

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

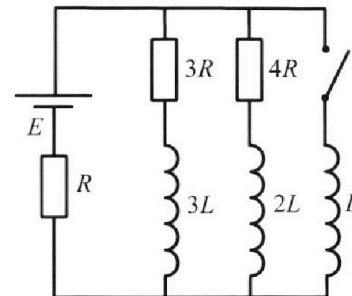
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



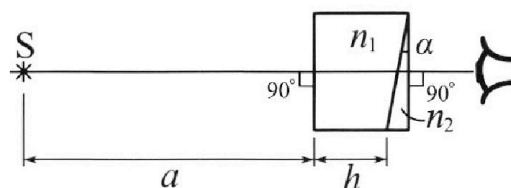
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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 $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.

$$17 \cdot 6 = 42 + 60 = 102$$

$$17 \cdot 7 = 70 + 49 = 119$$

$$17 \cdot 8 = 136$$

$$17 \cdot 3 = 30 + 21 = 51$$

$$17 \cdot 4 = 40 + 28 = 68$$

$$\begin{array}{r} 728 \overline{) 17} \\ \underline{68} \\ 48 \\ \underline{34} \\ 140 \end{array}$$



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

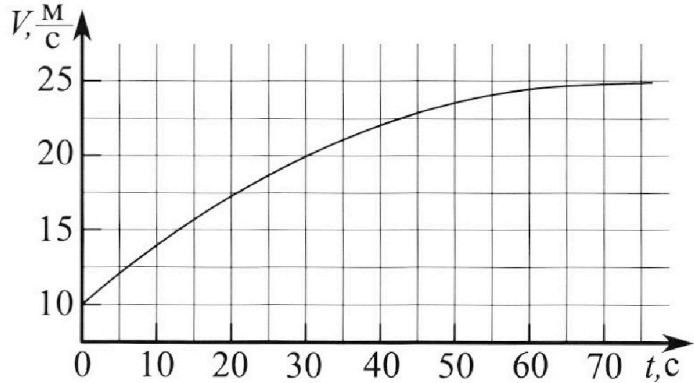
Вариант 11-03



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%.



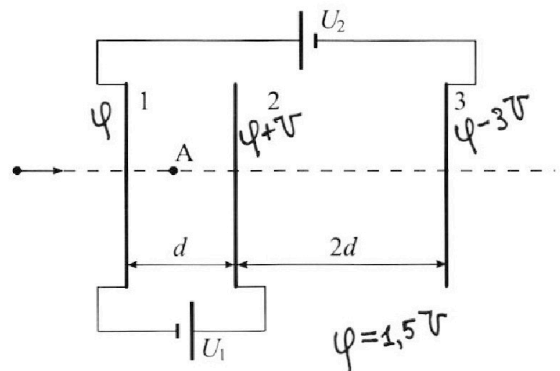
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

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



1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.

2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

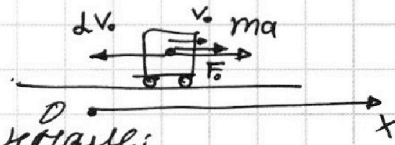
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача № 1.



2) По II-му закону Ньютона в катале:

скор. в катале;
 $ma = F_0 - \Delta V_0$; $v_0 = 10 \frac{m}{c}$, по графике;

тогда: $F_0 = ma + \Delta V_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,45 \frac{m}{c^2} + 24 \left(\frac{m}{c}\right) \cdot 10 \frac{m}{c} =$

$= 1500 \cdot 0,45 \text{ Н} + 24 \cdot 10 \cdot \text{Н} = (15 \cdot 45 + 240) \text{ Н} = 675 \text{ Н} + 240 \text{ Н} =$

$= 875 \text{ Н} + 40 \text{ Н} = \underline{\underline{915 \text{ Н}}}$;

3) Заметим, что по определению мощности: + по окр. рад A_{F_0} ;

$$P_0 = \frac{A_{F_0}}{\Delta t} = \frac{F_0 \cdot \Delta x}{\Delta t} = F_0 \cdot \underbrace{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)}_{v_0, \text{ по окр. скорости}} = F_0 \cdot v_0 = 915 \text{ Н} \cdot 10 \frac{m}{c};$$

$P_0 = \underline{\underline{9150 \text{ Вт}}}$;

Ответ:

1) $a = 0,45 \frac{m}{c^2}$;

2) $F_0 = 915 \text{ Н}$;

3) $P_0 = 9150 \text{ Вт}$;

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 15 \\ \hline 45 \\ + 75 \\ \hline 60 \\ \hline 675 \end{array}$$

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!



задача № 1. $\begin{cases} \bullet - \text{начало нового пункта рец.;} \\ \# - \text{комментарий, начало нового пункта рец.;} \end{cases}$

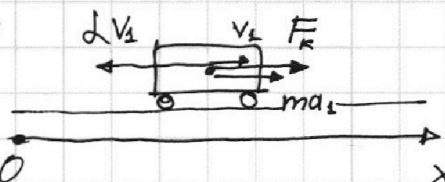
$m = 1500 \text{ кг}$; $\#$ гор. участок дор.; $F_k = 600 \text{ Н}$; \swarrow в конце разгона;

$\#$ Сила сопр. пропорц. скорости;

1) $a = ?$; $\#$ в начале разгона;

2) $F_0 = ?$; $\#$ в начале разгона;

3) $P_0 = ?$; $\#$ в начале разгона;

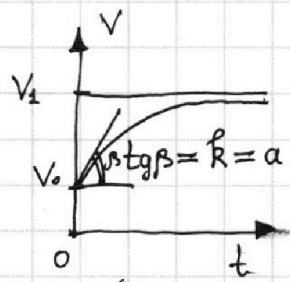
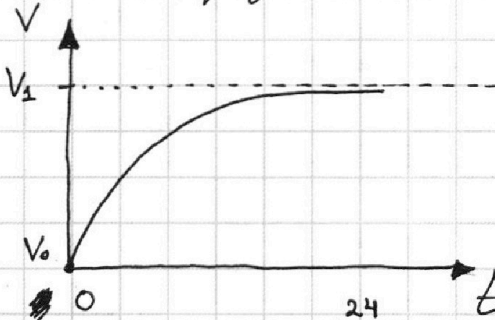
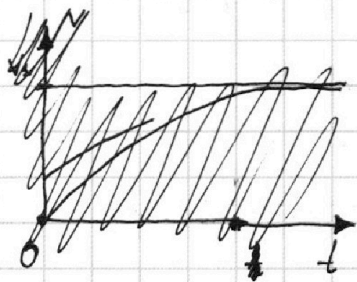


Решение:

"L" - коэфф. пропорц. силы сопр. воздуха скорости;

- 1) \bullet Заметим, что в какой-то момент автомобиль разогнаться до какой-то скорости V_1 , когда будет вычисляться, что $ma_x = 0 = F_k - L V_1$, т.е. $a_x = 0$, т.е. скорость установлена вылась, т.е. $V_1 = \text{const}$; $\Rightarrow F_k = L V_1$; $\#$ II-ой закон Ньютона по оси Ox ;

\bullet Заметим, что в конце разгона: $V_1 = \frac{25 \text{ м}}{\text{с}}$, по графику



$\#$ тогда получим, что: $L = \frac{600 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$; β -угол наклона в тот момент;

\bullet Заметим тогда, что: на данном графике в начальный момент ускорение равно коэфф. наклона графика (изначально v изм. \sim линейно); $\Rightarrow a = \text{tg } \beta = k = ?$

$\#$ по графику: $a = k = \text{tg } \beta = \frac{0,9 \cdot 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5 \text{ с}} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

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!

Задача №2.

вертикальный;

V - объем сосуда;

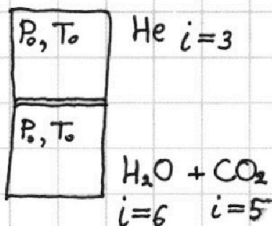
тонкий, невесомый, теплопроводящий поршень;

изначально две ~~две~~ равные части;

i - кол.-во степен. свободы;

$P_0 = P_{атм} / 2$, где $P_{атм}$ - н. атм. давл.;
 \leftarrow н.п. давл.;

T_0 - комнатная темп.;



цилиндр медленно

нагрели до темп. $T = 373\text{K}$;

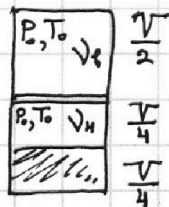
$\frac{V}{5}$ - нов. чет. объем верхней части;

Закон Генри:

$\Delta V = k P W$, k - парц. давл. газа;

кол. молекул: CO_2

H_2O



$k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль / (м³ Па);

при конечной темп. CO_2 практически нет в воде;

$RT = 3 \cdot 10^3$ Дж / моль;

ил. газы;

давление водяных паров при комнатной темп. мало;

объем жидкости не изм. при нагревании;

в нач. \leftarrow в верхней части;

1) $V_g / V_n = ?$ в нижней части;

2) $T / T_0 = ?$;

Решение:

1) • по закону Менделеева-Клапейрона в начальный момент:

в начале:

$V_{гг} - \text{кол.-во } \text{CO}_2$;
 $V_{вог} - \text{кол.-во } \text{H}_2\text{O}$;
 $V_{гг} + V_{вог} = V_n$

по закону Дальтона:

P_0 - давл. CO_2 в начале;

кол.-во воды

$P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_g \cdot R T_0$;
 $P_0 \cdot \frac{V}{4} = V_{гг} \cdot R T_0$;
 $0 \cdot \frac{V}{4} = V_{вог} \cdot R T_0$;
 $\# \text{ складываем};$
 $P_0 \cdot \frac{V}{4} = V_n R T_0 = V_{гг} R T_0$

помним, что:

$V_{вог}$ в начале мало;

делим ур.-я друг на друга;

$\begin{cases} \frac{P_0 V}{2} = V_g R T_0 \\ \frac{P_0 V}{4} = V_n R T_0 \end{cases}$

$\frac{4}{2} = \frac{V_g}{V_n}; \Rightarrow$

$\frac{V_g}{V_n} = 2$;

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!



$\frac{PV}{5} = V_0 RT$ # RT - известная величина;

$\frac{P_0 V}{2} = V_0 RT_0$

$P = 2P_0 + P_1$

$\frac{11}{20} P_1 V = \left(\frac{1}{2} V_0 + \frac{k P_0 V}{4} \right) RT$

$\frac{P \cdot 2}{5 \cdot P_0} = \frac{T}{T_0} ; \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2}{5} \cdot \frac{P}{P_0} = \frac{2}{5} \cdot \frac{(2P_0 + P_1)}{P_0} =$

$= \frac{2}{5} \left(2 + \frac{P_1}{P_0} \right)$

поставим одно уравнение на группу;

~~$\frac{11}{20} P_1 V = \left(\frac{1}{2} V_0 + \frac{k P_0 V}{4} \right) RT$~~

поставим:

$\frac{P_0 V}{4} = \frac{V_0 RT_0}{2}$

$\frac{11}{20} P_1 V = \frac{V_0 RT_0}{2}$

$\frac{11}{20} \cdot \frac{P_1}{P_0} = \frac{RT_0}{\left(\frac{1}{2} + k \cdot \frac{RT_0}{2} \right) RT}$

$\Rightarrow \frac{P_1}{P_0} = \frac{10 T_0}{11 \cdot \frac{1}{2} (1 + k RT_0) T} =$

$= \frac{20 T_0}{11 (1 + k RT_0) T} =$

$= \frac{20}{11 \left(\frac{1}{T_0} + k R \right) T} = \frac{20}{11 \left(\frac{T}{T_0} + k R T \right)}$

поставим;

$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{5} \cdot \left(2 + \frac{20}{11} \cdot \frac{1}{\frac{T}{T_0} + k R T} \right) ;$

пусть $\frac{T}{T_0} = x$; # найдем x ; $x = \frac{2}{5} \cdot 2 \left(1 + \frac{10}{11x + 11k R T} \right) ;$

пусть: $k R T = a$; $\frac{5}{4} x = 1 + \frac{10}{11x + 11a} ;$

тогда: $5x = 4 + \frac{40}{11x + 11a} ; \cdot (11x + 11a) ;$

$55x^2 + 55xa = 44x + 44a + 40 ; \Rightarrow$ # кв. уравнение;

$\Rightarrow 55x^2 + (55a - 44)x - (44a + 40) = 0 ;$

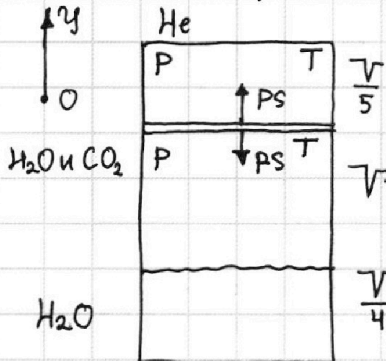
по условию: $a = k R T = 0,5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3 = 1,5 ;$ # поставим;

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!



2) Заметим, что:



P - конечное давл. в обеих частях сосуда;

T - конечная температура в обеих частях сосуда;

$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20-4-5}{20}V = \frac{11}{20}V$$

по первому усл. равновес. на поршне по оси OY : $P_s = P_s$, т.е. давление в обеих частях одинаково и равно P ; # кол.-во He постоянно и равно ν_8

по закону Менделеева-Клапейрона для He: $P \cdot \frac{V}{5} = \nu_8 RT$;
изначально: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_8 RT_0$;

~~# по закону Менделеева-Клапейрона для CO2~~
~~но в конечном состоянии~~

по закону Дальтона: $P = P_{атм} + P_1$;

ν_1 - кол.-во уш. газа в конце; P_1 - ^{парц.} давл. уш. газа в конце;

ν_2 - кол.-во ~~парц.~~ ^{вож. паров} в конце; $P_{н.п.}(T) = P_{н.п.}(373K) = P_{атм.}$;
в конце вод. пар насыщеннее;

+ по закону Дальтона:

по Закону Менделеева-Клапейрона в конце:

на CO_2 : $P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \nu_1 RT$;

т.к. в конце процесса растворенного уш. газа в воде нет, то $\nu_1 = \nu_n + \Delta\nu = \nu_n + \Delta\nu = \frac{1}{2}\nu_8 + R \cdot P_0 \cdot \left(\frac{V}{4}\right)$;
 $\Delta\nu$ - кол.-во кераствор. уш. газа;

придем по п.1) $\nu_n = \frac{1}{2}\nu_8$;

подставим в 3-й Менг.-Клап. для He;
изначально;

по закону Тенри: $\Delta\nu = R \cdot P_0 \cdot \left(\frac{V}{4}\right)$;

подставим;

$$\left\{ \begin{array}{l} P \cdot \frac{V}{5} = \nu_8 RT; \\ P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_8 RT_0; \\ P = P_{атм} + P_1; \\ P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \nu_1 RT; \\ \nu_1 = \frac{1}{2}\nu_8 + R \cdot P_0 \cdot \left(\frac{V}{4}\right) \end{array} \right. \quad \# \text{ придем: } P_0 = \frac{1}{2} P_{атм}; \Rightarrow P_{атм} = 2P_0;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{PV}{5} = \nu_8 RT; \\ \frac{P_0 V}{2} = \nu_8 RT_0; \\ P = 2P_0 + P_1; \\ P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \left(\frac{1}{2}\nu_8 + R \cdot P_0 \cdot \left(\frac{V}{4}\right)\right) RT; \end{array} \right. \quad \# \text{ решим данную систему;}$$

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!



$$55x^2 + \left(55 \cdot \frac{3}{2} - 44\right)x - \left(44 \cdot \frac{3}{2} + 40\right) = 0; / \cdot 2$$

$$110x^2 + (55 \cdot 3 - 88)x - (44 \cdot 3 + 40 \cdot 2) = 0;$$

$$110x^2 + (165 - 88)x - (120 + 12 + 80) = 0; \Rightarrow 110x^2 + (85 - 8)x - 212 = 0;$$

$$110x^2 + 77x - 212 = 0; \# \text{ м.к. } x > 0;$$

$$x = \frac{-77 \pm \sqrt{77^2 - 2 \cdot 110 \cdot (-212)}}{2 \cdot 110} = \frac{-77 \pm \sqrt{5989}}{220}$$

$$= -\frac{7}{2 \cdot 10} + \sqrt{\frac{49 + \frac{848 \cdot 10}{11}}{2 \cdot 10}} = -\frac{7}{20} + \sqrt{\frac{539 + 8480}{20}} =$$

$$= -\frac{7}{20} + \frac{\sqrt{9019}}{20} \approx -\frac{7}{20} + \frac{\sqrt{820}}{20} =$$

$$\begin{array}{r} \times 49 \\ 11 \\ \hline 49 \\ 49 \\ \hline 539 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 8480 \\ + 539 \\ \hline 9019 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \overline{)9019} \quad | \quad 11 \\ \underline{88} \\ 21 \\ \underline{11} \\ 109 \\ \underline{99} \\ 100 \\ \underline{99} \\ 11 \\ \underline{11} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\sqrt{820} - 7}{20} = \frac{2\sqrt{5 \cdot 41} - 7}{20} \\ &820 = 4 \cdot 5 \cdot (40 + 1) = 20 \cdot 41 \\ &= \frac{2\sqrt{205} - 7}{20} \approx \frac{2 \cdot 14,3 - 7}{20} = \\ &= \frac{28,6 - 7}{20} = \frac{21,6}{20} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 14 \cdot 14 = 196 \\ 1 \\ \times 14,1 \\ 14,1 \\ + 14,1 \\ \hline 564, \\ 141 \\ \hline 19881 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 14,2 \\ 14,2 \\ + 284 \\ \hline 568 \\ 142 \\ \hline 20164 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14,3 \\ 14,3 \\ + 429 \\ \hline 572 \\ 143 \\ \hline 20449 \end{array}$$

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!

задача №3

d и $2d$ - расстояния между пластинами;

$\sqrt{s} \gg d$, где \sqrt{s} - мин. размеры сеток;

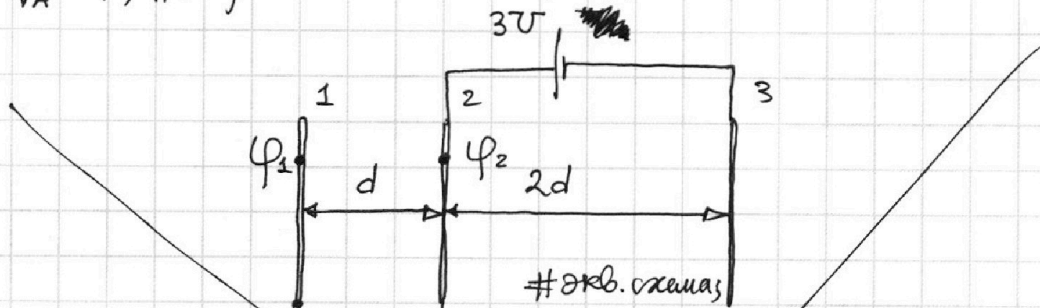
#изначально сетки не зар.; $U_1 = U$; $U_2 = 3U$;

$m, q > 0$; v_0 - скорость на удалении от сеток;

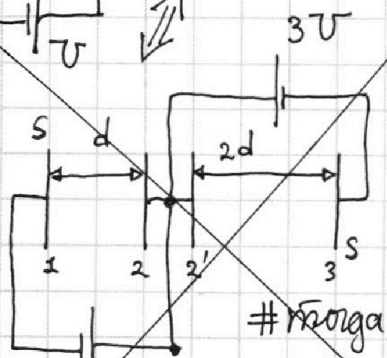
1) $a = ?$; # между 1 и 2;

2) $K_1 - K_2 = ?$;

3) $V_A = ?$; # скорость в т. А; $\frac{d}{4}$ - удаление т. А от 1-ой пласт.



сложный конденсатор:



S - площ. пластин;

пусть:

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

тогда:

$$\frac{\epsilon_0 S}{2d} = \frac{C}{2}$$

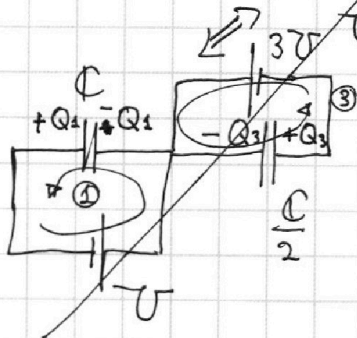
+ З.С.З.:

тогда по закону Ома + по опр. ёмкости:

Q_1, Q_2, Q_3 - зар. пласт.

по II-му пр. Киргофа:

$$\begin{cases} \textcircled{1}: U = \frac{-Q_1}{C}; \\ \textcircled{2}: 3U = \frac{-Q_3}{\frac{C}{2}}; \\ -Q_1 - Q_3 = Q_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = -CU = -\frac{\epsilon_0 S U}{d}; \\ Q_3 = -\frac{3CU}{2} = -\frac{3\epsilon_0 S U}{2d}; \\ Q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} \left(1 + \frac{3}{2}\right) = \frac{5}{2} \frac{\epsilon_0 S U}{d}; \end{cases}$$



- 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!

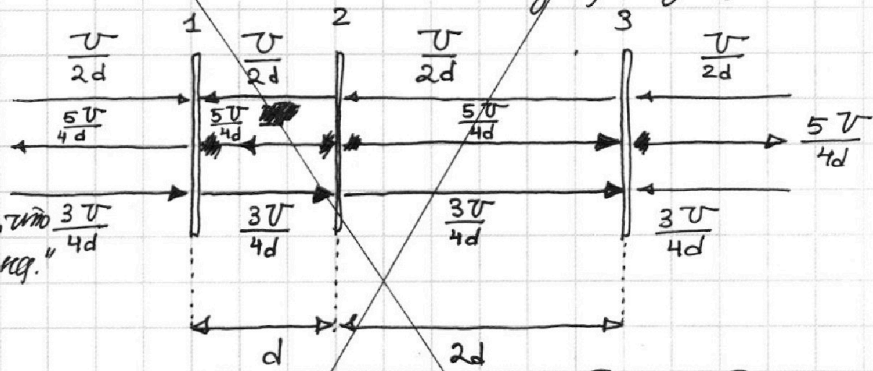


Заметим, что поля плоскостей:

δ -слоя пов.-ные м.-ти зар;

$$\begin{cases} E_1 = \frac{|\sigma_1|}{2\epsilon_0} = \frac{|Q_1|}{2\epsilon_0 S} = \frac{1 \cdot 5V}{d \cdot 2\epsilon_0 S} = \frac{V}{2d}, \text{ # к 1-ой;} \\ E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{5}{4} \frac{V}{d}; \text{ # от 2-ой;} \\ E_3 = \frac{|Q_3|}{2\epsilon_0 S} = \frac{3}{4} \frac{V}{d}; \text{ # к 3-ей;} \end{cases}$$

+ воспользуемся принципом суперпозиции эл. полей;

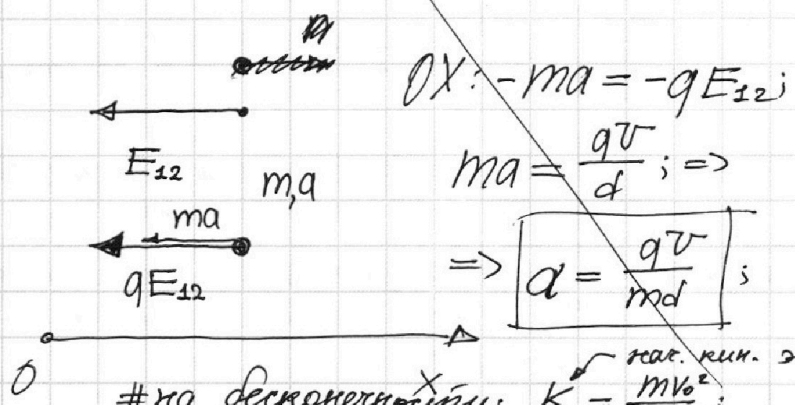


заметим, что "старушки" поля катод;

тогда полное поле между 1-ой 2-ой:

$$E_{12} = \frac{2V}{4d} + \frac{5V}{4d} - \frac{3V}{4d} = \frac{4V}{4d} = \frac{V}{d};$$

по II-му закону Ньютона по оси OX:



на бесконечности: $K = \frac{mv_0^2}{2}$ (кас. кин. эн.);

2) Заметим, что по закону сохр. Энергии на заряд:

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!



или П. К. Э.:

при подлете к 1-ой: $(K_1 - K) = q(\varphi_\infty - \varphi_1)$; потен. у 1-ой;

при подлете ко 2-ой: $(K_2 - K) = q(\varphi_\infty - \varphi_2)$; потен. у 2-ой;

$\varphi_\infty = 0$, т.е. потенциал на большом удалении; + полюсу и ср. работы эл. поля;

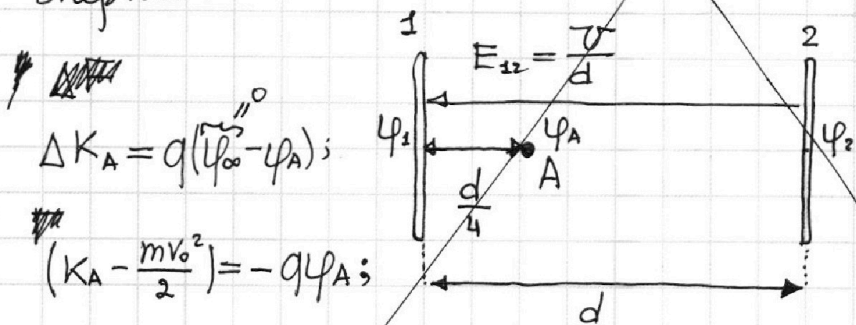
①: $K_1 - K = -q\varphi_1$; $q\varphi_2 - q\varphi_1 = K_1 - K_2$;

②: $K_2 - K = -q\varphi_2$; # из ① вычтем ②-е;

заметим, что: $\varphi_2 - U = \varphi_1$, т.е. $\varphi_2 - \varphi_1 = U$;

тогда получим, что: $K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q \cdot U$;

3) Заметим тогда, что по теореме о кинетической энергии:



$\Delta K_A = q(\varphi_\infty - \varphi_A)$;

$(K_A - \frac{mv_0^2}{2}) = -q\varphi_A$;

Заметим, что: $\frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -q\varphi_A$;

заметим, что ускорение между пластинками 1 и 2 постоянно; \Rightarrow

\Rightarrow воспользуемся формулой из кинематики:

$V_A^2 - V_0^2$ ← скорость при подлете к

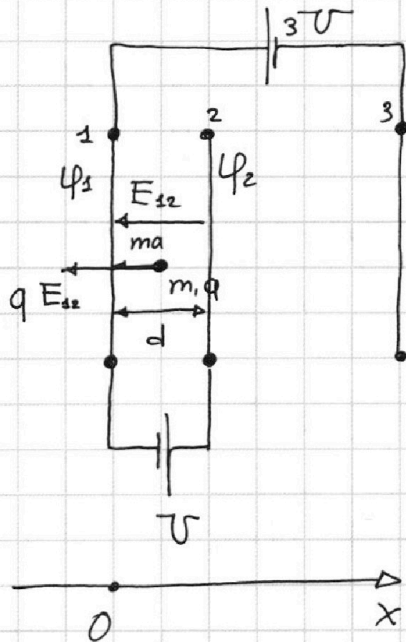
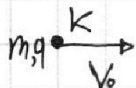
- 1 2 3 4 5 6 7

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



задача № 3.

- 1) $a = ?$;
2) $K_1 - K_2 = ?$;
3) $V_A = ?$;



1) # по формуле связи между E_{12} и напряжением однородно поля:

$$E_{12} \cdot d = U;$$

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

по II-му закону Ньютона по оси OX:

$$-ma = -qE_{12};$$

$$ma = qE_{12} = \frac{qU}{d}; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{a = \frac{qU}{md}};$$

2) K - кин. э.н. тела на уг.т по отр. E_{12} :
Заметим, что по теореме о кинетической энергии:

$$\left\{ \begin{aligned} K_1 - K &= q(\varphi_\infty - \varphi_1); \\ K_2 - K &= q(\varphi_\infty - \varphi_2); \end{aligned} \right. \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{aligned} K_1 - K &= q(\varphi_\infty - \varphi_1); \\ K_2 - K &= q(\varphi_\infty - \varphi_2); \end{aligned} \right. \Rightarrow K_1 - K_2 = -q\varphi_1 + q\varphi_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU;$$

$\varphi_\infty = 0$, т.е. ее удалим;

по формуле связи: $\varphi_2 - \varphi_1 = U$;

тогда:

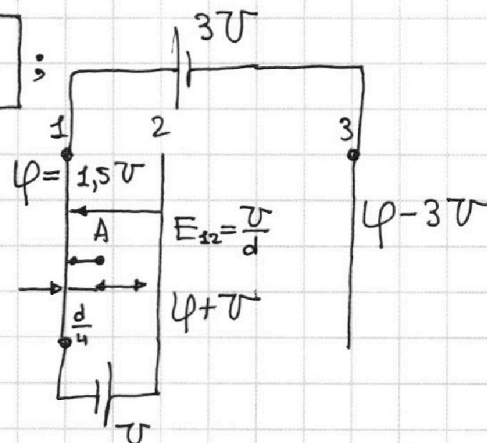
$$\boxed{K_1 - K_2 = qU};$$

3) Заметим, что:

найдем потенциалы пластин;

заметим, что скачки поля нет;

по симметрии: $\varphi = 1,5U$;
 $\varphi = \varphi_1$;



φ - потенциал 1-ой пласти;

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 checked="" 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!

• по формуле связи: $\varphi_A - \varphi = \frac{U}{d} \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{U}{4} = 0,25U$

$$\varphi_A = \varphi + 0,25U = 1,5U + 0,25U =$$

Воспользуемся П. К. Э.: $= 1,75U = \frac{7}{4}U$

$$(K_A - K) = q(\varphi_\infty - \varphi_A);$$

$$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = 0 - q \cdot \frac{7}{4}U; \quad | \cdot \frac{2}{m};$$

$$V_A^2 - V_0^2 = -\frac{7}{2} \frac{qU}{m}; \Rightarrow V_A^2 = V_0^2 - \frac{7}{2} \frac{qU}{m}; \quad | \sqrt{\quad}$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7}{2} \frac{qU}{m}};$$

Ответ: 1) $a = \frac{qU}{md}$;

2) $K_1 - K_2 = qU$;

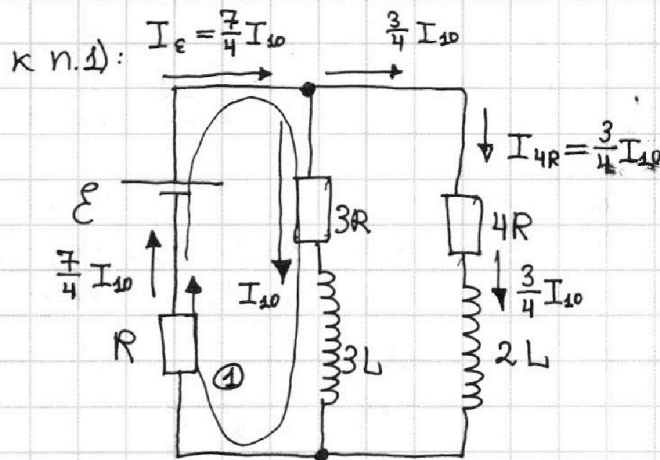
3) $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7qU}{2m}}$;

- 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!

Задача № 4.

- # все элементы идеальные
- # замыкание ключа;
- # учт. реж. при разомкнутом ключе; → замыкание;



1) $I_{10} = ?$, через $3R$ при разомкнутом ключе;

2) # сразу после замыкания ключа $\dot{I}_1 = ?$; скор. возраст. тока в L;

3) # при замыкании ключа:

$I_{3R} = ?$
зар., прот. через 3R;

Решение:

при уст. режиме:

$$\begin{cases} I_{3L} = \text{const}; \frac{d}{dt} \Rightarrow \dot{I}_{3L} = 0; \\ I_{2L} = \text{const}; \frac{d}{dt} \Rightarrow \dot{I}_{2L} = 0; \end{cases}$$

1) Ток в цепи установился; \Rightarrow нет падения напряжения на катушках $3L$ и $2L$, по закону Э.М. индукции Фарадея;

тогда:
$$\begin{cases} U_{3L} = 3L \cdot \dot{I}_{3L} = 0; \\ U_{2L} = 2L \cdot \dot{I}_{2L} = 0; \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{(З.С.З.);} \\ \# \text{ применяем закон} \\ \text{сохр. заряда на узлы;} \end{matrix}$$

• Тогда заметим, что всё напряжение падает на резисторах;

~~# заметим, что в этот момент:~~

заметим, что в этот момент:

$$U_{3R} = I_{10} \cdot 3R = U_{4R} = I_{4R} \cdot 4R; \Rightarrow I_{4R} = \frac{3R}{4R} \cdot I_{10};$$
напр. на 4R в начале; 1
напр. на 3R в начале;

применяем З.С.З. на узел:
$$I_{\epsilon} = \frac{3}{4} I_{10} + I_{10} = \frac{7}{4} I_{10};$$
ток через оба в нач. момент;

по II-му правилу Кирхгофа:

①:
$$\epsilon = I_{10} \cdot 3R + \frac{7}{4} I_{10} \cdot R = \left(3 + \frac{7}{4}\right) I_{10} R = \frac{12+7}{4} I_{10} R = \frac{19}{4} I_{10} R;$$
напр. резистора;

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

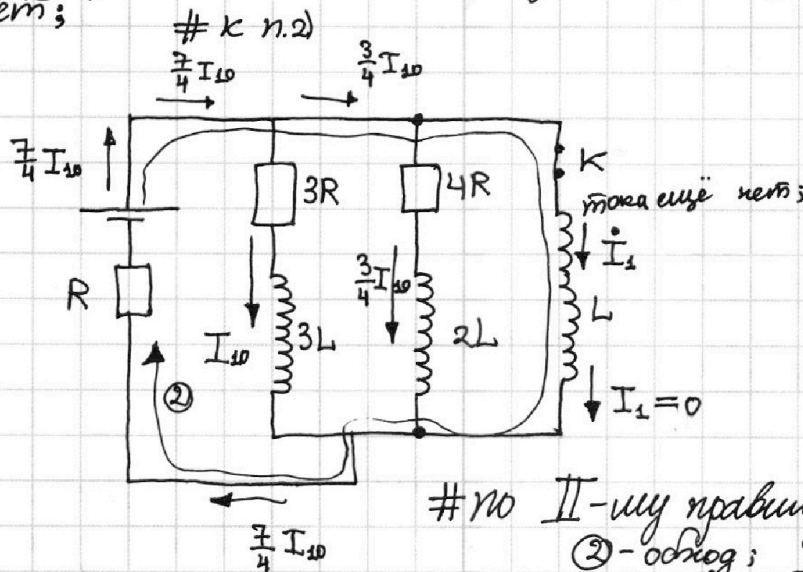
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$\mathcal{E} = \frac{19}{4} I_{10} \cdot R; \Rightarrow I_{10} = \frac{4}{19} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}; \quad \# \text{вниз по } 3R;$$

2) Заметим, что ток через $3L$ и $2L$ уменьшается медленно, т.к. это катушки; \Rightarrow ток через них (и через резисторы) остаётся прежним, а в саму катушку L ток ещё не идёт;



по II-му правилу Кирхгофа:

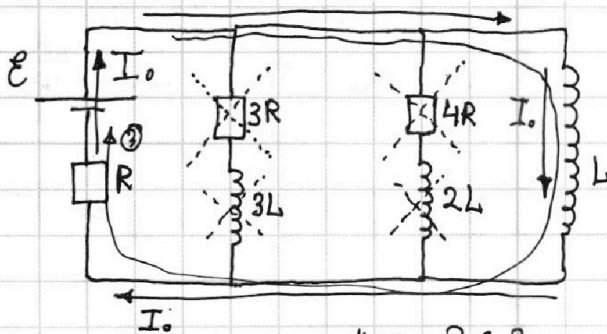
② - обход;
 $\mathcal{E} - L \dot{I}_1 = \frac{7}{4} I_{10} \cdot R;$

②: $\mathcal{E} = U_L + \frac{7}{4} I_{10} \cdot R;$ # по закону Э.М. индукции Фарадея:

$U_L = \mathcal{E} - \frac{7}{4} I_{10} \cdot R;$ # подставим; $U_L = L \cdot \dot{I}_1;$

$$U_L = \mathcal{E} - \frac{7}{4} \cdot \frac{4}{19} \cdot \mathcal{E} = \frac{12}{19} \mathcal{E}; \Rightarrow \dot{I}_1 = \frac{12 \mathcal{E}}{19 L};$$

3) Заметим, что новый установившийся режим выйдет так:



по п.1): напр. на катушке L нет; \Rightarrow

\Rightarrow по закону Ома: напр. на $3R$, $3L$, $4R$, на $2L$ нет;

т.к. // - ное подключение; \Rightarrow

\Rightarrow ток через $3R$, $3L$, $4R$, $2L$ не течёт; \Rightarrow ток циркулирует в $\mathcal{E} \leftrightarrow L \leftrightarrow R$ контуре;

I_0 - конечный ток, # по ЗСЗ; через R , \mathcal{E} , L ;

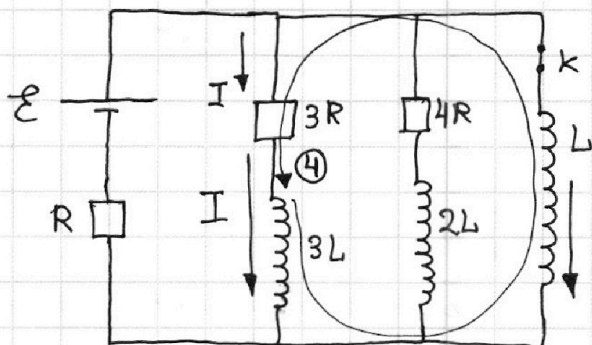
1 2 3 4 5 6 7

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

задача №4. 3)

по II-му правилу Киргофа: ③: $\mathcal{E} = I_0 R + 0$; $\Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$; напр. на L ;

в какой-то момент, между замык. ключа и уст. нового стая. режима:



I - ток через $3R$ и $3L$, в какой-то момент;
 I_L - ток через L в этот момент;

$\begin{cases} \dot{I} & \text{- произв. тока через } 3R \text{ и } 3L; \\ \dot{I}_L & \text{- произв. тока через } L; \end{cases}$

+ закон Э.М. инд. Фарадея: Э.Д.С. инд. на $3L$;

в этот момент: Э.Д.С. инд. на L ;
 # по II-му правилу Киргофа: ④: $\mathcal{E}_{инд. 3L} - \mathcal{E}_{инд. L} = 3IR$;

$$-3L\dot{I} + L\dot{I}_L = 3IR; \int \cdot \Delta t; \Rightarrow -3L \cdot \Delta I + L \Delta I_L = 3 \Delta q \cdot R; \int$$

суммируем:

$$-3L(0 - I_{10}) + L(I_0 - 0) = 3(q_{3R} - 0) \cdot R;$$

по стр. произв. и силы тока;

$$+3LI_{10} + LI_0 = 3q_{3R};$$

$$3L \cdot \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} + L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = 3q_{3R}; \Rightarrow$$

подставим;

получим;

$$q = q_{3R} = \frac{31 \mathcal{E} L}{57 R};$$

$$\left(\frac{12}{19} + 1\right) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{L \mathcal{E}}{R} = q = q_{3R};$$

$$\frac{31}{19} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{L \mathcal{E}}{R} = q_{3R};$$

Ответ:

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

2) $\dot{I}_1 = \frac{12 \mathcal{E}}{19 L};$

3) $q_{3R} = \frac{31 \mathcal{E} L}{57 R};$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

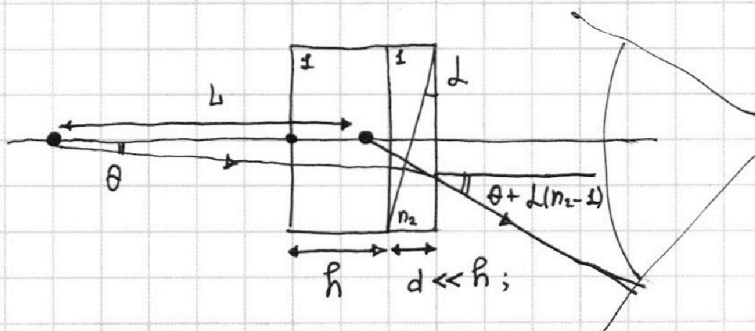
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

заметим, что:



разворот на $d(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

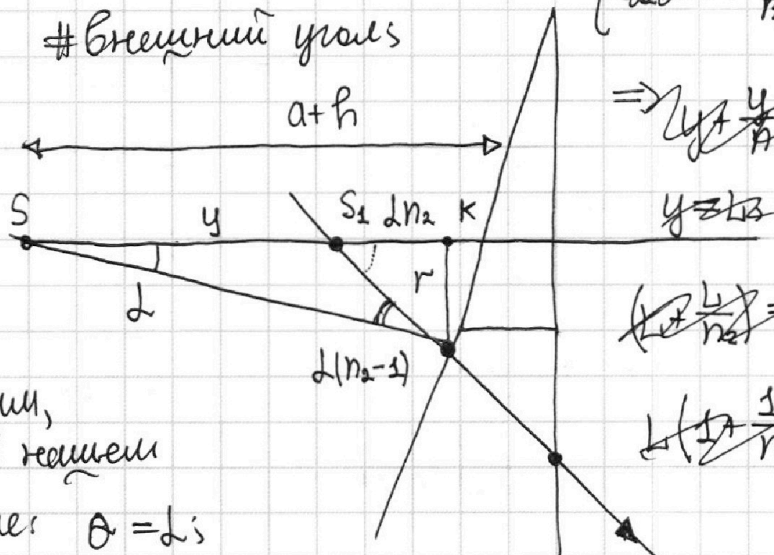
заметим, что:

тогда:

из-за малости углов;

K-точка

внешний угол



$\Rightarrow \frac{y}{r} = \frac{a+h}{r_2}$

$\frac{y}{n_2} = a+h$

$\frac{y}{n_2} = a+h$

заметим, что в нашем случае: $\theta = d \cdot n_2$

~~$\frac{a+h}{n_2} = \frac{(a+h)n_2}{n_2 + 1}$~~

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!



- Заметим тогда, что:

$$(a+h) = L + (a+h) \cdot \frac{1}{n_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = (a+h) \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) = (a+h) \frac{(n_2-1)}{n_2};$$

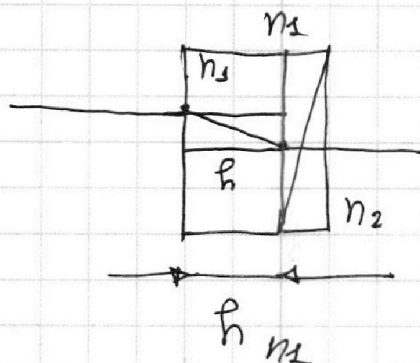
$$L = \left(\frac{n_2-1}{n_2}\right)(a+h) = \frac{1,7-1}{1,7} \cdot (90\text{см} + 14\text{см}) =$$

$$\approx \frac{0,7}{1,7} \cdot 104\text{см} = \frac{7}{17} \cdot 104\text{см} = \frac{728\text{см}}{17} \approx 42,8\text{см};$$

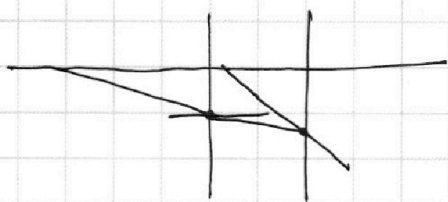
заметим, что, когда $n_1 = 1,4$;

пластина создаёт своим изображением на Δ :

$$\begin{aligned} \Delta &= (n_1-1) \cdot h = \\ &= (1,4-1) \cdot 14\text{см} = \\ &= 0,4 \cdot 14\text{см} = \\ &= 4 \cdot 1,4\text{см} = \\ &= (4+1,6)\text{см} = \\ &= 5,6\text{см}; \end{aligned}$$



разделение на Δ , пластину и Δ



тот же разворот на

$$\begin{aligned} L(n_2-1) - L(n_2-1) &= \\ = L(n_2-n_1) &= L(0,3) = 0,3 \cdot L = \\ = 0,3 \cdot 0,1\text{рад} &= 0,03\text{рад}; \end{aligned}$$

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!

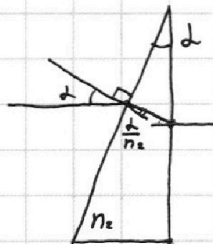
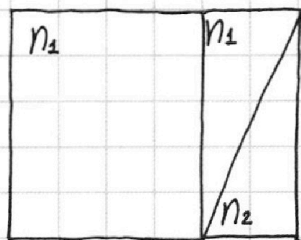
задача №5.

$$n_6 = 1;$$

n_1 и n_2 - пок. преломл.; $d = 90$ см; $L = 0,1$ рад; $h = 14$ см;

1) $n_1 = n_6 = 1$; $n_2 = 1,7$; $\beta = ?$;

2) $n_1 = n_6 = 1$; $n_2 = 1,7$; $L = ?$; угол откл.;

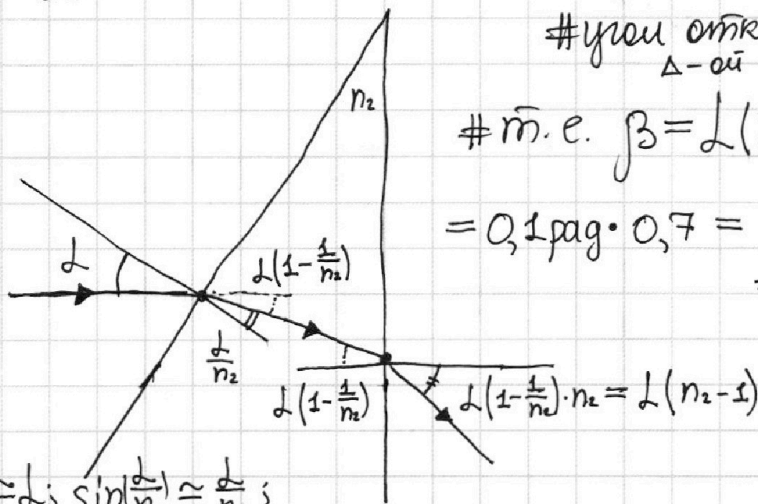


1) # Запомним тогда, что т.к. $n_1 = n_6 = 1$, то в n_2 луч не изменится; # отклонение внесёт только тонкая тр. призма:

пользуемся законом Снеллиуса для малых углов

угол откл. от тонкой Δ -ой призмы;

$$\# \text{т.е. } \beta = L(n_2 - 1) = 0,1 \text{ рад} \cdot 0,7 = \underline{\underline{0,07 \text{ рад}}}$$



$$\sin \alpha \approx \alpha; \sin\left(\frac{\alpha}{n_2}\right) \approx \frac{\alpha}{n_2};$$

второй раз закон Снеллиуса для малых углов;

$$\begin{cases} L \cdot 1 = \left(\frac{L}{n_2}\right) \cdot n_2; \\ L \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \cdot n_2 = 1 \cdot \left(L(n_2 - 1)\right) \\ \approx \sin\left(L\left(1 - \frac{1}{n_2}\right)\right) \approx \sin(L(n_2 - 1)) \end{cases}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

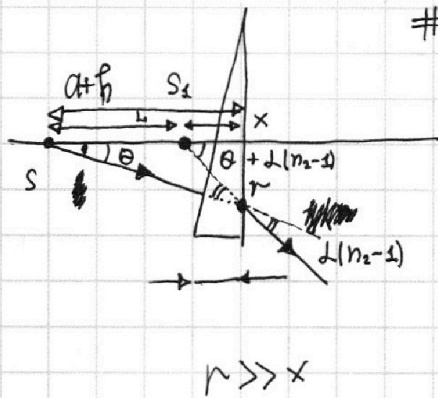
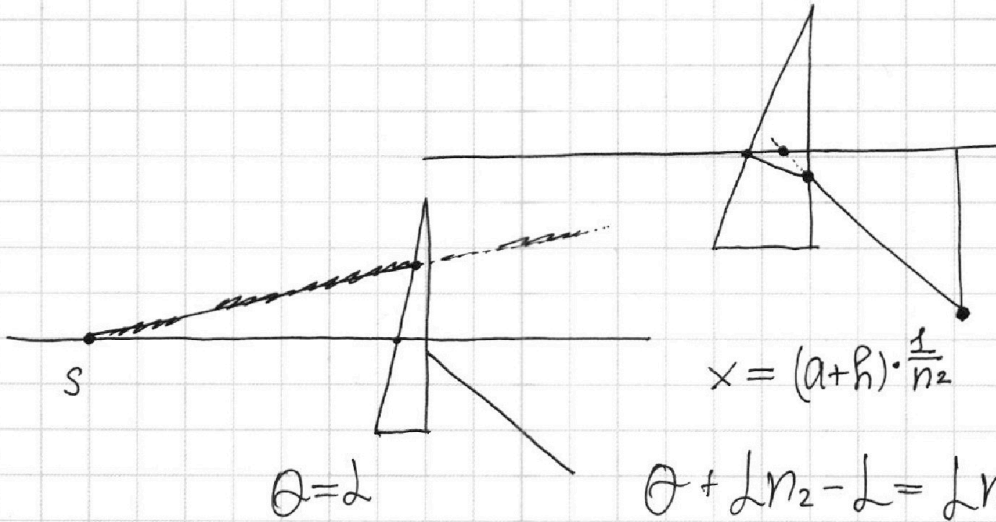
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



2) Пт. к. изображение формируют параксиальные лучи, то:



будет создаваться мнимое изображение;

заметим, что:
малые углы;

$$\frac{r}{a+h} = \text{tg } \theta \approx \theta;$$

$$\frac{r}{x} = (\text{tg } \theta + L(n_2 - 1)) \approx \theta + L(n_2 - 1);$$

$$\begin{cases} \frac{r}{a+h} = \theta \\ \frac{r}{a+h-L} = \theta + L(n_2 - 1) \end{cases}$$

$$1 + \frac{L(n_2 - 1)}{\theta} = \frac{a+h}{a+h-L};$$

по теореме синусов:

$$\frac{L}{L(n_2 - 1)} = \frac{a+h-L}{\theta};$$

$$\frac{L}{a+h-L} = \frac{L(n_2 - 1)}{\theta};$$

~~$1 + \frac{L}{a+h-L} = \frac{a+h}{a+h-L}$~~



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

Аналогично:

исканная величина

$$L_1 = \Delta + \sigma =$$
$$= \Delta + x - y =$$

$$= 5,6 \text{ см} + 0,3 \cdot (104 \text{ см} - 5,6 \text{ см}) =$$
$$= \underline{\underline{5,6 \text{ см}}}$$

- Ответ:
- 1) $\beta = 0,07 \text{ рад}$;
 - 2) $L \approx 42,8 \text{ см}$;
 - 3)



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 checked="" 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!

