

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

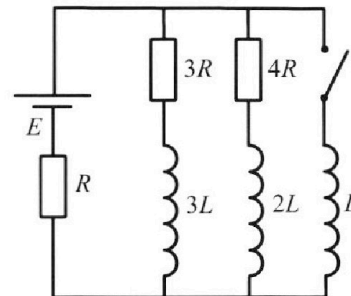
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



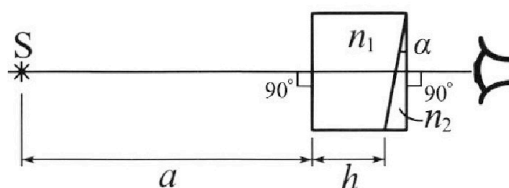
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

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

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

$$17 \cdot 8 = 136$$

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

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

$$\begin{array}{r} 728 \overline{) 17} \\ \underline{68} \phantom{0} \\ 48 \phantom{0} \\ \underline{34} \phantom{0} \\ 140 \end{array}$$



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

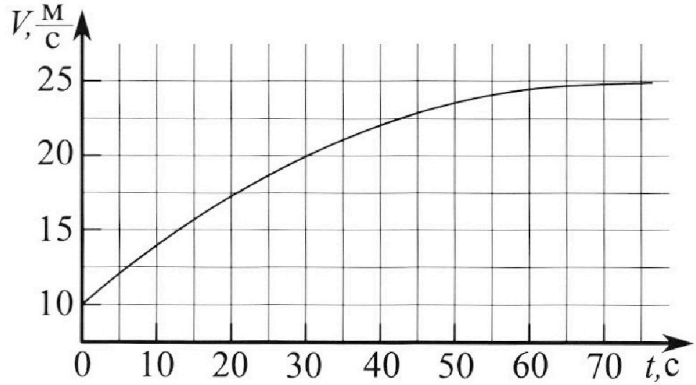
## Вариант 11-03



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%.



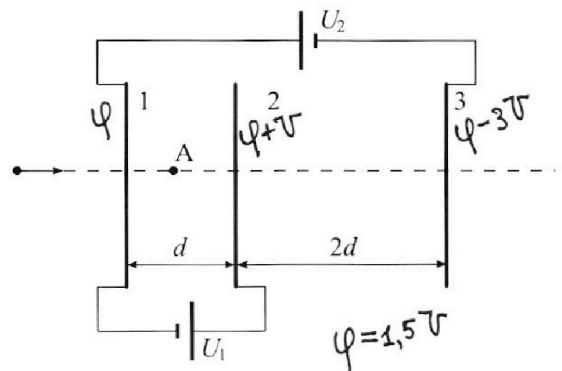
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - 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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

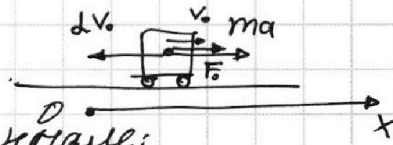
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 касале:

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

# тогда:  $F_0 = ma + \Delta V_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,45 \frac{m}{c^2} + 24 \left(\frac{m}{c}\right) \cdot 10 \frac{m}{c} =$   
 $= 1500 \cdot 0,45 \text{ Н} + 24 \cdot 10 \cdot \text{Н} = (15 \cdot 45 + 240) \text{ Н} = 675 \text{ Н} + 240 \text{ Н} =$

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

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

3) Заметим, что по определению мощности:  $+ \text{ по опр. рад } A_{F_0}$ ;

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

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

Ответ:

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

2)  $F_0 = 915 \text{ Н}$ ;

3)  $P_0 = 9150 \text{ Вт}$ ;

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

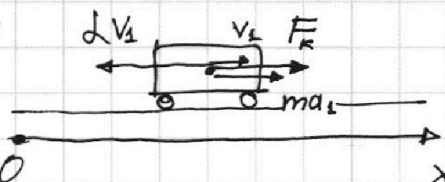
$m = 1500 \text{ кг}$ ;  $\#$  гор. участок дор.;  $F_k = 600 \text{ Н}$ ;  $\swarrow$  в конце разгона;

$\#$  Сила сопр. пропорц. скорости;

1)  $a = ?$ ;  $\#$  в начале разгона;

2)  $F_0 = ?$ ;  $\#$  в начале разгона;

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

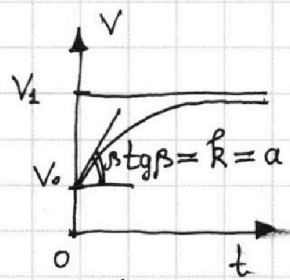
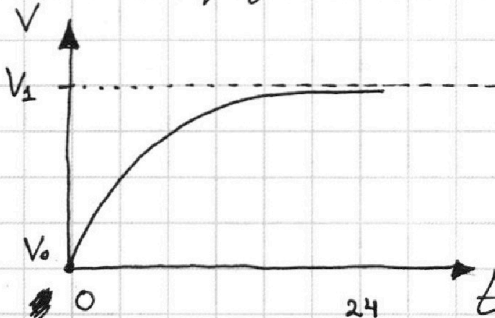
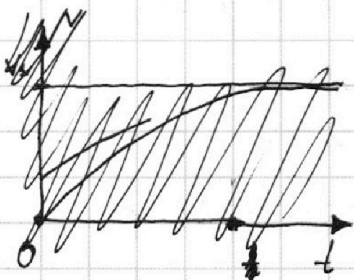


Решение:

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

- 1)  $\bullet$  Заметим, что в какой-то момент автомобиль разогнётся до какой-то скорости  $V_1$ , когда будет выключаться, что  $ma_1 = 0 = F_k - L V_1$ , т.е.  $a_1 = 0$ , 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:  $L = \frac{600 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$ ;  $\beta$ -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;

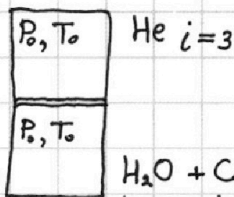
# тонкий, невесомый, теплопроводящий поршень;

# изначально две ~~одн~~ равные части;

$i$  - кол.-во степен. свободы;

$P_0 = P_{атм} / 2$ , где  $P_{атм}$  - н. атм. давл.;  
 $\leftarrow$  н. 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:  $\text{CO}_2$

$V$  - объем жидкости;  $\text{H}_2\text{O}$

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

# при конечной темп.  $\text{CO}_2$  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)  $V_в / V_н = ?$  в нижней части;

2)  $T / T_0 = ?$ ;

Решение:

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

# в начале:

# по закону Давидсона:

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

$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_н \cdot R T_0$ ;

$0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_{в\text{ог}} \cdot R T_0$ ;

$\nu_{н\text{ог}}$  - кол.-во  $\text{CO}_2$ ;

$\nu_{в\text{ог}}$  - кол.-во  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$\nu_{н\text{ог}} + \nu_{в\text{ог}} = \nu_н$

$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_н R T_0 = \nu_{н\text{ог}} R T_0$ ;

# складываем;

$\nu_{в\text{ог}}$  в начале мало;

# делим ур.-я друг на друга;

$\frac{V_в}{V_н} = 2$ ;

# помним, что:

$\frac{P_0 V}{2} = \nu_в R T_0$ ;

$\frac{P_0 V}{4} = \nu_н R T_0$ ;

$\frac{4^2}{2^2} = \frac{V_в}{V_н}$ ;

$\frac{V_в}{V_н} = 2$ ;

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:

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

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

$\frac{11}{20} \cdot \frac{P_1}{P_0} = \frac{RT_0}{2}$

$\Rightarrow \frac{P_1}{P_0} = \frac{10 T_0}{11 \cdot \frac{1}{2} (1 + k RT_0) T} = \frac{20 T_0}{11 (1 + k RT_0) T}$

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

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

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

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

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

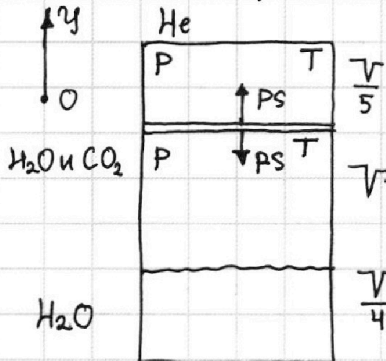
# по условию:  $a = k R T = 0,5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3 = 1,5 ;$  # поставим;

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  $\nu$

# по закону Менделеева-Клапейрона для He:  $P \cdot \frac{V}{5} = \nu R T$ ;  
# аналогично:  $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu R T_0$ ;

~~# по закону Менделеева-Клапейрона для CO2~~  
# по закону Дальтона:  $P = P_{атм} + P_1$ ;

$V_1$  - кол.-во уш. газа в конце;  $P_1$  - <sup>пар.</sup> давл. уш. газа в конце;

$V_2$  - кол.-во ~~газа~~ <sup>вог. паров</sup> 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  $CO_2$ :  $P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \nu_1 R T$ ;

# т.к. в конце процесса растворенного уш. газа в воде нет, то  $V_1 = V_H + \Delta V = V_H + \Delta V = \frac{1}{2} \nu_2 + R P_0 \left( \frac{V}{4} \right)$ ;  
↑ кол. кол.-во <sup>уш.</sup> кераствор. газа;

# придем по п.1)  $V_H = \frac{1}{2} \nu_2$ ;

# подставим в 3-й Менг.-Клап. для He;  
# аналогично;

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

# подставим;

$P \cdot \frac{V}{5} = \nu R T$ ; # придем:  $P_0 = \frac{1}{2} P_{атм.}$ ;  $\Rightarrow P_{атм.} = 2P_0$ ;

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

$P = P_{атм.} + P_1$ ;

$P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \nu_1 R T$ ;

$V_1 = \frac{1}{2} \nu_2 + R P_0 \left( \frac{V}{4} \right)$

$\frac{P V}{5} = \nu R T$ ; # решим данную систему;

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

$P = 2P_0 + P_1$ ;

$P_1 \cdot \frac{11}{20}V = \left( \frac{1}{2} \nu_2 + R P_0 \left( \frac{V}{4} \right) \right) R T$ ;

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 9019 \overline{) 11} \\ 88 \\ \hline 21 \end{array}$$

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

$$14 \cdot 14 = 196$$

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

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

$$\begin{array}{r} 21 \\ 11 \\ \hline 109 \\ - 99 \\ \hline 100 \\ 99 \\ \hline 11 \\ 1 \\ \times 14,3 \\ 14,3 \\ \hline 429 \\ + 572 \\ \hline 143 \\ \hline 20449 \end{array}$$

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

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

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





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;

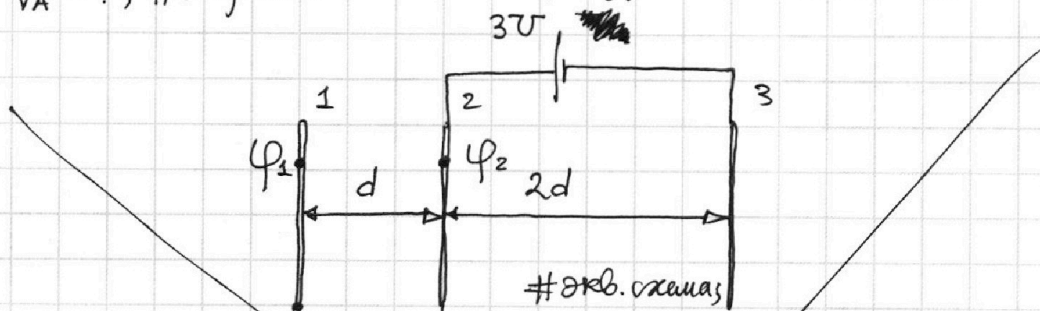
# изначальное сетки не зар.;  $U_1 = U$ ;  $U_2 = 3U$ ;

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

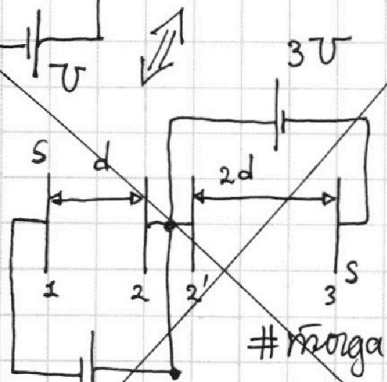
1)  $a = ?$ ; # между 1 и 2;

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:

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

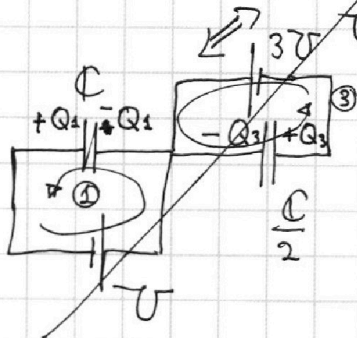
# тогда по закону Ома + по опр. ёмкости:

$Q_1, Q_2, Q_3$  - зар. пласт.

# по II-му пр. Кирхгофа:

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

+ З.С.З.:



- 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!

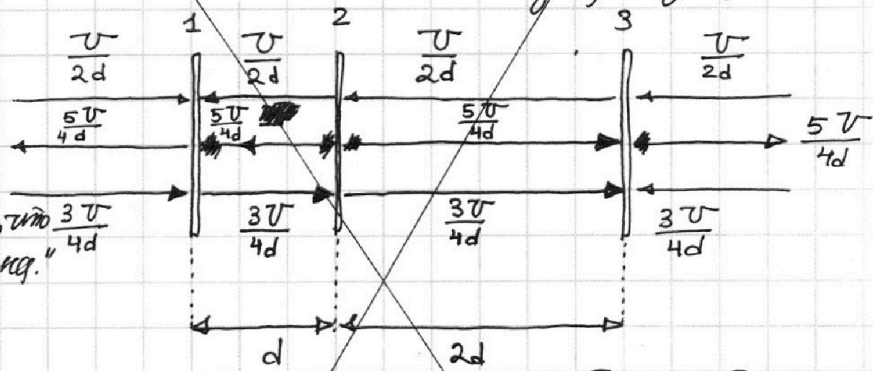


Заметим, что поля плоскостей:

$\delta$ -слоя пов.-ные м.-ти зар;

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

+ воспользуемся принципом суперпозиции эл. полей;

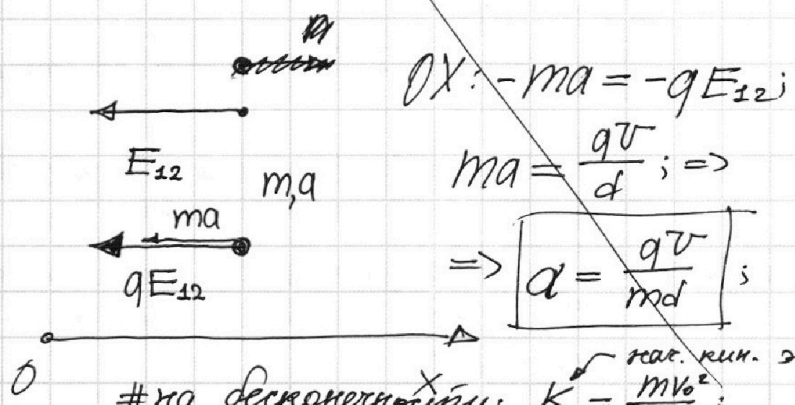


# заметим, что "старшие конд." поля нет;

# тогда полное поле между 1-ой 2-ой:

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

# по II-му закону Гюльмонта по оси OX:



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

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

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!



# 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 отр. работы эл. поля;

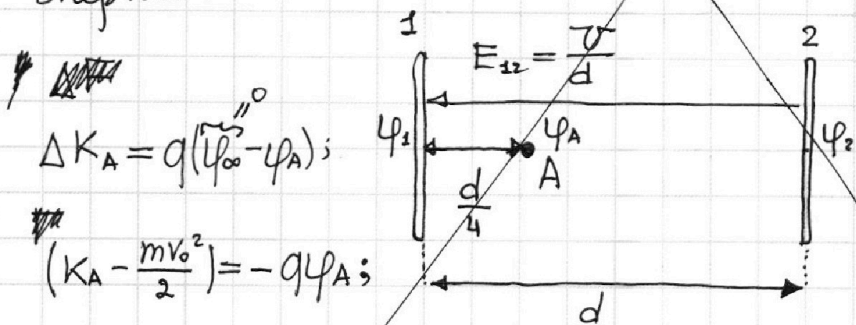
①:  $K_1 - K = -q\varphi_1$ ;  $q\varphi_2 - q\varphi_1 = K_1 - K_2$ ;

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*

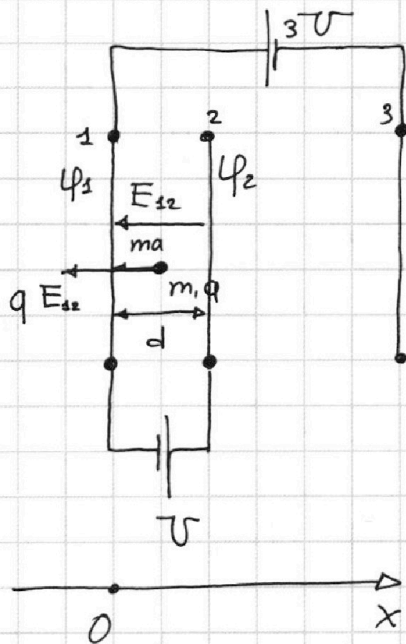
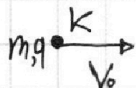
1  2  3  4  5  6  7

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) Решим, что по теореме о кинетической энергии:

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

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

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi_\infty = 0, \text{ т.е. на удалим}; \\ = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU; \end{aligned} \right.$$

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

# тогда:

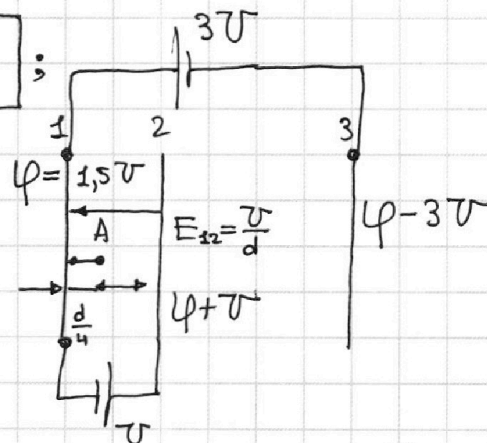
$$\boxed{K_1 - K_2 = qU};$$

3) Решим, что:

# найдем потенциалы пластин;

# Решим, что скажем поля нет;

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



$\varphi$  - потенциал 1-ой пластины;

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 III. 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)  $K_1 - K_2 = qU$ ;

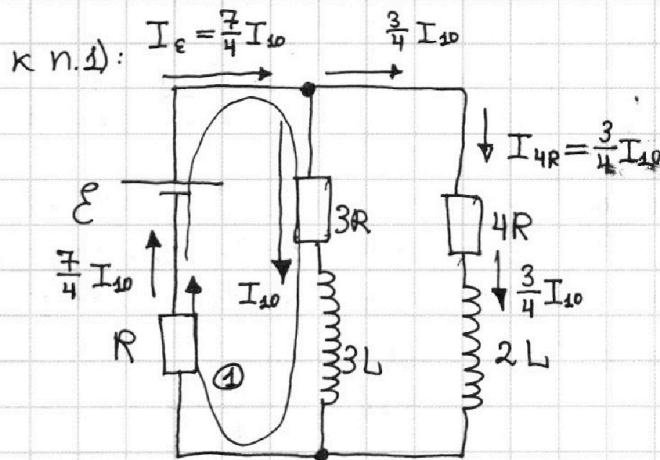
3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7qU}{2m}}$ ;

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

• 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 касале; 1  
напр. на 3R в касале;

# используем З.С.З. на узле: 
$$I_{\epsilon} = \frac{3}{4} I_{10} + I_{10} = \frac{7}{4} I_{10};$$
ток через оба в кас. момент;

# по II-му правилу Кирхгофа:

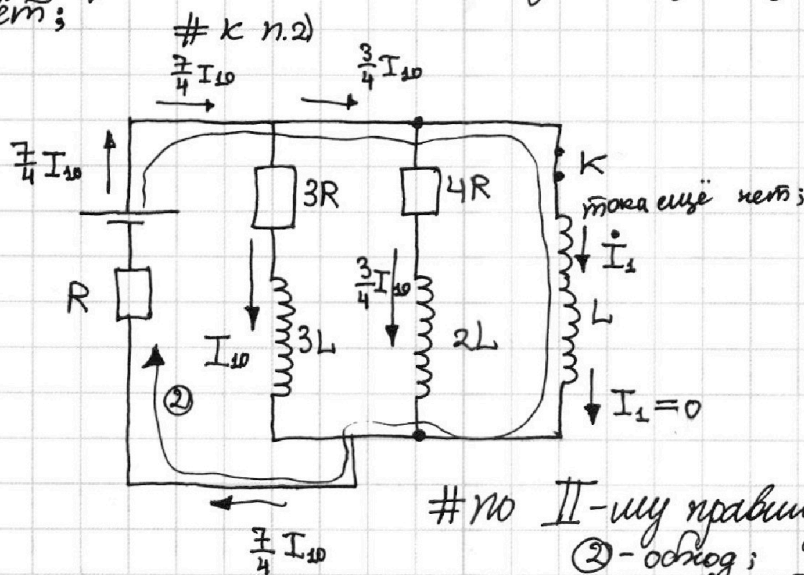
①: 
$$\epsilon = I_{10} \cdot 3R + \frac{7}{4} I_{10} \cdot R = \left(3 + \frac{7}{4}\right) I_{10} R = \frac{12+7}{4} I_{10} R = \frac{19}{4} I_{10} R;$$
напр. резистора;

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



# по II-му правилу Кирхгофа:

② - обход;  

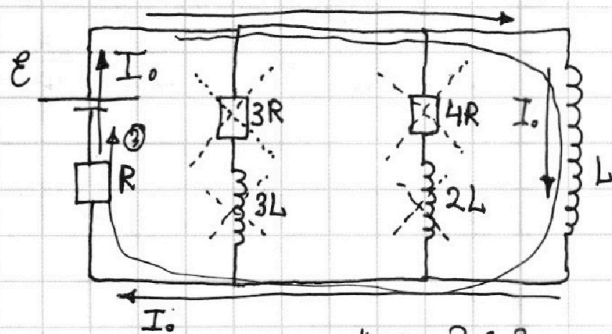
$$\mathcal{E} - L \dot{I}_1 = \frac{7}{4} I_{10} \cdot R;$$

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

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

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

3) Заметим, что новый установившийся режим выйдет так:



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

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

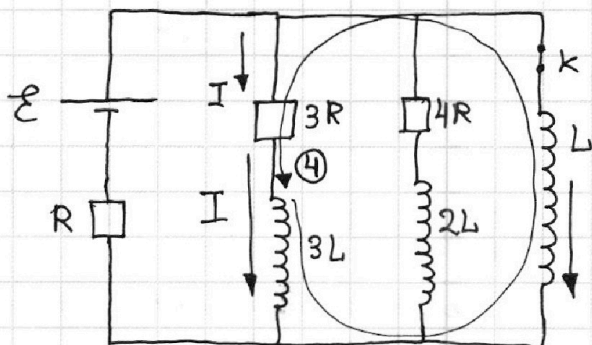
1  2  3  4  5  6  7

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 стаз. 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  $3L$ ;  
Э.Д.С. инд. на  $L$ ;

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

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

# суммируем:

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

# по стр. произв. и силы тока;  $+3LI_{10} + LI_0 = 3q_{3R}$ ;

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

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

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

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





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

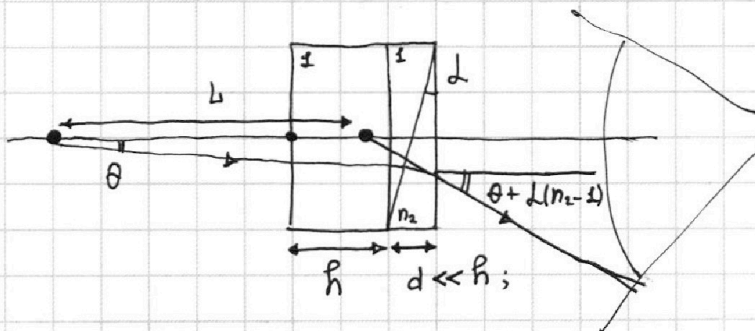
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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  $L(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

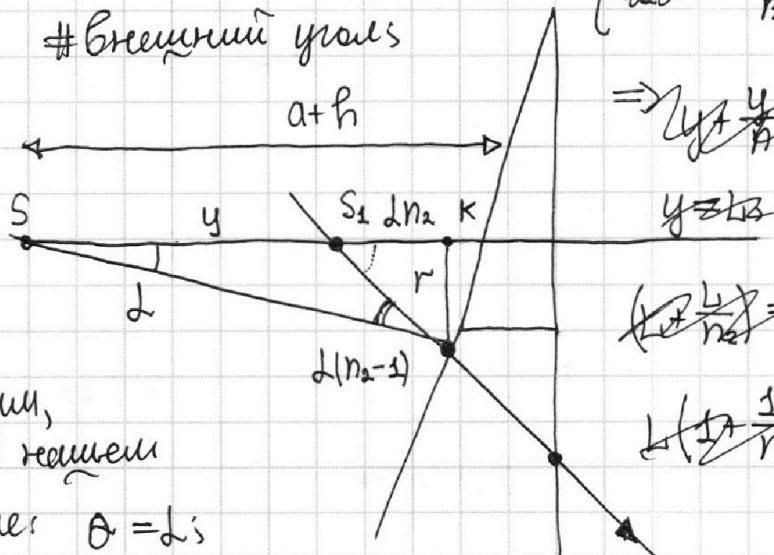
# заметим, что:

# тогда:

# из-за малости углов;

K-точка

# внешний угол



$\Rightarrow \frac{y}{L} \approx \frac{a+h}{L}$

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

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

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

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

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:

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

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

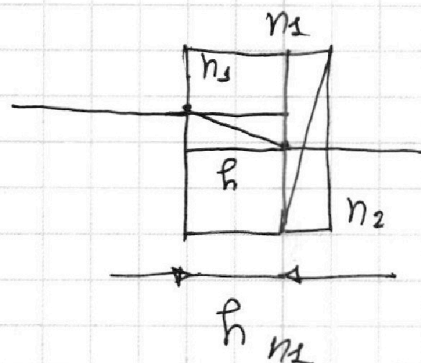
$$L = \left(\frac{n_2-1}{n_2}\right) (a+h) = \frac{1,7-1}{1,7} \cdot (90\text{см} + 14\text{см}) =$$

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

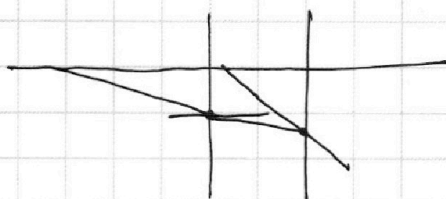
# заметим, что, когда  $n_1 = 1,4$ ;

# пластина создаёт своим изображением на  $\Delta$ :

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



# разделение на  $\Delta$ , пластину и  $\Delta$



# 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!

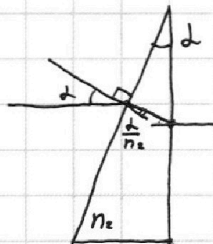
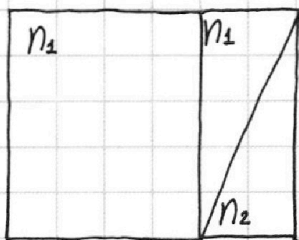
задача №5.

$$n_6 = 1;$$

$n_1$  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.;

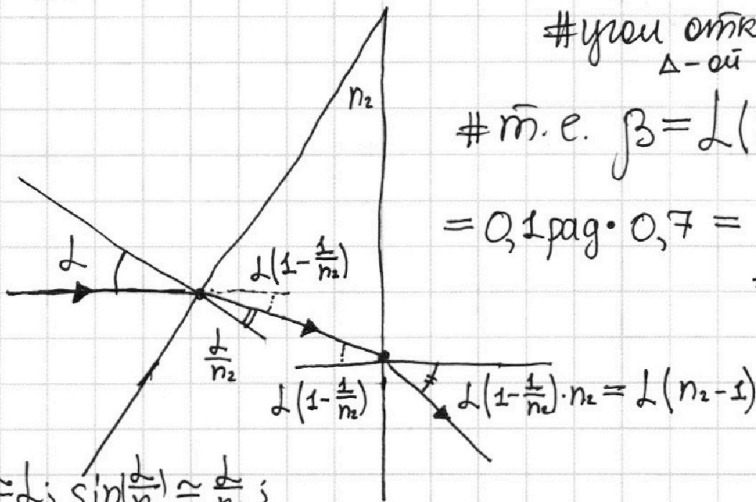


1) # Запомним тогда, что т.к.  $n_1 = n_6 = 1$ , то в  $n_2$  луч не изменится; # отклонение внесёт только тонкая тр. призма:

# пользуемся законом Снеллиуса для малых углов

# угол откл. от тонкой  $\Delta$ -ой призмы;

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



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

# второй раз закон Снеллиуса для малых углов;

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

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

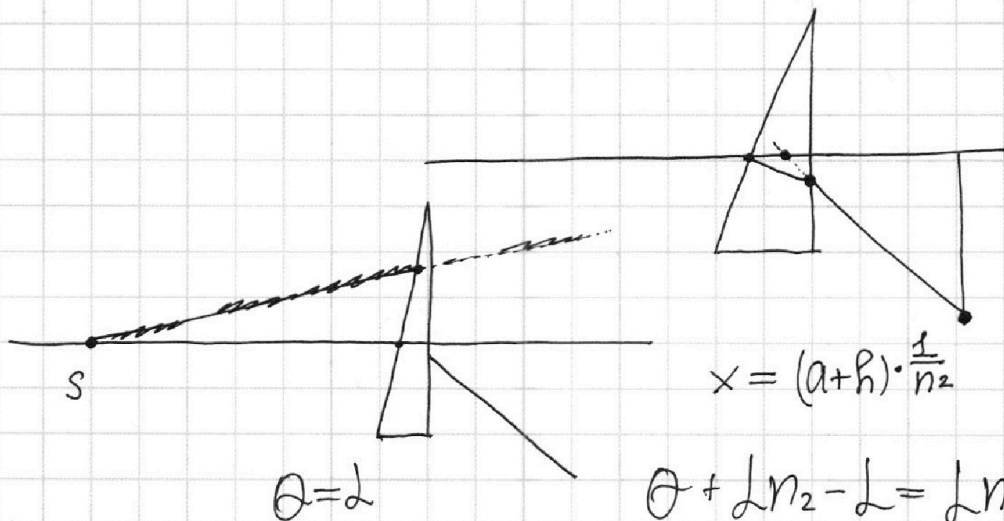
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

2) Пл. к. изображение формируют параксимальные  
лучи, то:



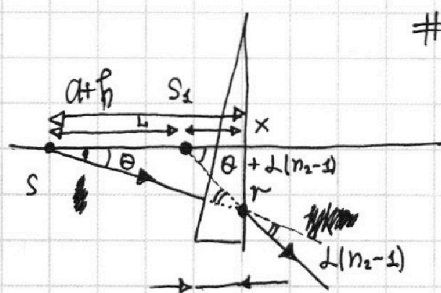
# будет создаваться **и** **мнимое**  
изображение;

# 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

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

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

- 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
<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!

