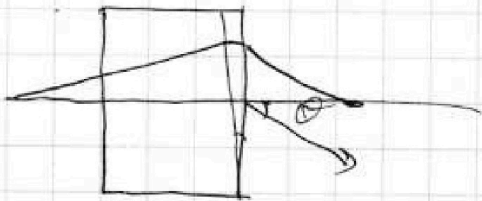
$$500 (50 - \frac{120}{11}) P_1 = \text{парам}$$

$$(\frac{550 - 120}{11}) P_1 = \text{парам}$$

$$\frac{430}{11} P_1 = \text{парам} \Rightarrow P_1 = \frac{11 \text{ парам}}{430}$$

$$\alpha = \alpha(h-1) = \alpha(0.7) = 0.07 \text{ парам}$$

$$\alpha \approx \alpha(h-1) = \alpha(1-h)$$



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

$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\alpha = n \beta$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n}$$

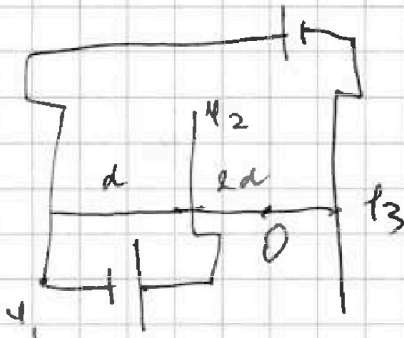
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\phi_1 - \phi_3 = 4U$$

~~$$\phi_1 - \phi_2 = U$$~~

$$\phi_2 - \phi_1 = U$$

~~$$\phi_1 - \phi_2 = U$$~~

$$\phi_2 = U - \phi_1$$

$$\phi_3 = \phi_1 - 4U$$

$$\phi_1 = 4U + \phi_3$$

$$\phi_2 = U - 4U - \phi_3 \quad \phi_3 + \phi_2 = -3U$$

~~$$\phi_1 - \phi_3 = 4U \quad E = qU = qU \quad E = Ud \Rightarrow F = qUq$$~~

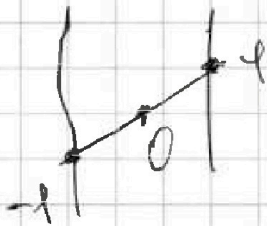
$$ma = qUd$$

$$a = \frac{q}{m} Ud$$

~~$$U = \frac{q}{m} Ud$$~~

$$k_0 = \frac{mv_0^2}{2} \quad k_1 = k_0 + q\phi_1 \quad k_2 = k_0 + \phi_2 q$$

$$k_1 - k_2 = q\phi_1 - q\phi_2 = q(\phi_1 - \phi_2) = -qU$$



$$2\phi = U \quad f(x) = -\frac{U}{d} + \frac{U}{d}x$$

$$-\frac{U}{2}$$

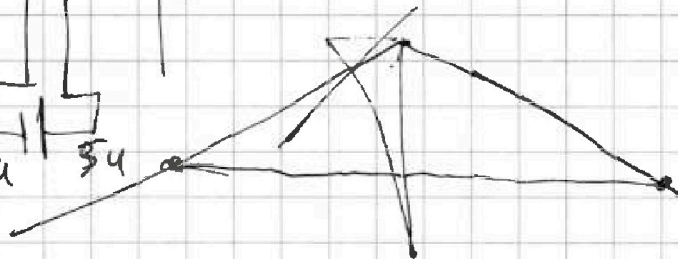
$$f\left(\frac{d}{3}\right) = -\frac{U}{2} + \frac{U}{3} = -\frac{U}{6}$$

$$v = \frac{mv^2}{2} = q \frac{U}{6}$$

$$1) \quad U = Ed, \quad E = \frac{U}{d}$$

$$mq = q \frac{U}{d} \Rightarrow a = \frac{qU}{md}$$

$$2) \quad k_0 + 4Uq - (k_0 + 5Uq)$$



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. 1) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ м/с}^2$

2) $F + F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}$

$500 = 70 \cdot \mu \Rightarrow \mu = \frac{500}{70} \frac{\text{Н}}{\text{Н}}$

$F_1 = \mu \cdot N = \frac{500}{70} \cdot 20 = \frac{5000}{35} = \frac{1000}{7}$

$F_2 = 142,85 \text{ Н}$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ - 10 \\ \hline 990 \\ - 30 \\ \hline 960 \\ - 20 \\ \hline 940 \\ - 14 \\ \hline 926 \\ - 60 \\ \hline 866 \\ - 40 \\ \hline 826 \end{array}$$

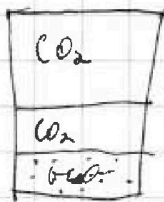
$500 = 25 \mu \Rightarrow \mu = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

$F_{\text{тр}} = 20 \cdot 20 = 400 \text{ Н}$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = m a \Rightarrow F_{\text{тр}} = m a + F_{\text{тр}} = \frac{1800}{4} + 400 = 950$$

3) $P = Fv = 400 \cdot 20 = 8000 \text{ Вт}$ $950 \cdot 20 = 19000$

2.



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

$v_1 = \frac{v}{4}$ $v_1 = 2v$ $v_2 = v$

$vRT = P_i \cdot \frac{v}{4}$



$2P_0 v_1 = v_1 RT \Rightarrow v_1 = 2 \frac{P_0 v}{RT}$

$P_1 v_1 = v_2 RT \Rightarrow v_2 = \frac{P_1 v}{RT}$

$\frac{v_1}{v_2} = 2$

$\Delta V = k P_0 V = \frac{1}{5} \cdot 10^{-3} P_1 \frac{v}{4}$

$= \frac{P_1 v}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot 10^{-3}$

$\Delta V = v_0 \Delta P$

$\frac{10}{4} P_0 = \frac{20}{44} P_0 + \frac{20}{44} P_1 \cdot 10^{-3}$

$\Delta V = \frac{P_1 v_1}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot 10^{-3}; \Delta P_1 = \frac{P_1}{4}$

$= P_0 v_1 = \frac{11}{20} P_0 v$

$\frac{11 P_0 v}{20} = P_1 v \Rightarrow P_0 = \frac{20}{44} P_1$

$P_0 v = \frac{11}{20} P_0 v$

vRT