



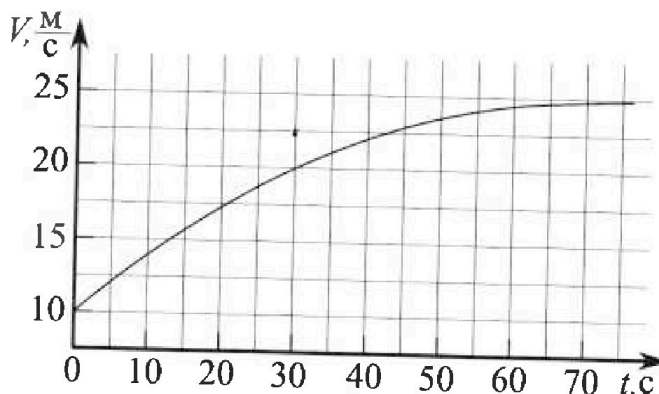
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

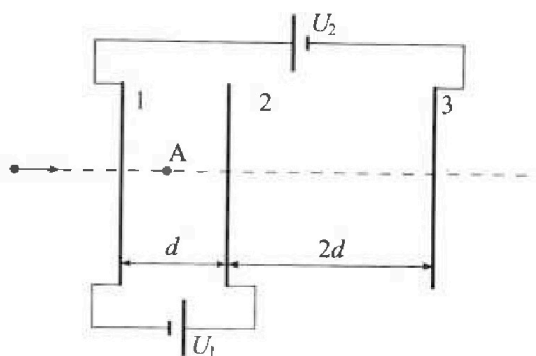
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpw$ . 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

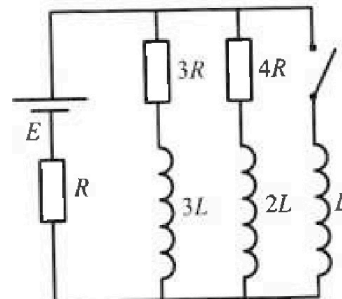
Вариант 11-03



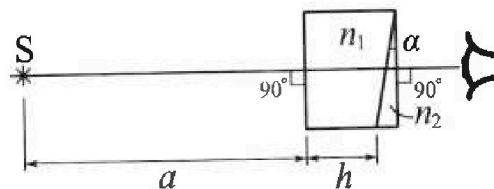
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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  $n_v = 1,0$ . 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.



- 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!

$m$  (предметная)

Зная  $a(0)$  можем найти  $F_g(0) = F_0$ .

$$m a(0) = F_0 - d \cdot v_0, \text{ где } v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$m a(0) = F_0 - F_k \cdot \frac{v_0}{v_k}$$

$$F_0 = m a(0) + F_k \cdot \frac{v_0}{v_k} \quad F_0 = \frac{5}{12} \cdot 1500 + \frac{2}{5} \cdot 600 =$$

$$\Rightarrow 625 + 240 = 865 \text{ (Н)}$$

$P_0 = \dot{E}_k(0)$ , где  $E_k$  — кинетическая энергия

движения автомобиля (потенциальная энергия не изменяется)

$$P_0 = \left( \frac{m v^2}{2} \right)' = m v(0) \cdot v'(0) = m a(0) \cdot v(0) =$$

$$= P_0 = F_g(0) \cdot v(0) = F_0 \cdot v_0 = 10 \text{ м/с} \cdot (m a(0) + F_k \cdot \frac{v_0}{v_k}) =$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 865 \text{ Н} = 8650 \text{ Вт}$$

Ответ: 1)  $a(0) = 0,42 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $865 \text{ Н} = F_0$ ; 3)  $P_0 = 8650 \text{ Вт}$ .

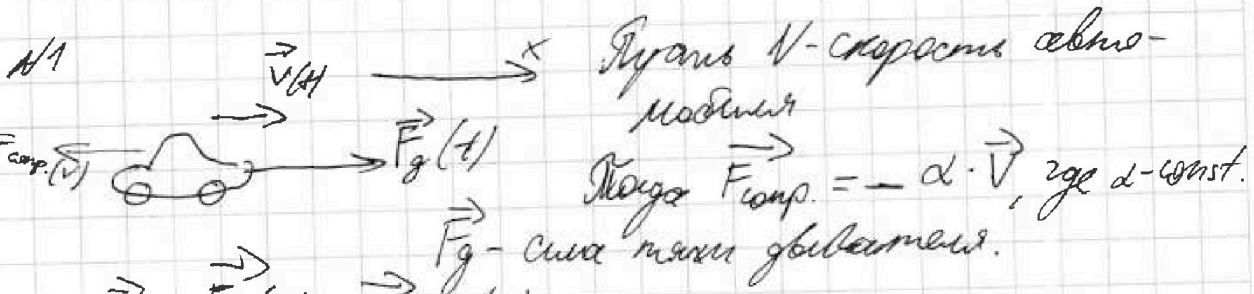
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$m\vec{a} = \vec{F}_g(t) + \vec{F}_{comp}(v)$$

Проецируем на ось x (ось x - ось, вдоль которой движется автомобиль).

$$\text{Тогда } ma_x = F_{gx}(t) + F_{compx}(v)$$

$$ma_x = F_{gx}(t) - d v_x(t)$$

Заметим, что в точке разгона  $a_x \rightarrow 0$ ,  $F_{gx} = F_k$ ,

$$v_x = 25 \text{ м/с. (График } v_k = 25 \text{ м/с)} \quad 24 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 24 \text{ км/с.}$$

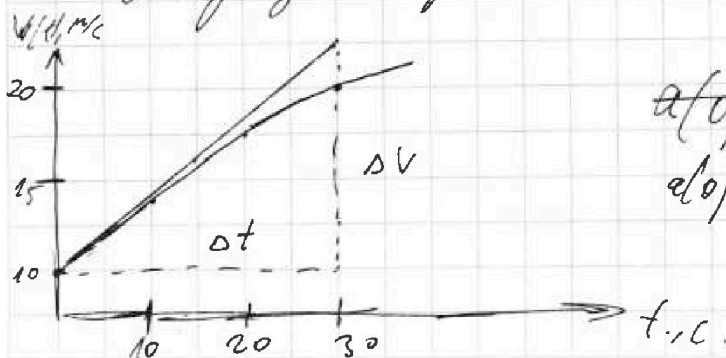
$$\text{Тогда: } F_k = d v_k \Rightarrow \frac{F_k}{v_k} = d = \frac{24 \text{ км/с}}{25 \text{ км/с}}$$

$$a_x = a_x(t) = \dot{v}_x(t)$$

Тогда тогда, чтобы найти  $a_x(0)$  надо

построить касательную к графику  $v(t)$  в точке

0. Касательная угла наклона и будет ускорением.



$$a(0) = \frac{20}{30 \text{ с}}$$

$$a(0) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12,5}{36} = \frac{25}{60} =$$

$$\frac{5}{12} \approx 0,42 \text{ м/с}^2$$



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. Печать QR-кода недопустима!

$n_2$  (продолжительнее).

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{V}{2} \cdot \frac{P_{ампл}}{2} &= \sqrt{k} R T_0 \\ \frac{V}{5} \cdot P_{ампл} &= \sqrt{k} R T_k \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{T_k}{T_0} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{V}{2} \frac{P_{ампл}}{2} = \sqrt{k} R T_0$$

$$\frac{V}{4} \frac{P_{ампл}}{2} = \sqrt{k} R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{V_k}{V_{к2}} = \frac{2}{5} \quad \left( \frac{V_k}{V_{к2}} = \frac{1}{2} \right)$$

$\Delta n, k$  - разстворенного газа в начале и в конце  $\Rightarrow$  в начале кол-во воздуха сверху в два раза больше кол-ва бензина снизу  $\Rightarrow$  кол-во воздуха  $n_{к20}$  - кол-во воздуха

$$\Delta n ( \Delta V_k - \Delta V_{к2} + V_{к2} V_{к20} ) R T = P_k \cdot V \cdot \frac{11}{20}$$

$$V_{к20} R T = P_{ампл} \cdot \frac{11}{20} V$$

$$P_k \cdot \frac{V}{5} = \sqrt{k} \cdot R T$$

$$\Delta V_k = P_k \cdot k \cdot \frac{V}{4}$$

$$\Delta V_{к2} = k \cdot P_{к2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$(P_k - P_{ампл}) \cdot \frac{11}{20} V =$$

$$\sqrt{k} \cdot R T = P_k \cdot \frac{V}{5} = \frac{1}{2} \sqrt{k} \cdot R T$$

$$\Rightarrow \frac{P_k V}{10 \cdot k}$$

$$P_k \cdot k \cdot \frac{V}{4} \cdot R T - P_{к2} \cdot k \cdot \frac{V}{4} \cdot R T + P_{ампл} \cdot V \cdot \frac{11}{20} + \sqrt{k} \cdot R T = P_k \cdot V \cdot \frac{11}{20}$$

$$P_k \left( \frac{V}{4} \cdot R T - \frac{11}{20} + \frac{1}{10} \right) = P_0 \left( \frac{29}{20} - \frac{11}{20} + \frac{1}{10} \cdot R T \right)$$

$$P_k = \frac{\frac{11}{20} - \frac{1}{10} + \frac{3}{8} - \frac{11}{20}}{\frac{29}{20} - \frac{11}{20} + \frac{1}{10}} P_0 = \frac{\frac{11}{20} - \frac{2}{20} + \frac{3}{8} - \frac{11}{20}}{\frac{18}{20} + \frac{2}{20}} P_0 = \frac{\frac{11}{20} - \frac{9}{20} + \frac{3}{8}}{\frac{20}{20}} P_0 = \frac{\frac{2}{20} + \frac{3}{8}}{1} P_0 = \frac{1}{5} P_0$$

$$\frac{V}{2} \cdot P_0 = \sqrt{k} R T_0$$

$$\frac{V}{5} \cdot \frac{1}{3} P_0 = \sqrt{k} R T \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2/3}{1/5} = \frac{5}{3} = \frac{58}{15}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

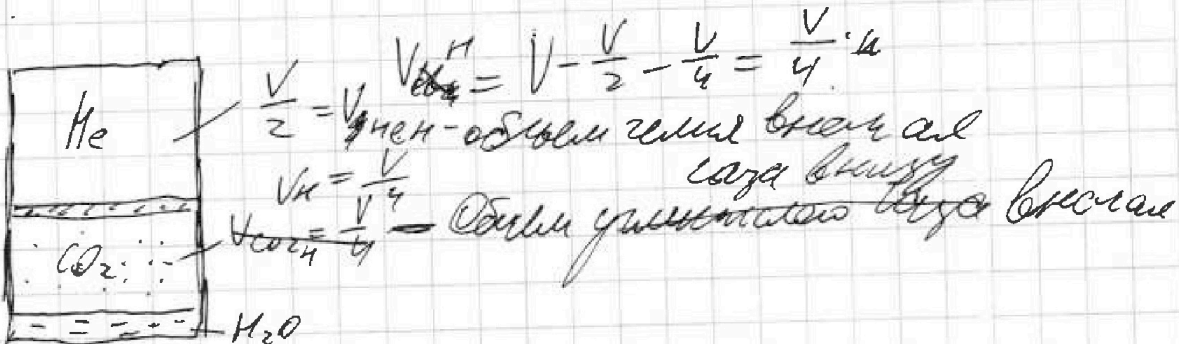
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

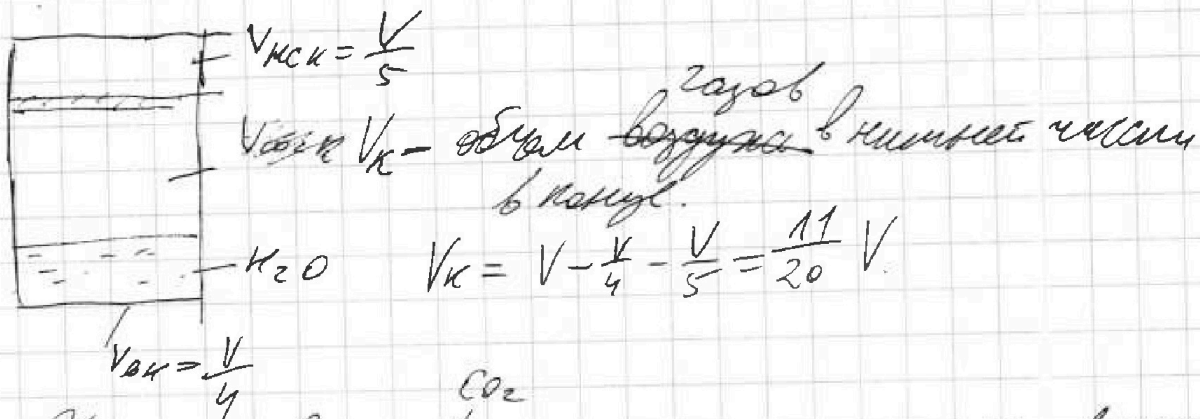
МФТИ

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

№2.



$\frac{V}{4} = V_{He} = V_{H_2O}$  - газ  $V_{He}$  и  $V_{H_2O}$  - объем газа в начале и в конце соответственно



Поскольку в начале газы практически не растворялись, а  $T = 373 K = 100^\circ C$ , то можно сказать, что в начале в количестве газа была только водная парь при давлении  $P_{атм}$  (поскольку температура кипения при  $P_{атм} = 100^\circ C = 373 K$ ).

Тогда:

$$\left\{ \begin{aligned} V_{He} \frac{P_{атм}}{z} &= V_{He} \cdot R T_0, \quad V_{He} - \text{кол-во гелия} \\ V_{He} \frac{P_{атм}}{z} &= V_{He} \cdot R T \end{aligned} \right.$$



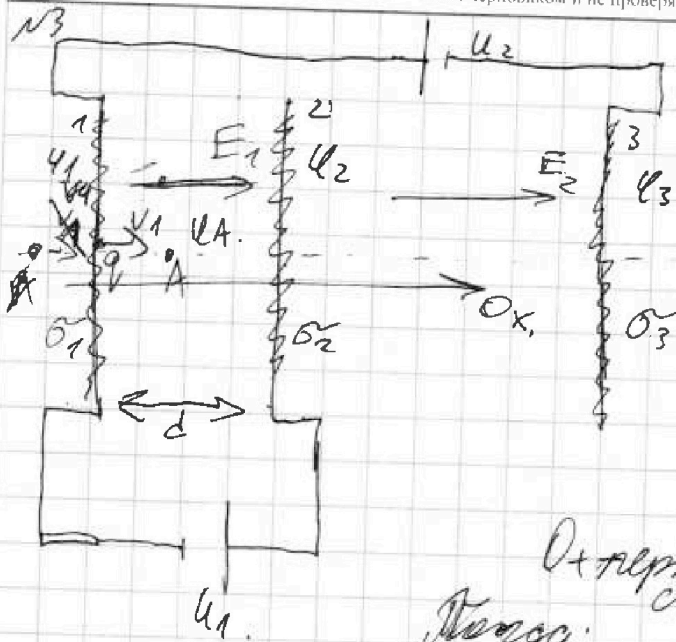
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Пусть  $\varphi_i$  - потенциал сетки номер  $i$ .

$$\begin{aligned} \text{Тогда: } \varphi_2 - \varphi_1 &= U_1 = \frac{U_2}{3} \\ &= U_1 \\ \varphi_1 - \varphi_2 &= \varphi_2 - \varphi_3 = \frac{U_2}{3} \\ \varphi_1 - \varphi_3 &= U_2 - U_1 \end{aligned}$$

$Ox$  перпендикулярна плоскости сетки.  
Тогда: сетки имеют одинаковую плоскостную плотность заряда.

$q \cdot E_{1x} \neq \max$ ,  $d \cdot E_{1x} = \varphi_1 - \varphi_2$   
где  $d_{1x}$  - проекция ускорения заряда на  $Ox$  между сетками 1 и 2;  $E_{1x}$  проекция напряженности поля на  $Ox$  между 1 и 2 сетками.

$$q \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = m a_{1x}$$

$$q a_{1x} = \frac{-\varphi_1 \cdot q}{d m}$$

$$|a_{1x}| = \frac{\varphi_1 \cdot q}{d m} = \frac{U \cdot q}{d m}$$

$$2) k_2 k_2 - k_1 = q E_{1x} \cdot d = -\frac{U d q}{m} \Rightarrow k_2 - k_1 = U d q$$

$$3) E_{13} = \frac{3U}{d} = \frac{U}{d}$$

$$E_{12} = \frac{U}{d}$$

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!

№ 3.

Пусть все три сетки имеют одинаковую  
плотность заряда  $\sigma_1, \sigma_2$  и  $\sigma_3$  соответственно.

$$\text{Тогда: } \begin{cases} \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} \cdot d - \frac{\sigma_2}{\epsilon_0} \cdot d - \frac{\sigma_3}{\epsilon_0} \cdot d = U_1 = E_1 \cdot d. \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0. \\ \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} \cdot 3d + \frac{\sigma_2}{\epsilon_0} \cdot d - \frac{\sigma_3}{\epsilon_0} \cdot 3d = U_2. \end{cases}$$

$$\frac{\sigma_1}{\epsilon_0} \cdot 4d - \frac{\sigma_3}{\epsilon_0} \cdot 4d = U_2 - U_1 = 2U$$

$$\sigma_1 = \sigma_3$$

$$1) E_1 \cdot q = m a \Rightarrow a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{U_1 q}{m d}$$

$v_1$  — скорость в точке А.

$$2) K_1 - K_2 = -U_1 \cdot q$$

$$3) -E_1 \cdot q \cdot \frac{d}{4} = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} = -\frac{U}{4} \cdot q + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{-U q}{2m} + v_0^2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

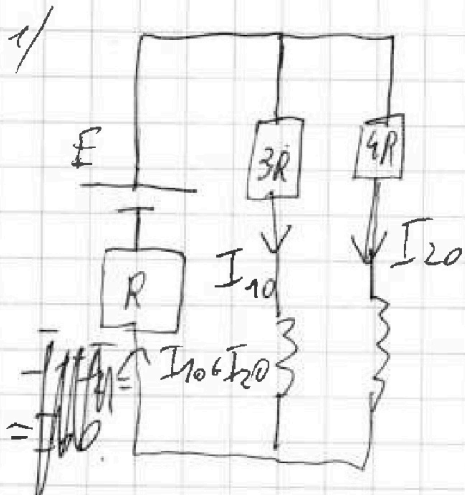
решение которой представлено на странице:

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!

14  
Вариант



$$3R \cdot I_{10} + 4R \cdot I_{20} = E$$

$$3R \cdot I_{10} + (I_{10} + I_{20}) \cdot R = E$$

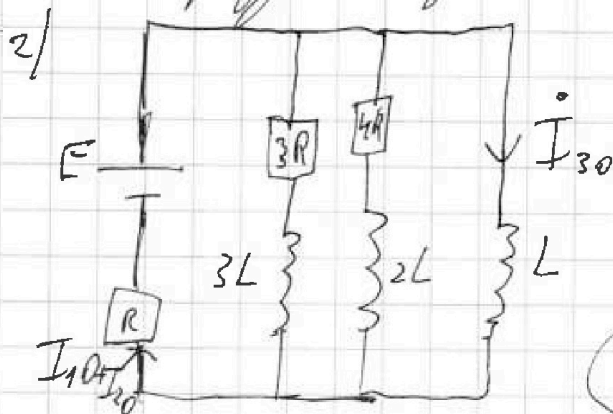
$$3R I_{10} = 4R I_{20}$$

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

$$3R \cdot I_{10} + \frac{4}{4} I_{10} \cdot R = E$$

$$\frac{19}{4} R I_{10} = E \Rightarrow I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

сразу по КЗ:

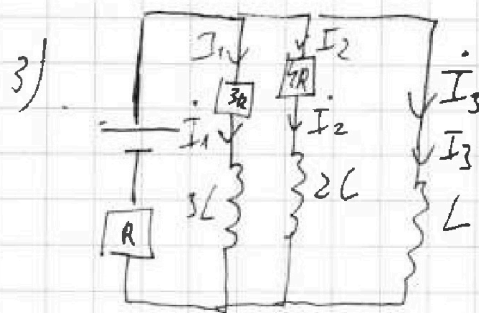


$$L \cdot I_{30} + (I_{10} + I_{20}) R = E$$

$$L \cdot I_{30} + \frac{4}{19} \cdot \frac{4}{4} \cdot E = E$$

$$L I_{30} = \frac{12}{19} E$$

$$I_{30} = \frac{12E}{19L}$$



$$3R \cdot I_1 + 3L(I_1 - I_{10}) = 4R I_2 + 2L(I_2 - I_{20}) = L I_3$$

$$L I_3 + R(I_1 + I_2 + I_3) = E$$

$$3R \Delta q_1 + 3L(I_1 - I_{10}) = 4R \Delta q_2 + 2L(I_2 - I_{20}) = L I_3$$

( $I_{30} = 0$ )

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

и (продолжение).

Рассмотрим ~~только~~ заметим, что в  
конце комбинации токов весь ток будет  
идти только через  $R$  и катушку  $L$ ,  $I_{3K} = 0$ .

Тогда  $I_{3K} = \frac{E}{R}$ .

$I_{2K} \leq I_{2K} = 0$ ;  $I_{1K} = 0 = I_{4K}$

Тогда:  ~~$3R q_1 = 3L I_{3K}$~~

$3R q_1 - 3L \underset{(I_{3K}=0)}{I_{10}} = L I_{3K} = \frac{LE}{R}$

$q_1 = \frac{\frac{LE}{R} + 3L I_{10}}{3R} = \frac{LE}{3R^2} + \frac{4}{19} \frac{E \cdot L}{R^2} =$

$\frac{LE}{R^2} \cdot \frac{31}{44}$

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. Печать QR-кода недопустима!

$$2) \Delta Q = \left( \frac{n_2^2}{n_1 n_2 (n_2 - n_1)} - 1 \right) h + \left( \frac{n_2^2}{n_1 n_2} \cdot \frac{n_1}{n_2 - n_1} - 1 \right) a = \frac{x \cdot 17}{17} = \frac{17}{17} = 1$$

$$= \frac{2,89}{1,94} - 1 \cdot 14 + \left( \frac{2,89}{1,94} - 1 \right) \cdot 90 = \frac{17}{289}$$

$$\approx 104 \cdot 3,138 \approx 325 \text{ (au)}$$

$$\begin{array}{r} \times 313 \\ 104 \\ \hline 1252 \\ 313 \\ \hline 32552 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \overline{) 4128} \\ \underline{289} \phantom{0} \\ 9128 \\ \underline{912} \phantom{0} \\ 20 \\ \underline{19} \\ 60 \end{array}$$

$$3) \Delta Q = \left( \frac{2,89}{0,3} - 1 \right) \cdot 14 + \left( \frac{2,89 \cdot 1,4}{1,0,3} - 1 \right) \cdot 90 \approx$$

$$\approx 8,63 \cdot 14 + 17,48 \cdot 90 \approx$$

$$\approx 121 + 1123 \approx 1244 \text{ (au)}$$

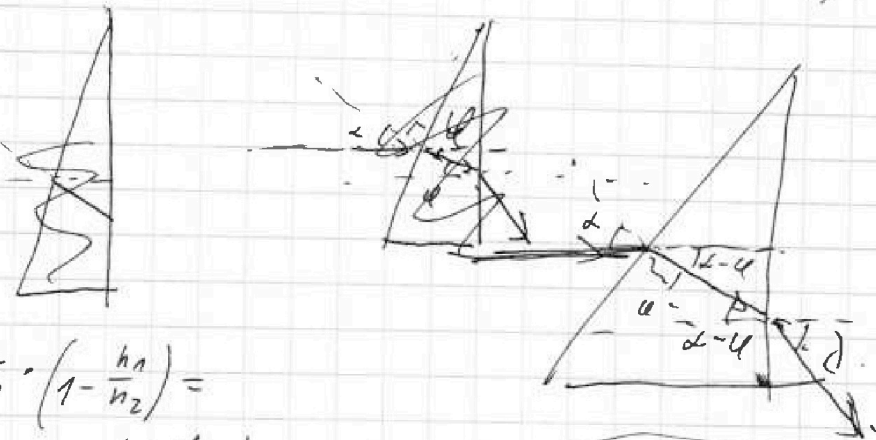
$$\begin{array}{r} 289 \overline{) 3963} \\ \underline{24} \phantom{0} \\ 1963 \\ \underline{1914} \\ 18 \\ \underline{18} \\ 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 114 \\ 3852 \\ 163 \\ \hline 13482 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 863 \\ 114 \\ \hline 3452 \\ 863 \\ \hline 12082 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 907 \\ \times 1248 \\ 9 \\ \hline 11232 \end{array}$$

1)



$$\chi = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \left( 1 - \frac{n_1}{n_2} \right) =$$

$$= 0,1 \cdot 1,4 \cdot \left( 1 - \frac{1}{1,4} \right) = 0,1(1,4 - 1) = 0,04 \text{ (rad)}$$

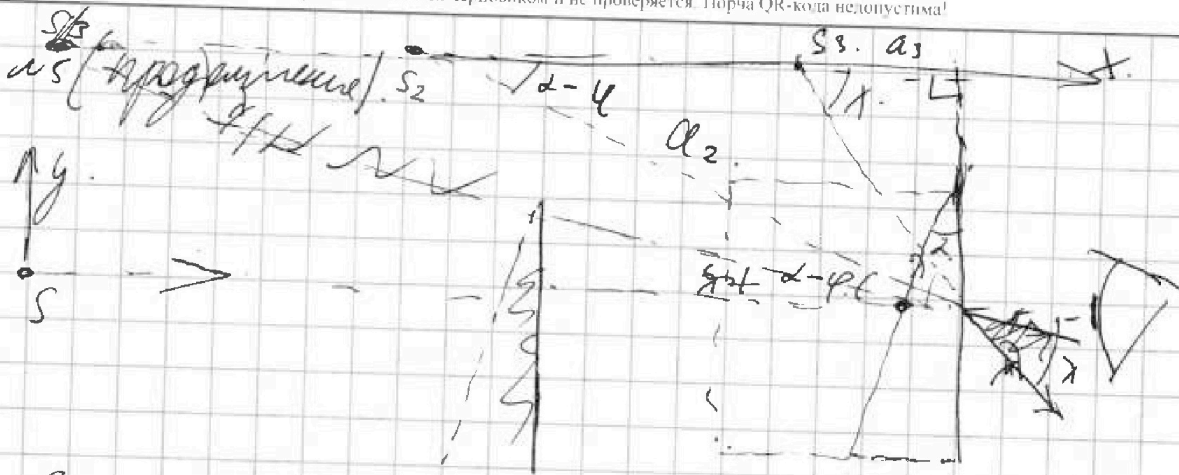
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Печать QR-кода недопустима!



$S_3$  - изображение, которое будем наблюдать.

$$\lambda \cdot h_6 = (d-u) \cdot h_2 \Rightarrow \lambda = \frac{(d-u) \cdot n_2}{h_6} = \frac{n_2}{h_6} d \cdot \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\lambda \cdot a_3 = (d-u) \cdot a_2 \Rightarrow a_3 = \frac{d-u}{\lambda} a_2 =$$

$$= \frac{d-u}{\frac{n_2}{h_6} d \cdot \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)} \cdot n_2 \cdot a_2 = \frac{n_2}{h_6} \cdot \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot (a_2 h) =$$

$$= \frac{n_2}{h_6} \cdot \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot h + \frac{n_2}{h_6} \cdot \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot \frac{n_1}{h_6} a$$

Аналогично можно показать, что

Всегда рассматривая вдоль вертикали и изображений, которые увидит наблюдатель будет равно

$$oa = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(a_3 - a_{h_2})^2 + (\lambda \cdot a_3)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{n_2}{h_6(n_2 - n_1)}\right)^2 + \left(\frac{n_2}{h_6} \cdot \frac{n_1}{n_2 - n_1} \cdot a\right)^2 \left(\frac{n_2}{h_6(n_2 - n_1)} h + \frac{n_2^2 \cdot n_1}{h_6^2(n_2 - n_1)} a\right)^2}$$

$$\cdot \frac{n_2^2}{h_6^2} \cdot d^2 \cdot \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$oa = (a_3 - a - ht)$$

Как видно, при  $z \rightarrow z_0$  значения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  →

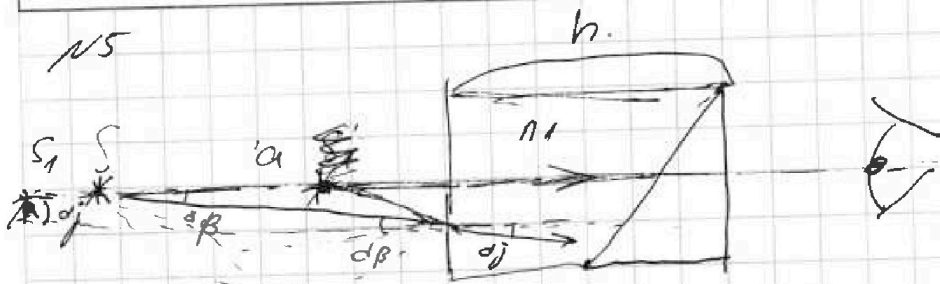
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

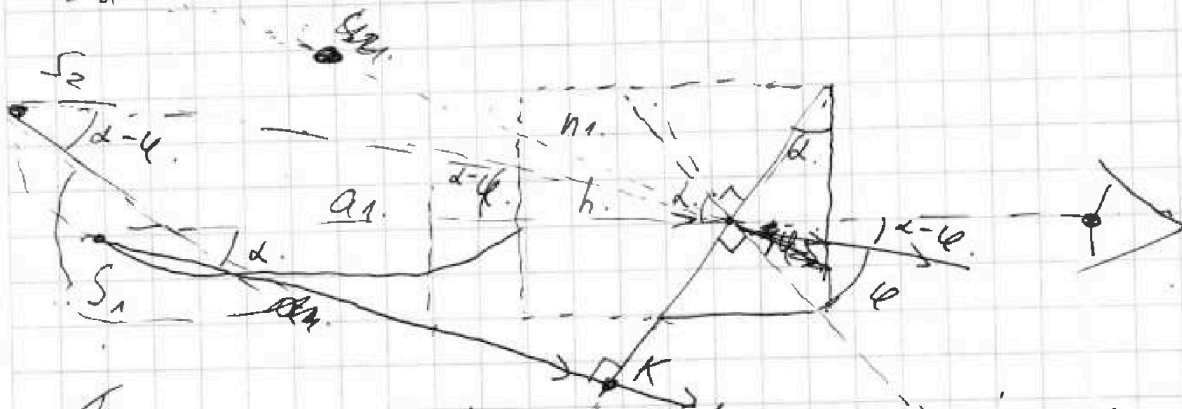


$$\text{Так как } d\beta \rightarrow 0 \Rightarrow \sin d\beta \approx d\beta \approx \tan d\beta.$$

$$\text{Потому } n_2 \cdot \sin d\beta = n_1 \cdot \sin d\gamma \\ n_2 \cdot d\beta = n_1 \cdot d\gamma \Rightarrow d\gamma = \frac{n_2}{n_1} \cdot d\beta \Rightarrow \frac{d\beta}{d\gamma} = \frac{n_1}{n_2}$$

$S_1$  - изображение источника второго предмета  
первой призмы.

$$\tan d\beta \cdot a = \tan d\gamma \cdot a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{d\beta}{d\gamma} \cdot a = \frac{n_1}{n_2} \cdot a$$



Поскольку  $\alpha$  считается малым, то  $\sin \alpha \approx \alpha$   
 $\sin \gamma \approx \gamma$ .

$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \gamma \cdot n_2$$

$$\frac{\alpha}{\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

$S_1, S_2$  и  $K$  - лежат на одной  
прямой;  $S_1 K \perp$  поверхности  
второй призмы.

$$\tan(\alpha - \gamma) \cdot a_2 = (a_1 + h) \cdot \tan \alpha$$

$$a_2 = \frac{(a_1 + h) \alpha}{\alpha - \gamma} = (a_1 + h) \cdot \frac{1}{1 - \frac{n_1}{n_2}}$$

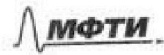
$S_2$  - изображение источника  
второго предмета во второй  
призме.



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!