



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**  
**Вариант 11-01**

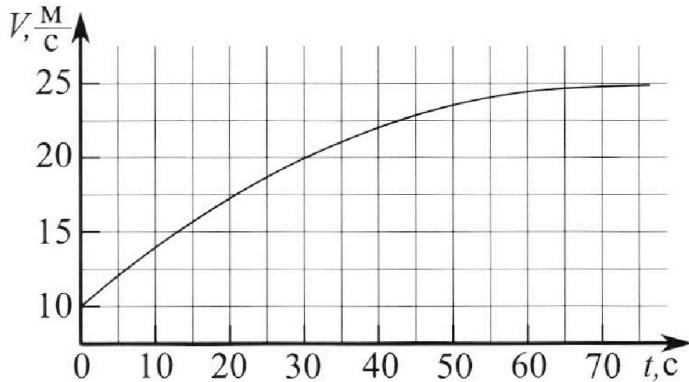


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

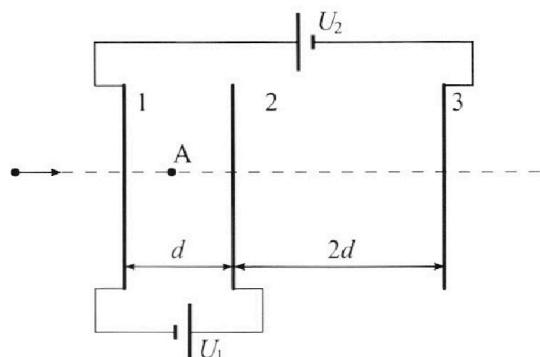


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагревали до  $T = 5T_0/4 = 373$  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:  $\Delta v = k p w$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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 начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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  $U_2 = 4U$ . 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  $d/3$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

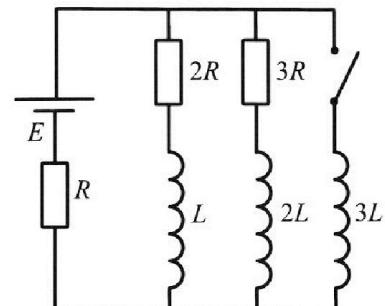
## Вариант 11-01

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.

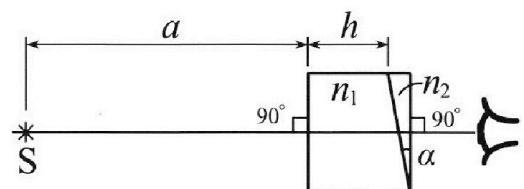
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

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  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 194$  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  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

1) 1) Найдем касательную к данному графику в точке

$V(t) = 20 \frac{m}{s}$ . Она проходит через узлы синки с координатами  
 $A = (t_A; V_A)$  и  $B = (t_B; V_B)$ . Ускорение  $a_1$  есть коэффициент  
 нахона данной касательной:

$$a_1 = \frac{V_B - V_A}{t_B - t_A} = \frac{22,5 - 12,5}{35 - 5} \frac{m}{s^2} = \boxed{\frac{1}{3} \frac{m}{s^2}} (0,33)$$

2) В конце разгона ускорение автомобиля равно нулю.

Значит, сила тормоза  $F_k$  численно равна силе сопротивления

$$F_{CK}: F_k = F_{CK}. \quad \begin{matrix} \text{скорость} \\ d \end{matrix}$$

По условию  $F_k = \lambda V$ .

$\begin{matrix} \text{сила} \\ \uparrow \\ \text{торм} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{коэф} \\ \uparrow \end{matrix}$

Изога:  $F_k = d V_k$ , где  $V_k$  — конечная скорость,  $V_k = 25 \frac{m}{s}$

$$\text{Откуда } d = \frac{F_k}{V_k} = \frac{500}{25} \frac{N}{s} = 20 \frac{N}{s}$$

Далее заменим II Закон Ньютона для машины в том, когда

$$V = V_1: m a_1 = F_1 - F_{CK} = F_1 - d V_1.$$

$\begin{matrix} \text{сила} \\ \uparrow \\ \text{торм} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{сила} \\ \uparrow \\ \text{торм} \end{matrix}$

$$F_1 = m a_1 + d V_1 = (600 + 400) N = \boxed{1000 N}$$

$$3) P_1 = F_1 V_1 = \boxed{200 \text{ кВт}}$$

$$\text{Ответ: } a_1 = 0,33 \frac{m}{s^2}; F_1 = 1000 N; P_1 = 200 \text{ кВт}$$

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

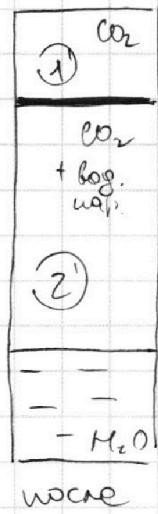
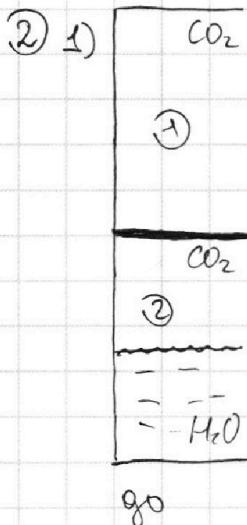
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ.**



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



З-е Менделеева - Клайтерона  
для ① и ②:

$$\text{①: } p_0 \frac{V}{2} = \bar{v}_1 R T_0 \leftarrow p_0 = \frac{2\bar{v}_1 R T_0}{V}$$

↑  
наш  
газы,  
коэф  
б-ва в 1-й отсеке

$$\text{②: } p_0 \cdot \frac{V}{4} = \bar{v}_2 R T_0$$

↑  
-II- 2-я отсеке

$$1:2: \left[ 2 = \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} \right]$$

2) Найдем ут. давление при темп.  $T$ :

~~$$\text{③: } p = \frac{p_0 V}{2 T_0} = \frac{p_0 V \cdot 4}{5 \cdot 5 T_0}, \quad p = p_0 \cdot \frac{25}{8}$$~~

З-е Менделеева - Клайтерона для уменьшения газа в сост. 2'.

~~$$p_2: \frac{11V}{20} = \bar{v}_2 \cdot R T_0 \cdot \frac{5}{4}, \quad p_2 = \frac{25 \bar{v}_2 R T_0}{11V} = \frac{10 \bar{v}_1 R}{11V} \cdot \frac{5}{4} T_0 =$$~~

$$= \frac{25 \bar{v}_1 R T_0}{22V} = \frac{25}{44} p_0$$

Новое избыточное давление бар. пара:

$$p_{\text{н}} = p - p_2 = \frac{225}{88} p_0$$

2) Новое количество уменьшения газа в начальном  
отсеке:

$$\bar{v}_2' = \bar{v}_2 + k p_0 \frac{V}{4} = \frac{\bar{v}_1}{2} + k \frac{V}{4} \cdot \frac{25 R T_0}{V} = \frac{\bar{v}_1}{2} \left( 1 + \frac{k R T_0}{2} \right)$$

Давление в верхней отсеке носок ут. паровеси:

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 checked="" 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!

$$\frac{P_1' \cdot V \cdot 4}{5 \cdot 5 T_0} = \frac{P_0 V}{2 T_0}, P_1' = \frac{25}{8} P_0.$$

$V_2'$  (новый объем  $\text{CO}_2$  в минимальном отсеке):

$$V_2' = \frac{11}{20} V$$

Давн.  $\text{CO}_2$  в минималь. части  $P_2'$ :

$$\frac{P_2' \cdot 11 V}{20} = \frac{P_1'}{2} (1 + K R T_0) \cdot R \cdot \frac{5 T_0}{4} = (1 + K R T_0) \frac{5 P_1' R T_0}{8} \quad (3)$$

$$(3) (1 + K R T_0) \cdot P_0 \cdot \frac{5}{16}.$$

$$P_1' - P_2' = P_{\text{ATM}} = \frac{25}{8} P_0 - P_0 \cdot \frac{5}{16} (1 + K R T_0)$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{ATM}}}{\frac{25}{8} - \frac{5}{16} (1 + K R T_0)} = \frac{P_{\text{ATM}}}{\frac{50}{16} - \frac{5}{16} (1 + K R T_0)} = \underline{\underline{\frac{16}{41} P_{\text{ATM}}}}$$

$$\boxed{0 \text{руб}: \frac{P_1'}{P_2'} = 2; P_0 = \frac{16}{41} P_{\text{ATM}}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ.**

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

③ 1) Найдем движение ЭЛ. имея на участке 12:

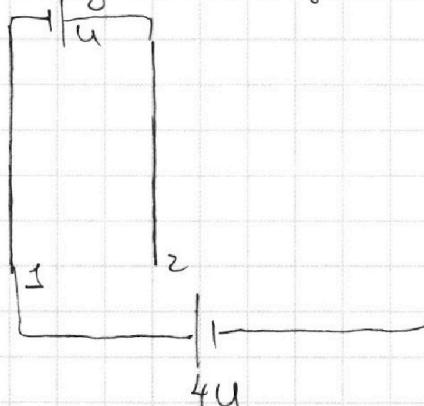
$$E_{12} = \frac{U_1}{d},$$

Сила, действующая на частицу:

$$F_{12} = qE_{12} = \frac{qU_1}{d} = ma,$$

$$a = \frac{qU_1}{md} = \sqrt{\frac{qU}{md}}$$

2) Найдем потенциалы частицы:



$$\Psi_1 = 2U$$

$$\Psi_2 = 3U$$

$$\Psi_3 = -2U$$

ЗСЭ для част. в маш. проходит сквозь 1 и 2:

$$\frac{mv_1^2}{2} + 2qU = \frac{mv_2^2}{2} + 3qU$$

K<sub>1</sub>

K<sub>2</sub>

$$K_1 - K_2 = qU$$

3) Найдем потенциал в Т.А.:

$$\Psi_A = \Psi_1 + E_{12} \frac{d}{3} = 2U + \frac{U}{3} = \frac{7U}{3}.$$

ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_3^2}{2} + \frac{7qU}{3}$$

$$v_3 = \sqrt{v_0^2 - \frac{14qU}{3m}}$$

Отвем:  $a = \frac{qU}{md}$ ;  $K_1 - K_2 = qU$ ;  $v_3 = \sqrt{v_0^2 - \frac{14qU}{3m}}$

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!

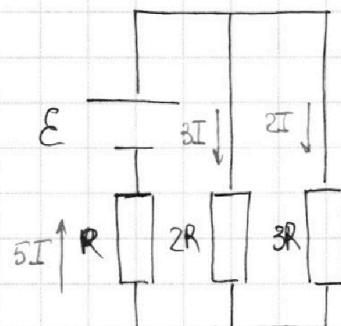
4) В установившемся режиме напряжение на катушках равно нулю.

Тогда схему можно пересовать так:

Рассставим токи. Тогда  $3I \cdot 2R + 5I \cdot R = E = 11IR$ ,

$$I = \frac{E}{11R}$$

$$I_{10} = 3I = \frac{3E}{11R}$$



2) Сразу после замыкания ключа токи изменятся не

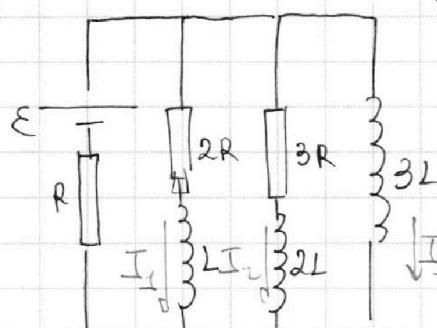
ускором.  $U_{3L} = 6IR = \frac{6E}{11R} = 3L \frac{dI}{dt}$

$\uparrow$  Напряжение  
на катушке  
нч.  $3L$ .

$\uparrow$  Скорость  
возр. тока.

~~$I = \frac{2E}{11L}$~~

3)



~~Рассл. произв. маш. ф.~~ Рассл. произв. маш. ф.

после замыкания ключа

Через катушку тек. тек. ток  $I_3$ ,  
через дих. токи  $I_1$  и  $I_2$  (всех 3).

$$3L \cdot \frac{dI_3}{dt} = L \cdot \frac{dI_1}{dt} + 2R \cdot I_1 \leftarrow \begin{array}{l} \text{равенство} \\ \text{на ката.} \\ \text{на ветвях.} \end{array}$$

Делаем это на  $dt$  левую и правую части:

$$3L dI_3 = L dI_1 + 2R I_1 dt \leftarrow \begin{array}{l} \text{запись прав. и лев. за } dt. \\ \text{заряд, прош. за } dt. \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$3L \int_0^{I_K} dI_3 = L \int_0^{I_{10}} dI_1 + 2R \int_0^{q_{2R}} dq_{2R} \leftarrow \text{действительный}$$

$$I_K = \frac{E}{R}$$

заряд, прошедший через  $2R$

$$3L \cdot \frac{E}{R} = -L \cdot \frac{3E}{\pi R} + 2R q_{2R}, \quad 2R q_{2R} = \frac{36LE}{\pi R},$$

$$\text{Откуда } q_{2R} = \frac{18LE}{\pi R^2}$$

$$\text{Также: } I_{10} = \frac{3E}{\pi R}; \quad I = \frac{2E}{\pi L}; \quad q_{2R} = \frac{18LE}{\pi R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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!

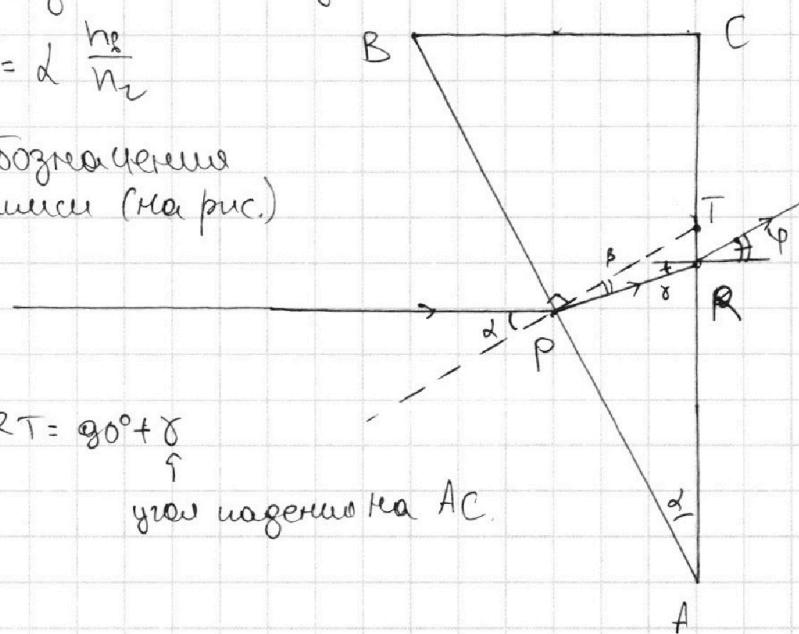
⑤ 1) Рассчитаем угол при любой грани системы.

Он пересекает левую грани второй прозрачной под  
условии  $\angle \alpha$  в первом (из кос., сообр.).  $\exists \gamma$

З-н Скелетика для наших условий:

$$\angle n_1 = \beta n_2, \beta = \frac{n_1}{n_2}$$

Далее введем обозначение  
для удобства записи (на рис.)



$$\angle ATP = 90^\circ - \alpha, \angle PRT = 90^\circ + \gamma$$

$\gamma$  — угол падения на AC.

$$180^\circ = 90^\circ - \alpha + \beta + 90^\circ + \gamma$$

$$\gamma = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \frac{\alpha}{n_2} (n_2 - 1)$$

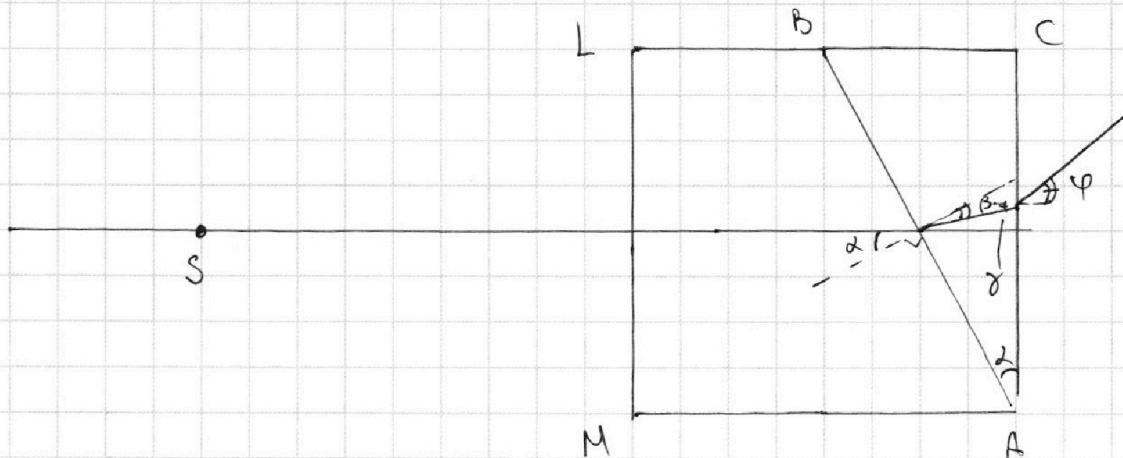
З-н Скелетика для AC :

$$n_2 \gamma = n_1 \varphi = \varphi = \alpha (n_2 - 1) = \underline{[0,07 \text{ рад.}]}$$

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

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

3)



Рассчитать, скр. нерп. изображения системы. Через LM  
луч проходит, не поглощаясь, поэтому замену. З-н  
поглощающего AB (изображ. уменьшено на  $n_1$ )  
изображения AC (изображ.):

$$n_1 \alpha = n_2 \beta. \quad \beta = \alpha \frac{n_1}{n_2}$$

Далее луч падает под углом  $\gamma$  на AC:

$$\gamma = \alpha - \beta, \quad n_2 \gamma = n_2 \alpha - n_2 \beta$$

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

Причина, аналогична со вт. пунктом

~~$$l_2 = a + h - \frac{(a+h)(1 - \frac{n_2}{n_1})}{\frac{n_2}{n_1} (n_2 - n_1)}$$~~

$$l_2 = a + h - \frac{(a+h) \frac{n_2}{n_1}}{\frac{n_2}{n_1} (n_2 - n_1)} = (a+h) \left( 1 - \frac{1}{n_2 - n_1} \right) = -\frac{3}{2}(a+h)$$

т.е. симметрия от источника

$$l_2 = 304,5 \text{ см} \quad | \text{ Offset: } 4 = 0,07 \text{ маг; } h = 83,06 \text{ см; } l_2 = 304,5 \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

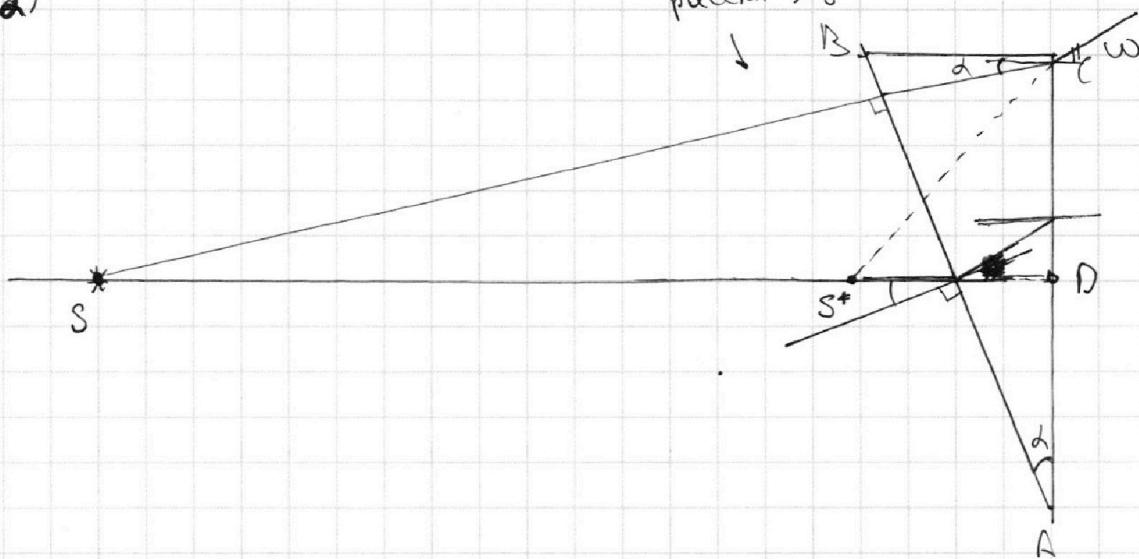
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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!

⑤ 2)

рассм. эту часть



Рассмотрим луч, который идет от источника  
под углом  $\omega$  к оси. Он не проходит по грани  
AB, а от грани AC проходит луч:

$$\angle n_2 = \omega n_2 = \omega.$$

$$SD - \text{осн. } CD = (\alpha + h) \angle$$

$$\angle DC S^* = 90^\circ - \omega \Rightarrow \angle DS^*C = \omega.$$

$$S^*D = \frac{CD}{\omega} = \frac{(\alpha + h) \angle}{d n_2} = \frac{\alpha + h}{n_2}$$

$$l_3 = \alpha + h - \frac{\alpha + h}{n_2} = \frac{\alpha + h}{n_2} (n_2 - 1) = [83,06 \text{ см}]$$

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

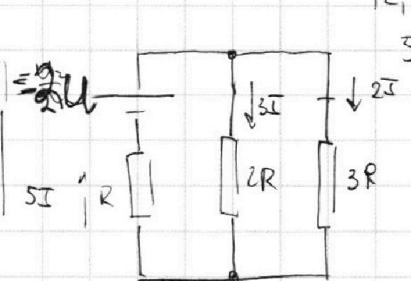
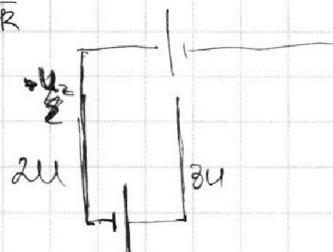
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

$$\textcircled{4} \quad 1) \quad I_{10} = \frac{3E}{12R}$$



12,5 22,5

35

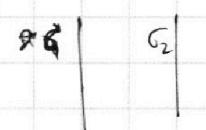
$$12I_R = E, \quad 3I = I_{10} = \frac{3E}{12R}$$

2) ~~12,5~~

~~22,5~~

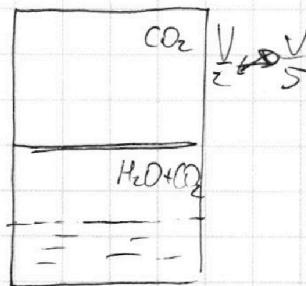
$$U_2 = \frac{6E}{11} = 1,5$$

$$I = \frac{6E}{11L}$$



$$\sigma_2 + \sigma_1 + \sigma_3 = 0.$$

3)



$$\Delta P = kP\Delta T$$

$$\frac{p_0}{2T_0} = \frac{4p}{5 \cdot 5T}$$

$$\frac{p_0}{P} = \frac{8}{25}$$

...

+5 | -5

$$E = \frac{6}{25} \varepsilon_0$$

$$F_{kin} V \quad \text{1) } a_k = \frac{22,5 - 12,5}{30} = \frac{10}{30} = 0,33 \frac{m}{s^2}$$

$$2) \quad F_T = F_{comp} = kV = 25k = 500$$

$$k = 20$$

$$F_i = kV_1 = 20 \cdot 20 = 400N$$

$$ma_k = F_T - F_i \Rightarrow F_T = 400 + 1800 \cdot \frac{600}{3} = 1000N$$

$$P_i = F_i V_1 = 1000 \cdot 20 = 20kW$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

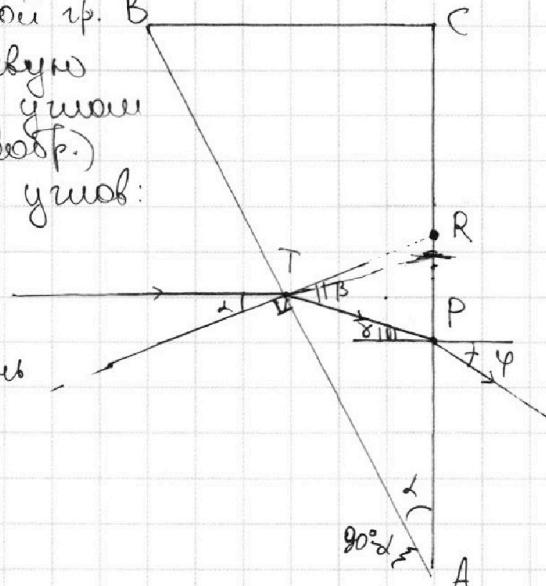
**МФТИ**

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

⑤ 1) Рассмотрим луч, идущ. извн. левой гр. В системе, ОИ пересекает извн. грани винткой призмы под углом  $\lambda$  к нормали (из геом. сообр.)  
З-и симметричные две такие грани:

$$\frac{d/n_e}{n_2 d} = \frac{\beta/n_e}{n_2 \beta}, \quad \beta = d \frac{n_e}{n_2}$$

Далее луч идет. правую грани под углом  $\gamma$  к нормали.



Найдем  $\gamma$ . Для этого решем уравн. Обознач. на рисунке

$$\angle ART = 90^\circ - \lambda, \quad \angle TRC = 90^\circ + \lambda = \beta + (90^\circ - \gamma)$$

$$90^\circ - \beta + \lambda + \gamma + 90^\circ = 180^\circ$$

$$\gamma = \beta - \lambda = d \left( \frac{n_2}{n_e} - 1 \right)$$

$$\frac{\gamma}{n_2} = \frac{\beta}{n_e}, \quad \Psi = \frac{\gamma}{n_2} \cdot n_e = \frac{\beta}{n_2} = \frac{d(n_2 - 1)}{n_2} = \frac{0,1 \cdot 0,7}{1,7} \approx 0,04$$

2) Рассмотрим луч, который идет от источника под углом  $\lambda$  к нормали. Все лучи, идущие из источника, проходят грани AB и не преломляются, а у грани AC:

$$\frac{\lambda}{n_2} = \frac{\phi}{n_e} = \Phi = \frac{0,1}{1,7} = 0,06$$

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!

$$\sigma_1 \quad | \quad \sigma_2 \quad |$$

$$\sigma_3 \quad | \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ \sigma_1 - \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2\varepsilon_0} \cdot d = -U \end{array} \right.$$

$$\sigma_1 - \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2\varepsilon_0} \cdot d = -U$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = \\ = -2 \frac{\varepsilon_0 U}{d}$$

$$\left( \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 \right) \cdot 2d = 5U \quad \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = \frac{5U}{d}$$

$$\sigma_1 = -\frac{\varepsilon_0 U}{d}$$

$$\sigma_2 = \frac{7\varepsilon_0 U}{2d}$$

$$\sigma_3 = -\frac{5\varepsilon_0 U}{2d}$$

$$20 \ 3$$

$$1,5$$

$$\overline{16 \ 15}$$

$$2 \ 0 \ 3$$

$$\overline{3 \ 0 \ 4,5}$$

$$0,04 \quad | \quad 1,7$$

$$0,70 \quad | \quad 1,7$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ \times 20 \\ \hline 136 \\ 14 \end{array}$$

$$2030 \quad | \quad 1,7$$

$$100 \quad | \quad 1,7$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 1,7 \\ \hline 150 \end{array}$$

$$0,1 \quad | \quad \begin{array}{r} 136 \\ 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 203 \cdot 0,7 \\ \hline 1,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \times 0,7 \\ \hline 1421 \end{array}$$

$$1421 \quad | \quad 1,7$$
  
$$\begin{array}{r} 136 \\ \times 1,7 \\ \hline 51 \\ 100 \\ 85 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$1 - \frac{1}{0,1 \cdot 0,2} = \cancel{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{0,2} = \frac{5}{2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

① 1) Докажем касательную к графику в точке, где  
 $v(t) = \omega \frac{M}{C}$ . Она ~~пересекает~~ проходит через узлы синуса

в точках  $A = (15^\circ, 12,5)$  и  $B = (35^\circ, 22,5)$ .

Ускорение есть ~~перпендикуляр~~ к оси, ~~находится~~ касательной.

~~Уравнение~~

$$a_1 =$$

$$P \cdot \frac{V}{2} = \gamma_1 R T_0$$

$$\frac{K \cdot \pi \cdot d}{C^2 \cdot \lambda} = K \cdot \pi$$

$$P \cdot \frac{V}{4} = \gamma_2 R T_0$$

$$\frac{d}{2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$$

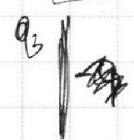
+

-

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

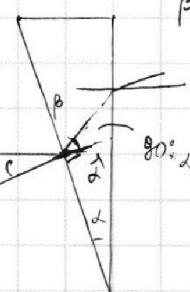
⑤

1)



$$q_2 = \frac{3U\epsilon_0}{4d}$$

$$\frac{2q_2}{\epsilon_0} = \frac{3U}{2d}$$



$$\beta = \frac{d}{n_2}$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3$$

$$E_{max} = Q/d$$

$$\frac{q_1 + q_2 - q_3}{\epsilon_0} = \frac{180}{2d} \quad 80^\circ - \alpha = \beta + 80^\circ - \delta$$

$$-q \quad +q \quad |$$

$$n_2(\alpha + \beta) = \delta =$$

$$+q \quad +q \quad | \quad -q$$

$$= n_2 d + \delta = d(1 + n_2) = 0,1 \cdot 2,7 =$$

$$= 0,27$$

3.) 1. F  $E_{12} = \frac{U_1}{d}$

$$F_{12} = \frac{U_1 q}{d} = ma, a = \frac{U_1 q}{md} = \frac{U_1 g}{m d}$$

/



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

**МФТИ.**

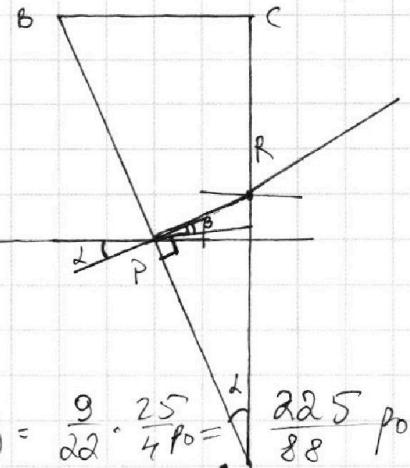
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

⑤ Δ

$$\frac{p_0 \chi}{K \rho_0} = \frac{p_2 \cdot 11 \times 1.5}{20 \cdot K \rho_0}$$

$$p_2 = \frac{20}{55} p_0$$

S



$$25 p_0 \left( \frac{1}{8} - \frac{1}{44} \right) =$$

$$= \frac{25}{4} p_0 \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{22} \right) = \frac{9}{22} \cdot \frac{25}{4} p_0 = \frac{225}{88} p_0$$

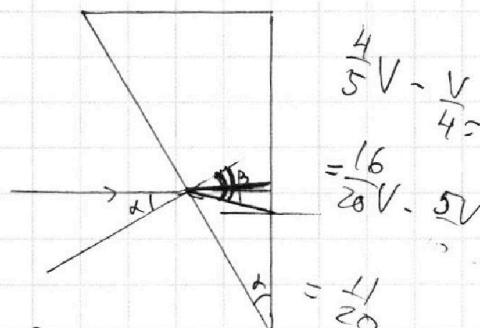
Введем обозначение вершины призмы и точки A через.

Луч, исходящий из вершиной C, входит в пр. системы. При данном рисунке  
нек. призма  
~~она~~ не изогр. ( $\tau < n_1 = n_0$ ), пересекает AB под углом  $\alpha$

к нормали к этой грани в Т. Р. З-н сжимающего дает такие  
уровни:

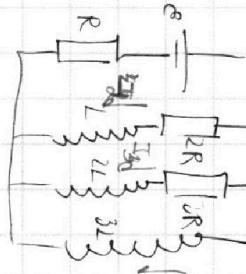
$$n_0 \alpha = n_2 \beta, \quad \beta = \alpha \frac{n_0}{n_2}.$$

Далее луч пересекает AC в Т. R



$$\frac{I_1 \cdot 3L}{R} = I_2 \cdot L + 2R \cdot dI_2$$

$$\frac{dI_2}{dt} \cdot 3L = I_2 \cdot L + 2I_2 R$$



I<sub>2</sub> · 3L



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

$$\Rightarrow \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 = \frac{16V}{25} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$= 0.8 \quad 1.8 = \frac{18}{10} = \frac{9}{5} \cdot \frac{8}{16} = \frac{8}{10}$$