



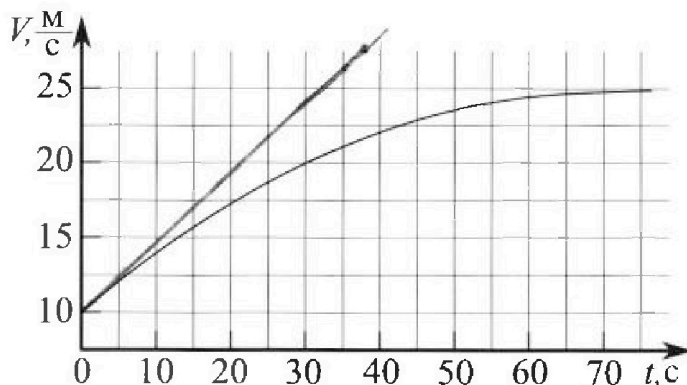
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

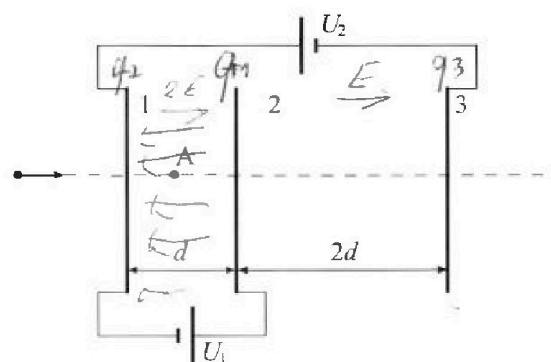
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$ (P_{ATM} - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

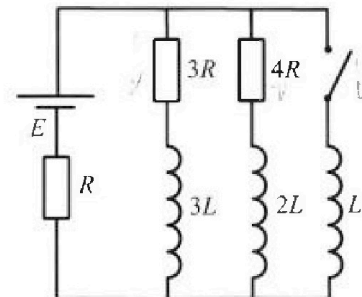
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_{10} 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 да вать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ 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.

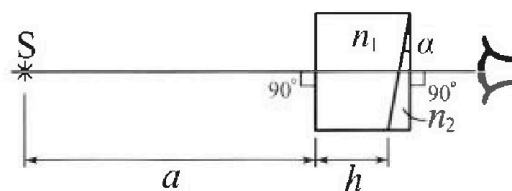


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, 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:

МФТИ



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"/>

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

N 1

1) Ускорение автомобиля равно производной от скорости по времени, значит
нужно провести касательную к графику скорости в точке соответствующей
моменту времени ($t=0$) и найти её коэффициент пропорциональности.

$$\text{Из графика следует: } a_0 = \frac{16,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{35 \text{с}} = 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

2) Заметим, что в рассуждениях при скорости $25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, ускорение равно нулю
или близко $\Rightarrow a=0 \Rightarrow F_m = F_c = 600 \text{Н}$.

$$\text{Т.к. сила сопротивления пропорциональна скорости, } \frac{F_c}{F_{c0}} = \frac{v}{v_0} = \frac{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{70 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 25 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{c0} = 240 \text{Н}. \text{ Тогда: } a_0 \cdot m = F_0 - F_{c0}; F_0 = a_0 \cdot m + F_{c0} =$$
$$= 750 \text{кг} \cdot 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 240 \text{Н} = 696 \text{Н} + 240 \text{Н} = 936 \text{Н}$$

$$3) P_0 = F_0 \cdot v_0 = 936 \text{Н} \cdot 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 9360 \text{Вт}$$

$$\text{Ответ: } a_0 = 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_0 = 936 \text{Н}; P_0 = 9360 \text{Вт}.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1) $p_0 \Rightarrow T_0$ закону Клапейрона-Менделеева:

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = J_0 \cdot R \cdot T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{J_0}{V} = \frac{p_0}{2RT_0}$$

$$\frac{p_0 \cdot V}{4} = J_n \cdot R \cdot T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{J_n}{V} = \frac{p_0}{4RT_0}$$

2) В первой части количество газа не изменяется $\Rightarrow p \cdot V = J_0 R \cdot T$

Во второй части количество газа увеличилось на ΔJ (при этом была работа), а масса равная массе газа при 100°C , в установившемся режиме

или давление равно давлению на входе при 100°C $p_{н.в} = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p = \frac{(J_n + \Delta J) \cdot R \cdot T + p_{н.в} \cdot V_n}{V_n} \quad V_n = \frac{V}{4} + \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{5}\right) = \text{н.в. изменяется}$$

объем газа мало изменяется $\approx \frac{19V}{20}$

$$\frac{5J_0 R \cdot T}{V} = \frac{20J_n R \cdot T}{11V} + \frac{20\Delta J R \cdot T}{11V} + p_{н.в}$$

$$\Rightarrow p_{н.в} = p_{0,2} = 2p_0$$

$$\frac{5p_0 R T}{2RT_0} = \frac{20p_0 R T}{4 \cdot RT_0 \cdot 11} + \frac{20k p_0 \cdot X R \cdot T}{4 \cdot 11V} + p_{н.в}$$

$$\frac{5}{2} \frac{T}{T_0} \cdot p_0 = \frac{5}{11} p_0 \cdot \frac{T}{T_0} + \frac{5kRT}{11} \cdot p_0 + 2p_0$$

$$\frac{5}{2} \frac{T}{T_0} - \frac{5}{11} \frac{T}{T_0} = 2 + \frac{5 \cdot 3 \cdot 10^3}{11 \cdot 2 \cdot 10^8}$$

$$\frac{45}{22} \frac{T}{T_0} = \frac{59}{22}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$$

Ответ: $\frac{J_0}{J_n} = 2; \frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$



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!

Заметим, что между первой и второй сеткой напряжение $U_2 = U$,
и расстояние между ними d . При этом, это ^{поле} ~~поле~~ однородное (п.к.
размеры сетки $\gg d$). E_{12} между первой и второй сеткой это $\frac{U_2 - U}{d}$.
Менее интуитивным является утверждение (можно проверить) что

$$\text{коэффициент ускорения равен } a_{12} = \frac{E_{12} \cdot q}{m} = \frac{U \cdot q}{m \cdot d}$$

2) По закону сохранения энергии:

$$K_1 = A_{e1} + K_2; \quad K_1 - K_2 = A_{e1} = E_{12} \cdot d \cdot q = U \cdot q$$

3) $K_{1A} = A_{eA} + K_{2A}$

$$K_{1A} = K_1 - A_{eA} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{E_{12} \cdot q \cdot d}{4}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{U \cdot q}{4}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{U q}{2m}}$$

Ответ: $a_{12} = \frac{U \cdot q}{m \cdot d}$; $K_1 - K_2 = U q$; $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{U q}{2m}}$

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!

№4

$$1) I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = \frac{3I_{10}}{4}, \quad \mathcal{E} = (I_{10} + I_{20})R + I_{10} \cdot 3R$$

$$\mathcal{E} = \left(\frac{7I_{10}}{4} + 3I_{10} \right) R$$

$$\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{19}{4} I_{10}; \quad I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$$

2) В момент выключения тока на катушке L напряжение $I_{10} \cdot 3R =$

$$= \frac{12\mathcal{E}}{19R} = I_{30}' \cdot L \Rightarrow I_{30}' = \frac{12\mathcal{E}}{19R \cdot L}$$

Ответ: $I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}; \quad I_{30}' = \frac{12\mathcal{E}}{19R \cdot L}$

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!

Вопрос и ответ вопроса №7, но это было связано с тем условием что тогда:

1) Луч в 1 точке падает на точку 2

под углом α , когда луч преломляется

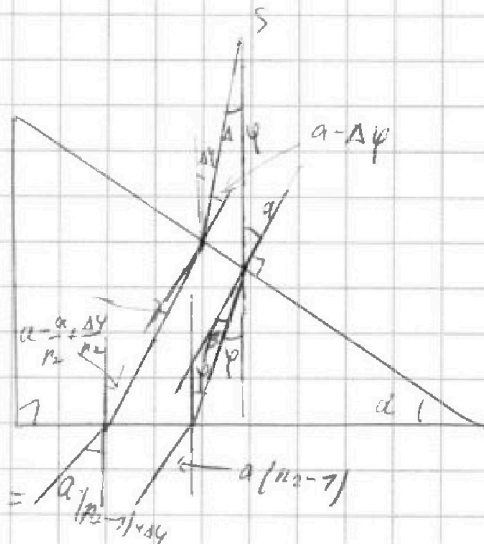
$$\beta = \frac{\alpha}{n_2} \quad (\alpha - \text{лучи})$$

на границу и выходит из точки

$$\text{под углом } \varphi = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

$$\text{и выходит под углом } \varphi \cdot n_2 = \alpha \cdot n_2 - \alpha = \alpha \left(\frac{n_2 - 1}{n_2}\right)$$

$$= 0, \Rightarrow \alpha = 0,07 \text{ рад. - то и есть угол отклонения}$$



2) Для нахождения изображения луча отклонения на линии угол $\Delta\varphi$.

Тогда на вторую точку падает под $\alpha - \Delta\varphi$ преломляется

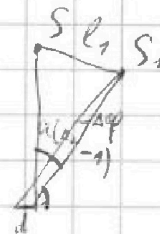
$$\frac{\alpha - \Delta\varphi}{n_2}, \text{ на вторую точку под углом } \alpha - \frac{\alpha}{n_2} + \frac{\Delta\varphi}{n_2}, \text{ выходит под}$$

$$\alpha \cdot n_2 - \alpha + \Delta\varphi. \text{ Тогда получаем, что эти пересечения падают на}$$

углом $\Delta\varphi$, т.е. расстояние d_2 между точками

на границе не сильно отличается от расстояния d_1 между

точками где лучи падают на границу



поэтому на малом расстоянии h выполняется условие, что угол между

$$\text{лучи } \alpha(n_2 - 1) \Rightarrow l_1 = (\alpha + h) \cdot \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад} \cdot (44 \text{ см} + 90 \text{ см}) =$$

$$= 7,2 \text{ см.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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

В преломлении луча по обе стороны, то

учитывается первая преломляющая.

Тогда $\beta = \frac{a \cdot n_1}{n_2}$, тогда угол

выбита преломляющая:

$$\varphi \cdot n_2 = \frac{(a - \beta) \cdot n_2}{n_1} =$$

$$= \frac{a \cdot n_2 - a}{n_1} \quad (\text{по определению в преломлении})$$

$$\left(\frac{a - \Delta\varphi}{n_1} \right) \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{a \cdot n_2 - \Delta\varphi}{n_2 \cdot n_2}$$

получим, что для угла

переломит по углу $\frac{\Delta\varphi}{n_1}$,

а расстояние L между точками входа в 2 преломляющих: $\Delta\varphi \cdot a + \frac{\Delta\varphi \cdot h}{n_1}$, тогда расстояние

по гипотенузе от начала преломляющей: $x = \left(\frac{\Delta\varphi \cdot a + \frac{\Delta\varphi \cdot h}{n_1}}{\Delta\varphi} \right) \cdot n_1 = n_1 \cdot a + h$.

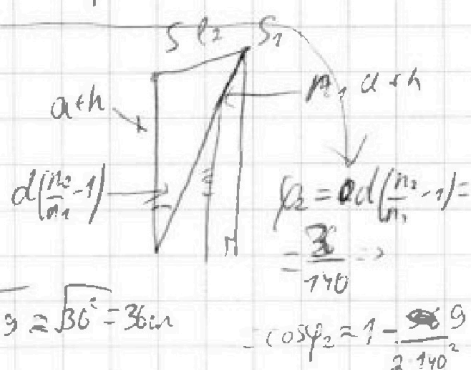
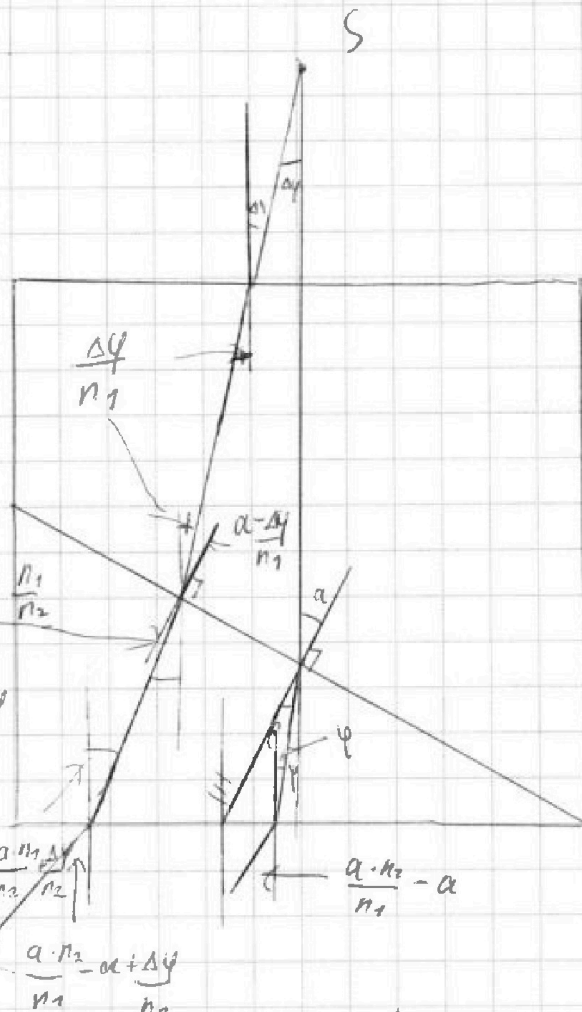
$$l_2 = \sqrt{(ath)^2 + (n_1 \cdot ath)^2} = \frac{a \cdot h \cdot n_1}{\cos(\varphi_2)} \cdot \cos(\varphi_2) = a \cdot h \cdot n_1$$

$$= \sqrt{10^2 + 140^2} = 140.140 = \sqrt{36 \cdot 10^2 + 140^2} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9 \cdot 10^2} = \sqrt{10^2 + 140^2} = 140.140 + \frac{10 \cdot 140}{140 \cdot 2} =$$

$$\text{Ответ: } \varphi_{\text{полн}} = 0,07 \text{ рад}; l_1 = 7,23 \text{ см}; = \sqrt{36 + \frac{101}{140}} \approx \sqrt{36} = 36 \text{ см}$$

$$l_2 = 36 \text{ см.}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

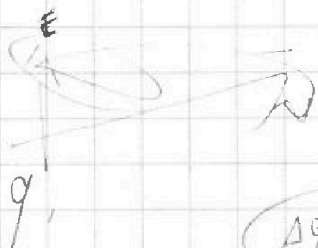
- 1 2 3 4 5 6 7



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



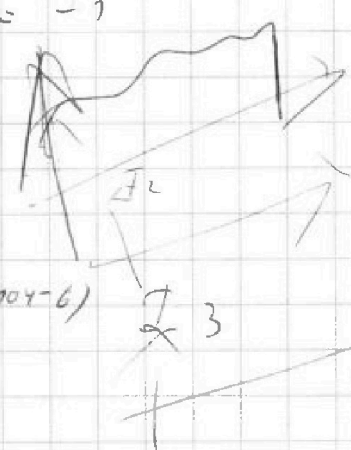
$$\left(\frac{I_3' \cdot L}{3R} - \frac{I_1' \cdot L}{R} + I_3 + \frac{I_3' \cdot L}{4R} - \frac{I_2' \cdot L}{2R} \right) R = \mathcal{E} - I_3' L$$



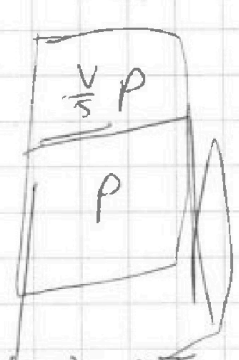
$$\begin{array}{r} \times 104 \\ 98 \\ \hline 832 \\ 936 \\ \hline 10192 \\ 1,5 I_1' = I_3 \\ \hline 10192 \\ \hline 29792 \\ 10 \end{array}$$

$\Delta y \cdot V$

$140 - 104 = I_1$
 36^2



$3I_1' = 2I_2'$



$p = (p_n + \Delta p) \cdot R \cdot T + p_n \cdot b$

$\frac{p_0 V}{2} = J_0 \cdot R \cdot T_0$

$\frac{0,6}{2,9}$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 464 \\ 15 \\ \hline 2320 \\ 464 \\ \hline 6960 \end{array}$$

$\frac{18}{140^2 - 104 \cdot 140}$

$\frac{p_0 \cdot V}{4} = J_n \cdot R \cdot T_0$

$\frac{0,06}{2,9} (104 - 140)$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 7,4 \\ 9 \\ \hline 226 + 14 = \end{array}$$

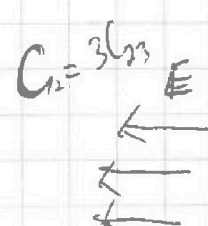
$\frac{104 \cdot 18}{240}$
 $\frac{0,3}{2,7}$

$\frac{p \cdot V}{5} = J_B \cdot R \cdot T$

$\frac{6}{240}$

$(J_n + \Delta J) \cdot R \cdot T + p_n \cdot b \cdot V = J_B \cdot R \cdot T$

$\frac{226 - 14}{2,7}$



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!

N3

Т.к. размеры слона гораздо больше расстояния между миш, миш сближаются, это эквивалентно пол сходящимся шлюзу сужающемуся, а шлюз порождала переформулировка вставки и есть микроскопическая пластичность. Тогда пластичность 12 (создание шлюза) с

характеристики $E_1 = \frac{v_1 - v}{d}$, а $E_{13} = \frac{v_2 - v}{3d}$

~~уже между шлюз и шлюзом $2v = E_1$ и шлюз $2v = E_2$ тогда:~~

~~$d = E_1 \cdot \frac{v}{m} = \frac{2v}{d \cdot m}$~~

Но миш мит 12 сближения Коби

R.

$q_1 - q_2 = k$

$q_2 - q_3 = k$

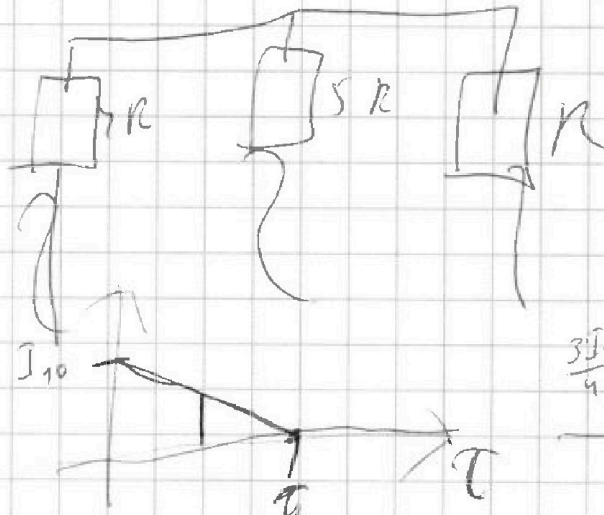
$q_1 = q_2$ $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$(q_1 + q_2) - 3 = q_3$

$q_1 - q_2 = q_2 - q_3$

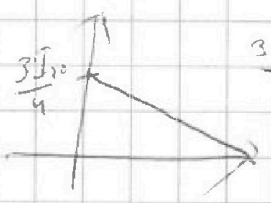
$\frac{I_{10} \cdot 3L}{2\tau} = \frac{6I_{10} \cdot L}{4\tau}$

$\frac{I_{10} \cdot 3R}{2}$



$\frac{3I_{10} \cdot L}{2 \cdot 4 \cdot \tau} =$

$\frac{3I_{10} \cdot L}{4\tau}$



$\frac{3I_{10}}{2}$

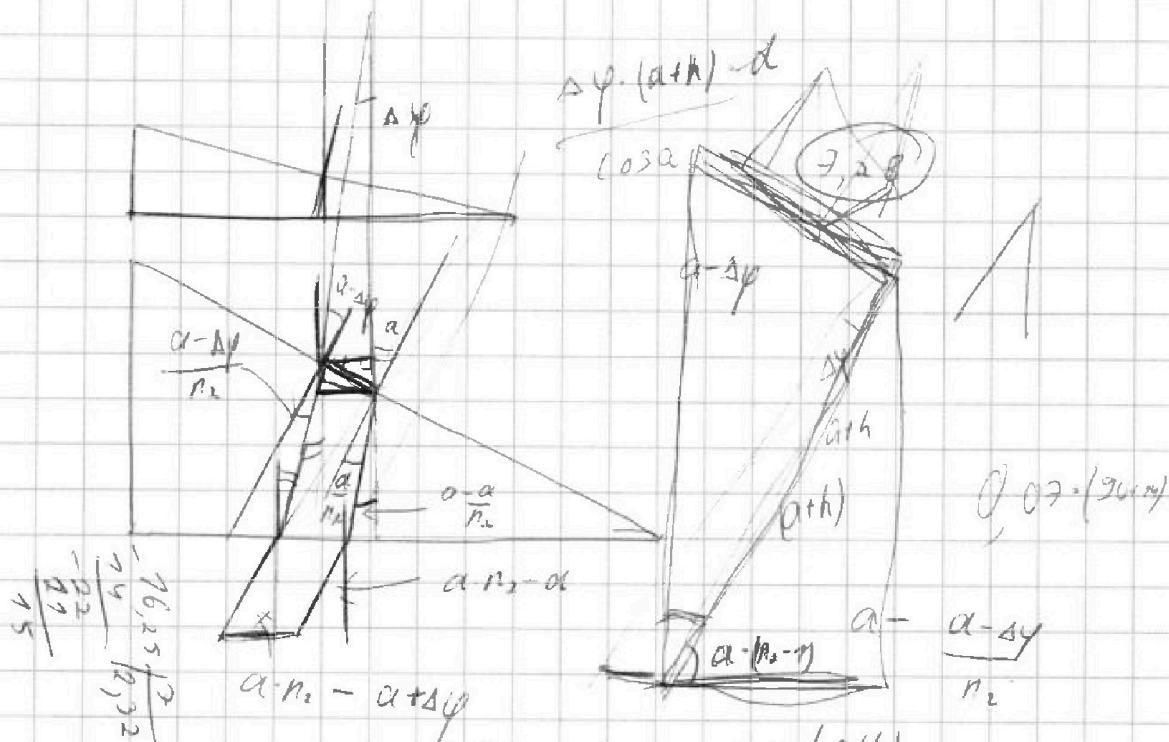
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

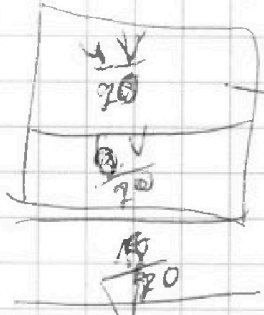


$$\begin{array}{r} 76,25 \\ -12 \\ \hline 64,25 \\ \hline 12,22 \\ \hline 74 \\ -12 \\ \hline 62 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 232 \\ -15 \\ \hline 217 \\ \hline 20 \\ -15 \\ \hline 5 \\ \hline 232 \\ -5 \\ \hline 227 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 232 \\ -15 \\ \hline 217 \\ \hline 20 \\ -15 \\ \hline 5 \\ \hline 250,25 = 65 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 104 \cdot 0,97 \\ 104 \\ 1,07 = \\ = 1,28 \end{array}$$

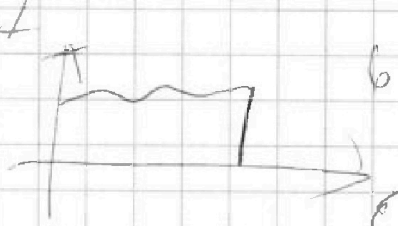


$$\frac{5V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{0V}{20}$$

$$\frac{5V}{10} - \frac{2V}{10} = \frac{3V}{20}$$

$$\frac{3}{20} + \left(\frac{90}{20} - \frac{1}{20} \right)$$

I 2



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

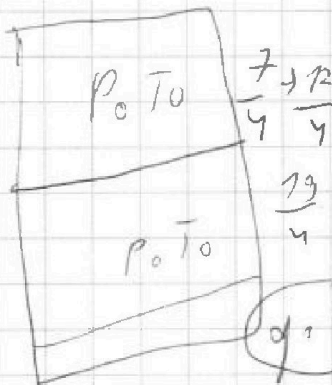
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

$$3R I_1 + 3I_1' L = 4R I_2 + I_2' L \cdot 2 = I_3' L = \mathcal{E} - (I_1 + I_2 + I_3) \cdot R$$

$$q_1, q_2$$

$$q_3$$

$$q \cdot V_1$$

$$\mathcal{E} - \frac{3L I_1^2}{2} - p_0$$

$$3R I_1 + 3I_1' L$$

$$\mathcal{E} - I \cdot R = I_3' L$$

$$4R I_2 + 2I_2' L = I_3' L$$

$$\Delta V = k \cdot p_0 \cdot V$$

$$(q_1 + q_2 + q_3) \cdot \mathcal{E} + \frac{1}{40} - \frac{1}{7}$$

$$q_1$$

$$q_1 \cdot V_1 + q_2 \cdot V_2$$

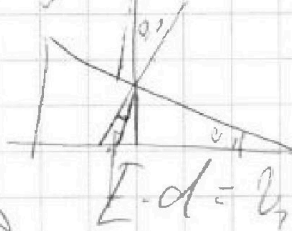
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$I_{10} = \frac{4I_0}{3}$$

$$3R I_1 + 3I_1' L = \mathcal{E} - (I_1 + I_2 + I_3) \cdot R$$



$$V_1 \cdot d$$



$$\frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{7}$$

$$\frac{75}{22} + \frac{44}{22}$$

$$59$$

$$\frac{2V \cdot q}{d \cdot m}$$

$$3R I_1 + 3I_1' L = 4R I_2 + I_2' L \cdot 2$$

$$3R I_1 + 3I_1' L = I_3' L$$

$$3R I_1 + 3I_1' L = \mathcal{E} - (I_1 + I_2 + I_3) \cdot R$$

$$\frac{2L I_1^2}{2}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

$$\frac{V_1}{d}$$

$$\frac{2V}{d} = E \cdot q \cdot \frac{45}{22}$$

$$3I_1 + \frac{3I_1' L}{R} = 4I_2 + I_2'$$

$$\frac{55}{22} - \frac{10}{22}$$

$$I_3' L - 3I_1' L = 3R I_1, 3R I_1 + 3I_1' L - 2L I_2' = 4R I_2$$

$$I_3' L - 2I_2' L = 4R I_2$$