



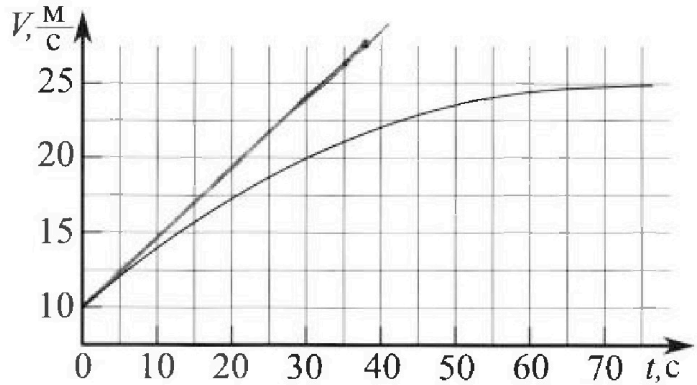
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

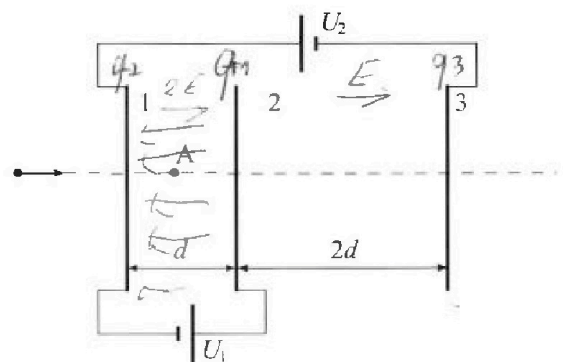
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - 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  $\Delta v$  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 A на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

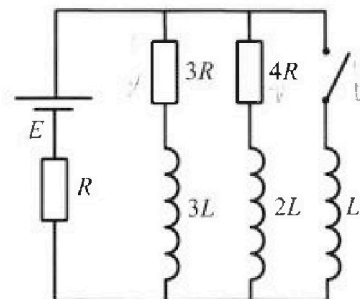
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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.

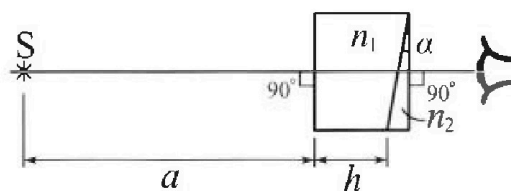


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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:



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!

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 начале движения при скорости  $25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , ускорение равно нулю  
или иначе  $\Rightarrow a=0 \Rightarrow F_m = F_c = 600 \text{Н}$ .

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

$$\Rightarrow F_{c0} = 240 \text{Н. Тогда: } a_0 \cdot m = F_0 - F_{c0}; F_0 = a_0 \cdot m + F_{c0} =$$

$$= 750 \text{кг} \cdot 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 240 \text{Н} = 696 \text{Н} + 240 \text{Н} = 936 \text{Н}$$

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

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



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  $\Delta J$  (при этом была работа), а масса равная массе газа при  $100^\circ\text{C}$ , в установившемся режиме

их давление равно давлению на входе при  $100^\circ\text{C}$   $p_{n,6} = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p = \frac{(J_n + \Delta J) \cdot R \cdot T + p_{n,6} V_n}{V_n} \quad V_n = \frac{V}{4} + \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{5}\right) = \text{н.ч. изменяется}$$

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

$$\frac{5J_0 R \cdot T}{V} = \frac{20J_n R \cdot T}{11V} + \frac{20\Delta J R \cdot T}{11V} + p_{n,6}$$

$$\Rightarrow p_{n,6} = p_{0,2} = 2p_0$$

$$\frac{5p_0 R T}{2RT_0} = \frac{20p_0 R T}{4 \cdot RT_0 \cdot 11} + \frac{20k p_0 \cdot X R \cdot T}{4 \cdot 11V} + p_{n,6}$$

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

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

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

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

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 <sup>поле</sup> ~~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) и тогда

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

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



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 сделано на той же задаче №7 тогда:

1) Луч в 1 точке падает на границу 2

под углом  $\alpha$ , луча при преломлении

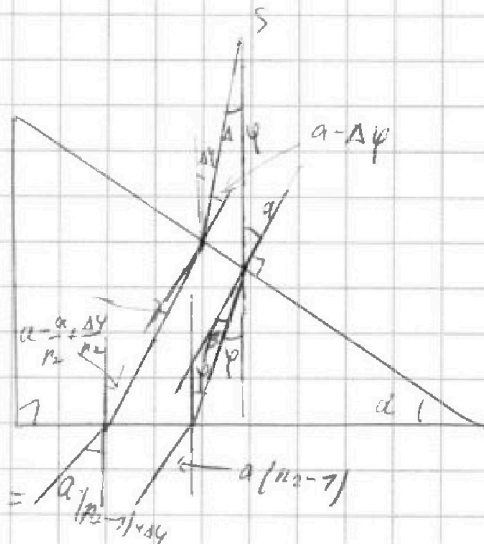
$$\beta = \frac{\alpha}{n_2} \quad (\alpha - \text{лучи})$$

на границу 2, луча при преломлении на границу 3

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

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

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



2) Для нахождения угла отклонения луча отклонения на лучи угол  $\Delta\varphi$ .

Тогда на второй границе падает под углом  $\alpha - \Delta\varphi$ , преломляется

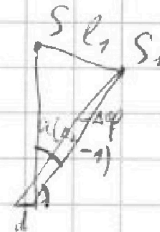
$$\frac{\alpha - \Delta\varphi}{n_2}, \text{ на второй грани под углом } \alpha - \frac{\alpha - \Delta\varphi}{n_2}, \text{ выходит под}$$

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

угол  $\Delta\varphi$ , т.е. расстояние  $d_2$  между лучами

на границе не сильно отличается от расстояния  $d_1$  между

лучами на второй границе преломления с тем же



расстояния на границе преломления и за счет этого условия,  $\Delta\varphi$  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 лучи по обе стороны, то

учитывается первая преломляющая.

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

луча внутри стекла:

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

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

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

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

получим, что для угла

критерия 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 точки выхода:  $x = \left( \frac{\Delta\varphi \cdot a + \frac{\Delta\varphi \cdot h}{n_1}}{\Delta\varphi} \right) \cdot n_1 = n_1 \cdot a + h$ .

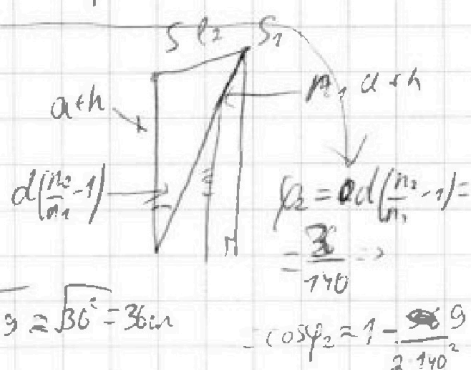
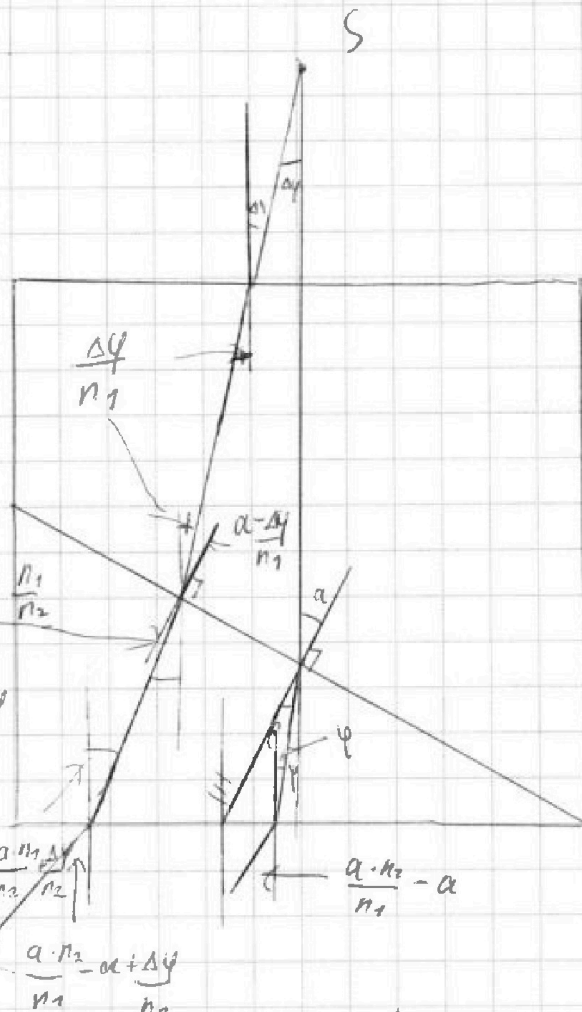
$$l_2 = \sqrt{(ath)^2 + (n_1 \cdot ath)^2} = \frac{a \cdot h \cdot n_1}{\cos(\varphi_2)} \cdot \cos(\varphi_2) = a \cdot h \cdot n_1$$

$$= \sqrt{10^2 + 140^2} \cdot 1,4 = \sqrt{19400} = 139,3 \text{ см}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 19400} = \sqrt{10^2 + 140^2 \cdot 2} = 10^2 + 140^2 \cdot 2 = 19400$$

$$\text{Ответ: } \varphi_{\text{полн}} = 0,07 \text{ рад}; l_1 = 7,23 \text{ см}; \quad \sqrt{36^2 + \frac{101}{140}} \approx 2 \cdot 36^2 = 36 \text{ см}$$

$$l_2 = 36 \text{ см}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

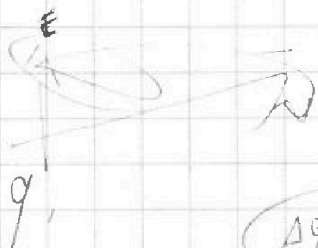
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



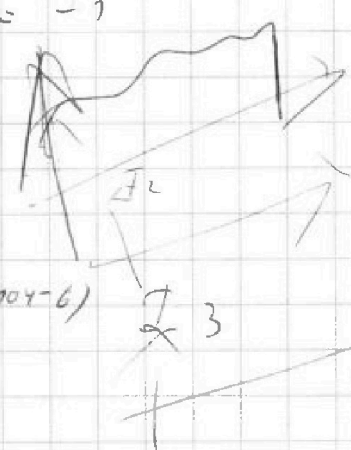
$$\left( \frac{I_3' \cdot L}{3R} - \frac{I_1' \cdot L}{R} + I_3 + \frac{I_3' \cdot L}{4R} - \frac{I_2' \cdot L}{2R} \right) R = \mathcal{E} - I_3' L$$



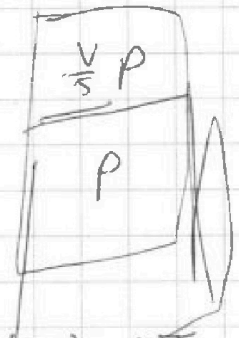
$$\begin{array}{r} \times 104 \\ 98 \\ \hline 832 \\ 936 \\ \hline 10192 \\ 1,5 I_1' = I_3 \\ \hline 19600 \\ 10192 \\ \hline 29792 \\ 10 \end{array}$$

$\Delta y \cdot V$

$140 - 104 = I_1$   
 $36^2$



$3I_1' = 2I_2'$



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

$\frac{p_0 V}{2} = I_0 \cdot R \cdot T_0$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 464 \\ 15 \\ \hline 2320 \\ 464 \\ \hline 6960 \\ 3 \\ \times 714 \\ 9 \\ \hline 126 + 14 = \end{array}$$

$\frac{18}{40^2 - 140 \cdot 104}$   
 $\frac{104 \cdot 18}{240}$   
 $\frac{0,3}{7,7}$

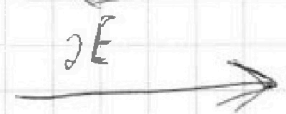
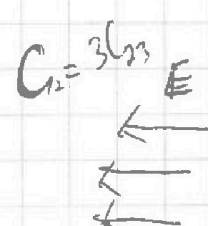
$\frac{p_0 \cdot V}{4} = I_n \cdot R \cdot T_0$

$\frac{0,06}{7,7} (104 \cdot 140)$   
 $\frac{6}{240}$

$\frac{p \cdot V}{5} = I_0 \cdot R \cdot T$

$(I_n + \Delta I) \cdot R \cdot T + p_n \cdot b \cdot V = I_0 \cdot R \cdot T$

$\frac{7,7 - 1,7}{7,7}$



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

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 ними, можно считать, что электрическое поле создается двумя зарядами, а линии напряженности перпендикулярны плоскости и есть только между пластинами. Тогда пластины 12 создают эквипот. с

напряженности  $E_1 = \frac{q_1}{d}$ , а  $E_{13} = \frac{q_2}{3d}$

~~и между 12 и 23 и между 23 и 34~~

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

Но между 12 расстояние  $R$

R.

$q_1 - q_2 = k$

$(q_2 - q_3) \cdot k$

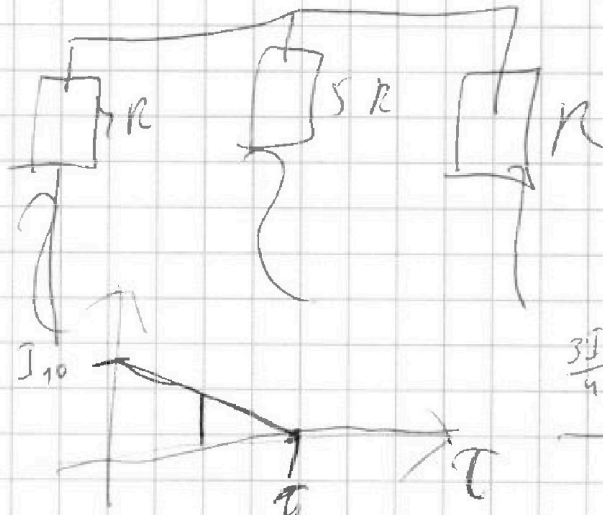
$q_1 = q_2$   $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$(q_1 - q_2) \cdot 3 = q_3$

$q_1 - q_2 = q_2 - q_3$

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

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



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

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

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



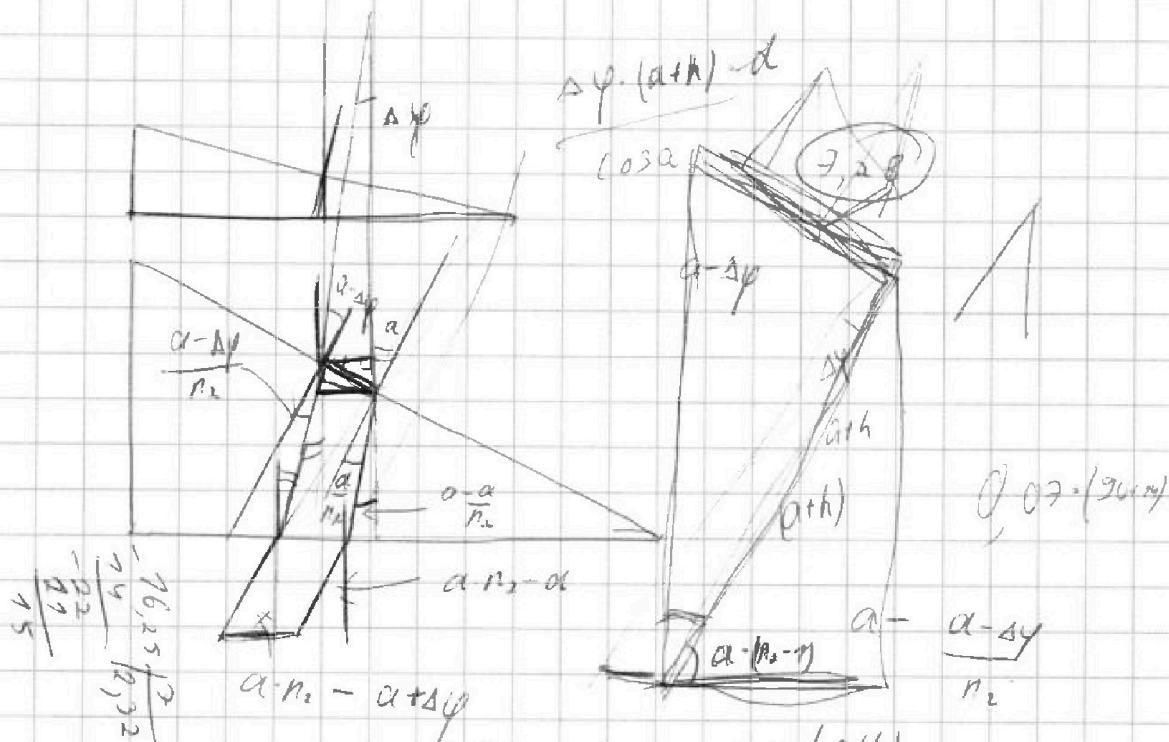
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

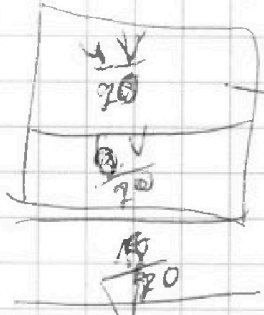


$$\begin{array}{r} 76,25 \\ -12,2 \\ \hline 64,05 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 232 \\ 5 \\ \hline 46,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 232 \\ 15 \\ \hline 15,47 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 104 \cdot 0,97 \\ 104 \\ 1,07 \cdot = \\ = 7,28 \end{array}$$

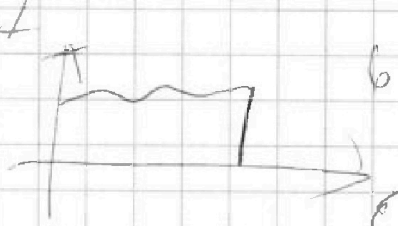


$$\frac{5V}{20}$$

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

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

I 2



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

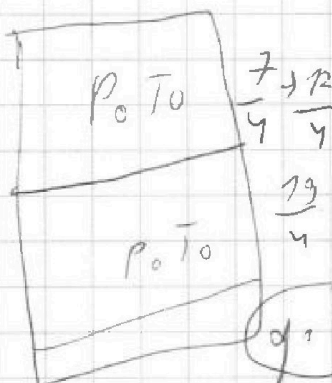
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

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

$$q \cdot V_1$$

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

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

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

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

$$q_1 V_0 + q_2 V_2 + q_3 V_3$$

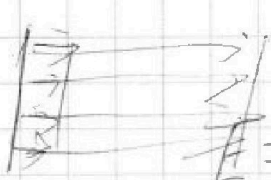
$$\Delta V = k \cdot p_0 \cdot V$$

$$(q_1 + q_2 + q_3) \cdot \mathcal{E} + \frac{1}{40} - \frac{1}{77}$$

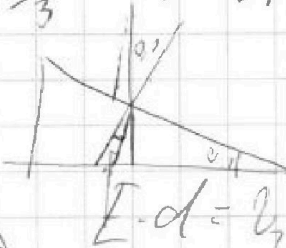
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$I_{10} = \frac{4I_{20}}{3}$$

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



$$V_1 \cdot d$$



$$E \cdot d = V_2$$

$$\frac{1}{77}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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