



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

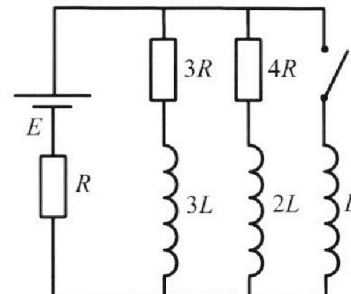
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



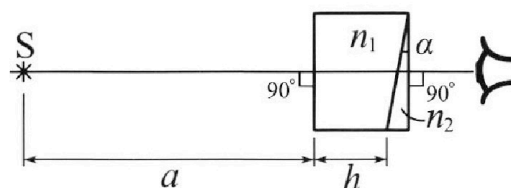
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

$$6 = 42 + 60 = 102$$
$$17 \cdot 8 = 136$$

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

$$17 \cdot 8 = 136$$

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

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

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



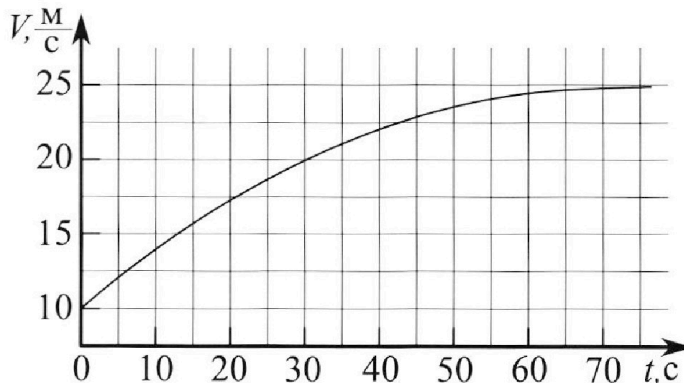
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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 $V/5$.

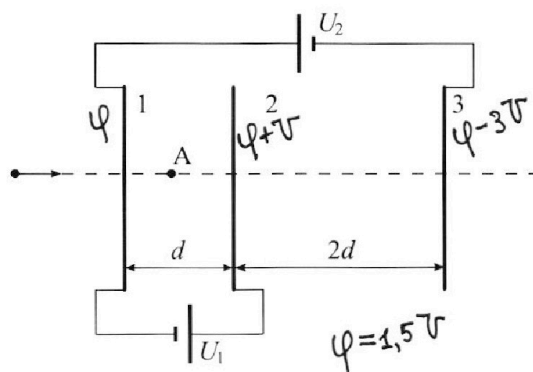
По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(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.

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 № 1.

2) По II-му закону Ньютона в катале:

$ma = F_0 - \Delta V$; $V_0 = 10 \frac{m}{c}$, по графику;

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

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

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

3) Заметим, что по определению мощности: + по окр. рад A_F ;

$P_0 = \frac{A_F}{\Delta t} = \frac{F_0 \cdot \Delta x}{\Delta t} = F_0 \cdot \underbrace{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)}_{V_0, \text{ по окр. скорости}} = F_0 \cdot V_0 = 915 \text{ Н} \cdot 10 \frac{m}{c};$

$P_0 = 9150 \text{ Вт};$

Ответ:

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

2) $F_0 = 915 \text{ Н};$

3) $P_0 = 9150 \text{ Вт};$

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 ~ 1. $\begin{cases} \bullet - \text{начало нового пункта реш.;} \\ \# - \text{комментарий, начало нового пункта реш.;} \end{cases}$

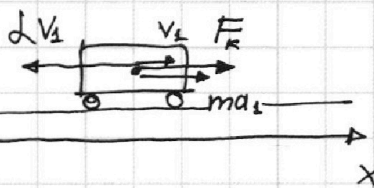
$m = 1500 \text{ кг}$; $\#$ гор. участок дор.; $F_k = 600 \text{ Н}$; $\swarrow$ в конце разгона;

$\#$ Сила сопр. пропорц. скорости;

1) $a = ?$; $\#$ в начале разгона;

2) $F_0 = ?$; $\#$ в начале разгона;

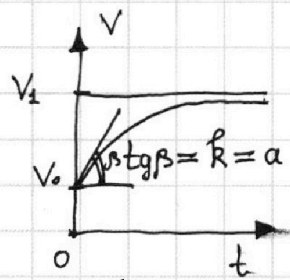
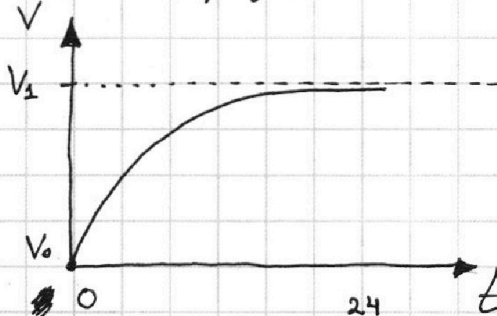
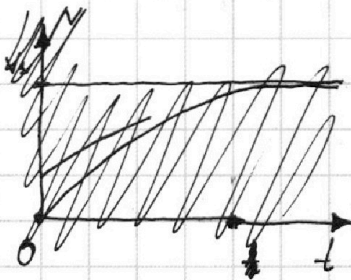
3) $P_0 = ?$; $\#$ в начале разгона; 0



Решение: $\#$ "L" - коэфф. пропорц. силы сопр. воздуха скорости;

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

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



$\#$ тогда найдем, что: $L = \frac{600 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}} = 24 \frac{\text{Н}}{(\frac{\text{м}}{\text{с}})}$; $\#$ касательная к граф. в нач. точке; β -угол наклона в нач. момент;

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

$\#$ по графику: $a = k = \text{tg } \beta = \frac{0,9 \cdot 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{8 \text{ с}} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

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 - объём сосуда;

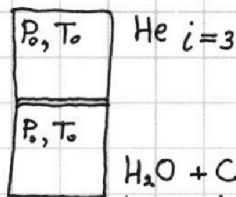
тонкий, невесомый, теплопроводящий поршень;

изначально две ~~одн.~~ равные части;

i - кол.-во степен. свободы;

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

T_0 - комнатная темп.;



цилиндр медленно
нагрели до темп. $T = 373\text{K}$;

$\frac{V}{5}$ - нов. уст. объём
верхней части;

нач. количество: CO_2

Закон Генри:

$$\Delta V = R P W, \quad p - \text{парц. давл. газа};$$

$$R \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)};$$

$$RT = 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль};$$

при конечной темп. CO_2 практически
нет в воде;

ид. газы;

давление водяных паров при комнатной темп. мало;

объём жидкости не изм. при нагревании;

в нач.: в верхней части;

1) $V_6/V_4 = ?$ в нижней части;

2) $T/T_0 = ?$;

Решение:

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

в начале:

$$\begin{cases} V_{\text{He}} - \text{кол.-во } \text{CO}_2; \\ V_{\text{вод}} - \text{кол.-во } \text{H}_2\text{O}; \\ V_{\text{He}} + V_{\text{вод}} = V_4 \end{cases}$$

по закону
Дальтона:

P_0 - давл. CO_2 в начале;

кол.-во воды

$V_{\text{вод}}$ в начале мало;

получим, что:

$$\begin{cases} \frac{P_0 V}{2} = V_6 R T_0; \\ \frac{P_0 V}{4} = V_4 R T_0; \end{cases}$$

делим ур.-я друг на друга;

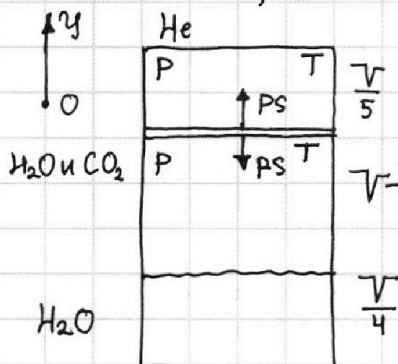
$$\frac{4}{2} = \frac{V_6}{V_4}; \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{V_6}{V_4} = 2};$$

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!

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 V_0

по закону Менделеева-Клапейрона для He: $P \cdot \frac{V}{5} = V_0 RT$;

аналогично: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_0 R T_0$;

~~# по второму усл. равновес. на поршне по оси OY : $P_S = P_S$, т.е. давление в обеих частях одинаково и равно P ;~~

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

V_1 - кол.-во уш. газа в конце; P_1 - давл. уш. газа в конце;

V_2 - кол.-во ~~вод. паров~~ в конце; $P_{\text{н.п.}}(T) = P_{\text{н.п.}}(373\text{K}) = P_{\text{атм.}}$;

в конце вод. пар насыщенный;

+ по закону Дальтона:

по Закону Менделеева-Клапейрона в конце:

на CO_2 : $P_1 \cdot \frac{11}{20}V = V_1 RT$;

т.к. в конце процесса растворённого уш. газа в воде нет, то $V_1 = V_n + \Delta V = V_n + \Delta V = \frac{1}{2}V_0 + kP_0(\frac{V}{4})$;

$\uparrow$ кол. кол.-во кераствор. уш. газ;

придем по п.1) $V_n = \frac{1}{2}V_0$;

подставим в 3-й Менг. - Клап. для He;

аналогично;

по закону Тенри: $\Delta V = k \cdot P_0 \cdot (\frac{V}{4})$;

подставим;

$P \cdot \frac{V}{5} = V_0 RT$; # придем: $P_0 = \frac{1}{2}P_{\text{атм.}} \Rightarrow P_{\text{атм.}} = 2P_0$;

$P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_0 R T_0$

$P = P_{\text{атм.}} + P_1$;

$P_1 \cdot \frac{11}{20}V = V_1 RT$;

$V_1 = \frac{1}{2}V_0 + kP_0(\frac{V}{4})$

$\frac{PV}{5} = V_0 RT$; # решим данную систему;

$\frac{P_0 V}{2} = V_0 R T_0$;

$P = 2P_0 + P_1$;

$P_1 \cdot \frac{11}{20}V = (\frac{1}{2}V_0 + kP_0(\frac{V}{4}))RT$;

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!

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

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

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

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

$$x = \frac{-77 \pm \sqrt{77^2 + 212 \cdot 4 \cdot 110}}{2 \cdot 110} =$$

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

$$= -\frac{7}{20} + \frac{\sqrt{\frac{9019}{11}}}{20} \approx -\frac{7}{20} + \frac{\sqrt{820}}{20} =$$

$$= \frac{\sqrt{820} - 7}{20} = \frac{2\sqrt{5 \cdot 41} - 7}{20} =$$

$$820 = 4 \cdot 5 \cdot (40 + 1) = 20 \cdot 41$$

$$= \frac{2\sqrt{205} - 7}{20} \approx \frac{2 \cdot 14,3 - 7}{20} =$$

$$= \frac{28,6 - 7}{20} = \frac{21,6}{20}$$

$$14 \cdot 14 = 196$$

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

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

$$\begin{array}{r} \overline{9019} \mid 11 \\ 88 \quad 819,9... \\ - 21 \\ \hline 11 \\ - 109 \\ \hline 99 \\ - 100 \\ \hline 99 \\ \hline 11 \\ 1 \\ \times 14,3 \\ 14,3 \\ 429 \\ + 572 \\ \hline 143 \\ 20449 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

задача ~ 3.

d и $2d$ - расстояния между пластинами;

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

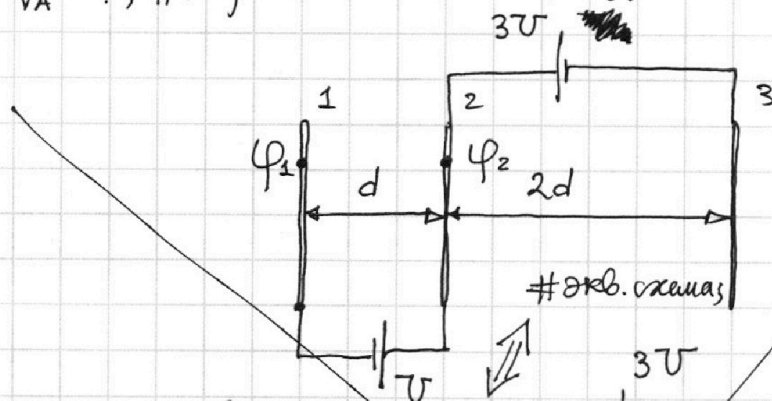
изначально сетки не зар.; $U_1 = U$; $U_2 = 3U$;

$m, q > 0$; 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:

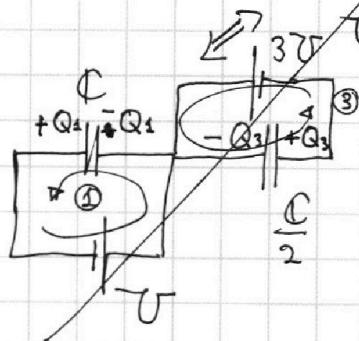
$$\frac{\epsilon_0 S}{2d} = \frac{C}{2}$$

тогда по закону Ома + по опр. ёмкости:

Q_1, Q_2, Q_3 - зар. пласт.;

по II-му пр. Киргофа:

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



+ 3.C.3.;

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!



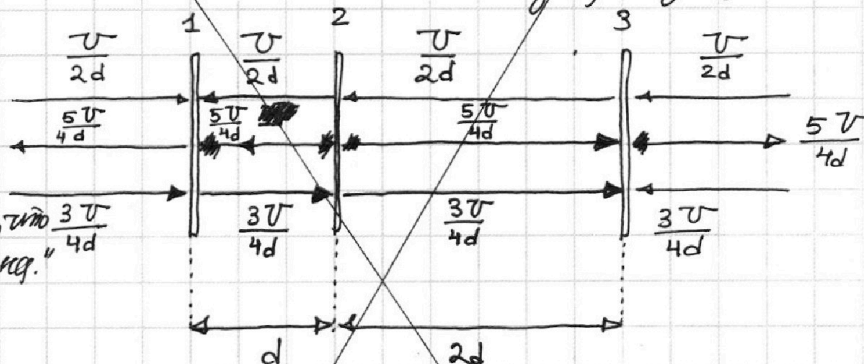
Заметим, что поля плоскостей:

8-воль. пов.-ные
м.-ти зар;

$$\begin{cases} E_1 = \frac{|\sigma_1|}{2\epsilon_0} = \frac{|Q_1|}{2\epsilon_0 S} = \frac{1.5V}{d \cdot 2\epsilon_0} = \frac{V}{2d}, \text{ от } 1\text{-ой}; \\ E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{5}{4} \frac{V}{d}; \text{ от } 2\text{-ой}; \\ E_3 = \frac{|Q_3|}{2\epsilon_0 S} = \frac{3}{4} \frac{V}{d}; \text{ от } 3\text{-ей}; \end{cases}$$

+ воспользуемся принципом
суперпозиции эл. полей;

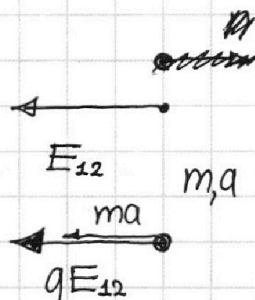
заметим, что
старшие "конд."
поля нет;



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:



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

$$ma = \frac{qV}{d}; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{qV}{md};$$

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

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

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!



или П. К. Э.:

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

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

$\varphi_\infty = 0$, т.е. потенциал на большом удалении; + пошу-
мися о пр. работы эл. поля;

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

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

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

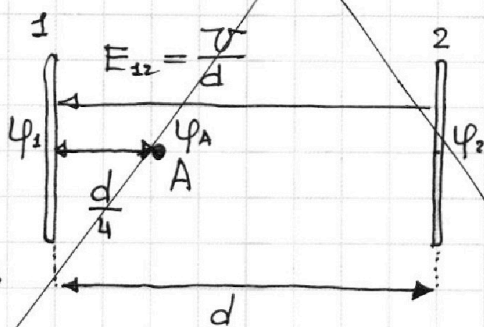
тогда получим, что: $K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU;$

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

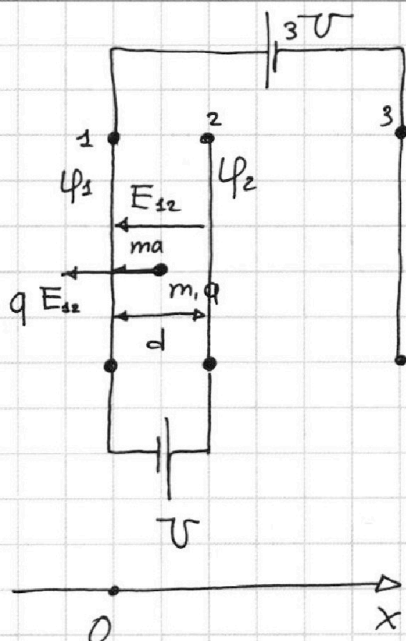
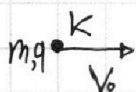
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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-
го 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) Заметим, что по теореме
о кинетической энергии:

$$\begin{cases} K_1 - K = q(\phi_\infty - \phi_1); \\ K_2 - K = q(\phi_\infty - \phi_2); \end{cases} \Rightarrow K_1 - K_2 = -q\phi_1 + q\phi_2 =$$

$\phi_\infty = 0$, т.е. на удалении;

$$= q(\phi_2 - \phi_1) = qU;$$

по формуле связи: $\phi_2 - \phi_1 = U$;

тогда:

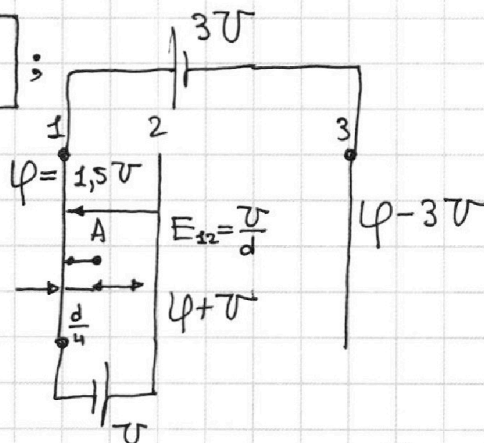
$$\boxed{K_1 - K_2 = qU};$$

- 3) Заметим, что:

найдем потенциалы
пластин;

Заметим, что скачки
поля нет;

по симметрии: $\phi = 1,5U$;
 $\phi = \phi_1$;



ϕ - потенциал 1-ой пластин;



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!

• по формуле связи: $\varphi_A - \varphi = \frac{U}{d} \cdot \frac{d^1}{4} = \frac{U}{4} = 0,25U;$

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

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

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

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

$$V_A^2 - V_0^2 = -\frac{7}{2} \frac{U}{m} \cdot q; \Rightarrow V_A^2 = V_0^2 - \frac{7}{2} \frac{qU}{m}; \quad / \sqrt{\frac{1}{2}};$$

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

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;

уст. реж. при разомкнутом
ключе; → замыкание;

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

2) # сразу после замыкания
ключа $\dot{I}_1 = ?$; $\dot{I}_2 = ?$ скор. возраст.
тока в L ;

3) # при замкнутом ключе:

$$q_{3R} = ?$$

$\leftarrow$ 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: $\begin{cases} U_{3L} = 3L \cdot \dot{I}_{3L} = 0; \\ U_{2L} = 2L \cdot \dot{I}_{2L} = 0; \end{cases}$ (З.С.З.);
применяя закон
сохр. заряда на узлы;

• Тогда заметим, что всё напряжение падает на резисторах;

~~# заметим, что на резисторах падает всё напряжение~~

заметим, что в этот момент:

$$U_{3R} = I_{10} \cdot 3R = U_{4R} = I_{4R} \cdot 4R; \Rightarrow I_{4R} = \frac{3R}{4R} \cdot I_{10};$$

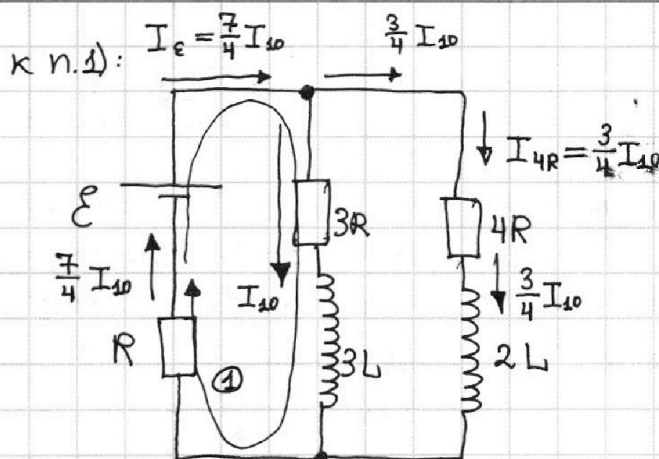
$\nwarrow$ нап. на $3R$ в момент; $\nearrow$ нап. на $4R$ в момент;

используя З.С.З. на узел: $I_E = \frac{3}{4} I_{10} + I_{10} = \frac{7}{4} I_{10}$;
 $\nwarrow$ ток через $3R$ в момент; $\nearrow$ ток через $4R$ в момент;

по II-му правилу Кирхгофа:

$$\textcircled{1}: \mathcal{E} = I_{10} \cdot 3R + \frac{7}{4} I_{10} \cdot R = \left(3 + \frac{7}{4}\right) I_{10} R = \frac{12+7}{4} I_{10} R = \frac{19}{4} I_{10} R;$$

$\nwarrow$ нап. резистора;



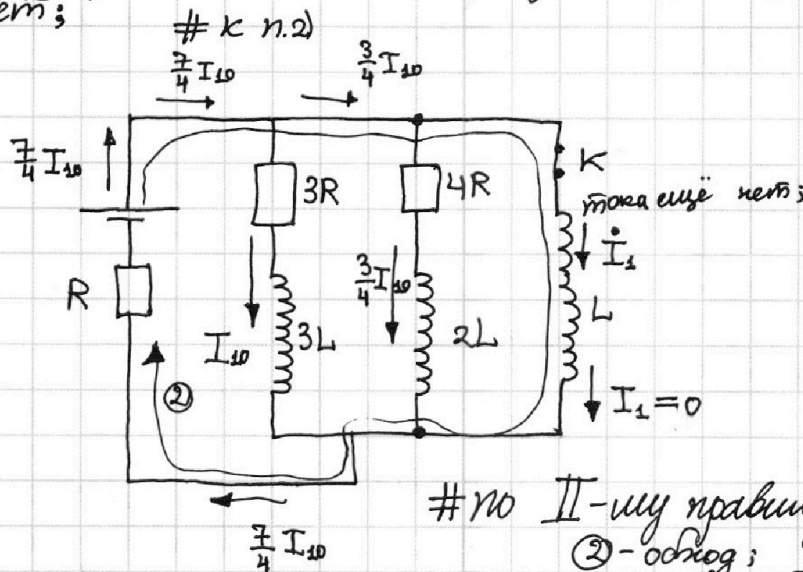
I_{4R} - ток через $4R$ в
этот момент;

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!

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

2) Заметим, что ток через $3L$ и $2L$ изменяется 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;

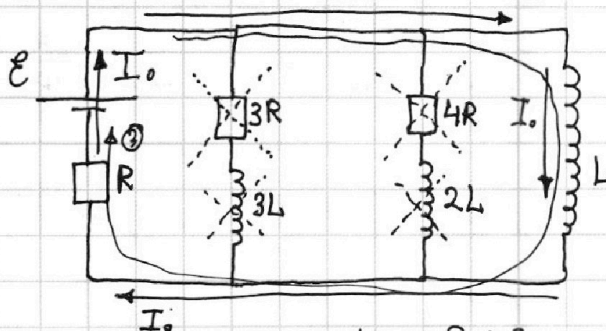
$$\mathcal{E} - L \dot{I}_1 = \frac{7}{4} I_{10} \cdot R;$$

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

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

$$U_L = \mathcal{E} - \frac{7}{4} \cdot \frac{4}{19} \cdot \frac{1}{1} \cdot \mathcal{E} = \frac{12}{19} \mathcal{E}; \Rightarrow \dot{I}_1 = \frac{12 \mathcal{E}}{19 L};$$

3) Заметим, что новый установившийся режим выглядит так:



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

$\Rightarrow$ по закону Ома: напр. на $3R, 3L, 4R, 2L$ 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 3СЗ;
через $R, \mathcal{E}, L$;

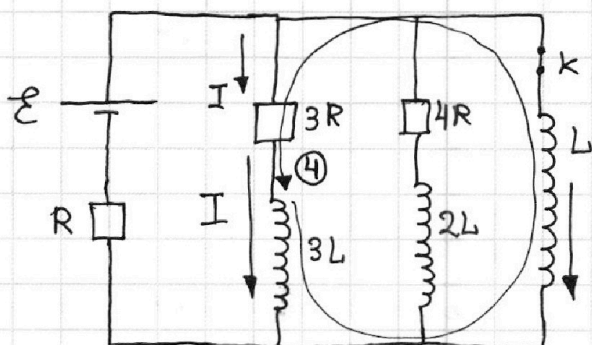
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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
стационар. режима:



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

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

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

по II-му правилу Киргофа: ④: $\mathcal{E}_{\text{инд. } 3L} - \mathcal{E}_{\text{инд. } L} = 3IR$;

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

суммируем:

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

по отн. 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



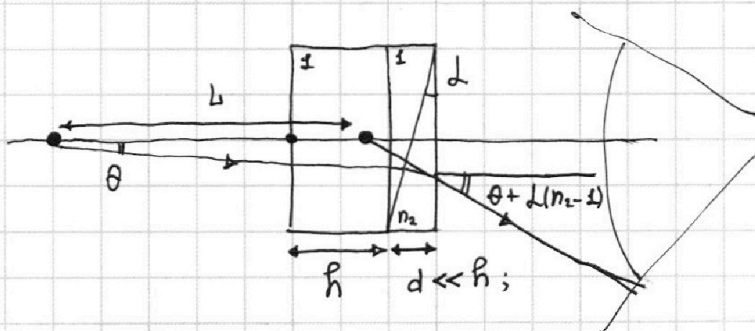
7



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 $L(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

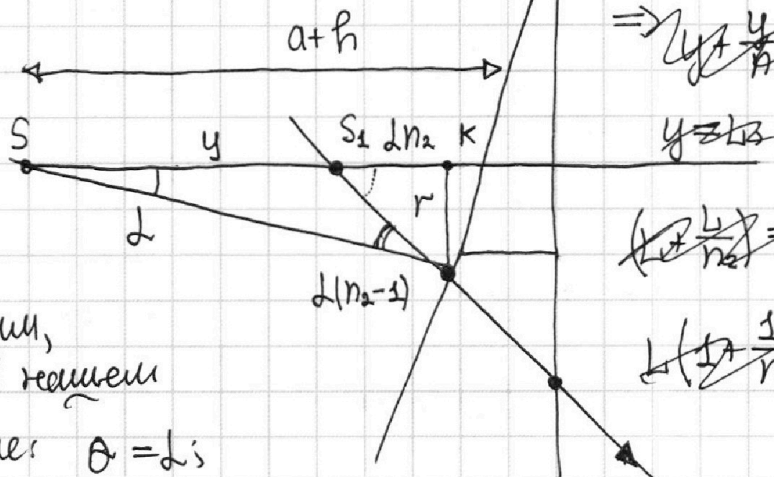
заметим, что:

тогда:

из-за малости углов;

K-точка

внешний угол



$$\Rightarrow \frac{L}{h} \frac{1}{n_2} \approx \frac{a+h}{L}$$

$$\left(1 + \frac{L}{h}\right) = \frac{a+h}{L}$$

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

заметим,
что в нашем
случае: $\theta = L$

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

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 тогда, что:

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

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

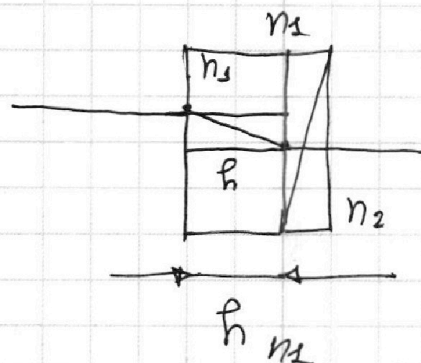
$$L = \left(\frac{n_2-1}{n_2}\right)(a+h) = \frac{1,7-1}{1,7} \cdot (90\text{см} + 14\text{см}) =$$

$$3) = \frac{0,7}{1,7} \cdot 104\text{см} = \frac{7}{17} \cdot 104\text{см} = \frac{728\text{см}}{17} \approx 42,8\text{см};$$

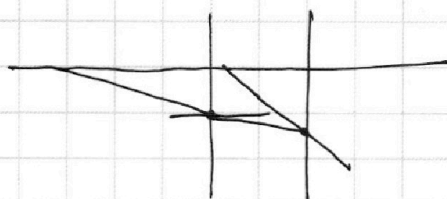
заметим, что, когда $n_1 = 1,4$;

пластина создаёт свый изображения 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 , пласт и Δ



тогда разворот на

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

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!

МФТИ

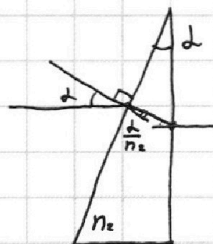
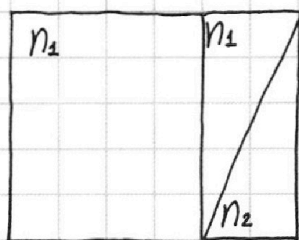
задача №5.

$$n_1 = 1;$$

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

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

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



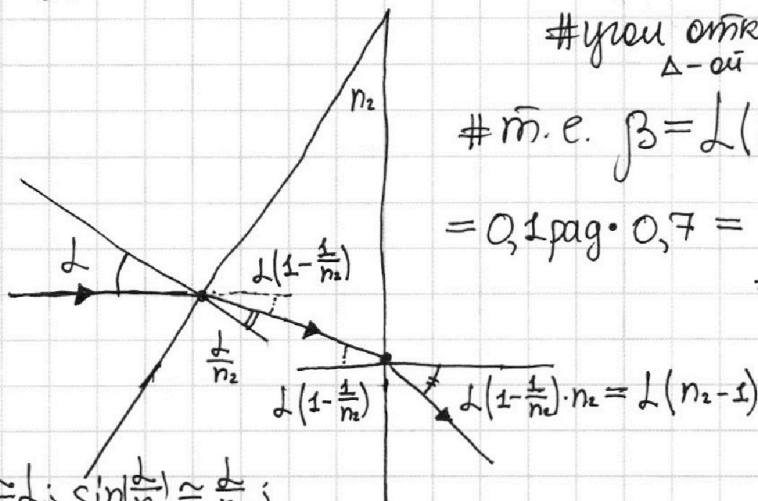
1) # Заметим тогда, что т.к. $n_1 = n_1 = 1$, то в n_2
луч не изменится; # Отклонение внесёт только
тонкая тр. призма:

пользуемся законом Снеллиуса для малых углов

угол откл. от тонкой
 Δ -ой призмы;

т.е. $\beta = L(n_2 - 1) =$

$= 0,1 \text{ рад} \cdot 0,7 = \underline{\underline{0,07 \text{ рад}}}$;



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

$L \cdot 1 = (\frac{L}{n_2}) \cdot n_2$;

второй раз закон Снеллиуса для
малых углов;

$L(1 - \frac{1}{n_2}) \cdot n_2 = 1 \cdot (L(n_2 - 1))$
 $\approx \sin(L(1 - \frac{1}{n_2})) \approx \sin(L(n_2 - 1))$

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

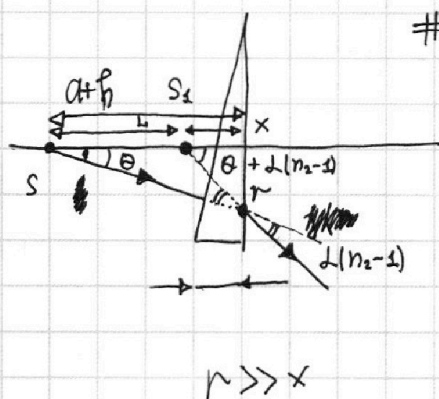
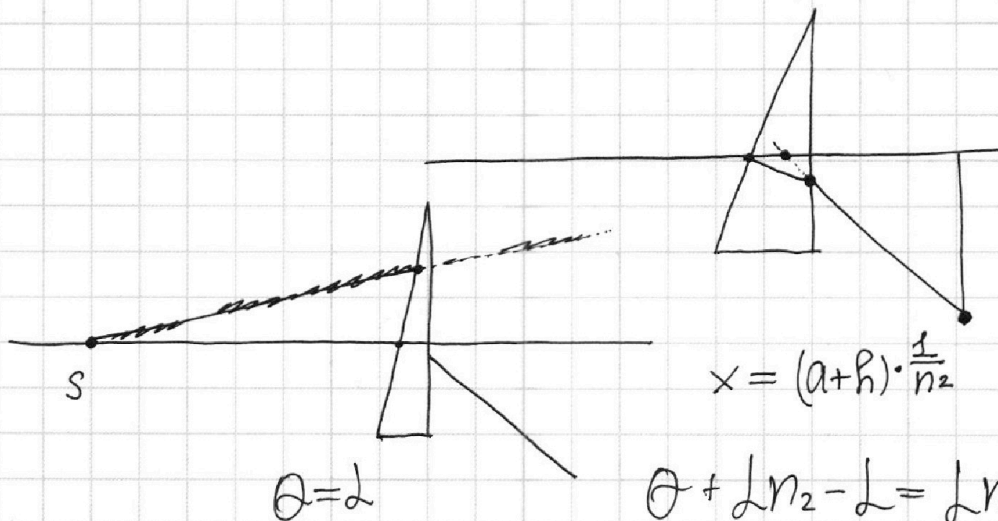
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

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



будет создаваться мнимое
изображение;

заметим, что:

малые углы;

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

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

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

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

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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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

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

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

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
☐

 **МФТИ**

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

