



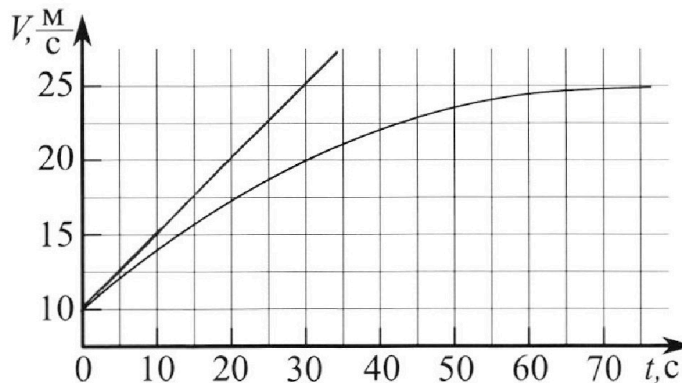
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

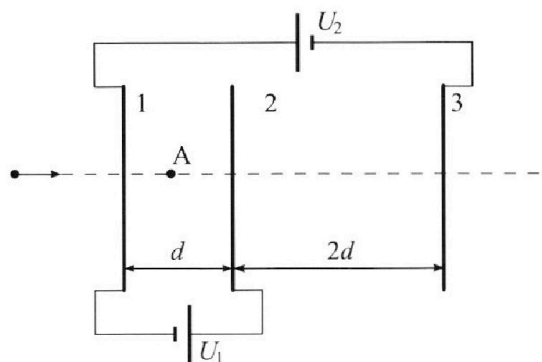
Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 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 А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

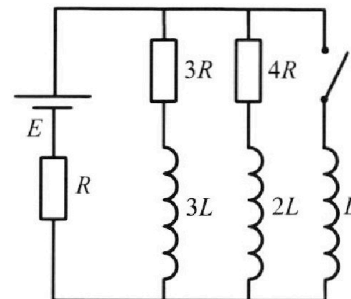
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



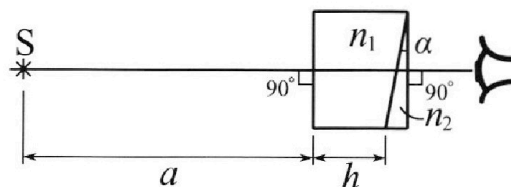
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_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.

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

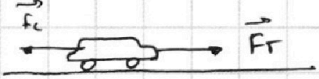
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1.

$$1) a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \text{направление ускорения направлено касательно к траектории в т. } t=0$$

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

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

Пусть в любой момент времени на автомобиль действует сила

эти силы, уравнение $m \frac{dv}{dt} = F_T - F_c$. По заданию авто вышло, 150 раз

каждое время скорость перестаёт меняться и стабилизируется $v_k = 25 \text{ м/с}$

Для этой скорости уравнение: $\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow F_T = F_k = F_c = \alpha v_k \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v_k}$

$$\Rightarrow \text{в начале } m a_0 = F_{T0} - \frac{F_k}{v_k} \cdot v_0 \Rightarrow F_{T0} = \frac{F_k}{v_k} \cdot v_0 + m a_0; F_{T0} = \frac{6000}{25 \text{ м/с}} \cdot 10 \text{ м/с} +$$

$$+ 1500 \text{ кг} \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (2400 + 750) \frac{\text{Н}}{\text{с}} = 3150 \text{ Н}$$

3) Мощность подаваемая двигателем на выезде колеса

$$P = F_T \cdot v = 3150 \cdot 10 \text{ м/с} = 31500 \text{ Вт}$$

Ответ: $0,5 \text{ м/с}^2$; 3150 Н ; 31500 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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



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

$$\Rightarrow \frac{I}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{10(\partial I + \Delta I)}{I} \right) = 1 \Rightarrow \frac{I}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{55}{22} \frac{\Delta I}{I} \right) = 1$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{k_{расм} V}{8} / \frac{расм V}{3RT}$$

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

$$\frac{I}{T_0} = \frac{I}{T_0} = \frac{44(\partial I - \Delta I)}{10(\partial I - \Delta I) - 55 \partial I} = \frac{44(1 - \frac{\Delta I}{\partial I})}{10(1 - \frac{\Delta I}{\partial I}) - 55}$$

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

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

$$\text{У гр-нах максимальный выигрыш } \partial_0 = \frac{расм / 2 \cdot V / 2}{kT_0}; \partial_1 = \frac{расм / 4 \cdot V / 4}{kT_0} \Rightarrow$$

$$\frac{\partial_0}{\partial_1} = 2$$

$$\text{Ответ: } \frac{\partial_0}{\partial_1} = 2; \frac{I}{T_0} = \frac{11}{30}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

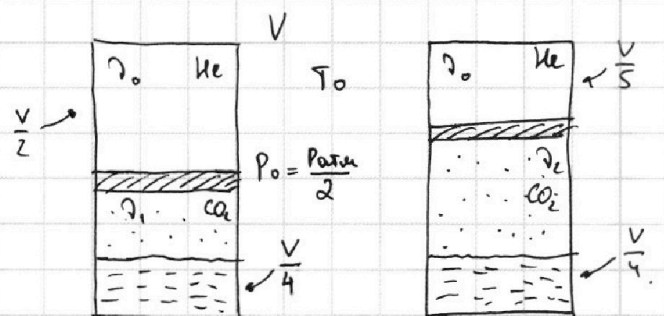
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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.



Пусть p_1 и p_2 — начальное и конечное количество увеличенного газа по сравнению. Пусть нагревали сосуд, некоторое кол-во жидк. CO_2

Дано растворено в воде: $\Delta V = k p_{\text{CO}_2} V$, где $p_{\text{CO}_2} = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$, $V = V/4$.

$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{атм}}/2 - p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)}$ — дано, что сначала по сравнению с жидк. CO_2 и водород пар, однако $p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)} < p_{\text{атм}}/2$ при комнатной температуре $\Rightarrow p_{\text{CO}_2} = p_{\text{атм}}/2$. Отсюда следует: $p_2 = p_1 + k \frac{p_{\text{атм}} V}{8}$.

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

Заметим уравнение состояния для гелия и для CO_2 до и после нагрева:

He: $\frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_0 R T_0$; $\frac{p_k \cdot V}{5} = p_0 R T$, где p_0 — нач-ное давление, p_k — установившееся давление после нагревания. $\Rightarrow \frac{p_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{5}{p_k \cdot V} = \frac{T_0}{T} = \frac{5 p_{\text{атм}}}{4 p_k} (*)$

CO_2 : $\frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = p_1 R T_0$; $p_{\text{пары}} \cdot \frac{11V}{20} = p_2 R T$, где $p_{\text{пары}}$ — парциальное давление CO_2 после нагревания. По закону Дальтона $p_k = p_{\text{атм}} + p_{\text{пары}} =$

$$\frac{p_{\text{атм}} V}{8} \cdot \frac{20}{11 p_{\text{пары}} V} = \frac{p_1 T_0}{p_2 T}, \text{ где } p_1 \text{ можно найти как } \frac{p_{\text{атм}}/2 \cdot V/4}{R T_0}$$

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

С другой стороны $\frac{p_{\text{пары}}}{p_{\text{атм}}} \cdot \frac{11V}{20} \cdot \frac{8}{V} = \frac{p_2 T}{p_1 T_0} = k \cdot \frac{22}{5} = \frac{p_2 T}{p_1 T_0} \Rightarrow k = \frac{5}{22} \frac{p_2 T}{p_1 T_0}$

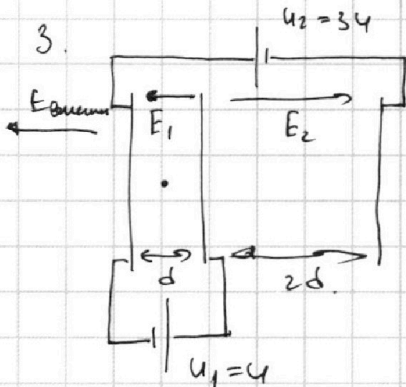
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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 находится заряд и равномерно по ширине распределен. \Rightarrow поле между обложками однородное. Потенциал одинаков поле внутри слоев E_1 и E_2 .

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

Запишем 23И для пластины в левой области с полем E_1 :

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

~~Потом из правых зарядов самой левой сетки заряд q_1' , одинаков заряду сетки q_1, q_2, q_3 . Тогда на левой заряде центральных сетки заряд будет $-q_1'$ на правой $-q_1'(-q_1') = q_1 + q_1'$; тогда на левой заряде правых сетки заряд будет $-(q_1 + q_2)$, а на правой $q_3 + q_2 + q_1'$. Обозначим центральный и обложки заряды $q_1, q_2, q_3 = 0$~~

Обозначим заряды обложками q_1, q_2, q_3 . Тогда.

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

важно $q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow q_2 + q_3 - q_1 = 2\epsilon_0 S E_1; q_1 + q_2 - q_3 = 2\epsilon_0 S E_2$

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

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

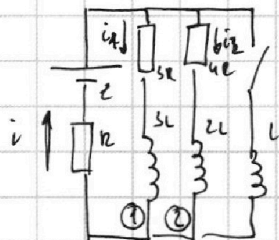
$$E_{внешн} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0 \Rightarrow \text{по СГ: } k_1 = \frac{m\omega^2}{2}; k_2 = \frac{m\omega^2}{2} - qU \Rightarrow k_1 - k_2 = qU$$

3) по СГ: $\frac{m\omega^2}{2} + \frac{qU}{2} = \frac{m\omega^2}{2} \Rightarrow k_1 - k_2 + qU = 0 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{qU}{m}}$ Ответ: $\frac{qU}{m}; qU; \sqrt{2\omega_0^2 - \frac{qU}{m}}$

1 2 3 4 5 6 7



4.



Обозначим ток через резисторы: i_1, i_2, i_3 и ток катушки индуктивностью $L - i_3$. Во замкнутом ток в катушке

установился, поэтому $\mathcal{E}_i = L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow i_1 = i_2 = i_3 = i_3 + 4R$

$\Rightarrow i_1 = \frac{4}{3} i_2$; а учитывая, что $i = i_1 + i_2$: $\mathcal{E} - (i_1 + i_2)R = i_1 3R \Rightarrow \mathcal{E} - 2i_1 R$

Заменим резисторы на один сопротивлением

$R_{\Sigma} = \frac{5R + 4R}{5R + 4R} + R = \frac{13}{3} R \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{13}{3} R \cdot i \Rightarrow i = \frac{3\mathcal{E}}{13R} \Rightarrow i_1 = \frac{4R}{5R + 4R} \cdot i = \frac{4\mathcal{E}}{13R}; i_2 = \frac{3\mathcal{E}}{13R}$

$\Rightarrow I_{1,0} = i_1 = \frac{4\mathcal{E}}{13R}$

2) Сразу после замыкания ключа, ток через катушку можно считать

нулем, составляющий со \mathcal{E} и R резистора R и катушки L :

$\mathcal{E} - iR = L \frac{di_3}{dt} \Rightarrow \frac{di_3}{dt} = \frac{\mathcal{E} - iR}{L}$; (ток в цепи сразу увеличиться не может,

т.к. не мог сразу увеличиться ток через катушку) \Rightarrow

$\frac{di_3}{dt} = \frac{\mathcal{E} - \frac{4\mathcal{E}}{13R} \cdot R}{L} = \frac{12\mathcal{E}}{13L}$

3) Через большое время ток через катушки снова перестает 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 через большое время.

Заменим контур с резистором $5R$ и катушкой L и SL :

$3L \frac{di_1}{dt} + i_1 \cdot 5R = L \frac{di_3}{dt} \Rightarrow 3L \frac{di_1}{dt} + \frac{dq_1}{dt} \cdot 5R = L \frac{di_3}{dt} \Rightarrow 3L \int di_1 + 5R \int dq_1 = L \int di_3$

$-3L \cdot \frac{4\mathcal{E}}{13R} + 5R Q_1 = L \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow 5R Q_1 = L \frac{\mathcal{E}}{R} + 3L \frac{4\mathcal{E}}{13R} = L \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{12\mathcal{E}}{13R} L = \frac{31\mathcal{E}}{13R} L \Rightarrow$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 МФТИ

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

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

$$\text{Answers: } \frac{42}{19R}; \frac{12z}{19L}; \frac{31}{58} \frac{z}{R} L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

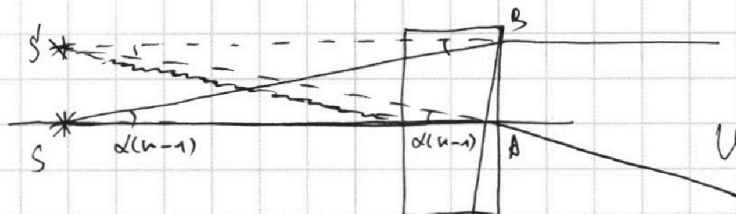
1 2 3 4 5 6 7

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.

Углубимся из источника равно-

стоящие на пересечении преломленных лучей. Пусть ширина d пружины

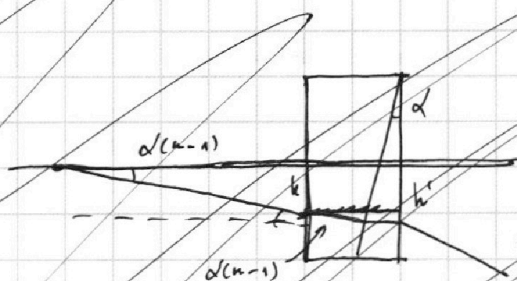
меньше h , лучи n и n' преломленные создаст два равных

равнобедренных треугольников $\Rightarrow SS'BA$ - прямоугольник и $SS' = BA =$

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

$$SS' = 0,07 \text{ рад} \cdot (80 \text{ см} + 14 \text{ см}) = 0,07 \cdot 104 \text{ см} = \underline{\underline{7,28 \text{ см}}}$$

5) Теперь рассмотрим перпендикулярные лучи из двух пружин.



Обе пружины имеют в основании шаг d .

Это означает, что если учесть корьюсацию

каждого луча, каждый из пружин повернется по

вокруг в радиусе оборота на угол $\alpha(n-1) \Rightarrow$ он будет корьюсирован.

Теперь пусть один луч под углом $\alpha(n-1)$ к горизонту h и другой

под углом $\alpha(n-1)$ к горизонту (здесь мы предполагаем, что $\alpha(n-1)$ малый

ширина пружин d на уровне перпендикулярно углубка 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

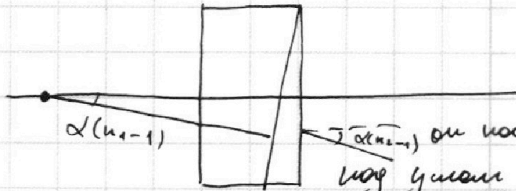


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



~~Крестиком~~ вертикальной координаты от угла зрения того, кто крутит лезвие, а имеет ширину h $d \approx h$.

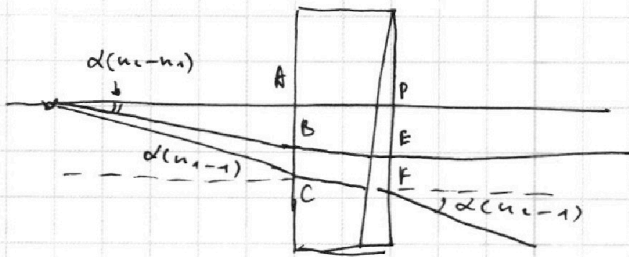
3)



Дугами глаза узла: первый угол узла $\alpha(n_1 - 1)$, тогда после 1-й крутки он повернется горизонтально, а после второй — угол $\alpha(n_2 - 1)$.

Второй угол так, чтобы он повернул горизонтально после прохождения глаза через две крутки. \Rightarrow на вторую он должен упасть по узлу

$d(n_2 - 1)$, а на первую: $d(n_2 - 1) - d(n_1 - 1) = d(h_2 - h_1)$.



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

$h_1' = h_1 + \Delta h_1$; $h_2' = h_1 + \Delta h_2$.

Δh найдем из у-го того, что

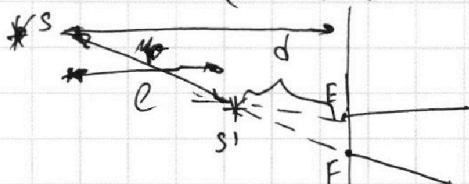
крутка 1 не повернула $\Rightarrow \Delta h_1 = h_1 \cdot d(n_2 - n_1) / n_1$; $\Delta h_2 = h_2 \cdot d(n_1 - 1) / n_1$.

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

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

$EF = \cancel{h_2'} d(n_1 - 1) a - d(n_2 - n_1) a + h_2 d(n_1 - 1) / n_1 - h_1 d(n_2 - n_1) / n_1 =$

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



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

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

$= d(n_2 - n_1) \left(a + \frac{h}{n_1} \right) = 3 \text{ см} \Rightarrow S_2' = \sqrt{100^2 + 3^2} \approx 100 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{100} \right) \approx 102 \text{ см}$.

Ответ: $\varphi = 0, 28 \text{ рад}$; $SS_1' = 3, 28 \text{ см}$; $SS_2' = 102 \text{ см}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

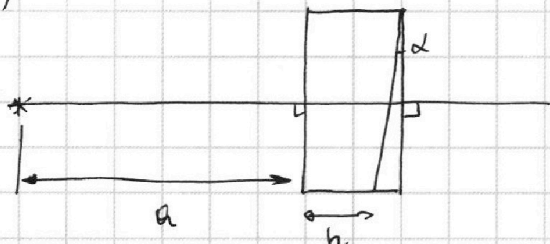
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



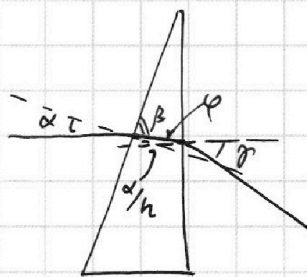
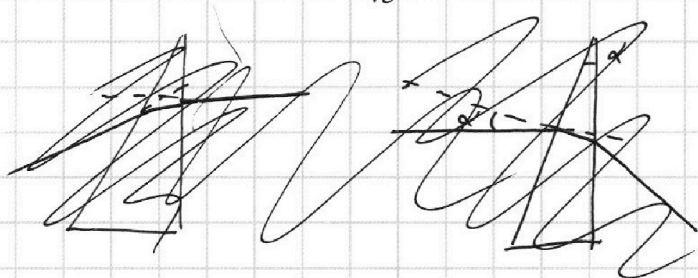
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5)



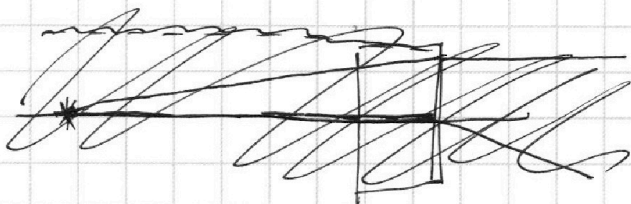
Рассмотрим отдельно прямоугольный угол между прямой с ^{коэф.} наклоном α .



П.к. угол α мал \Rightarrow все приближенно, он падает под углом $\frac{\alpha}{n}$ к нормали $\Rightarrow \beta$ (указан на рисунке) $= \pi - \frac{\alpha}{n}$. Угол под которым луч падает на правую часть кристалла в сумме с углом β 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 прохождении луча через кристалл, он поворачивается его на угол $\frac{\alpha(n-1)}{n}$. Аналогично если луч падает на кристалл под углом $\frac{\alpha(n-1)}{n}$ к нормали, он выйдет из нее нормально.

1) П.к. $n_2 = 1$, преломления в 1 среде не будет. $\varphi = \alpha(n_2 - 1) = 0$, от раз

2) Лучи два луча: один под углом $\frac{\alpha(n-1)}{n}$, другой нормально.



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

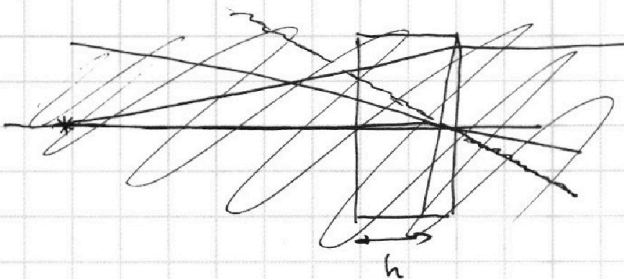
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



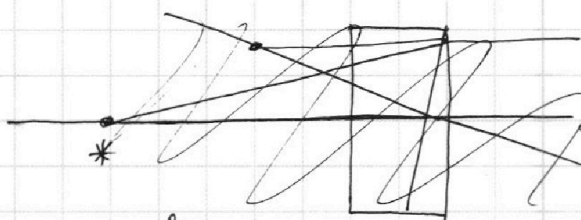
Черновики.



$$100 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2}$$

$$0,08 \cdot (90 + 14)$$

$$0,08 \cdot 104$$

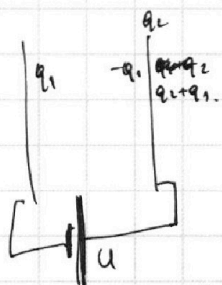


$$100 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2}$$

$$100 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} = 0,1 \cdot 0,3 \cdot (90 + 10) = 3$$

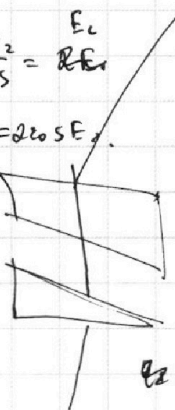
$$h_1 + \Delta h_1 = \Delta(u_2 - u_1) \cdot a + h \cdot \Delta(u_2 - u_1) \cdot (a + \frac{h_1}{a}) =$$

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



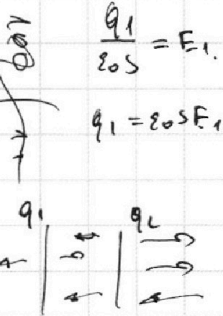
$$q_1 + q_2 = q_3$$

$$q_1 + q_2 = 2 \cdot 205 \cdot E_1$$



$$q_2 = \frac{q_1 + q_1}{2 \cdot 205 \cdot 205}$$

$$\sqrt{100^2 + 3^2} = 100 \cdot \sqrt{1 + \frac{3^2}{100^2}}$$



$$\frac{q_1}{205} = E_1$$

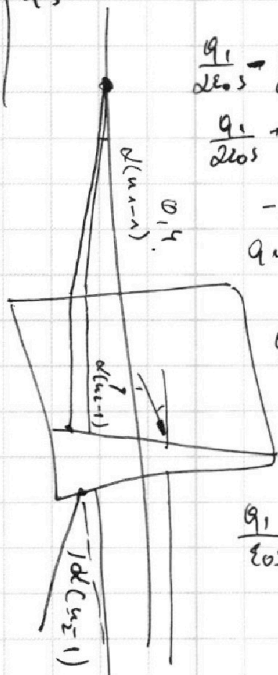
$$q_1 = 205 \cdot E_1$$

$$\frac{q_1}{205} - \frac{q_2}{205} - \frac{q_3}{205} = E_1$$

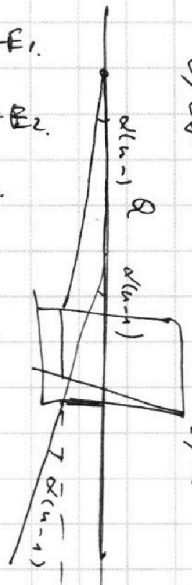
$$\frac{q_1 + q_2}{205} - \frac{q_3}{205} = E_2$$

$$-2q_3 = E_2 \cdot 205$$

$$q_3 = -\frac{2}{3} E_2 \cdot 205$$



$$\frac{q_1}{205}$$



$$0,08 \cdot (90 + 10) \cdot (0,28 - 0,1 - 0,18) = 0,08 \cdot 100 \cdot 0,01 = \frac{100}{100}$$

$$100(1 + 0,015)$$

$$100 \cdot \sqrt{1 + \frac{3^2}{100^2}} = 100 \cdot \sqrt{1 + \frac{9}{10000}} = 100 \cdot \sqrt{1,0009} \approx 100,045$$

$$\Delta(u_2 - u_1) \cdot \Delta(u_2 - u_1) =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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



Handwritten mathematical work on grid paper, including:

- Diagrams of a rectangular object with forces F_1 and F_2 applied at different points.
- Geometric diagrams showing triangles and lines with various labels like $\alpha(u-1)$, $\alpha(u-1)(a+b)$, and $\alpha(u-1)$.
- Equations: $E_1 = \frac{U}{d}$, $E_2 = \frac{U}{2d}$, $F_2 = \frac{U^2}{2d} = qE \frac{2U}{d}$.
- Diagram of a circuit with resistors R_1, R_2, R_3 and a voltage source \mathcal{E} .
- Various scribbled-out diagrams and calculations.

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!



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

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

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

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

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

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

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

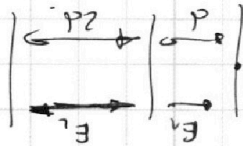
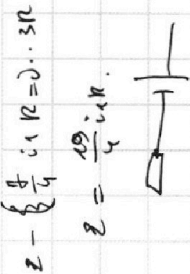
$$\frac{45}{13R} \cdot \varepsilon + \frac{125}{13R}$$

$$\frac{12}{13R} \cdot \varepsilon + \frac{15}{13R}$$

$$\frac{3R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{12}{8}R = \frac{15}{8}R$$

$$i_1 = \frac{38}{10R}, i_2 = \frac{92}{40R}$$

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



$$k \cdot 800 + 100 = 900$$

$$\Delta D = \frac{8}{k \cdot 200} = \frac{8}{1500 \cdot 0,5 + \frac{800}{600} \cdot 10}$$

$$-1 = \frac{5}{5(1 + \Delta D)} - \frac{10}{8 \cdot 5} = -1$$

$$= \frac{440}{551 - 102}$$

$$i_1 = \frac{5}{3}i_2$$

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

$$5 \cdot (1 + \Delta D) \cdot \frac{10}{5} = \frac{470}{5} - 1$$

$$\frac{200}{k \cdot 50}$$

$$\frac{4}{5} - \frac{2}{5} = \frac{2}{5}$$

$$k = \frac{5 \cdot \frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5} - 1}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$k = \frac{11 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{10}{5} \cdot \frac{470}{5}}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{U \cdot dQ}{dt} = U \cdot I$$

$$P = \frac{1}{4} \cdot \left(1 + \frac{P_{\text{res}}}{P_{\text{sum}}} \right) \cdot \frac{4 \cdot 10}{5} = k$$

$$P_{\text{sum}} / 2 \cdot \sqrt{1/2} = \frac{P_{\text{sum}} + P_{\text{res}}}{\sqrt{1/2}}$$

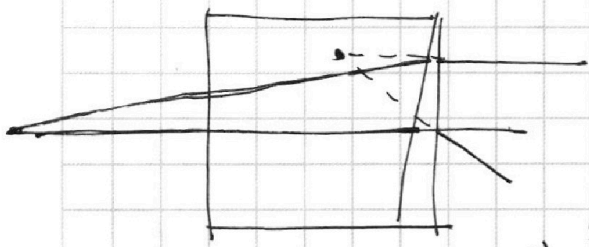
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

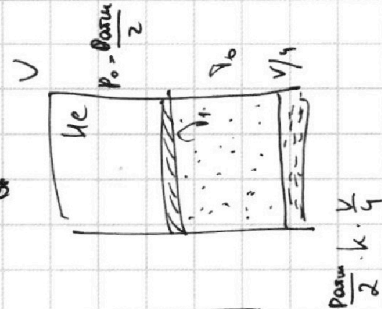
МФТИ

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

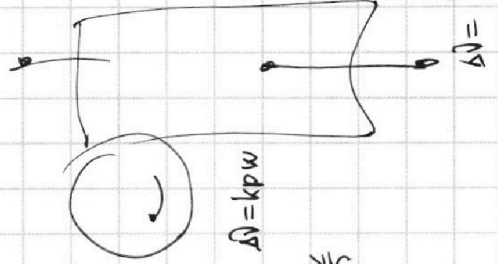
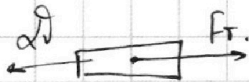


$$\vec{F}_c = \alpha \vec{v} \quad m = 1,5 \text{ т.}$$

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



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



a) αv

$$F_r - \alpha v = m \cdot a.$$

$$F_{r0} = \alpha v_0 \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v_0}$$

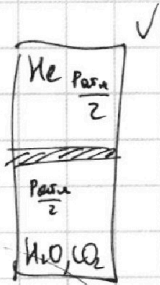
$$F_r = ma + v \cdot \frac{F_k}{v_0}$$

$$F_r - \alpha v = m \frac{dv}{dt}$$

$$F_r \frac{1}{m} dt = \frac{dv}{F_r - \alpha v}$$

$$\frac{\alpha}{m} dt = \frac{dv}{\frac{F_r}{\alpha} - v}$$

2.



$$e \frac{\alpha}{m} = \frac{F_r - \alpha v}{F_r} = 1 - \frac{\alpha v}{F_r} \Rightarrow$$

$$\left(1 - e \frac{\alpha}{m}\right) \frac{F_r}{\alpha} = v.$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{F_r}{\alpha}$$

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

$$E_1 d = U$$

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

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

$$E_2 = \frac{U}{2d} \cdot \frac{24}{d}$$

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

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

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

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

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

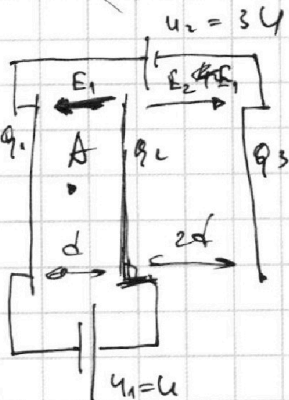
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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

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

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

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



m · q

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!

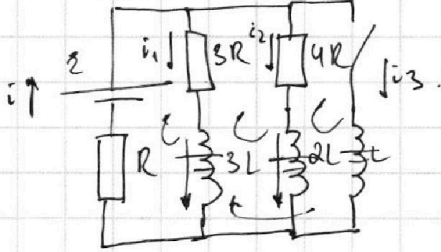


4.

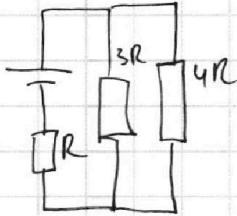
$$\frac{P_{\text{max}} V}{2/4} = 7 R T_0$$

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

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



Ключ размыкается:



$$\frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} = \frac{12}{7} R \quad R_{\text{экв}} = \frac{13}{4} R$$

$$\Rightarrow I_{\text{экв}} = \frac{4E}{13R}; \quad I_{3R} = \frac{4}{13} \frac{E}{R} = \frac{4E}{13R}$$

$$L \frac{dI}{dt} = 4R \cdot I_{\text{экв}} = 4R \cdot \frac{3E}{19R} = \frac{12E}{19} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i$$

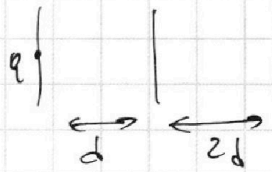
$$E - iR - i_1 \cdot 3R - 3L \frac{di_1}{dt} = 0$$

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

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

$i_{20} = \text{убавится}$

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



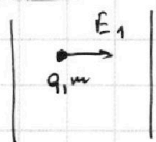
$$q_2 + q_3 - q_1 = 2 \cos E_1$$

$$q_1 + q_2 = 3q_0 - q_1 + q_2 = 2 \cos E_2$$

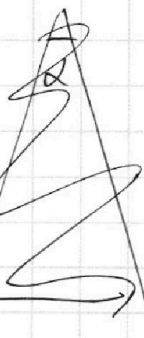
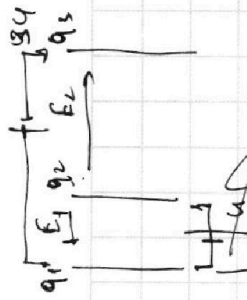
$$0 = 3q_0 + 2q_0 + q_1$$

$$-q_1 - q_3 - q_2 = 2 \cos E_2$$

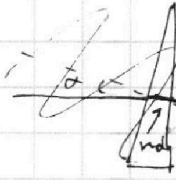
$$0 = 1q_0 + 2q_0$$



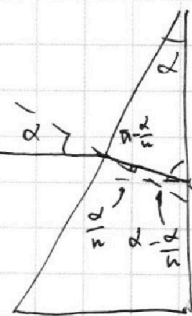
$$a = \frac{qU}{d} / m = \frac{qU}{md}$$



$$k_1 - k_2 =$$



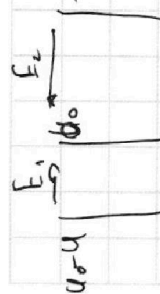
$$\frac{CF}{AO} = \frac{4}{5} \Rightarrow 1 = \frac{4CF}{5AO}$$



$$d \sin \alpha - d = d(\sin \alpha - 1)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} = \frac{4}{5} + \frac{4}{5} \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{max}}}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{max}} \cdot V}{2 T_0}$$



$$k_1 + q(u_0 - u) = 0$$

$$k_2 + q_2 u_0 = 0$$

$$q_3 = -2 \cos E_2$$

$$F_2 = \frac{-q_3}{2 \cos E_2}$$