

**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 11-03**

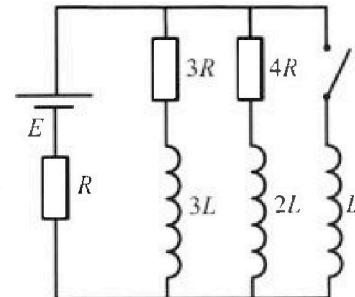


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

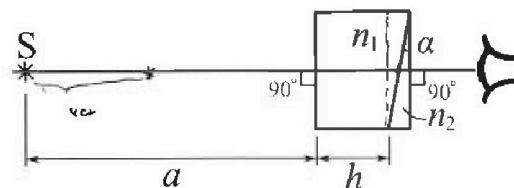
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



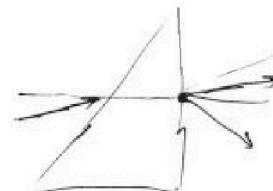
5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся 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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



$$d_o - \varphi = \frac{n_1 d (\Delta - 1)}{n_2}$$

$$\varphi = d_o - 0,9 d$$



$$0,9d + \varphi$$

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

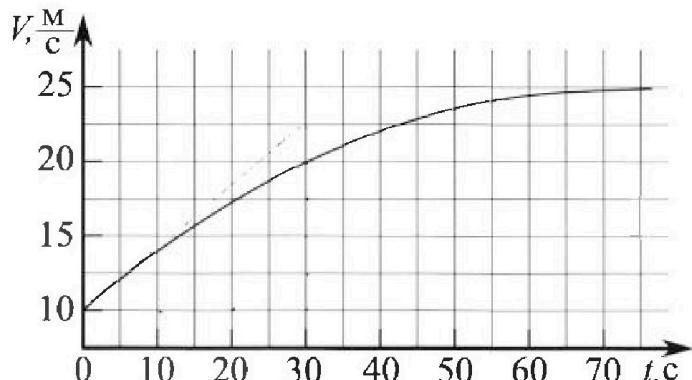
## Вариант 11-03

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%.



$$- \frac{dV}{dt} = \frac{F_k}{m}$$

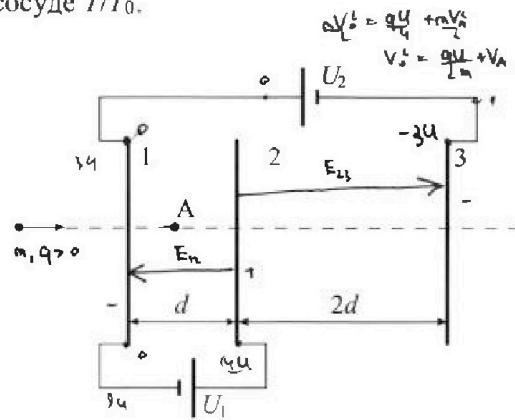
$$- \frac{dV}{dt} = \frac{F_0}{m}$$

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{атм}}/2$  ( $P_{\text{атм}}$  – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости и 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  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  – универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

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



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  – кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.



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) Т.к ускорение - это  $a = \frac{d\vartheta}{dt}$ , то ускорение в ~~каждой точке~~ можно  
найти проведя касательную к графику и нащдя тангенс угла наклона к  
оси  $t$  (из геом. смысла производной)

$$\text{Из графика } a_0 = \frac{d\vartheta}{dt} \approx \frac{22,5 \frac{\pi}{s} - 10 \frac{\pi}{s}}{30s - 0s} = \frac{5}{12} \frac{\pi}{s^2} \leftarrow \text{иск. в начале разгона}$$

2) В конце разгона ускорение  $a_f \approx 0$  (касательная параллельна оси  $t$ ),  
а скорость  $\dot{\vartheta}_k = 25 \frac{\pi}{s}$  <sup>она const</sup>.  
По условию сила сопротивл. пропорциональна скорости  $\Rightarrow F_k = d\dot{\vartheta}_k$ , где  $d = \text{const}$

$$\text{Тогда для начала разгона } 23H: F_0 - d\dot{\vartheta}_0 = ma_0 \Rightarrow F_0 = d\dot{\vartheta}_0 + ma_0 = \\ = F_k \frac{\dot{\vartheta}_0}{\dot{\vartheta}_k} + ma_0,$$

$$\Rightarrow F_0 = 600H \cdot \frac{10}{25} + 1500 \text{ кг} \cdot \frac{5}{12} \frac{\pi}{s^2} = 6240H + 625H = 865H$$

3) Мощность силы тяги  $P_0 = \frac{dA_F}{dt} = \frac{F_0 \cdot dx}{dt} = F \cdot \dot{x} = 865H \cdot 10 \frac{\pi}{s} = 8650 \text{ BT}$

Ответ:  
 1)  $a_0 = \frac{5}{12} \frac{\pi}{s^2}$   
 2)  $F_0 = 865H$   
 3)  $P_0 = 8650 \text{ BT}$

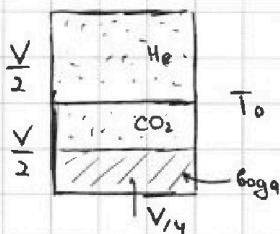


- 1    2    3    4    5    6    7

МФТИ

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

1) Рассмотрим нач. сост. системы



$$\text{для гелия: } \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} R T_0 \quad (1)$$

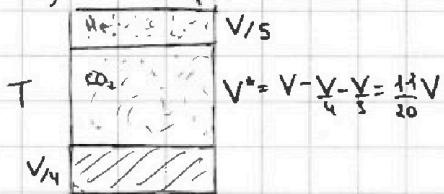
$$\text{для угл.газа: } \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} R T_0 \quad (2)$$

Запишем, что при пренебрежении кол-вом вещества пара, т.к. при комнатной температуре давление насыщенного пара от пары

бес давление содержит  $\text{CO}_2$

Кол-во  $\text{CO}_2$  растворенное в воде  $\Delta \nu = k \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \frac{k P_{\text{атм}} V}{8}$  (3); при нагреве до  $T = 373\text{K}$  вся раствор. газ выйдет из воды по условию задачи

2) Рассмотрим конечное сост. системы



Т.к.  $T = 373\text{K}$ , то насыщенный водяной пар имеет давление равное  $P_{\text{атм}}$ ;

$$\text{• для верхней части сосуда: } P \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} R T = \frac{P_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{1}{T_0}$$

(мы выразили из (1))

$$\text{• для нижней части сосуда, где угл.газ: } P_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11V}{20} = (\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu) R T$$

$$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{20RT}{11V} \left( \frac{k P_{\text{атм}} V}{3} + \frac{P_{\text{атм}} V}{8RT_0} \right) = \frac{20 P_{\text{атм}}}{88} (kRT + \beta) \quad \text{из (2)}$$

Из закона Дальтона:  $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = P$ , вновь используем независимость паров

$$\Rightarrow \frac{20 P_{\text{атм}}}{88} (kRT + \beta) = \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \cdot \beta - P_{\text{атм}} \Rightarrow \frac{20}{88} kRT + \frac{20}{88} \beta = \frac{5}{4} \beta - 1$$

$$\frac{90}{88} \beta = \frac{20}{88} kRT + 1 \Rightarrow \beta = \frac{2}{9} kRT + \frac{88}{90} = \frac{1}{3} + \frac{88}{90} = \frac{118}{90}$$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = 2$

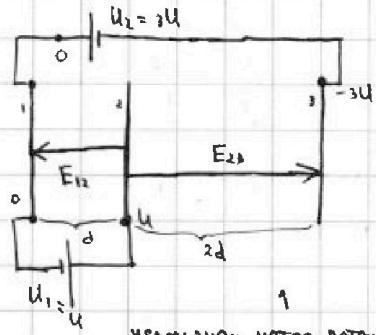
2)  $\beta = \frac{118}{90}$



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



использован метод потенциалов

$$\begin{aligned} \text{o)} \quad & \left\{ \begin{array}{l} E_{12} \cdot d = U \\ E_{23} \cdot 2d = U - (-3U) = 4U \end{array} \right. \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}, \quad \text{T.К} \\ & E_{23} = \frac{2U}{d} \quad \text{приближительно} \\ & \text{Пластинки можно считать бесконечными, а поле} \\ & \text{приближительно однородным (краевые эфф. пренебрежим-} \\ & \text{ем) } \end{aligned}$$

$$\text{i)} \quad m|a_{12}| = qE_{12} = \frac{qU}{d} \Rightarrow |a_{12}| = \frac{qU}{md} \leftarrow \text{между} \\ \text{сетками 1-2}$$

2) Т.к мы пренебрегаем краевыми эффектами, то поле снаружи можно считать кулевым и тогда при взлете сетки "1" нач. эн-ца совпадает с эн-цей вдалеке от системы сеток;

$$\text{тогда из ЗСЭ: } K_1 = qE_{12}d + K_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = qE_{12}d = qU$$

$$\text{3)} \quad K_1 = \frac{mV_o^2}{2}; \quad \text{ЗСЭ: } \frac{mV_o^2}{2} = qE_{12} \cdot \frac{d}{4} + \frac{mV_A^2}{2} \Rightarrow V_A^2 = V_o^2 + \frac{qU}{2m}$$

$$\Rightarrow V_A^2 = V_o^2 - \frac{qU}{2m} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_o^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Видно, что чтобы такое было возможно и т.к заряд достиг точки A "нужно чтобы"  $V_o^2 \geq \frac{qU}{2m} \Rightarrow V_o \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$

Ответ:

$$1) |a_{12}| = \frac{qU}{md}$$

$$2) K_1 - K_2 = qU$$

$$3) V_A = \sqrt{V_o^2 - \frac{qU}{2m}}, \text{ при } V_o \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

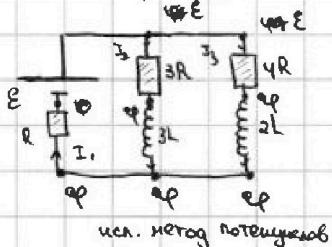


- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

1) Т.к. режим установился, то напряжение на катушках равно нулю (т.к. через них токи одинаковы)



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{E - \varphi}{R}; \quad I_2 = \frac{E - \varphi}{3R}; \quad I_3 = \frac{E - \varphi}{4R}$$

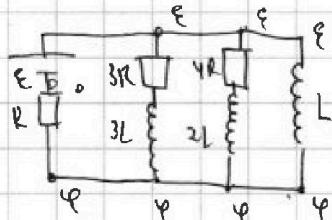
$$\Rightarrow \varphi = \frac{E - \varphi}{R} + \frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} \Rightarrow \varphi = \frac{7E}{19}$$

$$I_2 = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{12E}{19 \cdot 3R} = \frac{4E}{19R} = I_{10}$$

2) Рассмотрим момент врезки после замыкания ключа  $\Rightarrow$  ток в катушках не успел измениться скачком, т.е. через "L" он не потечет, а через  $3L$  и  $4L$  останется прежним (т.е. и через резистор тоже)

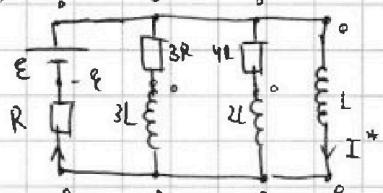
Т.к. ток через резистор не изменился, то  $\varphi = \frac{4E}{19}$  остался прежним

и тогда для напряжения на катушке  $L$ :



$$E - \varphi = \frac{12E}{19} = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$

3) Рассмотрим чет. режим после замыкания ключа: напряжение на катушках равно нулю:

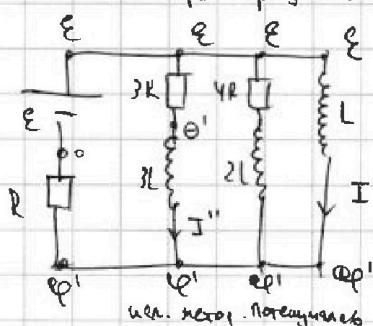


использован метод потенциалов

Из метода потенциалов видно что ток несет только через  $L$ , т.к.  $3L$  и  $4L$  соединены последовательно с резисторами на которых нулевое напряжение и тока тоже нет:

$$I^* = \frac{E}{R}$$

Рассмотрим произвольный момент времени



$$\text{ДЛЯ } "L": \quad E - \varphi' = L \frac{dI'}{dt} \quad (1)$$

$$\text{ДЛЯ } "3L": \quad \Theta' - \varphi' = 3L \frac{dI''}{dt} \Rightarrow \Theta' = 3L \frac{dI''}{dt} + \varphi'$$

$$\text{ДЛЯ } "3R": \quad \frac{E - \Theta'}{3R} = I'' = \frac{E - \varphi'}{3R} - \frac{L}{R} \frac{dI'}{dt}$$

$$\text{Протекший через } 3R \text{ заряд: } q = \int_0^\infty I'' dt = \int_0^\infty \frac{E - \varphi'}{3R} dt - \frac{L}{R} \int_0^\infty \frac{dI'}{dt} dt$$



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!

Записано, что из (1):  $\int (\mathcal{E} - \psi) dt = L \Delta I' = L(I^* - 0)$ , т.к.  $\psi$

изменяется через неё (катушку  $L$ ) given  $I^* = \frac{\mathcal{E}}{R}$ , а в начале тока через неё равен нулю

Tогда  $q = \frac{LI^* - L\Delta I''}{3R} = \frac{L\Delta I''}{R}$ , где  $\Delta I'' = 0 - I_{10}$ , т.к. в конце  $\psi$  под неё ток не течёт

$$\Rightarrow q = \frac{L\mathcal{E}}{3R} + \frac{L\mathcal{E}}{19R} = \frac{31}{57} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

$$\text{Ответ: 1)} \quad I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$$

$$2) \quad \frac{dI}{dt} = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$$

$$3) \quad q = \frac{31}{57} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

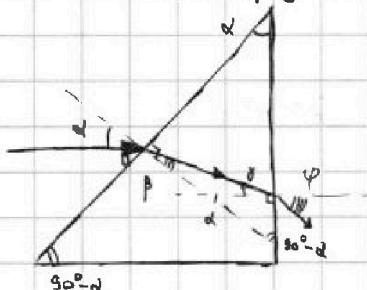


- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

**МФТИ**

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

1) Рассмотрим преломление в призме (т.к.  $n_1 = 1 = n_p$ , то луч преломляется только в призме с  $n = n_2$ ):



закон Снеллиуса:  $\alpha = \beta \cdot n_2$ , т.к.  $\alpha \ll 1$  и  $\beta \ll 1$   
 $n_2 = 1$

из геометрии рисунка видно, что  $\gamma + \beta = \alpha$  ←

Th. о внешнем угле

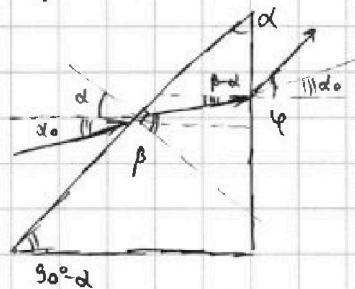
$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta$$

опять закон Снеллиуса:  $\gamma n_2 = (\alpha - \beta) n_2 = \psi$

$$\Rightarrow \psi = (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) n_2 = \alpha n_2 - \alpha = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ rad}$$

Именно на этот угол отклонится луч

2) Т.к.  $n_1$  вновь равно 1, то преломляются все лучи только в призме с  $n = n_2$ . Все углы наные т.к. глаз видит только такие, а изображение будет на пересечении лучей или их продолжений. Для того, чтобы начать изображение построим второй луч от источника (параллельный) и рассмотрим его преломление. Заметим, что факт из пункта 1) можно обобщить - если луч касается призмы, идя под малым углом к горизонту, то его отклонение (а точный угол к горизонту минует начальный) также будет равно  $\Delta = \alpha(n_2 - 1)$ ; докажем это



закон Снеллиуса:

$$\begin{cases} (\alpha + \alpha_0) = \pi \beta \\ n(\beta - \alpha) = \psi \end{cases} \Rightarrow \psi = \alpha + \alpha_0 - \alpha n$$

$$|\psi - \alpha_0| = \Delta = \alpha(n - 1), \text{ т.е. } \psi$$

на самом деле меньше  $\alpha_0$

$$\Rightarrow |\psi - \alpha_0| = |\Delta| = \alpha(n - 1) \text{ ЧТД}$$

Рассмотрим падение луча из первого пункта и близкого к нему луча

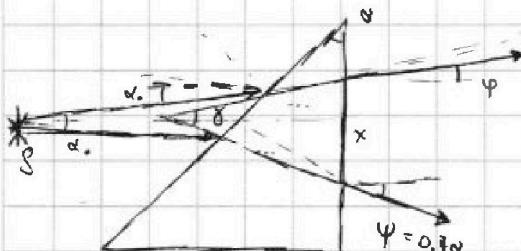
$$\text{т.е. } \gamma = \psi + 0,7\alpha = \alpha_0$$

Тогда для отрезка  $x$ :  $\alpha_0(a+x) = \gamma d$

$$\Rightarrow d = a + x$$

Изображение совпадает с источником

$$d = 104 \text{ см}$$



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|



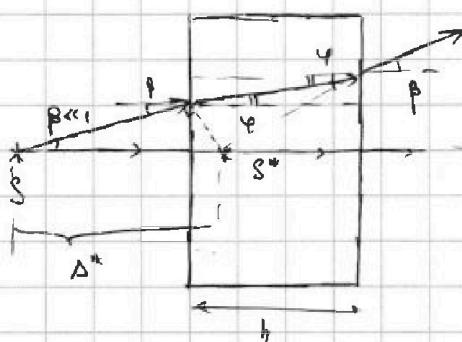
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) Заметим, что конфигурацию из двух призм можно заменить на следующую:



т.е. на плоскопараллельную пластинку и две начальные призмы

Рассмотрим преображение в ППП (плоскопараллельную пластинку):



$S^*$ -изображение  $S$  в ППП

Из геометрии  $\beta h = \beta \Delta^* + \varphi h$  (использовано условие  $\varphi = \varphi^*$ )

$$\begin{aligned} \text{Закон Снелля } \beta = n, \varphi = \frac{\beta}{n}, & \Rightarrow \varphi = \frac{\beta}{n} \\ \Rightarrow h = \Delta^* + \frac{h}{n}, & \Rightarrow \Delta^* = h \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (1) \end{aligned}$$

$S^*$  становится источником для двух призм. Однако заметим что две призмы с  $n=n_1$  можно заменить (соединив их) на ППП преобразование мало толщины: но из формулы (1) мы видим что тогда  $\Delta^* \rightarrow 0$  т.е. изображение  $S^*$  источника  $S$  совпадает с самим  $S^*$ :

Тогда ответом на вопрос задачи будет  $\Delta^* = h \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 0,4h \left(1 - \frac{1}{1,4}\right)$

$$\Rightarrow \Delta^* = \frac{4}{14}h = 4 \text{ см}$$

Считать:  
 1)  $\psi = 0,4d = 0,07 \text{ рад}$   
 2)  $d = a + h = 104 \text{ см}$   
 3)  $\Delta^* = 4 \text{ см}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



 МФТИ

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

$\alpha \cdot n_2 = \beta \cdot n_2$   
 $\beta = \frac{\alpha}{n_2}$   
 $n(\beta - \alpha) \cdot \psi$   
 $\beta n = (\alpha + d_s)$   
 $\alpha + \beta + 180^\circ - \delta = 180^\circ \quad \text{do} - \delta$   
 $\delta = \alpha - \beta$   
 $n_2 \cdot (\alpha - \beta) = n_2 \psi$   
 $\psi = n_2 (\alpha - \beta) =$   
 $= \alpha (n_2 - 1) = 0,7 \alpha =$   
 $= \frac{7}{10} \cdot \frac{1}{10} = 0,07$   
 $S$   
 $\varphi$   
 $\alpha$   
 $\beta$   
 $\gamma$   
 $\delta$   
 $\psi$   
 $180^\circ - \psi$   
 $\psi + \beta$   
 $\psi = \alpha + d_s \cdot \frac{x}{a+h}$   
 $x = (a+h) \cdot \alpha = \frac{100}{100} \cdot \frac{1}{10} = \frac{10}{100} = 0,1$   
 $\frac{100}{100} + \frac{4}{100} =$   
 $10 = 0,104 \mu$   
 $\alpha h = \Delta + \beta h$   
 $\alpha = \beta \cdot n$   
 $\alpha h = \alpha + \frac{\alpha h}{n}$   
 $\frac{\alpha h}{n} (n-1) = 4 \text{ cm}$   
 $1 - \frac{10}{14} = \frac{4}{14}$   
 $x = \alpha (a+h)$   
 $\cos(90^\circ + 0,7d) = -0,7d$   
 $\alpha y = x$   
 $0,7d + 90^\circ + \alpha +$   
 $\alpha y = \alpha (a+h)$   
 $a+h$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$F_c \sim \dot{\vartheta} \quad 1) a = \frac{d\dot{\vartheta}}{dt} = \frac{12.5}{30} = \frac{12.5}{10 \cdot 30} = \frac{12.5}{16 \cdot 2 \pi} = \frac{5}{12 \pi} \text{ rad/s}^2 \quad \frac{25}{2 \cdot 30} = \frac{5}{24} \text{ rad/s}^2 =$$

$$2) F_0 - F_c = m a_0 \quad \text{DAN koh. kon. br. } a = 0 \quad : F_k = m \dot{\vartheta}_k \quad \frac{-600}{10} \frac{1}{120}$$

$$F_c = m \dot{\vartheta}_0 \quad \text{a. d.} \rightarrow q \quad F_0 = m a_0 + m \dot{\vartheta}_0 = m a_0 + F_c \dot{\vartheta}_0 = 1500 \cdot \frac{5}{12} + 880 \cdot \frac{10}{120} = 125 - 5 + 240 = \dots$$

$$3) P_0 = F_0 \dot{\vartheta}_0 \quad \text{G} \rightarrow F_0 \quad \frac{125}{625} \frac{1}{120} \frac{1}{2} \frac{25}{25} \frac{1}{12} \frac{1}{125} \frac{1}{250} \frac{1}{180} =$$

$$\begin{array}{c} \text{N2} \\ \text{V} \\ \text{P}_{\text{ATM}} \\ \text{V}_{13} \\ \text{V}_{14} \\ \text{V}_{15} \\ \text{CO}_2 + \end{array}$$

коаксиальный термопар.

$$\Delta \dot{Q} = k P_{\text{ATM}} V$$

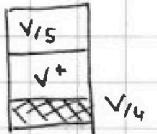
$$\frac{P_{\text{ATM}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \lambda_{\text{He}} R T_0 \Rightarrow 2 = \frac{\lambda_{\text{He}}}{\lambda_{\text{CO}_2}} \frac{V}{2} \frac{V}{V} = \frac{1}{2} \frac{22}{110}$$

$$\lambda_{\text{CO}_2} = \lambda_{\text{He}} + \lambda_{\text{CO}_2} = \frac{k P_{\text{ATM}} V}{8} + \cancel{\frac{\lambda R T_0}{P_{\text{ATM}}}} \frac{P_{\text{ATM}} V}{8 R T_0} = \frac{5}{4} - \frac{5}{22} = \frac{110 - 20}{88} = \frac{50}{44}$$

4) Рассчитать расход газа  $P_0 = P_{\text{ATM}}$

$$\frac{V}{5} + \frac{V}{4} + V^* = V$$

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



$$P_{\text{ATM}} + P \cdot \frac{V}{5} = \lambda_{\text{He}} R T = \frac{P_{\text{ATM}} V}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{11}{20} + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} = \frac{11+4+5}{20} =$$

$$\frac{20}{100} \frac{10}{9,5} = 0,5$$

$$\frac{5}{8} \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^3 = 1250$$

$$\frac{T}{T_0} = \beta$$

$$\frac{88}{118} \frac{110}{118} = \frac{5-20}{4-44} =$$

$$P = P_{\text{ATM}} + P_{\text{CO}_2}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{CO}_2} &= \frac{\lambda_{\text{CO}_2} R T}{V^*} = \frac{20 \lambda_{\text{CO}_2} R T}{11 V} = \frac{20 R T}{11 V} \cdot \left( \frac{k P_{\text{ATM}} V}{8} + \frac{P_{\text{ATM}} V}{8 R T_0} \right) = \\ &= \frac{20 R T}{44.8} \frac{20}{11-8} \left( k R T P_{\text{ATM}} + P_{\text{ATM}} \frac{T}{T_0} \right) = \\ &= P_0 \frac{5 P_{\text{ATM}}}{4} \cdot \beta - P_{\text{ATM}} \end{aligned}$$

N3)

$$V E_o = \frac{m V_o^2}{2}$$

$$E_{12} d = U$$

$$m |q_{12}| = q \frac{U}{d}$$

$$\frac{q_1}{d} \frac{2d}{2d} \frac{2d}{2d} +$$

$$R_2 = \frac{m V_o^2}{2} \frac{m}{d} = q d \frac{U}{d} +$$

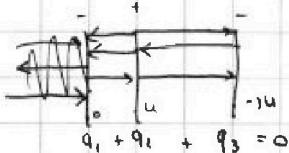
$$q_1 + q_2 + q_3 = -\frac{q_0 S U}{d}$$

$$q_1 - q_3 = -q_0 S \cdot \frac{U}{d}$$

$$q_2 q_3$$

$$q_1 = -\frac{q_0 S}{d}$$

$$q_2 =$$



$$E_{23} \cdot 2d = 4U$$

$$E_{23} = \frac{3U}{d}$$

$$K_1 = \frac{m V_o^2}{2}$$

$$E_{12} = \frac{U}{d} = \frac{q_2}{2d} + \frac{q_1}{2d} - \frac{q_3}{2d}$$

$$q_2 q_3$$

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

$$q_1 = \frac{3U}{2d}$$

$$\frac{q_2}{2d} + \frac{q_1}{2d} - \frac{q_3}{2d} = \frac{U}{d}$$

$$q_1 = -\frac{U}{d}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

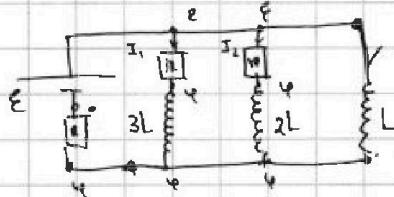


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

Уст. режим  $\Rightarrow$  напряж. на витках постоянны



$$\frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R}$$

$$12\varphi = 4E - 4\varphi + 3E - 3\varphi$$

$$(12+4+3)\varphi = 7E$$

$$19\varphi = 7E$$

$$\frac{1}{19} \cdot \frac{7}{19} = \frac{12}{19}$$

$$E - \frac{7}{19}E = \frac{12}{19}E = \frac{4}{19}E$$

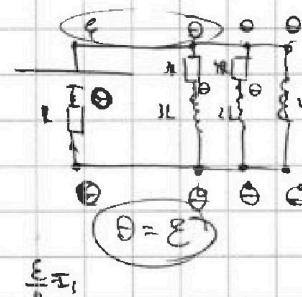
$$\frac{12}{19}E = \frac{4}{19}E$$

$$1) I_{10} = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{4E}{19R}$$

принцип нон. бп

$$E - \varphi = L \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$



$$\frac{\varphi'}{R} = I_0 ; \quad I_1 = \frac{E - \Theta'}{3R} \quad I_2 = \frac{E - \Theta''}{4R} = \frac{E - 2L \frac{dI_2}{dt} - \varphi'}{4R}$$

$$\Theta' - \varphi' = 3L \frac{dI_1}{dt} + \varphi' \quad \Theta'' - \varphi' = 2L \frac{dI_2}{dt} + \varphi'$$

$$I_1 = \frac{E - 3L \frac{dI_1}{dt} - \varphi'}{3R} \quad E - \varphi' = L \frac{dI_2}{dt} + \varphi'$$

$$\frac{\varphi'}{R} = \frac{E - 3L I_1 - \varphi'}{3R} + \frac{E - 2L I_2 - \varphi'}{4R} + I_3$$

$$12\varphi' = E - 3L I_1 - 4E - 12L I_1 - 4\varphi' + 3E - 6L I_2 - 3\varphi' + 12I_3 R$$

...

$$I_1 = \frac{E - \Theta}{3R} \quad E - 3L \frac{dI_1}{dt} - \varphi' = \frac{E}{3R} - \frac{\varphi'}{3R}$$

$$\int (E - \varphi') dt \quad L \frac{dI_1}{dt} = \frac{LE}{R}$$

$$\Theta' - \varphi' = 3L \frac{dI_1}{dt}$$

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

$$\int I_1 dt = \underbrace{\int E dt}_{3R} - \underbrace{\int \varphi' dt}_{3R} - \frac{L}{R} \int dI_1$$

$$\frac{19}{3} \frac{19}{19} = \frac{19}{3} \frac{19}{19} = \frac{19}{3}$$

$$\int (E - \varphi') dt = \frac{LE}{3R} - L \cdot \frac{4E}{R} = \frac{LE}{3R} - \frac{4LE}{19R}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{4}{19} = \frac{19+12}{57} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{19LE - 12LE}{57R} = \frac{7LE}{57R}$$

$$\frac{19+12}{57} =$$