



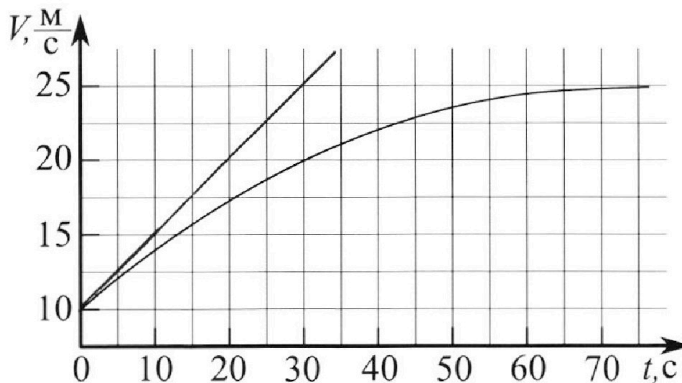
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

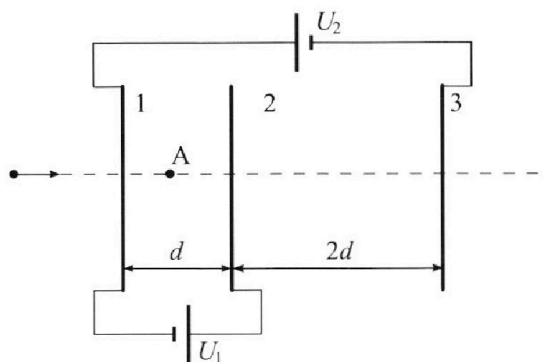
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

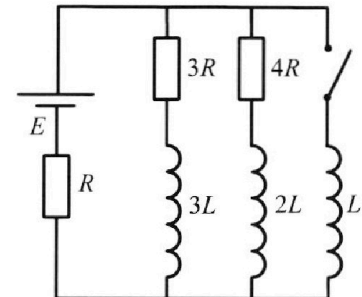


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

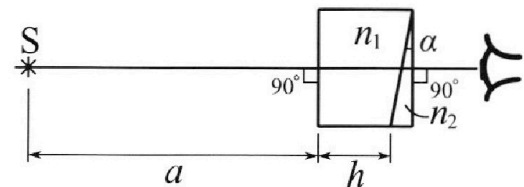
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_b = 1,0$. 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.



1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.

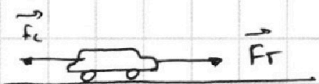
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

1.

1) $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$ качественно направление касательного к графике в т. $t=0$

и определим тангенс её наклона $\text{tg } \alpha = \frac{dv}{dt}$, откуда $a_0 = \frac{5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$

2.)  F_T — сила тяги, $F_c = -kV$ — сила сопротивления.

Значит в любой момент времени на автомобиль действует две

эти силы, поэтому $m \frac{dV}{dt} = F_T - F_c$. Это график явно видно, что

некоторое время скорость перестаёт меняться и стремится к $V_k = 25 \text{ м/с}$

Для этого случая имеем: $\frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow F_T = F_k = F_c = \alpha V_k \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{V_k}$

$\Rightarrow$ в начале $m a_0 = F_T - \frac{F_k}{V_k} \cdot V_0 \Rightarrow F_{T0} = \frac{F_k}{V_k} \cdot V_0 + m a_0$; $F_{T0} = \frac{6000}{25 \text{ м/с}} \cdot 10 \text{ м/с} +$

$+ 1500 \text{ кг} \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (240 + 750) \frac{\text{Н}}{\text{м/с}} = 990 \text{ Н}$

3) Мощность подаваемая двигателем на ведущие колеса

$P = F_T \cdot V = 990 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 9900 \text{ Вт}$

Ответ: $0,5 \text{ м/с}^2$; 990 Н ; 9900 Вт .

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!



$$\Rightarrow \frac{5}{22} \frac{\partial T}{\partial T_0} = \frac{5}{4} \frac{T}{T_0} - 1 \Rightarrow \frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial T}{\partial T_1} \right) = 1 \Rightarrow \frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial_1 T + \Delta T}{\partial_1} \right) = 1.$$

$$\Rightarrow \frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{10(\partial_1 + \Delta T)}{44 \partial_1} \right) = 1 \Rightarrow \frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{10(1 + \frac{\Delta T}{\partial_1})}{44} \right) = 1$$

$$\frac{\Delta T}{\partial_1} = \frac{k_{расм} V}{8} / \frac{p_{расм} V}{8RT}$$

$$\frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial_2}{\partial_2 - \Delta T} \right) = 1 \Rightarrow \frac{T}{T_0} \left(\frac{5 \cdot 2(\partial_2 - \Delta T) - 5 \partial_2 \cdot 11}{44(\partial_2 - \Delta T)} \right) = 1 \Rightarrow$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0} = \frac{44(\partial_2 - \Delta T)}{10(\partial_2 - \Delta T) - 55 \partial_2} = \frac{44(1 - \frac{\Delta T}{\partial_2})}{10(1 - \frac{\Delta T}{\partial_2}) - 55}$$

$$\frac{\Delta T}{\partial_2} = \frac{k_{расм} V}{8} / \frac{p_{расм} V}{8RT} = kRT = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 1,5 \Rightarrow$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{44(1 - 1,5)}{10(1 - 1,5) - 55} = \frac{-22}{-5 - 55} = \frac{22}{60} = \frac{11}{30}$$

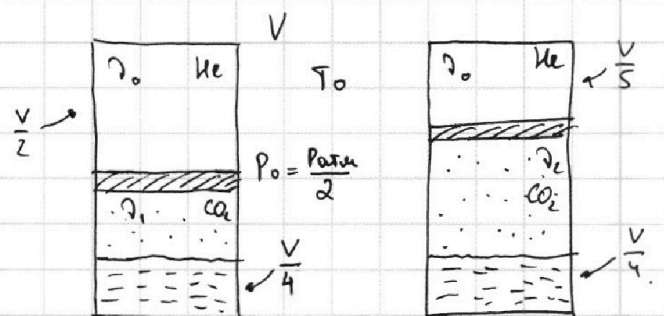
У гр-на составлен выразит $\partial_0 = \frac{p_{расм} / 2 \cdot V / 2}{RT_0}$; $\partial_1 = \frac{p_{расм} / 2 \cdot V / 4}{RT_0} \Rightarrow$

$$\frac{\partial_0}{\partial_1} = 2 \quad \text{Откуда: } \frac{\partial_0}{\partial_1} = 2; \quad \frac{T}{T_0} = \frac{11}{30} \cdot \frac{30}{11}$$

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.



Пусть ν_1 и ν_2 — начальное и конечное количество увеличенного газа по молям. При нагревании сосуда, некоторое кол-во жидк. CO_2

было растворено в воде: $\Delta \nu = k p_{\text{ж.п.}} w$, где $p_{\text{ж.п.}} = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$, $w = V/4$.

$p_{\text{ж.п.}} = p_{\text{атм}}/2 - p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)}$ — дело, что сначала по молям жидк. вода,

CO_2 и водяной пар, однако $p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)} \ll p_{\text{атм}}/2$ при комнатной темпе-

ратуре $\Rightarrow p_{\text{ж.п.}} = p_{\text{атм}}/2$. Отсюда следует: $\nu_2 = \nu_1 + k \frac{p_{\text{атм}} V}{8}$.

После нагревания до $T = 383\text{K}$. CO_2 почти не будет растворен в воде, а давление жидк. пара будет равно атмосферному: $p_{\text{ж.п.}}^{(T)} = p_{\text{атм}}$.

Запишем ур-е состояния для гелия и для CO_2 до и после нагрева:

$$\text{He: } \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_0 R T_0; \quad \frac{p_k \cdot V}{5} = \nu_0 R T, \quad \text{где } \nu_0 - \text{кол-во гелия, } p_k - \text{установившееся}$$

$$\text{давление после нагревания. } \Rightarrow \frac{p_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{5}{p_k \cdot V} = \frac{T_0}{T} = \frac{5 p_{\text{атм}}}{4 p_k} (*)$$

$$\text{CO}_2: \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0; \quad p_{\text{пар}} \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2 R T, \quad \text{где } p_{\text{пар}} - \text{парциальное}$$

давление CO_2 после нагрева. По закону Дальтона $p_k = p_{\text{атм}} + p_{\text{пар}} =$

$$\frac{p_{\text{атм}} V}{8} \cdot \frac{20}{11 p_{\text{пар}} V} = \frac{\nu_1 T_0}{\nu_2 T}, \quad \text{где } \nu_1 \text{ можно найти как } \frac{p_{\text{атм}}/2 \cdot V/4}{R T_0}$$

$$(*) \Rightarrow \frac{p_{\text{атм}}}{p_{\text{атм}} + p_{\text{пар}}} = \frac{T_0}{T} \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} \left(1 + \frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{атм}}} \right) \Rightarrow k = \frac{5 T}{4 T_0} - 1$$

$$\text{С другой стороны } \frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{атм}}} \cdot \frac{11V}{20} \cdot \frac{8}{V} = \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0} = k \cdot \frac{22}{5} = \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0} \Rightarrow k = \frac{5}{22} \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0}$$

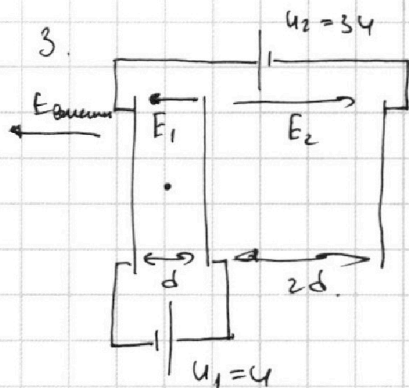
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Либо, что на обложке начислен заряд и
равномерно по ширине распределен. $\Rightarrow$
поле между обложками однородное. Потенциал
одинаков поле внутри слоев E_1 и E_2 .

$$E_1 d = U; E_2 \cdot 2d = U + 2U = 3U \Rightarrow E_1 = \frac{U}{d}; E_2 = \frac{3U}{2d}$$

Затем 231 для расчета в левой области с полем E_1 :

$$ma = -qE_1 \Rightarrow |a| = \frac{qU}{md}$$

~~Потом из правых зарядов самое левое сдвину заряд q_1' , обозначим
заряды слоев q_1, q_2, q_3 . Тогда на левый заряд центральный слой
заряд будет $-q_1'$ на правый $-q_1 - (-q_1') = q_1 + q_1'$; Тогда на левый заряд
правый слой заряд будет $-(q_1 + q_2)$, а на правый $q_3 + q_2 + q_1'$. Обозначим
центральный и левый заряды $q_1 + q_2 + q_3 = 0$~~

Обозначим заряды обкладок q_1, q_2, q_3 . Тогда.

$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = -E_1; \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = E_2 \approx; \text{ввиду условия}$$

$$\text{важности } q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow q_2 + q_3 - q_1 = 2\epsilon_0 S E_1; q_1 + q_2 - q_3 = 2\epsilon_0 S E_2$$

$$\Rightarrow -q_3 - q_3 = 2\epsilon_0 S E_2 \Rightarrow q_3 = \frac{2\epsilon_0 S E_2}{2} = \epsilon_0 S E_2; q_1 + q_2 = 4\epsilon_0 S E_2; q_2 - q_1 = 2\epsilon_0 S (E_1 - E_2)$$

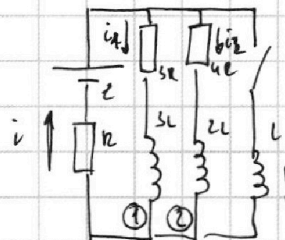
$$2q_2 = 2\epsilon_0 S E_1 + 2\epsilon_0 S E_2 \Rightarrow q_2 = \epsilon_0 S (E_1 + E_2) \Rightarrow q_3 = q_1 = 5\epsilon_0 S E_2 - \epsilon_0 S E_1$$

$$E_{\text{внеш}} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0 \Rightarrow \text{по СЛЗ: } k_1 = \frac{m\omega^2}{2}; k_2 = \frac{m\omega^2}{2} - qU \Rightarrow k_1 - k_2 = qU$$

$$3) \text{ по СЛЗ: } \frac{m\omega^2}{2} + \frac{qU}{2} = \frac{m\omega^2}{2} \Rightarrow k_1 = m\omega^2 + qU \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\omega^2 + \frac{qU}{m}} \quad \text{Ответ: } \frac{qU}{m\omega}; qU; \sqrt{\omega^2 + \frac{qU}{m}}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

4.



Обозначим ток через резисторы: i , i_1 , i_2 и ток катушки индуктивности L — i_3 . Во замкнутом ток в катушке установился, поэтому $\mathcal{E}_i = L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow i_1 = i_2 = i_3 = i$

$\Rightarrow i_1 = \frac{4}{3} i_2$; а учитывая, что $i = i_1 + i_2$: $i - (i_1 + i_2) = i - 3i_2 \Rightarrow$

$i_2 = \frac{1}{3} i$ ~~и~~ $i_1 = \frac{2}{3} i$ заменим резисторы на один сопротивлением

$$R_{\Sigma} = \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} + R = \frac{13}{3} R \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{13}{3} R \cdot i \Rightarrow i = \frac{3\mathcal{E}}{13R} \Rightarrow i_1 = \frac{4\mathcal{E}}{13R} ; i_2 = \frac{2\mathcal{E}}{13R}$$

$$\Rightarrow I_{10} = i_1 = \frac{4\mathcal{E}}{13R}$$

2) Сразу после замыкания ключа, ~~ток сразу~~ ток можно записать

контур, состоящий из $\mathcal{E}$ и $3R$, резистора R и катушки L :

$$\mathcal{E} - iR = L \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{\mathcal{E} - iR}{L}; \text{ (тоже в этот сразу индуктивность не можем,}$$

т.к. не мож сразу изменить ток через катушку) $\Rightarrow$

$$\frac{di}{dt} = \frac{\mathcal{E} - \frac{4\mathcal{E}}{13R} \cdot R}{L} = \frac{12\mathcal{E}}{13L};$$

3) Пусть в какой-то время ток, через катушки снова начал изменяться,

поэтому ветви цепи ① и ② будут замкнуты коротко и ток по ним

теперь не идет $\Rightarrow i_3' = \frac{\mathcal{E}}{R}$ — ток через катушку L сразу после замыкания.

Запишем контур с резистором $3R$ и катушками $3L$ и $2L$:

$$3L \frac{di_1}{dt} + i_1 \cdot 3R = L \frac{di_3}{dt} \Rightarrow 3L \frac{di_1}{dt} + \frac{dq_1}{dt} \cdot 3R = L \frac{di_3}{dt} \Rightarrow 3L \int \frac{di_1}{dt} + 3R \int dq_1 = L \int \frac{di_3}{dt}$$

$$-3L \cdot \frac{4\mathcal{E}}{13R} + 3R Q_1 = L \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow 3R Q_1 = L \frac{\mathcal{E}}{R} + 3L \frac{4\mathcal{E}}{13R} = L \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{12\mathcal{E}}{13R} L = \frac{31\mathcal{E}}{13R} L \Rightarrow$$



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!

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{31}{58} \frac{2}{R} L$$

$$\text{Order: } \frac{42}{19k}; \frac{122}{19L}; \frac{31}{58} \frac{2}{R} L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

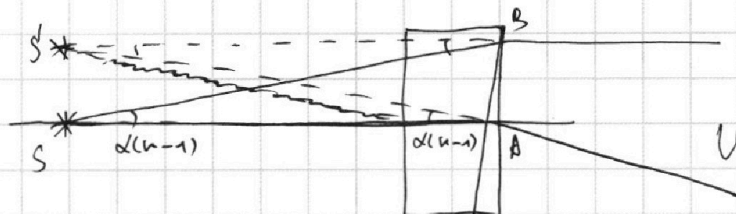
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



На рисунке пунктиром



обозначим преломленные лучи.

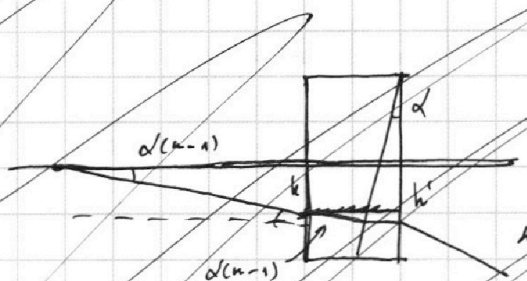
Удобнее всего рассмотреть

сечение на пересечении преломленных лучей. Пусть ширина 2 пружин
меньше h , лучи и их преломленные создают два равных
равнобедренных треугольника $\Rightarrow SS'BA$ - прямоугольник и $SS' = AB =$

$$d(n-1) \cdot (\alpha + h) \quad (\alpha \ll 1 \Rightarrow \alpha \approx \sin \alpha \text{ и } d(n-1) \approx \sin(d(n-1))) \Rightarrow$$

$$SS' = 0,04 \text{ рад} \cdot (80 \text{ см} + 14 \text{ см}) = 0,04 \cdot 104 \text{ см} = \underline{\underline{4,28 \text{ см}}}.$$

5) Теперь рассмотрим продольные лучи из 2х пружин.



Для пружин имеют в основании угол α .

Из условия, что все лучи горизонтальны

каждый луч, выходя из пружин повернется на

углы в радиан α на угол $d(n-1) \Rightarrow$ он выйдет горизонтально.

Теперь излученный луч под углом $d(n-1)$ к горизонту вылетит. Но он преломится

на пружине 1 он примет горизонтальное, а после пружины 2 снова под

углом $d(n-1)$ к горизонту (здесь мы используем, что $d(n-1)$ малый

ширина пружины 2 на уровне горизонтальной траектории луча тоже малая

$$\Rightarrow \text{на рисунке обозначим } h \text{ и } h': h = d(n-1) \alpha \quad h' = h + \Delta h.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

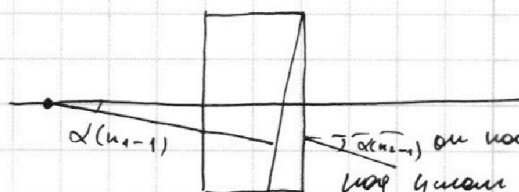
МФТИ

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



~~Векторное представление координат от угла радиус того, что
касается кривой, а имеет ширину h $dk=h$.~~

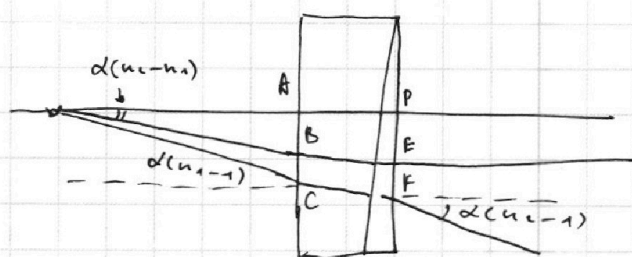
3)



Дважды глядя на угол: первый шаг
уменьш $d(n_1-1)$, тогда после 1-й кривой
он окажется горизонтально, а после второй —
шаг уменьш $d(n_2-1)$.

Второй шаг так, чтобы он оказался горизонтальным или вертикальным
для двух кривых. $\Rightarrow$ на вторую он должен упасть по углам

$d(n_2-1)$, а на первую: $d(n_2-1) - d(n_1-1) = d(n_2-n_1)$.



$AB=h_1$; $AC=h_2$ ~~ад~~; $DE=h'_1$; $DF=h'_2$

$h'_1=h_1+\Delta h_1$; $h'_2=h_2+\Delta h_2$.

Δh находится из-за того, что

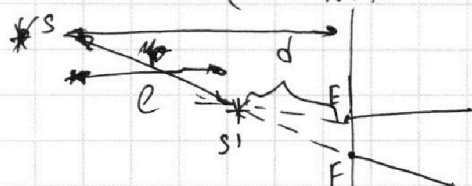
касается кривой $\Rightarrow \Delta h_1 = h_1 \cdot d(n_2-n_1)/n_1$; $\Delta h_2 = h_2 \cdot d(n_1-1)/n_1$.

$\Rightarrow EF = h'_2 - h'_1 = h_2 - h_1 + h_1 d(n_1-1)/n_1 - h_2 d(n_2-n_1)/n_1 =$

$h_1 = d(n_2-n_1) \cdot a$; $h_2 = d(n_1-1) \cdot a \Rightarrow$

$EF = h'_2 - h'_1 = d(n_1-1)a - d(n_2-n_1)a + h_1 d(n_1-1)/n_1 - h_2 d(n_2-n_1)/n_1 =$

$d(n_1-1) \left(a + \frac{h_1}{n_1} \right) - d(n_2-n_1) \left(a + \frac{h_2}{n_1} \right) = \left(a + \frac{h_1}{n_1} \right) (2dn_1 - d - dn_2)$



$d = \frac{EF}{d(n_2-1)} = \frac{\left(a + \frac{h_1}{n_1} \right) (2dn_1 - d - dn_2)}{d(n_2-1)} \approx \frac{100}{3} \text{ см} \approx 14.2 \text{ см}$

$\Rightarrow e = a + h - d \approx 100 \text{ см}$; $h'_1 = DE = h_1 + \Delta h =$

$= d(n_2-n_1) \left(a + \frac{h_1}{n_1} \right) = 3 \text{ см} \Rightarrow s'_2 = \sqrt{100^2 + 3^2} \approx 100 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{100} \right) \approx 102 \text{ см}$.

Ответ: $\rho = 0,08 \text{ рад}$; $SS'_1 = 7,26 \text{ см}$; $SS'_2 = 102 \text{ см}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

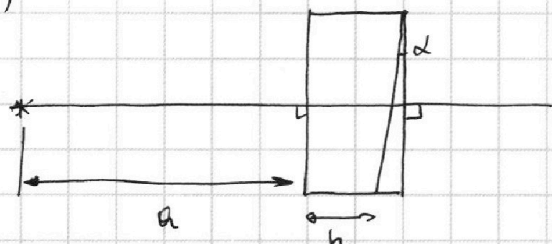
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

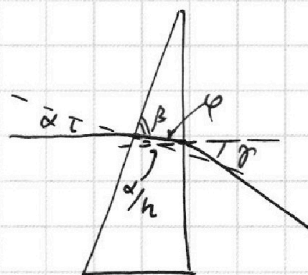
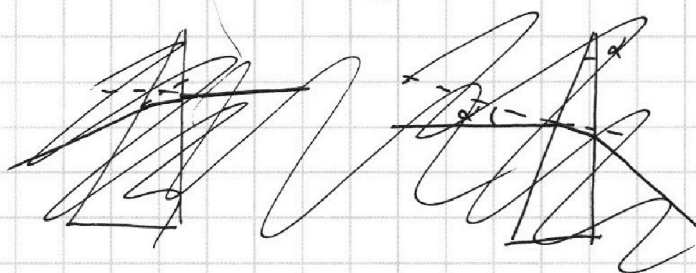
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5)

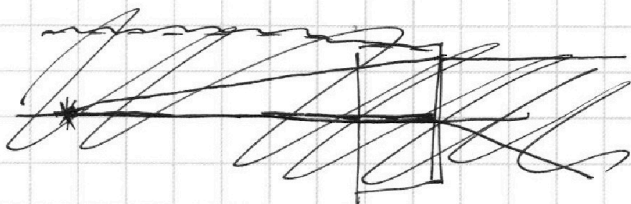


Рассмотрим отдельно произвольное
конт.
угла перу кривую с $\frac{d}{h}$



П.к. угол α мал $\Rightarrow$ после преобразования, он падает под углом $\frac{\alpha}{n}$ к
горизонтали $\Rightarrow \beta$ (указан на рисунке) $= \pi - \frac{\alpha}{n}$. Угол под которым луч
попадает на правую грань кристалла в данном случае является
внешним для вершины треугольника $\Rightarrow \varphi = \pi - \frac{\alpha}{n} + \alpha - \pi = \alpha - \frac{\alpha}{n} \Rightarrow$
после выхода из кристалла угол совпадает с углом падения $\frac{\alpha(n-1)}{n}$. То есть
при преломлении луча перу кристаллу, он поворачивается на угол $\frac{\alpha(n-1)}{n}$.
Аналогично если луч падает на кристалл под углом $\frac{\alpha(n-1)}{n}$ к горизонту, он
выйдет из него перпендикулярно.

- 1) П.к. $n_2 = 1$, преломления в 1 кристалле не будет. $\varphi = \alpha(n_2 - 1) = 0$, т.е. раз
- 2) Будем два кристалла: один под углом $\frac{\alpha(n-1)}{n}$, другой перпендикулярно.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

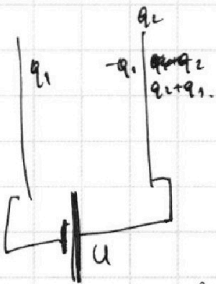
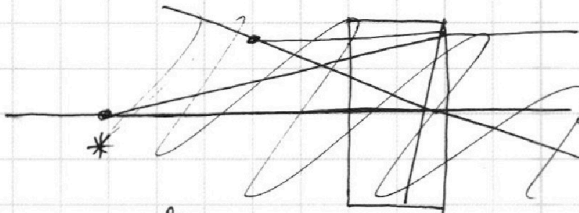
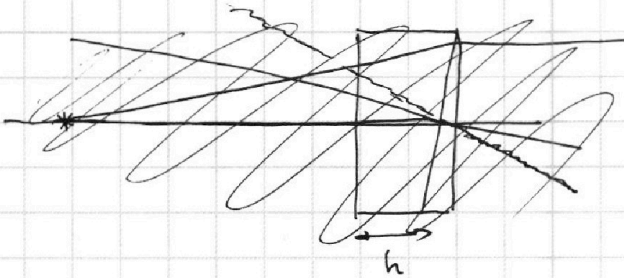
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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

МФТИ



Черновик.

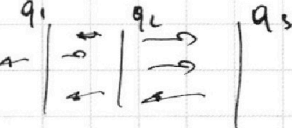


$$\frac{q_1 + q_2}{2\epsilon_0 S} = E_1$$

$$q_1 + q_2 = 2\epsilon_0 S E_1$$

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = E_1$$

$$q_1 = \epsilon_0 S E_1$$



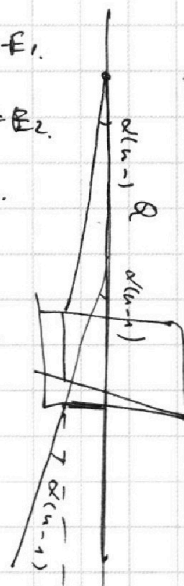
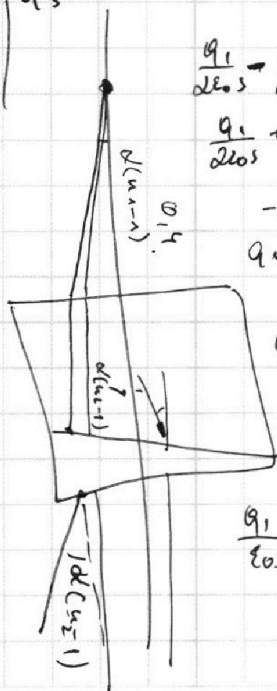
$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = E_1$$

$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = E_2$$

$$-2q_3 = E_2 \cdot 2\epsilon_0 S$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_3 = -\frac{2}{3} E_2 \epsilon_0 S$$



$$\frac{100 \cdot (0,28 - 0,1 - 0,18)}{0,08} = \frac{100 \cdot 0,01}{0,08}$$

$$0,08 \cdot (30 + 19)$$

$$0,08 \cdot 104$$

$$h_1 + \delta h_1 = \alpha(u_2 - u_1) a + h \cdot \alpha(u_2 - u_1) \left(a + \frac{h}{u_1} \right) =$$

$$= \alpha(u_2 - u_1) \left(a + \frac{h}{u_1} \right) =$$

$$0,1 + 0,3 (30 + 10) =$$

$$0,03 \cdot 100 = 3$$

$$\sqrt{100^2 + 3^2} =$$

$$100 \sqrt{1 + \left(\frac{3}{100} \right)^2} =$$

$$100 \left(1 + 0,015 \right)$$



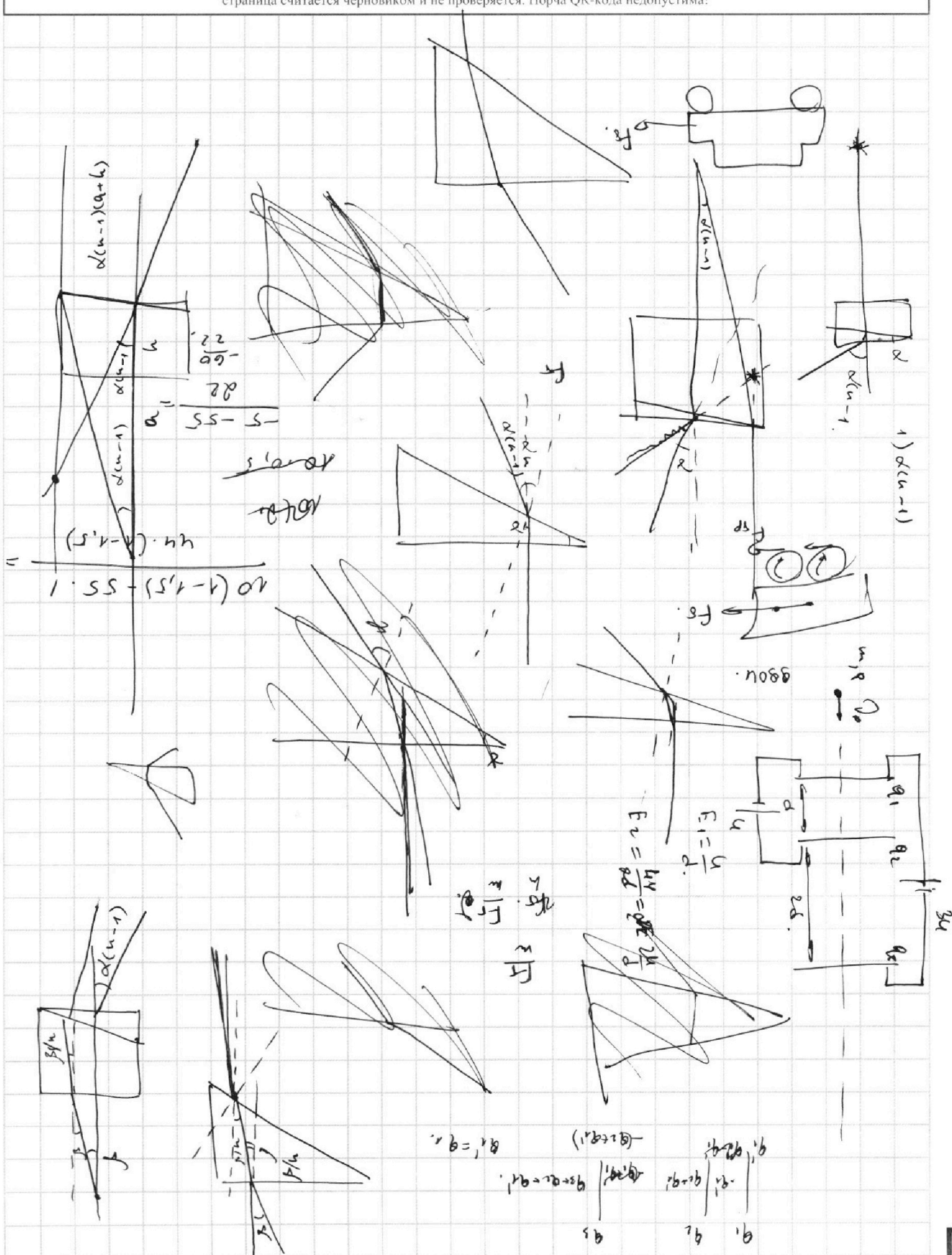
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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

$$\varepsilon - i_1 R - i_1 \cdot 3R = 0$$

$$\varepsilon - (i_1 + i_2)R - i_1 \cdot 3R = 0$$

$$\varepsilon - i_1 R - i_2 \cdot 4R = 0$$

$$\varepsilon - \frac{4}{3} i_1 R - i_1 \cdot 2R = 0$$

$$i_1 \cdot 3R = i_2 \cdot 4R$$

$$\frac{16}{3} k i_1 R = 0$$

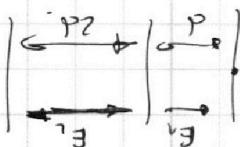
$$i_1 = \frac{4}{3} i_2$$

$$\frac{85}{13k} \cdot k + \frac{125}{13k}$$

$$\frac{3R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{12}{8} R$$

$$\frac{13}{8} R$$

$$\varepsilon - \frac{4}{3} i_1 R = 0 \Rightarrow \varepsilon = \frac{16}{3} i_1 R$$



$$850 + 850 = 990$$

$$\frac{16}{8} = 2$$

$$1500 \cdot 0,5 + \frac{85}{600} \cdot 10$$

$$\Delta D = \frac{8}{k \text{ posu V}}$$

$$q = \frac{8 \text{ posu V}}{8 \text{ posu V}}$$

$$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^5 = 1,5$$

$$\frac{55 \cdot 1 - 10 \cdot 2}{440}$$

$$\frac{4}{5} - \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{\text{posu V}}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{110}{20} = 5,5$$

$$\frac{\text{posu V}}{2} \cdot \frac{4}{20} = \frac{110}{20}$$

$$2$$

$$\frac{\text{posu V}}{2} \cdot 2 \cdot 1 = \frac{110}{20} \cdot \frac{1}{20}$$

$$\frac{\text{posu V}}{20} = \frac{110}{20} \cdot \frac{1}{20}$$

$$k = \frac{2 \cdot 0,5}{5 \cdot 0,5} = \frac{4}{5} - 1$$

$$\frac{5 \cdot (1 + \Delta D) \cdot 1}{\alpha \cdot 0,5 \cdot 10} = \frac{4}{5} - 1$$

$$\frac{5}{5} \left(\frac{\alpha \cdot 0,5}{5(1 + \Delta D)} - \frac{4}{5} \right) = -1$$

$$i_1 = \frac{4}{3} i_2$$

$$\varepsilon - (i_1 + i_2)R = i_1 \cdot 3R$$

$$\frac{16}{3} i_1 R$$

$$\frac{1}{5} = \frac{4}{5} \cdot \left(1 + \frac{\text{posu V}}{4 \cdot 10} \right) \cdot \frac{4}{5}$$

$$k = -1$$

$$p = \frac{dA}{dt} = \frac{dA}{dt} = \frac{dA}{dt}$$

$$\frac{\text{posu V}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{110}{20} \cdot \frac{1}{20}$$

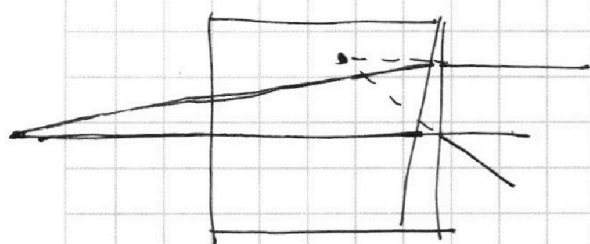
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

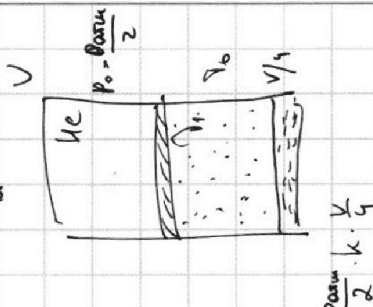
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

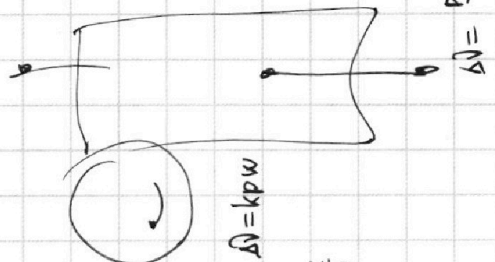
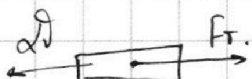


$$\vec{F}_c = \vec{\alpha} \vec{J} \quad m = 1,5 \text{ т.}$$

$$F_k = 600 \text{ Н.} = \alpha \vec{J}^c \Rightarrow$$



$$1) \frac{5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



а) $\alpha \vec{J}$

$$b) \quad F_r - \alpha \vec{J} = m \cdot a.$$

$$F_{r0} = \alpha \vec{J}_0 \Rightarrow \alpha = \frac{F_r}{\vec{J}_0}$$

$$F_r = m a + \vec{J} \cdot \frac{F_r}{\vec{J}_0}$$

$$F_r - \alpha \vec{J} = m \frac{d\vec{J}}{dt}$$

$$F_r \frac{1}{m} dt = \frac{d\vec{J}}{F_r - \alpha \vec{J}}$$

$$\frac{\alpha}{m} dt = \frac{d\vec{J}}{F_r - \alpha \vec{J}}$$

$$e^{\frac{\alpha}{m} t} = \frac{F_r - \alpha \vec{J}}{F_r} = 1 - \frac{\alpha \vec{J}}{F_r} \Rightarrow$$

$$\left(1 - e^{\frac{\alpha}{m} t}\right) \frac{F_r}{\alpha} = \vec{J}$$

$$\frac{d\vec{J}}{dt} = -\frac{F_r}{\alpha}$$

$$q_2 = \frac{2}{3} \epsilon_0 \sigma (E_1 + E_2)$$

$$E_1 d = U$$

$$E_1 \cdot 2d = U \Rightarrow$$

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

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

$$-2q_2 - q_3 = -2\epsilon_0 \sigma E_1$$

$$-q_3 + q_2 = 2\epsilon_0 \sigma E_2$$

$$3q_2 = 4\epsilon_0 \sigma (E_1 + E_2)$$

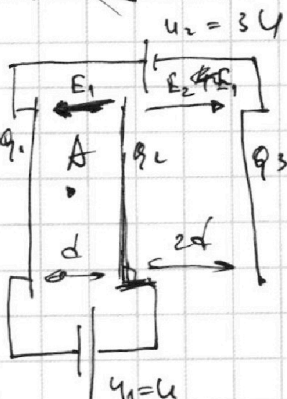
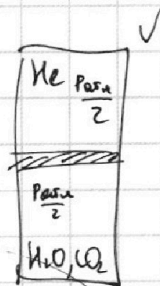
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 - q_2 = -2\epsilon_0 \sigma \cdot E_1$$

$$q_2 - q_3 = 2\epsilon_0 \sigma \cdot E_2$$

$$-q_2 - q_3 - q_2 = -2\epsilon_0 \sigma E_1$$

$$q_2 - q_3 = 2\epsilon_0 \sigma E_2$$



$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 \sigma} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 \sigma} = -E_1$$

$$\frac{q_2}{2\epsilon_0 \sigma} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 \sigma} = E_2$$

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!



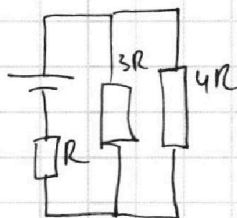
4.

$$\frac{P_{\text{max}} V}{2/4} = 7 R T_0$$

$$\frac{P_0}{2} \frac{V}{2} = 2$$

$$\frac{5 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$

Ключевые параметры:



$$\frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} = \frac{12}{7} R \quad R_{\text{экв}} = \frac{18}{7} R$$

$$\Rightarrow I_{\text{экв}} = \frac{4E}{18R}; \quad I_{3R} = \frac{4}{18} \frac{E}{R} = \frac{4E}{18R}$$

$$L \frac{dI}{dt} = 4R \cdot I_{\text{экв}} = 4R \cdot \frac{5E}{18R} = \frac{12E}{18} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{18L}$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i$$

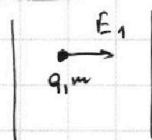
$$E - iR - i_1 \cdot 3R - 3L \frac{di_1}{dt} = 0$$

$$-2L \frac{di_2}{dt} + 3L \frac{di_1}{dt} + i_1 \cdot 3R - i_2 \cdot 4R = 0$$

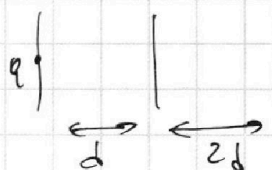
$$-L \frac{di_3}{dt} + 2L \frac{di_2}{dt} + i_2 \cdot 4R = 0$$

$i_{20} = \text{уравнение}$

$$L \frac{di_1}{dt} - L \frac{di_3}{dt} = -i_1 \cdot 3R$$



$$a = q \frac{U}{d} / m = \frac{qU}{md}$$



$$q_1 + q_2 + q_3 = 2\epsilon_0 E_1$$

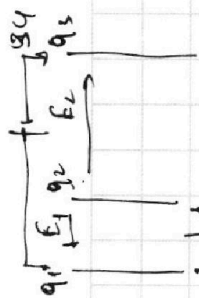
$$q_1 + q_2 + q_3 = 2\epsilon_0 E_1$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 2\epsilon_0 E_1$$

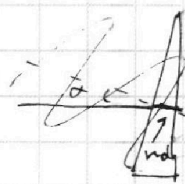
$$F_2 = \frac{-q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$2\epsilon_0 E_1 = 2\epsilon_0 E_1$$

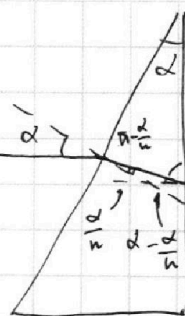
$$0 = 1b + 2b$$



$$k_1 - k_2 =$$



$$\frac{CF}{4T_0} = 1$$



$$\alpha - \frac{\alpha}{2} = \alpha - \frac{\alpha}{2}$$

$$= 1b + 2b$$

$$q_1 =$$

$$\frac{P_{\text{max}} \cdot V}{2 T_0}$$

$$\frac{5 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$

$$\frac{4 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$

$$\frac{4 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$

$$\frac{4 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$

$$\frac{4 P_{\text{max}}}{4 P_k}$$