



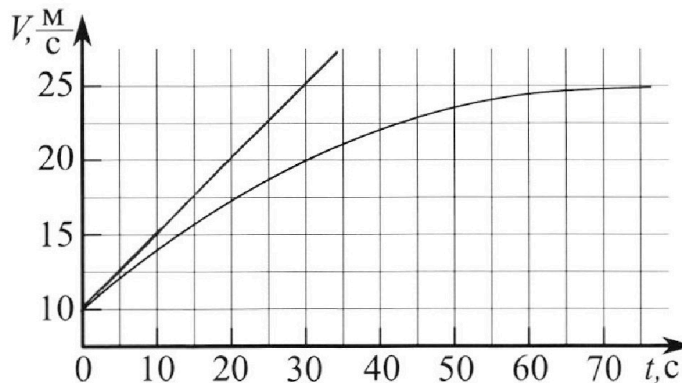
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

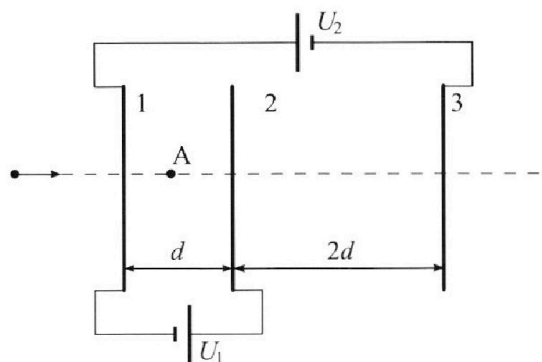
Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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

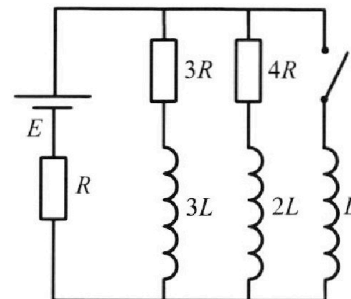
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



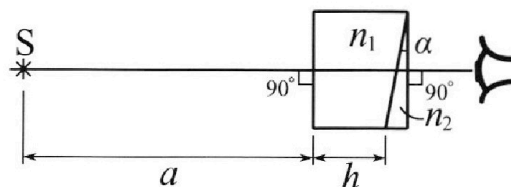
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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

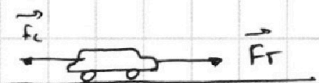
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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

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

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

3) Мощность подаваемая двигателем на ведущие колеса

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

Ответ:  $0,5 \text{ м/с}^2$ ;  $3150 \text{ Н}$ ;  $31500 \text{ Вт}$ .

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!



$$\Rightarrow \frac{5}{22} \frac{\partial I}{I_0} = \frac{5}{4} \frac{I}{I_0} - 1 \Rightarrow \frac{I}{I_0} \left( \frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial_2}{\partial_1} \right) = 1 \Rightarrow \frac{I}{I_0} \left( \frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial_2 + \Delta V}{\partial_1} \right) = 1.$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} \left( \frac{5 \partial_2 - 10(\partial_2 + \Delta V)}{44 \partial_1} \right) = 1 \Rightarrow \frac{I}{I_0} \left( \frac{5 \partial_2 - 10 \partial_2 - 10 \Delta V}{44} \right) = 1$$

$$\frac{\Delta V}{I_0} = \frac{k_{расм} V}{8} / \frac{расм V}{3RT}$$

$$\frac{I}{I_0} \left( \frac{5}{4} - \frac{5}{22} \frac{\partial_2}{\partial_2 - \Delta V} \right) = 1 \Rightarrow \frac{I}{I_0} \left( \frac{5 \cdot 2(\partial_2 - \Delta V) - 5 \partial_2 \cdot 11}{44(\partial_2 - \Delta V)} \right) = 1 \Rightarrow$$

$$\frac{I}{I_0} = \frac{I}{I_0} = \frac{44(\partial_2 - \Delta V)}{10(\partial_2 - \Delta V) - 55 \partial_2} = \frac{44(1 - \frac{\Delta V}{\partial_2})}{10(1 - \frac{\Delta V}{\partial_2}) - 55}$$

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

$$\frac{I}{I_0} = \frac{44(1 - 1,5)}{10(1 - 1,5) - 55} = \frac{-22}{-5 - 55} = \frac{22}{60} = \frac{11}{30}$$

$$\text{У гр-на максимальный выигрыш } \partial_0 = \frac{расм / 2 \cdot V / 2}{RT_0}; \partial_1 = \frac{расм / 4 \cdot V / 4}{RT_0} \Rightarrow$$

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

$$\text{Ответ: } \frac{\partial_0}{\partial_1} = 2; \frac{I}{I_0} = \frac{11}{30}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

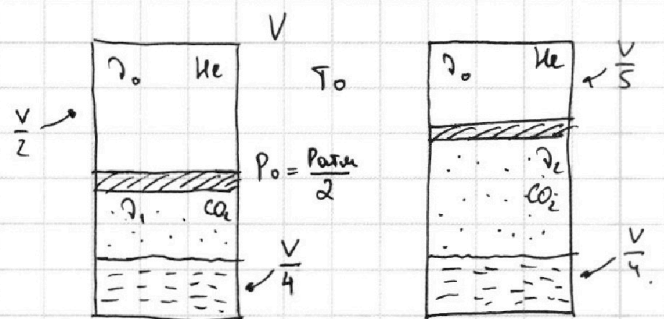
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 нагреваем сосуд, некоторое кол-во жидк.  $\text{CO}_2$

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

$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{атм}}/2 - p_{\text{ж.п.}}^{(T_0)}$  — дело, что сначала по сравнению с жидк. водой,  $\text{CO}_2$  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  $T = 383\text{K}$ .  $\text{CO}_2$  почти не будет растворен в воде, а давление жидк. пара будет равно атмосферному:  $p_{\text{ж.п.}}^{(T)} = p_{\text{атм}}$ .

Заменим уравнение состояния для гелия и для  $\text{CO}_2$  до и после нагрева:

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

$\text{CO}_2$ :  $\frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0$ ;  $p_{\text{пары}} \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2 R T$ , где  $p_{\text{пары}}$  — парциальное давление  $\text{CO}_2$  после нагревания. По закону Дальтона  $p_k = p_{\text{атм}} + p_{\text{пары}} =$

$\frac{p_{\text{атм}} V}{8} \cdot \frac{20}{11 p_{\text{пары}} V} = \frac{\nu_1 T_0}{\nu_2 T}$ , где  $\nu_1$  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  $\frac{p_{\text{пары}}}{p_{\text{атм}}} \cdot \frac{11V}{20} \cdot \frac{8}{V} = \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0} = k \cdot \frac{22}{5} = \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0} \Rightarrow k = \frac{5}{22} \frac{\nu_2 T}{\nu_1 T_0}$

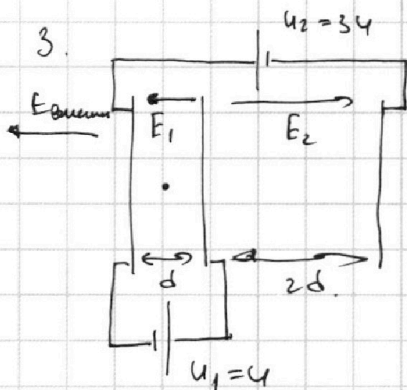
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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

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

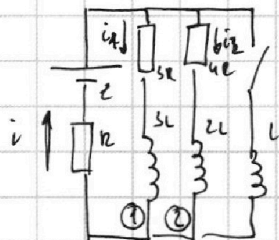
$$E_{внешн} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0 \Rightarrow \text{по СЦ: } k_1 = \frac{m\omega^2}{2}; k_2 = \frac{m\omega^2}{2} - qU \Rightarrow k_1 - k_2 = qU$$

3) по СЦ:  $\frac{m\omega^2}{2} + \frac{qU}{2} = \frac{m\omega^2}{2} \Rightarrow k_1 - k_2 = qU \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{qU}{m}}$  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:  $i_1, i_2$  и ток катушки индуктивностью  $L - i_3$ . Во замкнутом ток в катушке

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

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

Заменим резисторы на один сопротивлением

$R_{\Sigma} = \frac{5R + 4R}{5R + 4R} + R = \frac{13}{3}R \Rightarrow 2 = \frac{13}{3}R \cdot i \Rightarrow i = \frac{6}{13R} \Rightarrow i_1 = \frac{4R}{5R + 4R} \cdot i = \frac{4R}{13R} ; i_2 = \frac{3R}{13R}$

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

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

нулевым, составляющий из ЭДС, резистора  $R$  и катушки  $L$ :

$2 - iR = L \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{2 - iR}{L}$ ; (ток в цепи сразу увеличиться не может,

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

$\frac{di}{dt} = \frac{2 - \frac{4R}{13R} \cdot R}{L} = \frac{12R}{13L}$

3) Через некоторое время ток, через катушки снова перестанет изменяться,

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

теперь не будет  $\Rightarrow i_3' = \frac{2}{R}$  - ток через катушку  $L$  через некоторое время.

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

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

$-3L \cdot \frac{4R}{13R} + 5R Q_1 = L \frac{2}{R} \Rightarrow 5R Q_1 = L \frac{2}{R} + 3L \frac{4R}{13R} = L \frac{2}{R} + \frac{12R}{13R} L = \frac{31R}{13R} L \Rightarrow$

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!

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

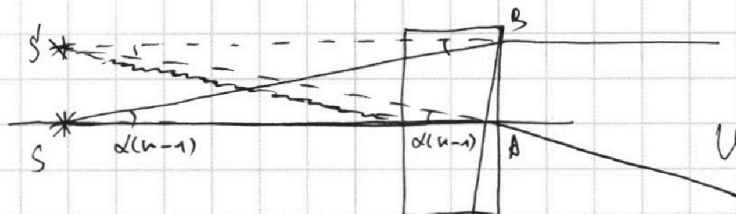
1  2  3  4  5  6  7

**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.

Удобнее всего найти равно-

составляющую на пересечении преломленных лучей. Пусть ширина  $d$  пружины

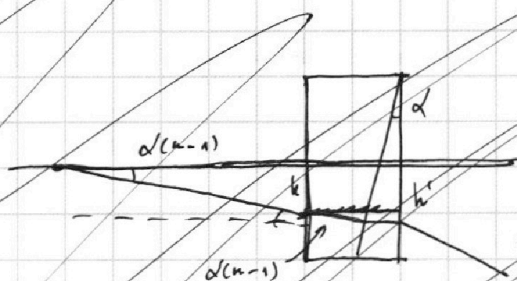
меньше  $h$ , лучи  $n$  и  $n'$  преломленные создаст для равности

равновзвешенных 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 продольные лучи из двух пружин.



Обе пружины имеют в основании угол  $d$ .

Это означает, что если учесть корьювание

каждого луча, каждый из пружин повернется по

тому в радиусе вращения на угол  $d(n-1) \Rightarrow$  он также корьювается.

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

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

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

ширина пружины  $d$  на уровне горизонтально участка луча тоже мал

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

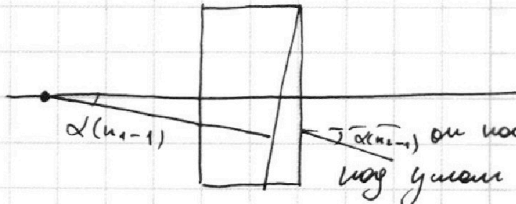


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



~~Крестиком~~ вертикальной координаты ~~от угла зрения~~ того, кто крутит ~~на~~ точку, ~~и~~ имеет ширину  $h$  ~~и~~  $d \ll h$ .

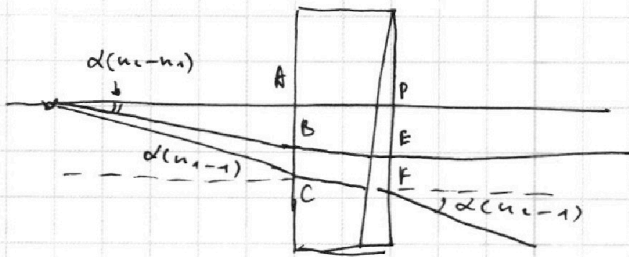
3)



Дважды два угла: первый угол ушем  $d(u_1 - 1)$ , тогда после 1-й точки он пойдет вертикально, а после второй — угол ушем  $d(u_2 - 1)$ .

Второй угол так, чтобы он пошел вертикально после проведенной дуге через две точки.  $\Rightarrow$  на вторую он должен уметь поуглом

$$d(u_2 - 1), \text{ а на первую: } d(u_2 - 1) - d(u_1 - 1) = d(h_2 - h_1)$$



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

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

$\Delta h$  найдем из у-го того, что

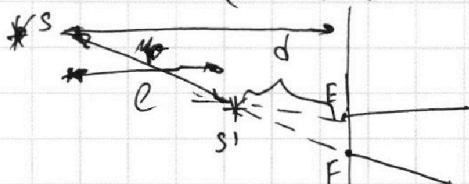
$$\text{крутит } 1 \text{ не касается} \Rightarrow \Delta h_1 = h_1 \cdot d(u_2 - u_1) / u_1; \Delta h_2 = h_2 \cdot d(u_1 - 1) / u_1$$

$$\Rightarrow EF = h_2' - h_1' = h_2 - h_1 + h_1 d(u_1 - 1) / u_1 - h_1 d(u_2 - u_1) / u_1 =$$

$$h_1 = d(u_2 - u_1) \cdot a; h_2 = d(u_1 - 1) \cdot a \Rightarrow$$

$$EF = d(u_1 - 1) a - d(u_2 - u_1) a + h_1 d(u_1 - 1) / u_1 - h_1 d(u_2 - u_1) / u_1 =$$

$$d(u_1 - 1) \left( a + \frac{h_1}{u_1} \right) - d(u_2 - u_1) \left( a + \frac{h_1}{u_1} \right) = \left( a + \frac{h_1}{u_1} \right) (2du_1 - d - du_2)$$



$$d = \frac{EF}{d(u_1 - 1)} = \frac{\left( a + \frac{h_1}{u_1} \right) (2du_1 - d - du_2)}{d(u_2 - 1)} \approx \frac{100}{3} \text{ см} \approx 14.2 \text{ см}$$

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

$$= d(u_2 - u_1) \left( a + \frac{h_1}{u_1} \right) = 3 \text{ см} \Rightarrow S_2' = \sqrt{100^2 + 3^2} \approx 100 \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{100} \right) \approx 102 \text{ см}$$

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:

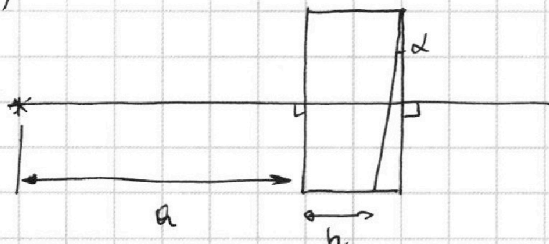
1  2  3  4  5  6  7



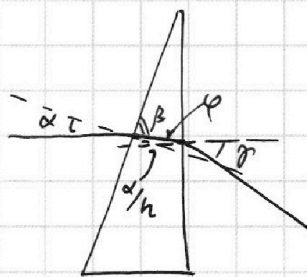
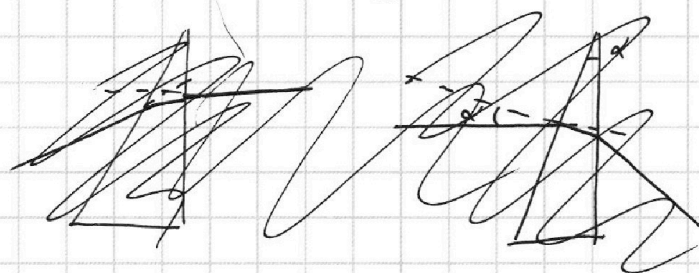
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5)



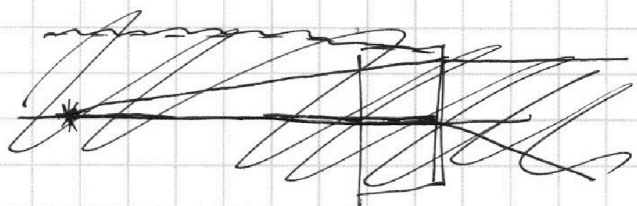
Рассмотрим отдельно проекцию  
 угол между прямой с  $\alpha$  и проекцией на  $\beta$ .



П.к. угол  $\alpha$  мал  $\Rightarrow$  все проекции, от которых по углам  $\frac{\alpha}{n}$  к нормаль  $\Rightarrow \beta$  (указан на рисунке)  $= \pi - \frac{\alpha}{n}$ . Угол под которым луч падает на правую грань призмы в сумме с углом  $\beta$  является внешним для вершины треугольника  $\Rightarrow \varphi = \pi - \frac{\alpha}{n} + \alpha - \pi = \alpha - \frac{\alpha}{n} \Rightarrow$   
 после выноса из призм угол совпадает с нормалью  $\frac{\alpha(n-1)}{n}$ . То есть при перпендикулярном лучу призму, она поворачивается его на угол  $\frac{\alpha(n-1)}{n}$ . Аналогично если луч падает на призму под углом  $\frac{\alpha(n-1)}{n}$  к нормали, он выйдет из нее нормально.

1) П.к.  $n_2 = 1$ , проекция в 1 луче 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:

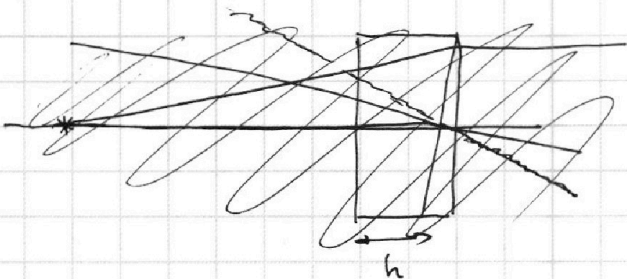
- 1  2  3  4  5  6  7



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



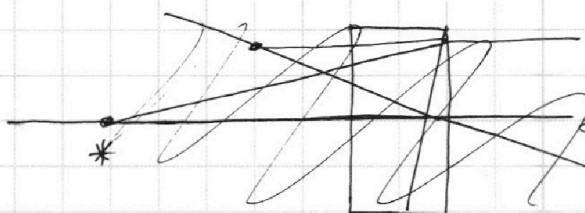
*Черновики.*



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

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

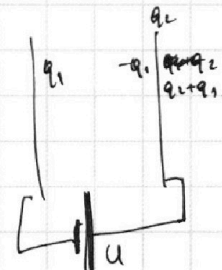
$$0,08 \cdot 104$$



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

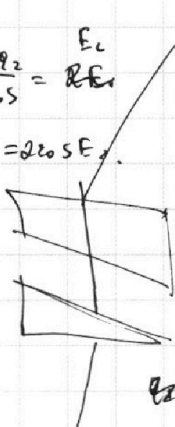
$$100 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{100}{2} = 0,1 \cdot 0,3 \cdot (90 + 10) = 3$$

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



$$q_1 + q_2 = q_3$$

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



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

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

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

$$q_1 = 205 E_1$$

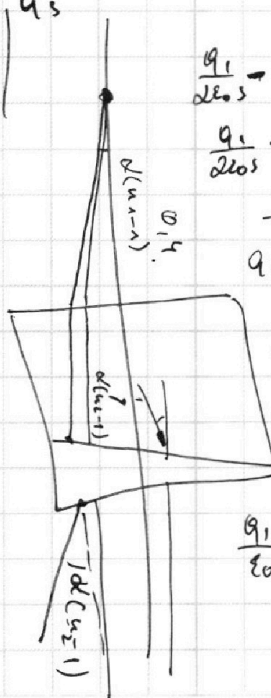
$$\frac{q_1}{205} - \frac{q_2}{205} - \frac{q_3}{205} = E_1$$

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

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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



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

$$100 \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right)^2 = 100 \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 100 \cdot 1,03 = 103$$

$$\Delta(u_2 - u_1) = \Delta(u_2 - u_1) - \Delta(u_2 - u_1) = 0$$

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

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!



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!



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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{12}{13R} \cdot \varepsilon + \frac{125}{13R}$$

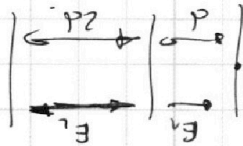
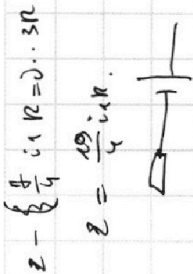
$$\frac{3R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{12}{8} R$$

$$\frac{12}{8} R$$

$$i_1 = \frac{32}{10R}$$

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

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



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

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

$$\Delta D = \frac{8}{k_{\text{рас}} V}$$

$$\frac{5521 - 1072}{4401}$$

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

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

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

Вспомогательный ток

$$k = \frac{0,5}{5} \cdot \frac{0,5}{5} = \frac{0,25}{5} = 0,05$$

$$k_{\text{рас}} = \frac{11}{20} \cdot \frac{1}{k} = \frac{11}{20} \cdot 20 = 11$$

$$k_{\text{рас}} \cdot 0,25 = \frac{11}{20} \cdot 0,25 = 0,1375$$

$$p = \frac{dW}{dt} = u \cdot i$$

$$p = \frac{dW}{dt} = u \cdot i$$

$$p = \frac{dW}{dt} = u \cdot i$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{4} \left( 1 + \frac{1}{k_{\text{рас}}} \right) \cdot \frac{4}{5} \cdot 0,5 = k$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{4} \left( 1 + \frac{1}{k_{\text{рас}}} \right) \cdot \frac{4}{5} \cdot 0,5 = k$$

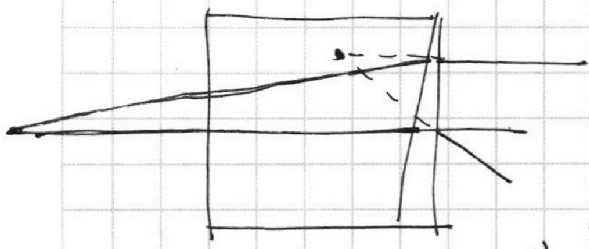
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

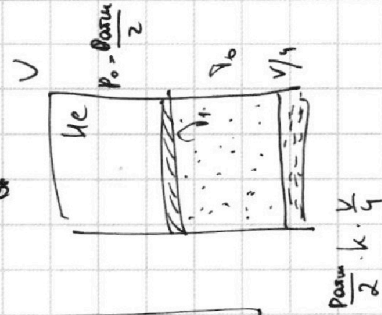
**МФТИ**

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

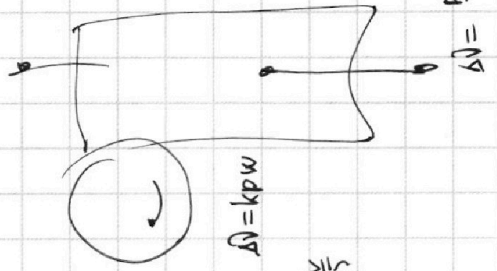
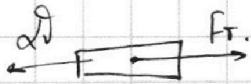


$$\vec{F}_c = \alpha \vec{v} \quad m = 1,5 \text{ т.}$$

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



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



a)  $\alpha v$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} -2q_2 - q_3 &= -2\epsilon_0 s E_1 \\ -q_3 + q_2 &= 2\epsilon_0 s E_2 \\ 3q_2 &= 3 \cdot 2\epsilon_0 s (E_1 + E_2) \end{aligned}$$

$$E_1 d = U$$

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

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

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

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

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

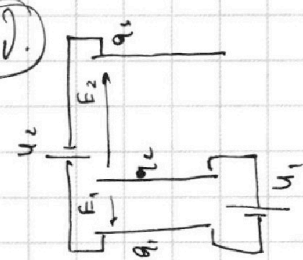
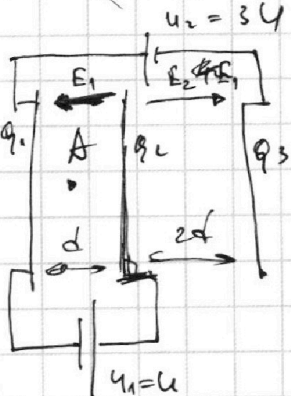
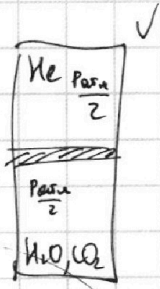
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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

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

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

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



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!



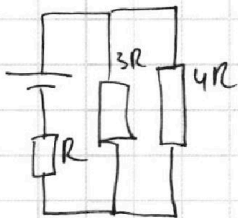
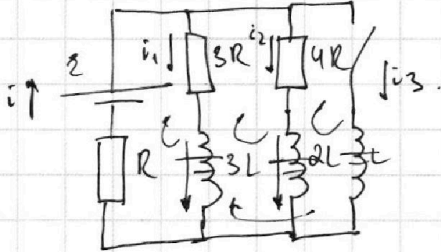
4.

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

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

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

Ключ параметры:



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

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

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

$$i_1 + i_2 + i_3 = i$$

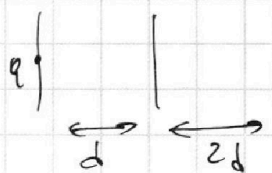
$$E - iR - i_1 \cdot 3R - 3L \frac{di_1}{dt} = 0$$

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

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

$i_{20} = \text{убавляется}$

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



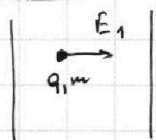
$$q_2 + q_3 - q_1 = 2 \cos E_1$$

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

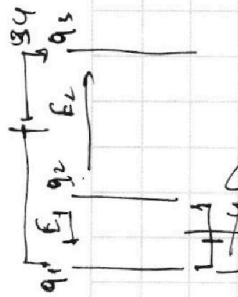
$$0 = 3q_0 + 2q_0 + q_1$$

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

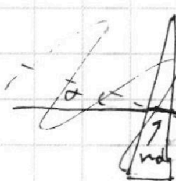
$$0 = 1q_0 + 2q_0$$



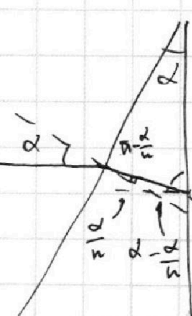
$$a = \frac{qU}{d} / m = \frac{qU}{md}$$



$$k_1 - k_2 = \dots$$

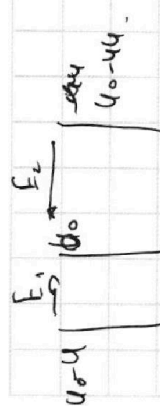


$$\frac{q}{4\pi \epsilon_0} \dots$$



$$\alpha - \frac{\alpha}{\epsilon} + \alpha - \alpha = \dots$$

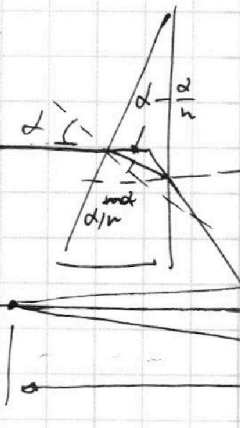
$$= 1q_0 + 2q_0$$



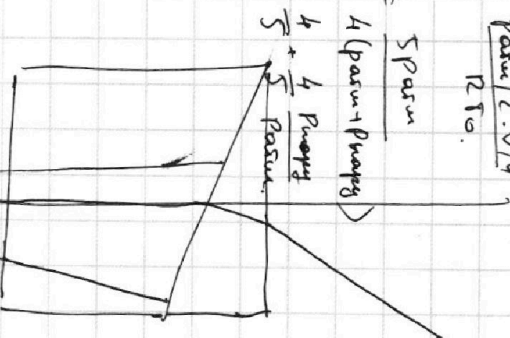
$$\frac{q_1}{2} + q(q_0 - u)$$

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

$$k_2 + q_0 u_0 = 0$$



$$\frac{q}{4\pi \epsilon_0} \dots$$



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