



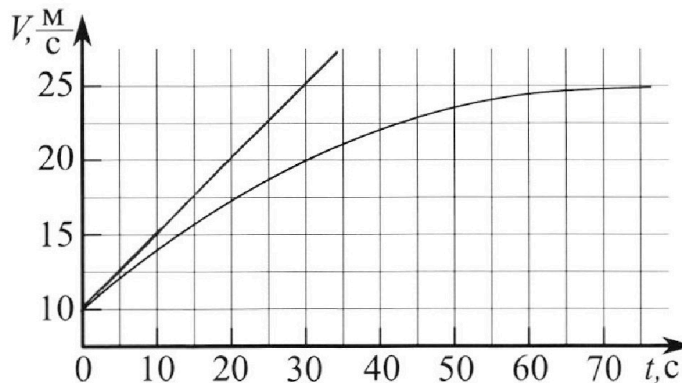
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

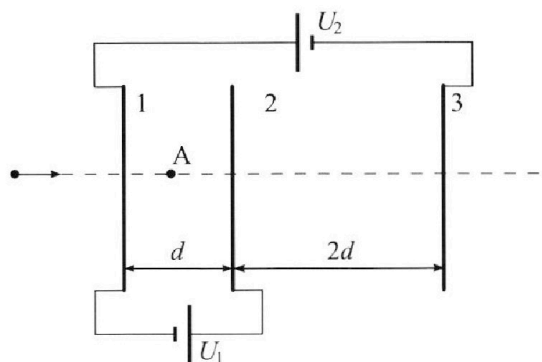
Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

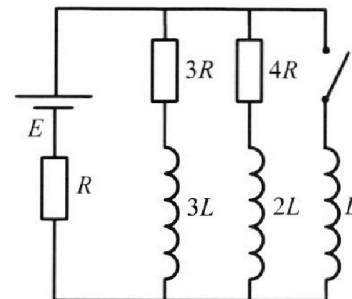
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



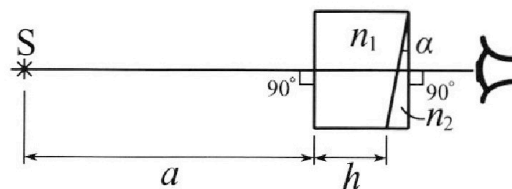
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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

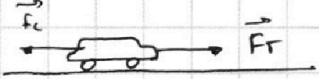
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

селе. Тогда в любой момент времени на автомобиль действует сила

эти силы, уравнение $m \frac{dv}{dt} = F_T - F_c$. Это уравнение имеет вид, что

в некоторый момент скорости перестаёт изменяться и стабилизируется $v_k = 25 \text{ м/с}$

$$\text{Для этого уравнения справедливо: } \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow F_T = F_k = F_c = \alpha v_k \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v_k}$$

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

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

3) Мощность подаваемая двигателем на ведущие 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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

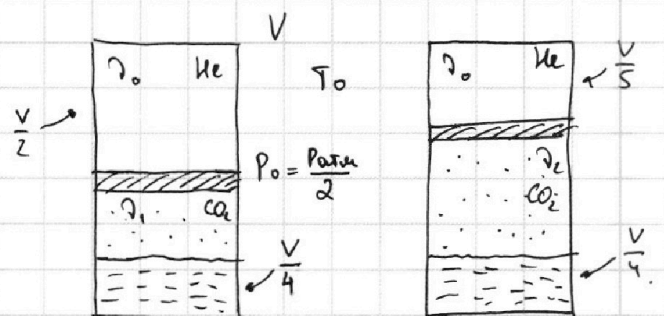
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 ν_1 и ν_2 — начальное и конечное количество увеличенного газа по мере нагрева. Пусть нагревали воду, некоторое кол-во жидк. CO_2

Это растворено в воде: $\Delta \nu = k p_{\text{CO}_2} W$, где $p_{\text{CO}_2} = \frac{p_{\text{atm}}}{2}$, $W = V/4$.

$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{atm}}/2 - p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)}$ — дело, что сначала по мере нагрева жидк. CO_2 и водной пар, однако $p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)} \ll p_{\text{atm}}/2$ при комнатной температуре $\Rightarrow p_{\text{CO}_2} = p_{\text{atm}}/2$. Отсюда следует: $\nu_2 = \nu_1 + k \frac{p_{\text{atm}} V}{8}$.

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

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

He: $\frac{p_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_0 R T_0$; $\frac{p_k \cdot V}{5} = \nu_0 R T$, где ν_0 — кол-во гелия, p_k — установившееся давление после нагревания. $\Rightarrow \frac{p_{\text{atm}} V}{4} \cdot \frac{5}{p_k \cdot V} = \frac{T_0}{T} = \frac{5 p_{\text{atm}}}{4 p_k} (*)$

CO_2 : $\frac{p_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0$; $p_{\text{ж.п.}} \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2 R T$, где $p_{\text{ж.п.}}$ — парциальное давление CO_2 после нагрева. По закону Дальтона $p_k = p_{\text{atm}} + p_{\text{ж.п.}} =$

$\frac{p_{\text{atm}} V}{8} \cdot \frac{20}{11 p_{\text{ж.п.}} V} = \frac{\nu_1 T_0}{\nu_2 T}$, где ν_1 можно найти как $\frac{p_{\text{atm}}/2 \cdot V/4}{R T_0}$

$(*) \Rightarrow \frac{p_{\text{atm}}}{p_{\text{atm}} + p_{\text{ж.п.}}} = \frac{T_0}{T} \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} \left(1 + \frac{p_{\text{ж.п.}}}{p_{\text{atm}}} \right) \Rightarrow k = \frac{5 T}{4 T_0} - 1$

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

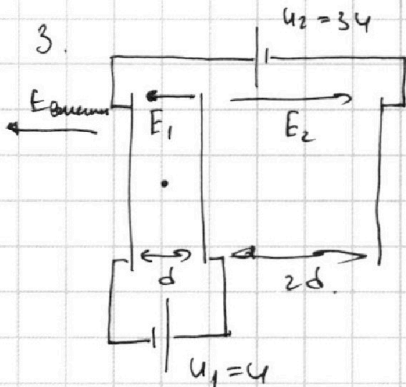
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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 как $q_1, q_2, q_3 = 0$~~

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

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

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

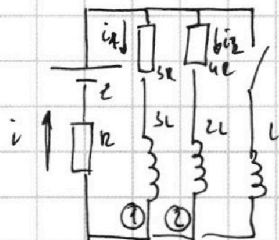
$$E_{внешн} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0 \Rightarrow \text{по СЛ: } k_1 = \frac{m\omega^2}{2}; k_2 = \frac{m\omega^2}{2} - qU \Rightarrow k_1 - k_2 = qU$$

3) по СЛ: $\frac{m\omega^2}{2} + \frac{qU}{2} = \frac{m\omega^2}{2} \Rightarrow k_1 - k_2 + qU = 0 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{qU}{m}}$ 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 $\mathcal{E}_i = L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow i_3 = i_1 + i_2 = i_2 + 4i_2$

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

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

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

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

нулевым, составляющий из ЭДС, 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 поток через катушку) \Rightarrow

$\frac{di_3}{dt} = \frac{\mathcal{E} - \frac{3\mathcal{E}}{13R} \cdot R}{L} = \frac{12\mathcal{E}}{13L}$

3) Через некоторое 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 некоторое время.

Заменим контур с резистором $3R$ и катушкой L и SL :

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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:

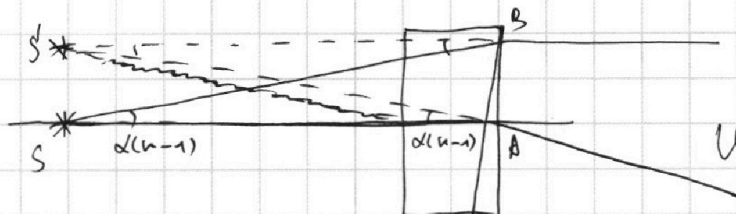
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

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 параллельные лучи.

Углубимся из источника равно-

саяние на пересечении параллельных лучей. Пусть ширина d и высота

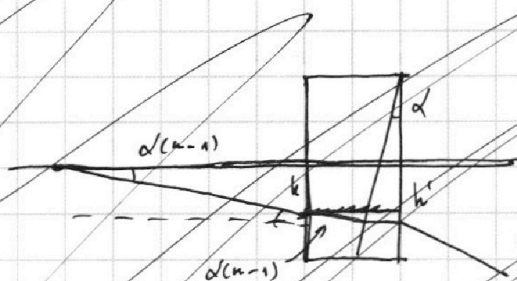
левого линзы h , лучи n и их продолжение создаст два равных

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

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

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

5) Теперь рассмотрим перпендикулярные лучи из двух линз.



Обе линзы имеют в основании угол d .

Это значит, что если лучи коррусируются

каждый луч, каждый из линз повернется по

вокруг в радиусе вращения на угол $d(n-1) \Rightarrow$ они вращаются коррусируются.

Теперь пусть луч из угла $d(n-1)$ к горизонту h и h' . Но он проходит

над линзой 1 он примет горизонтальное, а после линзы 2 снова из

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

ширина линзы 2 на уровне горизонтально 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

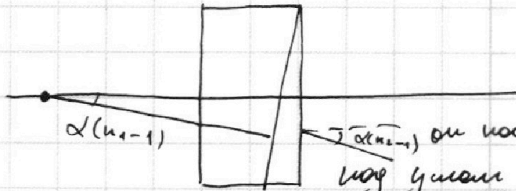


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



~~Крестиком~~ вертикальной координаты ~~от угла зрения~~ того, что
 круга h_1 точка, α имеет ширину h $d \approx h$.

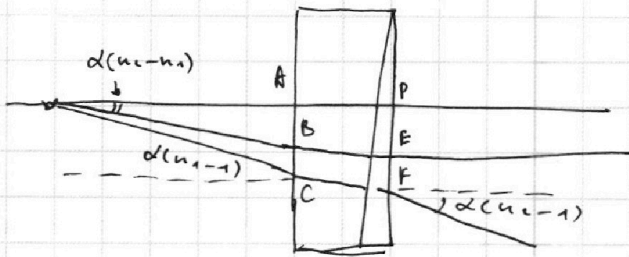
3)



Дугоми глаза узла: первый угол
 узлом $\alpha(n_1 - 1)$, тогда после 1 преломл
 он пойдет вертикально, а после второй —
 угол $\alpha(n_2 - 1)$.

Второй угол так, чтобы он пошел вертикально после преломления
 глаза через две линзы. \Rightarrow на вторую он должен упасть под углом

$$\alpha(n_2 - 1), \text{ а на первую: } \alpha(n_2 - 1) - \alpha(n_1 - 1) = \alpha(n_2 - n_1)$$



$$AB = h_1; AC = h_2 \text{ (д)}; DE = h_1'; DF = h_2'$$

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

Δh найдем из у-го того, что

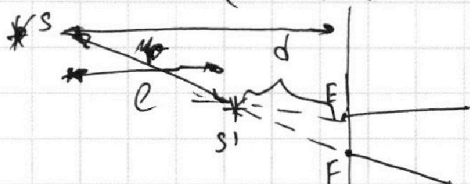
$$\text{преломл } \neq \text{ точка} \Rightarrow \Delta h_1 = h_1 \cdot \alpha(n_2 - n_1) / n_1; \Delta h_2 = h_2 \cdot \alpha(n_1 - 1) / n_1$$

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

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

$$EF = \alpha(n_1 - 1) a - \alpha(n_2 - n_1) a + h_2 \alpha(n_1 - 1) / n_1 - h_1 \alpha(n_2 - n_1) / n_1 =$$

$$\alpha(n_1 - 1) \left(a + \frac{h}{n_1} \right) - \alpha(n_2 - n_1) \left(a + \frac{h}{n_1} \right) = \left(a + \frac{h}{n_1} \right) (\alpha(n_1 - 1) - \alpha(n_2 - n_1))$$



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

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

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

Ответ: $\varphi = 0,28 \text{ рад}; SS_1' = 7,28 \text{ см}; SS_2' = 102 \text{ см}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

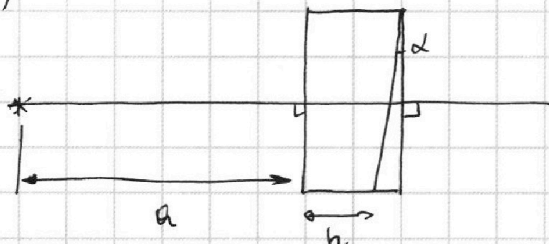
1 2 3 4 5 6 7



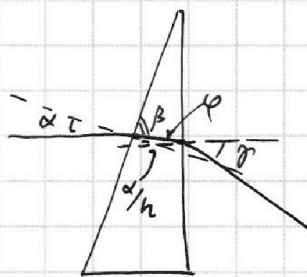
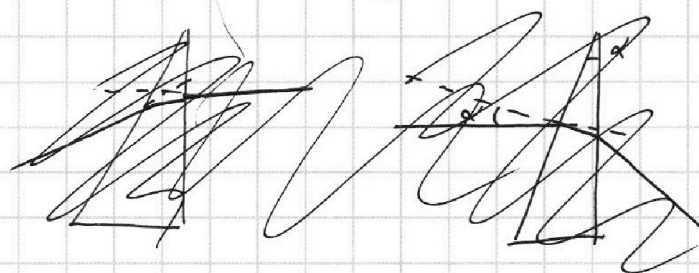
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5)



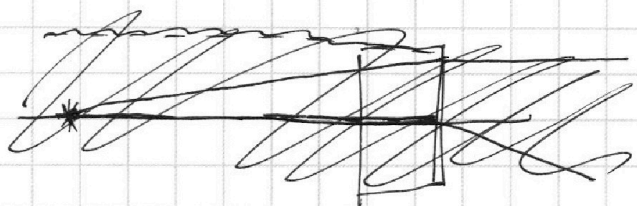
Рассмотрим отдельно проекции
 угол между прямой с ^{коэф.} $\frac{d}{n}$ и $\frac{d}{n}$



П.к. угол α мал \Rightarrow все приближено, \sin подбрось под углом $\frac{d}{n}$ к нормали $\Rightarrow \beta$ (указан на рисунке) $= \pi - \frac{d}{n}$. Угол под которым луч падает на правую грань кристалла в сумме с углом β является внешним для вершины треугольника $\Rightarrow \varphi = \pi - \frac{d}{n} + \alpha - \pi = \alpha - \frac{d}{n} \Rightarrow$
 после выхода из кристалла угол совпадает с нормалью $\frac{d(n-1)}$. То есть при преломлении луча между кристаллами, он поворачивается его на угол $d(n-1)$. Аналогично если луч падает на кристалл под углом $d(n-1)$ к нормали, он выйдет из нее нормально.

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

2) Будут два луча: один под углом $d(n-1)$, другой нормально.



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

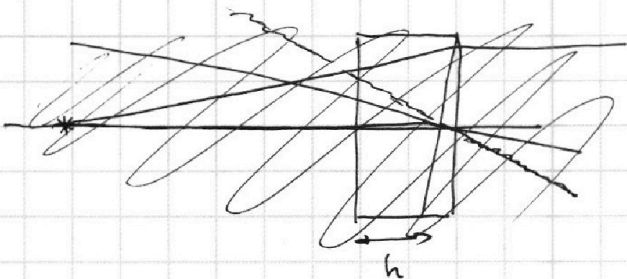
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



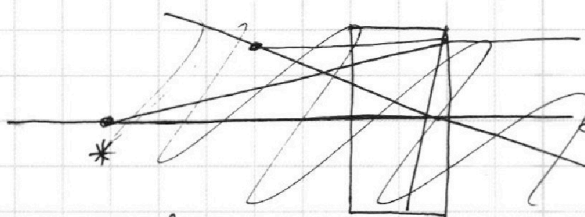
Черновик.



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

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

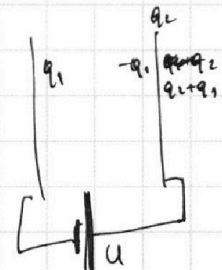
$$0,08 \cdot 104$$



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

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

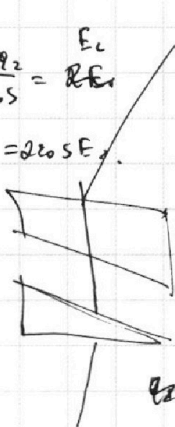
$$h_1 + \Delta h_1 = \Delta(u_2 - u_1) \cdot a + h \cdot \Delta(u_2 - u_1) \cdot (a + \frac{h_1}{a}) =$$



$$q_1 + q_2 + q_3 = q_3$$

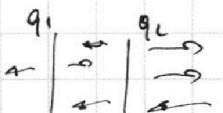
$$q_1 + q_2 = 2 \cdot 205 \cdot E_1$$

$$q_1 = 205 \cdot E_1$$



$$E_2 = \frac{q_1 + q_2}{2 \cdot 205} \cdot \frac{100}{2}$$

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



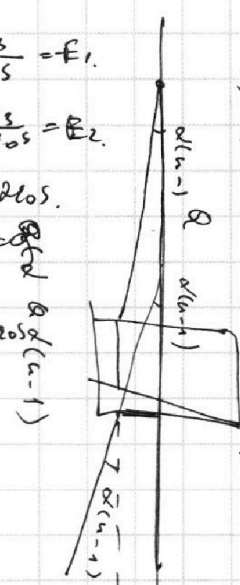
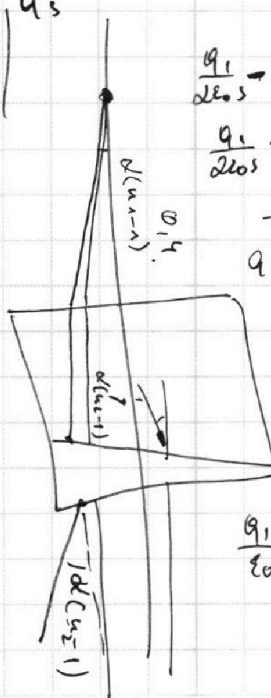
$$\frac{q_1}{2 \cdot 205} - \frac{q_2}{2 \cdot 205} - \frac{q_3}{2 \cdot 205} = E_1$$

$$\frac{q_1 + q_2}{2 \cdot 205} - \frac{q_3}{2 \cdot 205} = E_2$$

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_3 = -\frac{2}{3} E_2 \cdot 205 \cdot \Delta(u_2 - u_1)$$



$$0,08 \cdot (0,28 - 0,1 - 0,18) = 0,08 \cdot 0,01 = \frac{100}{2}$$

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

$$\Delta(u_2 - u_1) = \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2}$$

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 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!



Handwritten solutions on grid paper, including diagrams and calculations. The page contains several diagrams and calculations. On the left, there are coordinate systems with lines and points, some labeled with 'x' and 'y' axes. In the center, there are several geometric diagrams, including triangles and rectangles, with various lines and points labeled. On the right, there is a circuit diagram with a battery, resistors, and a capacitor, labeled with 'q1', 'q2', 'q3', 'q4', 'd', '2d', 'U', 'E1 = U/d', 'E2 = U/2d', and 'F1 = qE1', 'F2 = qE2'. There are also some scribbled-out areas and other diagrams scattered across the page.

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

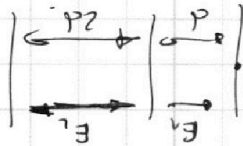
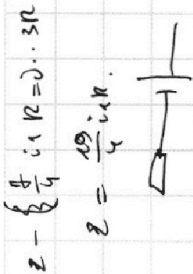
$$\frac{3R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{12}{8} R$$

$$\frac{12}{8} R = \frac{125}{13R}$$

$$i_1 = \frac{38}{10R}$$

$$i_2 = \frac{92}{40R}$$

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



$$\frac{I_0}{1} = \frac{I_1}{R}$$

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

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

$$\frac{5521 - 1022}{4401}$$

$$\frac{1}{5} \left(\frac{5(11 + \Delta D)}{0,25} - \frac{10}{0,25} \right) = -1$$

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

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

Вектор

$$k = \frac{0,25}{5} \cdot \frac{0,15}{0,25} = \frac{0,15}{5} = 0,03$$

$$\text{Резерв} = \frac{11}{0,25} \cdot \frac{1}{0,25} = 176$$

$$\text{Резерв} \cdot 0,25 = \frac{11}{0,25} \cdot 0,25 = 11$$

$$p = \frac{d \text{ posw}}{d t} = \frac{0,25}{d t}$$

$$p = \frac{d \text{ posw}}{d t} = \frac{0,25}{d t}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{\text{Резерв}}{55} \right) \cdot \frac{4}{5} \cdot 0,15 = k$$

$$\frac{\text{Резерв}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{(1 + \text{Резерв}) \cdot 15}$$

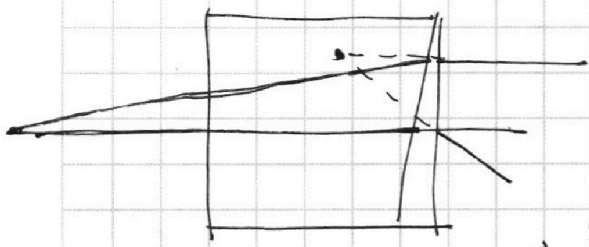
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

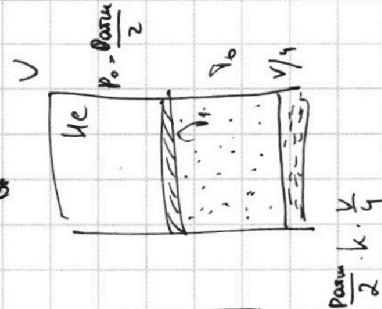
МФТИ

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

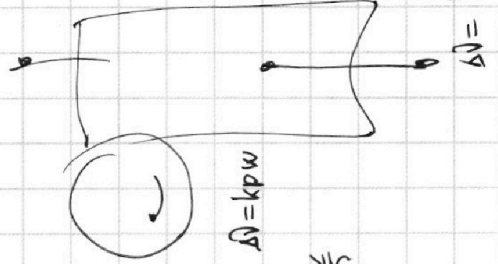
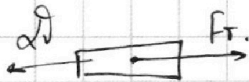


$$\vec{F}_c = \alpha \vec{v} \quad m = 1,5 \text{ т.}$$

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



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



a) αv

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

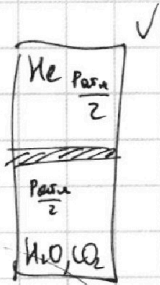
$$q_1 - q_2 = -2\epsilon_0 s \cdot E_1$$

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

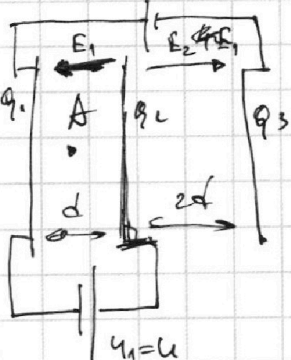
$$-q_2 - q_3 - q_2 = -2\epsilon_0 s E_1$$

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

2.



$$u_2 = 3 \text{ V}$$



$$E_1 d = U$$

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

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

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

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

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

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!

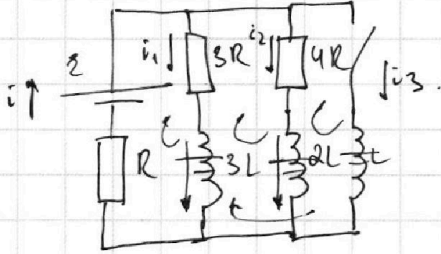


4.

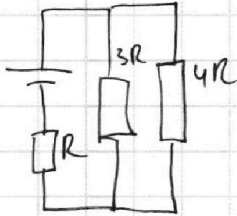
$$\frac{P_{max}}{2/4} = 7 R T_0$$

$$\frac{P_0}{2} \cdot \frac{V_0}{2} = 2$$

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



Ключ размыкается:



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

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

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

$$i_1 + i_2 + i_3 = i$$

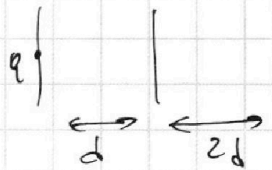
$$E - iR - i_1 \cdot 3R - 3L \frac{di_1}{dt} = 0$$

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

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

$i_{20} = \text{убавляется}$

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

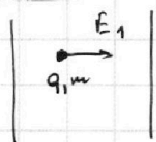


$$q_3 = -2 \cos E_2$$

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

$$2 \cos E_2 = 2 \cos E_2$$

$$-q_3 - q_3 = -2q_3$$



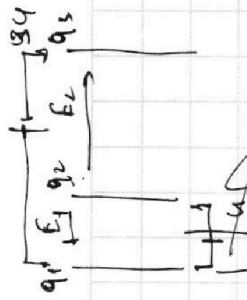
$$a = \frac{qU}{d} / m = \frac{qU}{md}$$

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

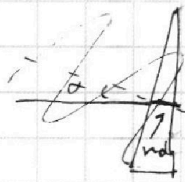
$$q_1 + q_2 = 3 \cos E_2 = 2 \cos E_2$$

$$0 = 3 \cos E_2 + 2 \cos E_2$$

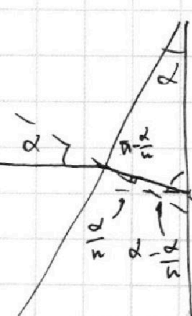
$$0 = 1 \cos E_2$$



$$k_1 - k_2 =$$



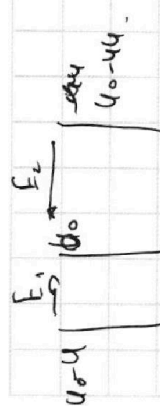
$$\frac{CF}{4 T_0} = 1$$



$$d u - d = d(u - 1)$$

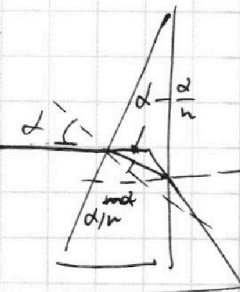
$$\frac{1}{T_0} = \frac{5 P_{max}}{4(P_{max} + P_{max})}$$

$$q_1 = \frac{P_{max} \cdot V_0}{R T_0}$$

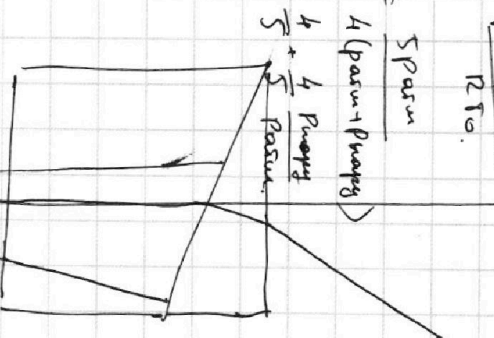


$$k_1 + q(u_0 - u) = 0$$

$$k_2 + q_2 u_0 = 0$$



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



$$0 = 1 \cos E_2$$