

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

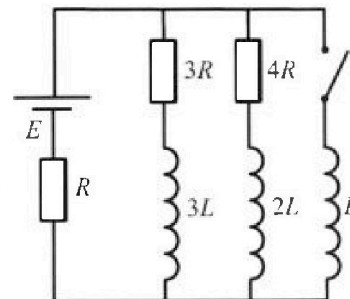
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



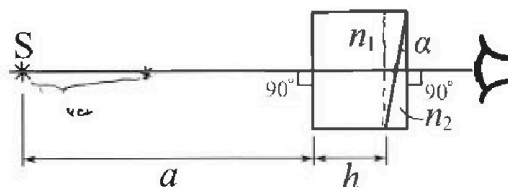
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Ка кой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

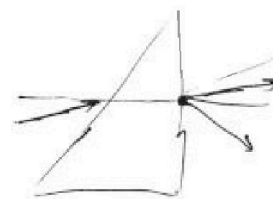


1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

$$d_0 - \varphi = n_1 d \frac{(n-1)}{0,984}$$

$$\varphi = d_0 - 0,984 \varphi =$$



$$0,984 \varphi$$

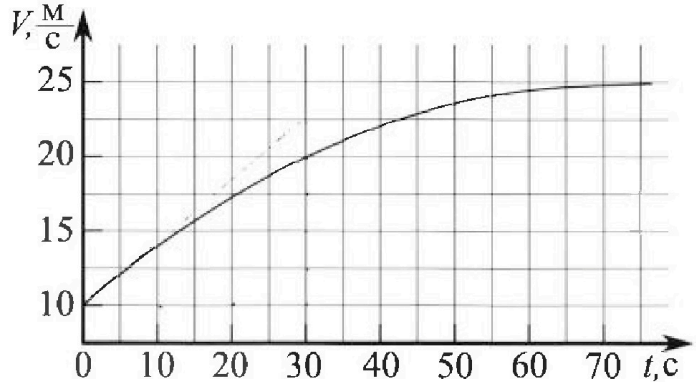
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

$$-3u = \frac{1}{2} \cdot d -$$

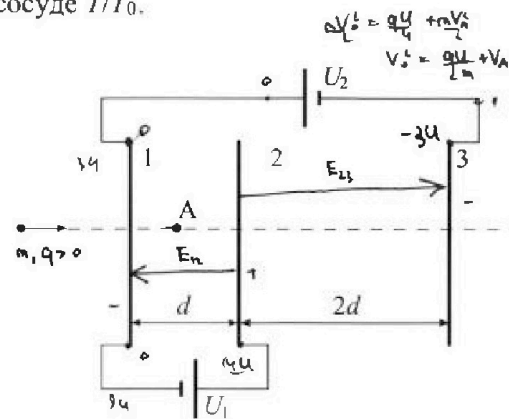
$$- \frac{2u}{d} \cdot d$$

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  $w$  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 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"/>	<input 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!

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

Из графика  $a_0 = \frac{dV}{dt} \approx \frac{22,5 \frac{м}{с} - 10 \frac{м}{с}}{30 \text{ с} - 0 \text{ с}} = \frac{5}{12} \frac{м}{с^2}$  ← уск. в начале разгона

2) В конце разгона ускорение  $a_k \approx 0$  (касательная параллельна оси  $t$ ), а скорость  $V_k = 25 \frac{м}{с}$

По условию сила сопротивл. пропорциональна скорости  $\Rightarrow F_k = dV_k$ , где  $d = \text{const}$

Тогда для начала разгона  $23 \text{ Н}$ :  $F_0 - dV_0 = ma_0 \Rightarrow F_0 = dV_0 + ma_0 = F_k \frac{V_0}{V_k} + ma_0$ , где  $V_0 = 10 \frac{м}{с}$  из графика

$\Rightarrow F_0 = 600 \text{ Н} \cdot \frac{10}{25} + 1500 \text{ кг} \cdot \frac{5}{12} \frac{м}{с^2} = 240 \text{ Н} + 625 \text{ Н} = 865 \text{ Н}$

3) Мощность силы тяги  $P_0 = \frac{dA_k}{dt} = \frac{F_0 \cdot dx}{dt} = F_0 \cdot V_0 = 865 \text{ Н} \cdot 10 \frac{м}{с} = 8650 \text{ Вт}$

Ответ:  
1)  $a_0 = \frac{5}{12} \frac{м}{с^2}$   
2)  $F_0 = 865 \text{ Н}$   
3)  $P_0 = 8650 \text{ Вт}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

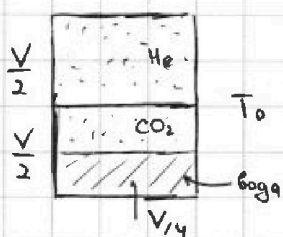
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

1) Рассмотрим нач. сост. системы



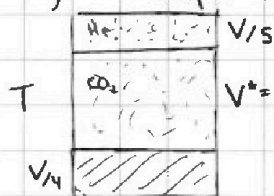
для He:  $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} RT_0$  (1)  $\Rightarrow \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = 2$

для угл. газа:  $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} RT_0$  (2)

Заметим, что мы пренебрегли кол-вом вещества пара, т.к. при комнатной температуре давление насыщенного пара очень мало. Если давление возрастает  $\text{CO}_2$

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  $T = 393\text{K}$  весь раств. газ выйдет из воды по условиям задачи

2) Рассмотрим конечное сост. системы



Т.к.  $T = 393\text{K}$ , то насыщенный водный пар имеет давление равное  $P_{\text{атм}}$ ;

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

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

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

Из закона Дальтона:  $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = P$ , в итоге используем известность  $P$

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

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

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

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



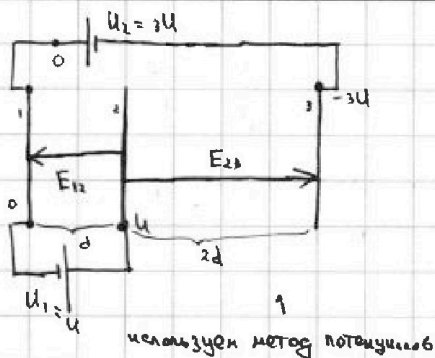
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{cases} E_{12} \cdot d = U \\ E_{23} \cdot 2d = U - (-3U) = 4U \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_{12} = \frac{U}{d} \\ E_{23} = \frac{2U}{d} \end{cases}, \text{ т.к. } \begin{matrix} \text{приближенно} \\ \text{пластины можно считать бесконечными, а поле} \\ \text{приближенно однородным (краевыми эфф. пренебре-} \\ \text{жем)} \end{matrix}$$

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

2) Т.к. мы пренебрегаем краевыми эффектами, то поле снаружи можно считать нулевым и тогда при пролете сетки "1" кин. эн-ия совпадает с эн-ией на большом расстоянии от системы сеток;

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

$$3) K_1 = \frac{mV_0^2}{2}; \text{ ЗСЭ: } \frac{mV_0^2}{2} = qE_{12} \cdot \frac{d}{4} + \frac{mV_A^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = V_A^2 + \frac{qU}{2m}$$

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

Видно, что чтобы такое было возможно и т.ч. заряд достиг точки "А" нужно чтобы  $V_0^2 \geq \frac{qU}{2m} \Rightarrow V_0 \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$

Ответ: 1)  $|a_{12}| = \frac{qU}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = qU$

3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$ , при  $V_0 \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

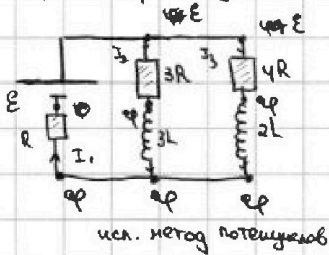
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) Т.к режим установился, то напряжения на катушках равно нулю (т.е. т.к. через них ток не течет)



$$I_1 = I_2 + I_3$$

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

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

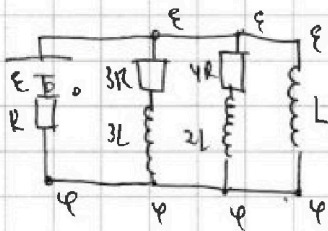
$$I_2 = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{4}{19} \frac{12E}{3R} = \frac{4E}{19R} = I_{10}$$

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

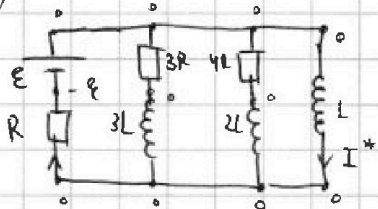
Т.к. ток через резистор не изменился, то  $\varphi = \frac{4E}{19}$  остался прежним

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 уст. режим после замыкания ключа: напряжения на катушках вновь равно нулю:

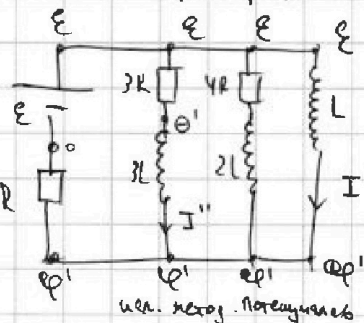


используем метод потенциалов

Из метода потенциалов видно что ток течет только через  $L$ , т.к.  $2L$  и  $3L$  соединены коротко и с резисторами на которых нулевое напряжение и тока тоже нет:

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

Рассмотрим произвольный момент времени



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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Заметим, что из (1):  $\int \dot{E} - \dot{\varphi} dt = L \Delta I' = L(I^* - 0)$ , т.к. в  
конце ток через неё (катушку  $L$ ) равен  $I^* = \frac{E}{R}$ , а в начале ток через  
нее равен нулю

Тогда  $q = \frac{LI^*}{3R} - \frac{L\Delta I''}{R}$ , где  $\Delta I'' = 0 - I_{10}$ , т.к. в начале ток  
через неё так же течет

$$\Rightarrow q = \frac{LE}{3R} + \frac{LE}{19R} = \frac{31}{57} \cdot \frac{LE}{R}$$

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{4E}{19R}$

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

3)  $q = \frac{31}{57} \cdot \frac{LE}{R}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

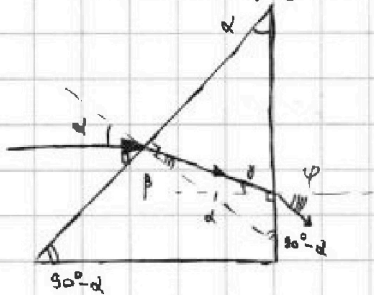
1  2  3  4  5  6  7



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



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



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

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

Т.к. о внешнем угле

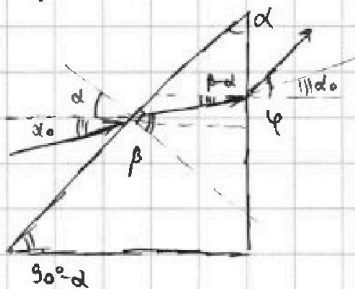
$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta$$

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

$$\Rightarrow \psi = \left(\alpha - \frac{\alpha}{n_2}\right) n_2 = n_2 \alpha (n_2 - 1) = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

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 малы т.к. глаз видит только такие, а изображение будет на пересечении лучей или их продолжений. Для того, чтобы найти изображение построим второй луч от источника (параксиальный) и рассмотрим его преломление. Заметим, что факт из пункта (1) можно обобщить - если луч идет под углом  $\alpha$  к горизонту, то его отклонение  $\Delta$  (качественный угол к горизонту) также будет равно  $\Delta = \alpha(n_2 - 1)$ ; докажем это



закон Снеллиуса:

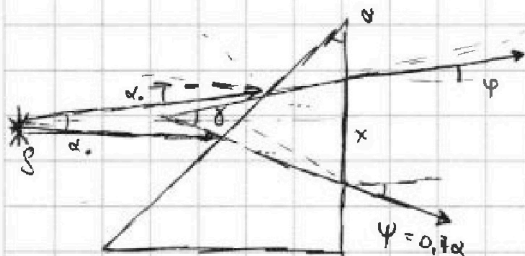
$$\begin{cases} (\alpha + \alpha_0) = n\beta \\ n(\beta - \alpha) = \psi \end{cases} \Rightarrow \psi = \alpha + \alpha_0 - \alpha n$$

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

на такой же величине  $\alpha_0$

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

Рассмотрим падение луча из первого пункта и близкого к нему луча



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

Тогда для отрезка  $x$ :  $d_0(\alpha + h) = \psi d$

$$\Rightarrow d = \alpha + h$$

Изображение совпадает с источником

$$d = 104 \text{ см}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

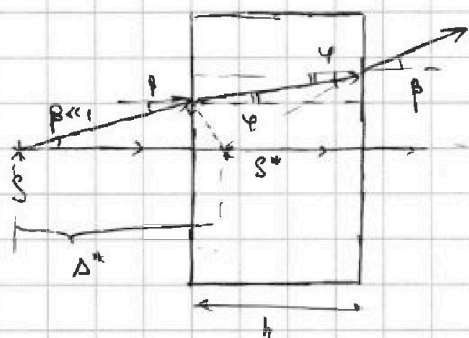


3) Заметим, что такую систему из двух призм можно заменить из следующей:



т.е. на плоскопараллельную пластинку и две начальные призмы

Рассмотрим преломление в ППП (плоскопаралл. пластинка):



$S^*$  - изображение  $S$  в ППП

Из геометрии  $\beta h = \beta \Delta^* + \varphi h$  (используем малость углов)

Закон Снелля  $\beta = n_1 \varphi \Rightarrow \varphi = \frac{\beta}{n_1}$

$$\Rightarrow h = \Delta^* + \frac{h}{n_1} \Rightarrow \Delta^* = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \quad (1)$$

$S^*$  становится источником для двух призм однако заметим что две призмы с  $n=n_2$  можно заменить (соединив их) на ППП толщиной  $h$ ; но из ф-лы (1) мы видим что тогда  $\Delta^* \rightarrow 0$  т.е. изображение  $S^*$  источника  $S^*$  совпадает с самим  $S^*$ :

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

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

Ответ: 1)  $\varphi = 0,7\alpha = 0,07 \text{ рад}$   
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:

- 1  2  3  4  5  6  7



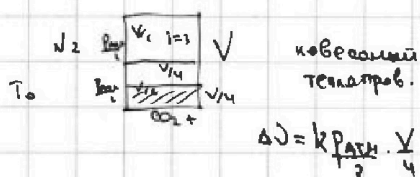
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$F_c \sim \vartheta$   
 $F_c = 600 \text{ Н}$   
 1)  $a = \frac{d\vartheta}{dt}$   
 $\frac{12,5}{30} = \frac{125}{10 \cdot 30} = \frac{25 \cdot 5}{10 \cdot 30} = \frac{5}{12} \text{ м/с}^2$   
 $25 = 5 \cdot 5 = 2 \cdot 5 \cdot 5 = \dots$

2)  $F_0 - F_c = ma_0$   
 $F_c = a\vartheta_0$   
 $F_0 = ma_0 + a\vartheta_0 = ma_0 + \frac{F_c \vartheta_0}{\vartheta_k} = 1500 \cdot \frac{5}{12} + 600 \cdot \frac{10}{2} = 125 \cdot 5 + 2400 = \dots$

3)  $P_0 = F_0 \vartheta_0$



$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = J_{\text{вс}} RT_0$

$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = J_{\text{св}} RT_0$

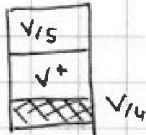
$\Delta J = k \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4}$

$J_{\text{св}, \text{св}} = \Delta J + J_{\text{св}} = \frac{k P_{\text{атм}} V}{8} + \frac{\Delta RT_0}{P_{\text{атм}} V} \cdot \frac{P_{\text{атм}} V}{8 RT_0}$

1) Пусть пар насыщен, тогда  $P_0 = P_{\text{атм}}$

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

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



$P_{\text{атм}} + P \cdot \frac{V}{5} = J_{\text{вс}} RT = \frac{P_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$

$P = \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$

$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{св}}$

$P_{\text{св}} = \frac{k_{\text{св}} RT}{V^*} = \frac{20 k_{\text{св}} RT}{11V} = \frac{20 RT}{11V} \cdot (k \frac{P_{\text{атм}} V}{8} + \frac{k_{\text{атм}} V}{8 RT_0}) =$

$= \frac{20 RT}{11 \cdot 8} \cdot \frac{20}{11 \cdot 8} (k RT P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} \frac{T}{T_0}) =$   
 $= P_0 \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \cdot \beta - P_{\text{атм}}$

N3)

$W_{\text{эл}} = mV_0^2$

$E_{\text{эл}} d = U$

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

$E_{23} = \frac{2U}{d}$

$mp_{\text{эл}} = q \frac{U}{d}$

$K_1 = \frac{mV_0^2}{2}$

$K_2 = \frac{mV_0^2}{2} m = qd \cdot \frac{U}{d}$

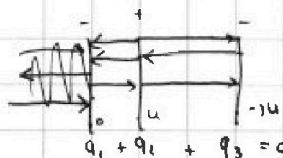
$q_1 + q_2 + q_3 = -\frac{\epsilon_0 S U}{d}$

$q_1 - q_3 = -2\epsilon_0 S \cdot \frac{U}{2d}$

$q_2 = q_1$

$4q_1 = -\frac{2\epsilon_0 S U}{d}$

$q_1 = -\frac{\epsilon_0 S U}{2d}$



$q_1 + q_2 + q_3 = 0$   
 $\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{U}{2d}$

$E_{12} = \frac{U}{d} = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

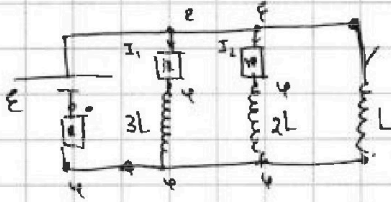
- 1  2  3  4  5  6  7



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



Уст. режим  $\Rightarrow$  неизм. маг. поток катушки коло



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

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

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

$$19\varphi = 7E$$

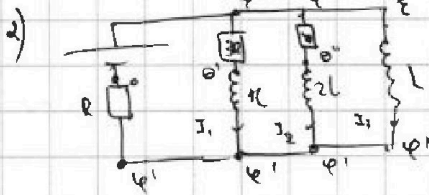
$$I = \frac{12V}{19 \cdot 3}$$

$$E - 4E = 12E = 4E$$

$$19 \cdot 3R = 19R$$

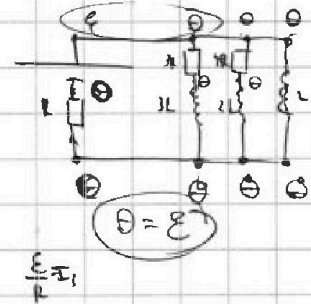
$$I = \frac{4E}{19R}$$

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



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

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



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

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

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

$$\frac{\varphi'}{R} = \frac{E - 3LI_1 - \varphi'}{3R} + \frac{E - 2LI_2 - \varphi'}{4R} + I_3$$

$$12\varphi' = E - 3LI_1 \quad 4E - 12LI_1 - 4\varphi' + 3E - 6LI_2 - 3\varphi' + 12I_3R$$

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

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

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

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

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

$$\frac{19}{3} \quad \frac{19}{3} \quad \frac{19}{3}$$

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

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

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

$$\frac{19LE - 12LE}{59R} = \frac{7LE}{59R}$$