

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

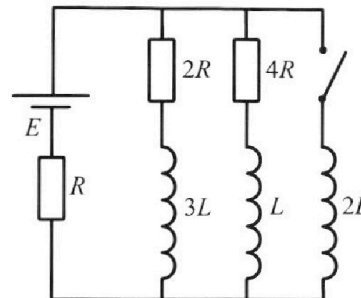
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



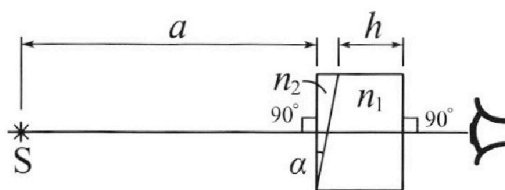
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с ч-исловыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ 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.



(см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

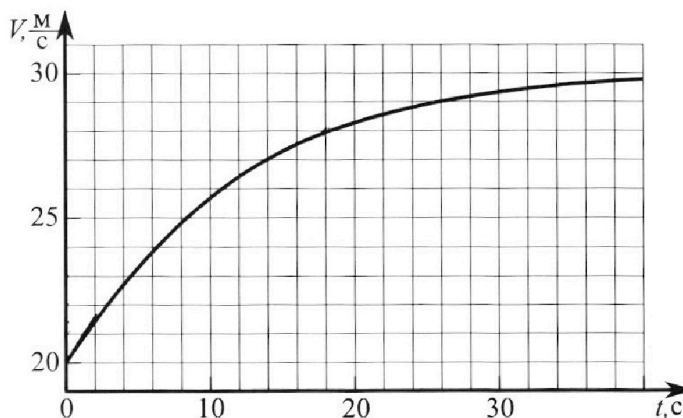
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04

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



1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 200$ Н.



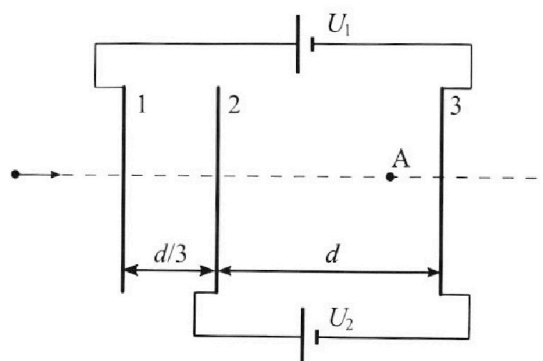
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv 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 $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.
- 2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

1 2 3 4 5 6 7

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



№1

Дано: Решение:

$m = 240 \text{ кг}$ 1. Известно, что $a(t) = v'(t)$. Тогда $a(0) = v'(0)$, где $v(0)$ - угл. коэф. касат. к графику в т. с абсциссой 0. Тогда примерно получается, что $a(0) = \frac{21,5 - 20}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

1) $a_0 = ?$ Тогда $a_0 = a(0) = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $F_0 = ?$ 2. Конец разгона означает, что машина движется без ускорения в его конце. То есть ~~выт.~~ сумма сил, действ. на

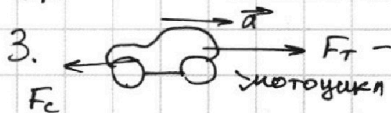
тело равна 0. Силы, действ. на мотоциклиста и сам мото ~~на~~ тело (мотоциклиста) - F_T - сила тяги и F_c - сила сопротивления. Тогда верно по IIЗН: $F_{TK} = F_c$, где F_{TK} - сила тяги в конце разгона.

Известно: $N = F \cdot v$, причём, так $N = \text{const}$, то тогда $F = \frac{N}{v}$.

Тогда $F_{TK} = \frac{N}{v_K}$ ($N = \text{const}$), где $v_K = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Тогда:

$$\frac{N}{v_K} = F_c \Rightarrow N = F_c v_K \quad N = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$



По IIЗН:

$$m \vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{F}_{T0}, \quad \vec{F}_0 - \text{сила сопр. в нач. разгона}$$

$$\vec{F}_{T0} - \text{сила тяги в нач. разгона}$$

Тогда $m a_0 = F_{T0} - F_0$

$$\Rightarrow F_0 = F_{T0} - m a_0, \quad \text{где } F_{T0} = \frac{N}{v_0}, \quad \text{где } v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(*) \Rightarrow F_0 = \frac{N}{v_0} - m a_0 \quad F_0 = \frac{6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot \frac{3}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (300 - 180) \text{ Н} = 120 \text{ Н}.$$

$$F_0 = 120 \text{ Н}$$

4. Запишем ур-е (*):

$$F_0 = \frac{N}{v_0} - m a_0 \quad | \cdot v_0$$

$F_0 v_0 + m a_0 v_0 = N$. Видно, что мощность идёт на преодоление силы сопр. и разгон. Тогда часть ~~преодолеваемая~~ мощности, идущая на преодоление силы сопр. в нач. движ.:

$$\alpha = \frac{F_0 v_0}{N} \quad \alpha = \frac{120 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}} = \frac{60 \cdot 40}{60 \cdot 100} = \frac{4}{10} = 0,4$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) ~~$N = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$~~ $F_0 = 120 \text{ Н}$; 3) $\alpha = 0,4$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



№2

Дано:

$$T = \frac{4T_0}{3} = 373\text{K}$$

$$V: \frac{V}{2}; \frac{3V}{8}; \frac{V}{8}$$

$$k \approx 0,6 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

1) $\frac{V_1}{V_2} = ?$

2) $P_0 = ?$

Решение:

1. Давление в обеих частях сосуда в начале - P_0 (иначе по II ЗН поршень не неподвижен)

Тогда объём угл. газа в нижней части:

$$\frac{V}{2} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{8}$$

Считаем что кол-во вещ-ва пара в ниж. части мало.

Тогда по ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} P_0 V = \nu_1 R T_0 \quad (1) \\ \frac{1}{8} P_0 V = \nu_2 R T_0 \quad (2) \end{array} \right.$$

$$(1):(2): \frac{\frac{1}{2} P_0 V}{\frac{1}{8} P_0 V} = \frac{\nu_1 R T_0}{\nu_2 R T_0} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$$

2. Узнаем, сколько угл. газа растворилось в воде при нагревании угл. газ "выходит" из воды. Тогда вышло

$$\Delta V = k P_0 W \text{ угл. газа, где } W = \frac{3V}{8}$$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{3k P_0 V}{8}$$

Заметим, что сосуд нагрем до тем-ры $373\text{K} = 100^\circ\text{C}$. При такой тем-ре вод. пары создают давление $P_{\text{атм}}$ (они насыщ)

Пусть давление в верхнем отсеке после нагрева $P + P_{\text{атм}}$ Тогда оно равно ^{парциал.} ~~парци.~~ давл.

и угл. газа в нижнем отсеке и давленим вод. паров. (сумме этих давлений) По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{1}{8} (P + P_{\text{атм}}) V = \nu_2 R T \quad (1)$$

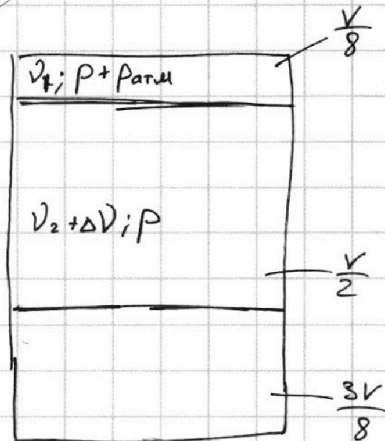
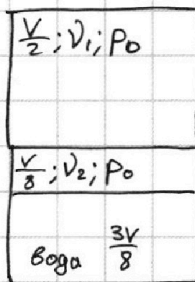
$$\frac{1}{2} P V = (\nu_2 + \Delta \nu) R T \quad (2) \leftarrow \nu_2 + \Delta \nu \text{ газа занимает } \frac{V}{2}$$

Рассм. ур-е (2):

$$\text{В нем } \nu_2 R T = \frac{4}{3} \nu_2 R T_0 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{8} P_0 V, \text{ а } \Delta \nu R T = \frac{3k P_0 V R T}{8}$$

Тогда

$$\frac{1}{2} P V = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{8} P_0 V + P_0 \cdot \frac{3k P_0 V R T}{8} \Rightarrow P = P_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{4} k R T \right)$$



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"/>	<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!

№2 (Продолжение)

$$p = p_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{4} \kappa RT \right).$$

$$\text{Пусть } \frac{1}{3} + \frac{3}{4} \kappa RT = d$$

$$\Rightarrow p = d p_0.$$

Рассм. (4) ур-е:

$$\frac{1}{8} (d p_0 + p_{\text{атм}}) V = \frac{4}{3} \nu_1 R T_0$$

$$(d p_0 + p_{\text{атм}}) V = \frac{8 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1}{2} p_0 V$$

$$p_{\text{атм}} = p_0 \left(\frac{16}{3} - d \right)$$

$$p_{\text{атм}} = p_0 \left(\frac{16}{3} - \frac{1}{3} - \frac{3}{4} \kappa RT \right)$$

$$p_{\text{атм}} = p_0 \left(5 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^8 \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \right)$$

$$p_{\text{атм}} = p_0 \left(5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3 \right)$$

$$p_{\text{атм}} = p_0 \left(\frac{100 - 27}{20} \right)$$

$$p_{\text{атм}} = \frac{73 p_0}{20} \Rightarrow p_0 = \frac{20}{73} p_{\text{атм}}$$

$$P \cdot S \cdot \Delta l = \rho_{\text{пл}} V$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$; 2) $p_0 = \frac{20}{73} p_{\text{атм}}$.

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!

Дано:

Решение:

$U_1 = 5U$

$U_2 = U$

$m, q > 0$

$d, \frac{d}{3}; \frac{3d}{4}$

1) $A_{23} = ?$

2) $K_3 - K_2 = ?$

3) $v_A = ?$

1. Используя метод потенциалов найдем какие потенциалы на пластинах (см. рис).

2. Пусть ~~пластина~~ через источник ток I , протек заряд q_1 , а через U_2 - q_2 . Тогда

$q_1 U_1 = q_2 U_2$

$5q_1 = q_2$

Пусть $q_1 = q \Rightarrow q_2 = 5q$

Тогда на пластине 1 заряд q

на пластине 2 - $5q$

2. Пусть ~~поле~~ поле между системами

1 и 2 - E_{12} . $E_{12} = \frac{5U - U}{\frac{d}{3}} = \frac{12U}{d}$. E_{23} - напря-сть поля между пласти-

нами 2 и 3
 $E_{23} = \frac{U - 0}{\frac{d}{3}} + \frac{5U - 0}{\frac{d}{4}} = \frac{U}{\frac{d}{3}} + \frac{15U}{\frac{d}{4}} = \frac{19U}{4d}$

3. Попав в область между сетками 2 и 3, частица попала в поле с напряжн. $E_{23} = \frac{19U}{4d}$. Тогда по IIЗН:

$m \Delta v_{23} = q E_{23} d$;

$A_{23} = \frac{19qU}{4md}$

4. По ЗСЭ: $K_3 - K_2 = A_{23}$, где A_{23} - работа электр. ~~сил~~ поля, действ на частицу в поле му пластинами 2 и 3.

$\Rightarrow K_3 - K_2 = q \cdot d \cdot \frac{19U}{4d} = \frac{19qU}{4}$

$K_3 - K_2 = \frac{19qU}{4}$

5. По ЗСЭ: $K_A - K_B = A_{12} + A_{2A}$, где K_A - кин. энергия в т. А, K_B - кин энергия до попадания в систему, A_{12} и A_{2A} - работы эл. поля на участках между пластинами 1 и 2, и пласт 2 и точкой А

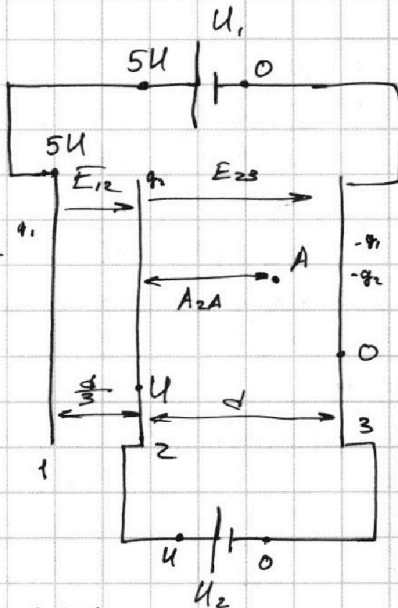
$K_A = \frac{mv_A^2}{2}$; $K_B = \frac{mv_0^2}{2}$; $A_{12} = q \cdot \frac{d}{3} \cdot \frac{12U}{d} = 4qU$; $A_{2A} = q \cdot \frac{3d}{4} \cdot \frac{19U}{4d} = \frac{57qU}{16}$

Итак:

$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{16qU}{4} + \frac{57qU}{16}$; $\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{121qU}{16}$;

$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{121qU}{8m}}$

Ответ: 1) $A_{23} = \frac{19qU}{4md}$; 2) $K_3 - K_2 = \frac{19qU}{4}$; 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{121qU}{8m}}$



- 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!



5 ч

Дано:

Решение:

Схема

1. До замыкания

1) $I_{20} = ?$

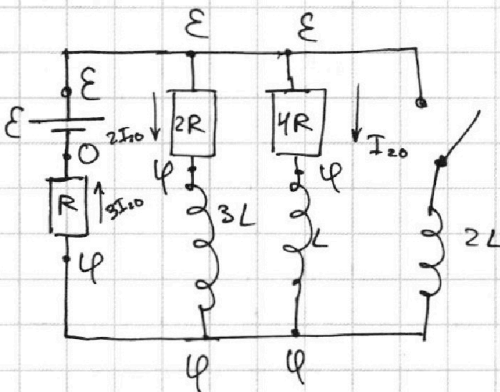
решим в цепи уст.

2) $I_{2L}' = ?$

Тогда через L и $3L$

3) $\varphi_{4R} = ?$

течёт пост. ток и напр. на них мет.



Используя метод потенц. итг расставим потенциалы.

Тогда:

$$I_{20} = \frac{\varepsilon - \varphi}{4R}. \text{ Ток через } 2R: I_{2R} = \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} = 2I_{20}.$$

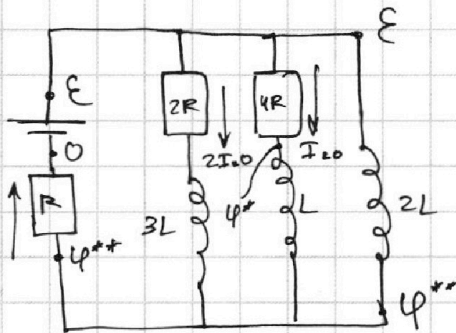
По ЗСЗ через \square протекает ток $I_{20} + 2I_{20} = 3I_{20}$

$$\text{Тогда } 3I_{20} = \frac{\varphi}{R} \Rightarrow \varphi = 3I_{20}R$$

Имеем:

$$I_{20} = \frac{\varepsilon - 3I_{20}R}{4R} \Rightarrow \boxed{I_{20} = \frac{\varepsilon}{7R}}$$

2. Сразу после замык. ключа ток через $3L, L$ и $2L$ скачком не поменялся. То есть через L $3I_{20}$ течёт I_{20} , ч/з $3L$ течёт $2I_{20}$, а через $2L$ ток не течёт. Тогда по ЗСЗ через \square течёт



ток $3I_{20}$ сразу после замык. ключа.

Методом потенц. расставим потенциалы (см. рис)

Тогда верно следующее:

$$3I_{20} = \frac{\varphi^{**}}{R} \Rightarrow \varphi^{**} = 3I_{20}R = \frac{3\varepsilon}{7}$$

$2L (I_{2L})' = \varepsilon - \varphi$, где $(I_{2L})'$ - ск-сть возраст. тока сразу после замыкания ключа.

$$\Rightarrow \boxed{(I_{2L})' = \frac{\varepsilon - \varphi}{2L} = \frac{\varepsilon - \frac{3\varepsilon}{7}}{2L} = \frac{\frac{4\varepsilon}{7}}{2L} = \frac{2\varepsilon}{7L}}$$

3.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



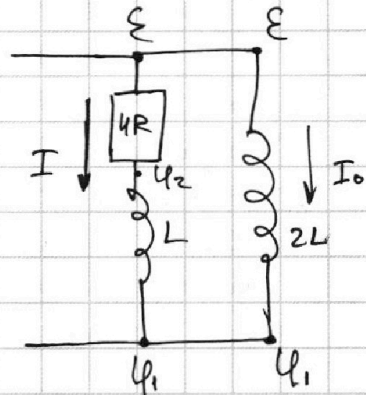
3.4 (Продолжение)

3. Рассмотрим фрагмент цепи: в момент установления цепи (т.е. после замык ключа и до уст. режима).

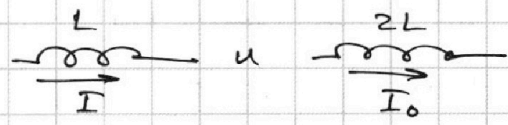
Расставим потенциалы используя метод потенциалов.

Тогда верно следующее:

$$\underbrace{\varepsilon - \varphi_2}_{4RI} + \underbrace{\varphi_2 - \varphi_1}_{LI'} = \underbrace{\varepsilon - \varphi_1}_{2LI_0}$$



I и I0 - токи, протек. через



=> ~~4RI~~

$$4RI + LI' = 2LI_0$$

$$4RI + \frac{L \Delta I}{\Delta t} = \frac{2L \Delta I_0}{\Delta t}$$

(*) $4RI \Delta t + L \Delta I = 2L \Delta I_0$, где $I \Delta t = \Delta \varphi_{4R}$ - заряд, протекший
 Просуммируем (*) за время от замыкания
 все время от замыкания
 ключа до установления цепи:

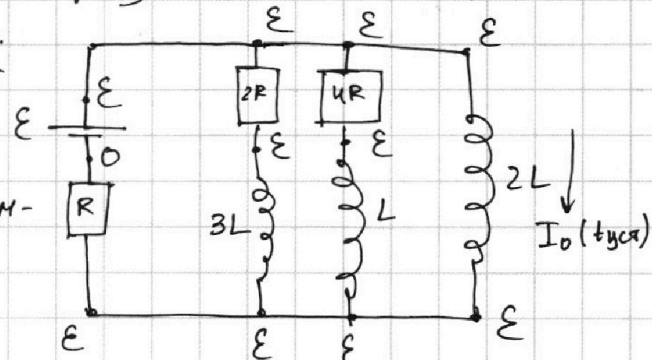
$$4R \sum \Delta \varphi_{4R} + \sum L \Delta I = 2L \sum \Delta I_0$$

$$4R \varphi_{4R} + L(I(t_{уст}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{уст}) - I_0(0))$$

$$4R \varphi_{4R} + L(I(t_{уст}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{уст}) - I_0(0))$$

где $I_0(0) = 0$ (в момент замык через 2L не тек ток).

4. Рассм. цепь в уст. момент.
 Расст. напряжения на катушках
 стали равны 0 (ток постоянный),
 тогда разность потенциалов на
 них равна 0. Расставим потен-
 циалы, исп. метод. потенц.
 Тогда получаем, что через



~~4R~~ и ~~2R~~ ток не

течет (разность потенц. $\varepsilon - \varepsilon = 0$). => через ток не течёт => $I(t_{уст}) = 0$.

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"/>

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

 МФТИ



№ 4 (Продолжение)

5. Через \boxed{R} течёт ток $I_0(t_{уст})$.

$$\Rightarrow I_0(t_{уст}) = \frac{\mathcal{E}}{R}.$$

Имеем

$$4Rq_{4R} + L(I(t_{уст}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{уст}) - I_0(0))$$

$$I(t_{уст}) = 0$$

$$I_0(t_{уст}) = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I_0(0) = 0$$

$$\cancel{I(t_{уст})} \Rightarrow I(0) = \frac{2}{7} I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

Тогда:

$$4Rq_{4R} = 2L\left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0\right) - L\left(0 - \frac{\mathcal{E}}{7R}\right)$$

$$4Rq_{4R} = \frac{2L\mathcal{E}}{R} + \frac{L\mathcal{E}}{7R} = \frac{15L\mathcal{E}}{7R}$$

$$\Rightarrow q_{4R} = \frac{15L\mathcal{E}}{28R^2}$$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$; 2) $I_{2L} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$; 3) $q_{4R} = \frac{15L\mathcal{E}}{28R^2}$

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!



№ 5

Дано:

- n_1, n_2
 $n_B = 1,0$
 $a = 100 \text{ см}$
 $d = 0,1 \text{ рад}$
 $h = 14 \text{ см}$
 1) $n_1 = n_B = 1,0$
 $n_2 = 1,4$
 $\Delta = ?$
 2) $n_1 = n_B = 1,0$
 $n_2 = 1,4$
 $SS^* = ?$
 3) $n_1 = 1,4$
 $n_2 = 1,4$
 $SS^* = ?$

Решение:

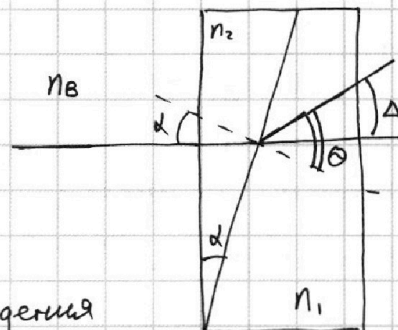
1) $n_1 = n_B = 1,0; n_2 = 1,4$. Так как $n_1 = n_B$, то ~~луч~~ пройдя из первой призмы второй призмы в воздух луч не преломляется.

Запишем з-н Снеллиуса:

$n_2 \sin d = n_1 \sin \Theta$, где d - угол падения луча на границу призмы (он равен именно d из геометрии рисунка)
 Т.к. углы малы, то $\sin d \approx d$, $\sin \Theta \approx \Theta$.
 $\Rightarrow \frac{n_2}{n_1} d = \Theta$.

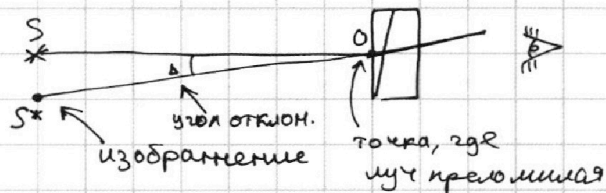
Угол на который луч отклонился $\Delta = \Theta - d$

$\Rightarrow \Delta = d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 0,1 \text{ рад} \cdot \left(\frac{1,4}{1,0} - 1 \right) = 0,1 \text{ рад} \cdot 0,4 = 0,04 \text{ рад}$



2) (После границы n_1 и n_2 угол идет без преломления)

2) В силу малости углов S и S^* - предмет и его изображение будут лежать на одной прямой, перпендикулярной „источник-глаз“.



Тогда $\tan \Delta = \frac{SS^*}{SO} \Rightarrow SS^* = SO \tan \Delta$, где $\tan \Delta \approx \Delta$, т.к. Δ мал

$\Rightarrow SS^* = 100 \text{ см} \cdot 0,04 = 4 \text{ см}$

3) З-н Снеллиуса: $(n_1 = 1,4; n_2 = 1,4)$

$n_2 d = n_1 \beta; \beta = \frac{n_2}{n_1} d$

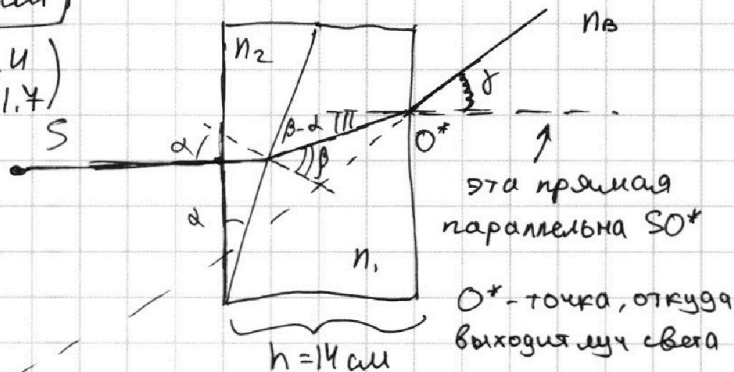
$n_1 (\beta - d) = n_B \delta$

$n_1 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) d = n_B \delta$

$\delta = \frac{(n_2 - n_1) d}{n_B}$

В силу малости углов: S и S^*

S и S^* лежат на прямой, перп. прямой „источник-глаз“.



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 (Продолжение)

Тогда верно, что $\operatorname{tg} \delta = \frac{SS^{**}}{SO^*} \Rightarrow SS^{**} = SO^* \operatorname{tg} \delta$, $\operatorname{tg} \delta \approx \delta$,
т.к. δ мал

$$SO^* = a+h \Rightarrow SS^{**} = (a+h) \left(\frac{n_2 - n_1}{n_B} \right) d$$

$$SS^* = (100+14) \left(\frac{1,4-1,4}{1} \right) \cdot 0,1 = \frac{114 \cdot 0,3 \cdot 0,1}{114 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \text{ см}} = 114 \cdot 0,03 \text{ см} = 3,42 \text{ см}$$

114 \approx
3

Ответ: 1) ~~0,04 рад~~ $\Delta = 0,04 \text{ рад}$; 2) $SS^* = 7 \text{ см}$; 3) $SS^* = 3,42 \text{ см}$.

$$\begin{aligned} (100+14) \cdot 3 &= \\ = 300 + 42 &= 342 \end{aligned}$$

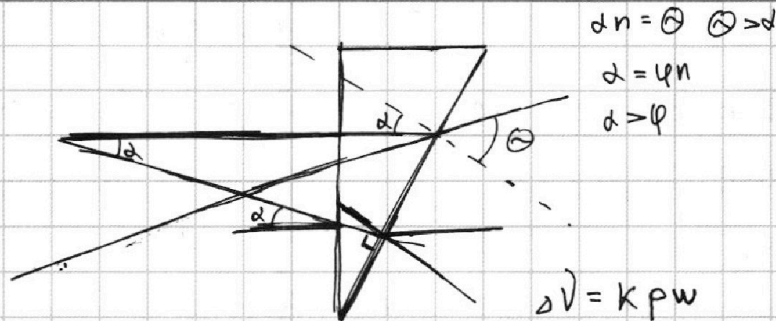
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

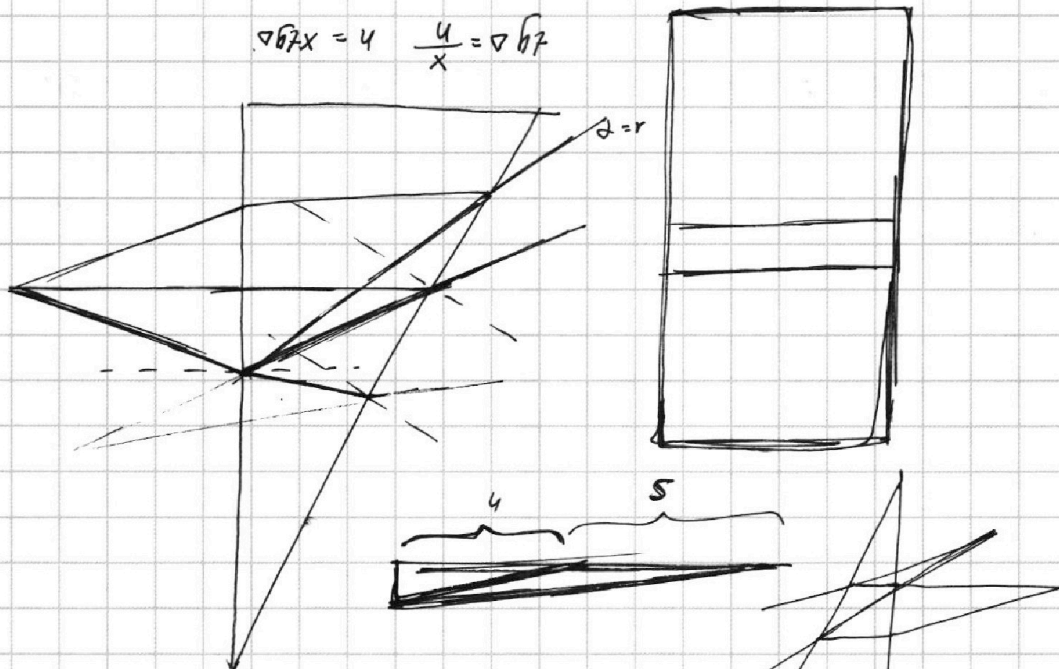
- 1 2 3 4 5 6 7



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



$\Delta V = k p w + k_{\Delta} p w$



$5 - \frac{4}{3} \cdot 0.6 \cdot 10 = 3$

$p = d p_0$

$p = p_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{4}{3} k p_{RT} \right)$

$p = \frac{3}{1} p_0 + \frac{4}{3} k p_{RT}$

$\frac{2}{1} p V = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{8} p_0 V + \frac{8}{3 k p_{RT}}$

$R T_0 = \frac{p_0}{8}$

$\frac{2}{1} p V = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{8} p_0 V + \frac{3}{4}$

$\Delta V R T = \frac{3 k p_0}{8} \cdot R T$

$\frac{1}{8} (k p_0 + p_{RT}) V = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{8} p_0 V$

$\frac{16}{16} k p_0 + p_{RT} = \frac{3}{4} p_0$

$p_{RT} = p_0 \left(\frac{3}{16} - k \right)$

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!



$$a(t) = v'(t)$$

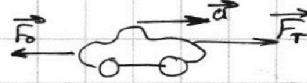
$$a(t_k) = v'(t_k)$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_T + \vec{F}_0$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_T - \vec{F}_0$$

$$\frac{4}{R^2} \cdot \frac{4}{R} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{I}{R}$$

$$N = \text{const}$$



$$F_T + v_k = F_k$$

$$F_T v = F_0$$

$$\frac{LI}{R}$$

$$\frac{22-20}{2} \cdot \frac{1 \mu}{2c} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{LI}{Rt} \cdot \frac{4t}{R} \cdot It$$

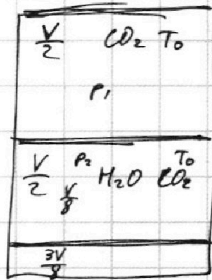
$$\frac{4}{8} V = V_B + V_{\text{пара}} + V_{\text{CO}_2}$$

$$V_{\text{пара}} =$$

$$\frac{1}{8} P_0 V = v_1 R T_0$$

$$\frac{1}{8} P_0 V = v_2 R T_0$$

$$\frac{1}{8} P V = v_1 R T$$



$$4U = \frac{4Ed}{3}$$

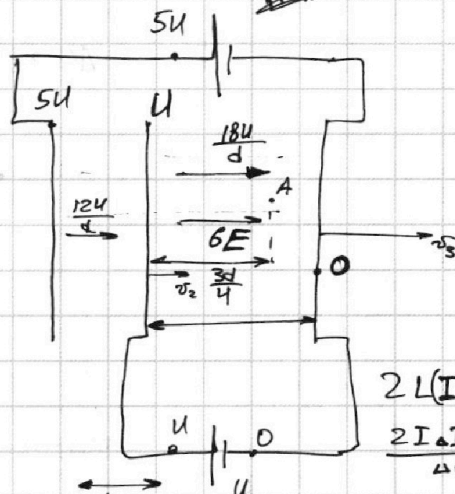
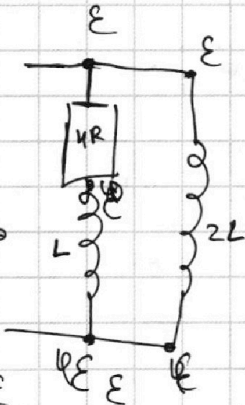
$$E = \frac{54}{d} \Rightarrow$$

$$F = qE$$

$$ma$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + A$$

$$\frac{mv_0^2}{2} =$$



$$2L(I_{2L})' = 4RI$$

$$\frac{2I_{2L} \Delta I_{2L}}{\Delta t} = 4RI_{\text{пат}}$$

$$E = \frac{B}{4\pi} \cdot \mu$$

$$2L_0 I_{2L} = 4R_0 qR$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r}$$

$$q\varphi = F$$

$$LI' = U$$

$$I' = \text{const}$$

$$\frac{L \Delta I}{\Delta t} = U$$

$$E =$$

$$3I_{20} = I$$

$$\frac{E-U}{2R} = \frac{E-U}{2 \cdot 2R} = I_{20}$$

$$E - 3I_{20}R = 4I_{20}R$$

$$\frac{E-U}{4R} = I_{20}$$

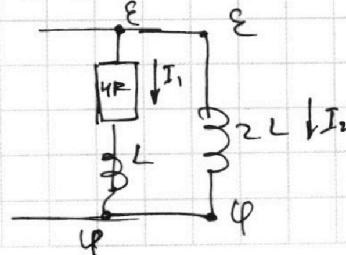
$$U = 3I_{20}R$$

$$I_{20} = \frac{E}{4R}$$

$$\frac{U}{R} = 3I_{20}$$

$$2L(I_{2L})' = E - U$$

$$\frac{E - U_1}{2R} = \frac{E - U_2}{2R}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

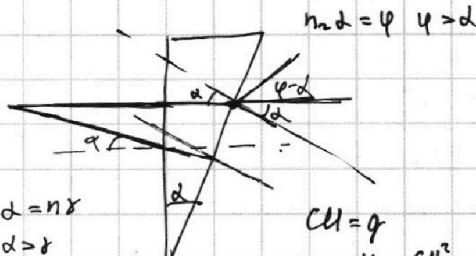
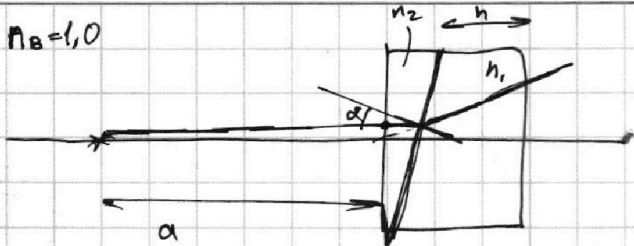
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$\mu_B = 1,0$



$$N = \alpha N + N_1$$

$$\alpha N = F_0 \delta$$

$$N = F_0 \delta$$

$$\alpha = \frac{F_0}{F_T}$$

$$F_T - F_{\text{comp}} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_T \Delta t - F_{\text{comp} \Delta t} = m \Delta v$$

$$CU = q$$

$$qU = CU^2$$

$$\frac{N}{F_T} = \delta$$

$$\frac{N}{F_T} =$$

$$N = \mu_3 \text{ Взаимо}$$

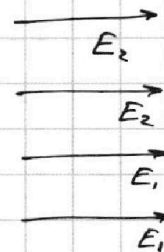
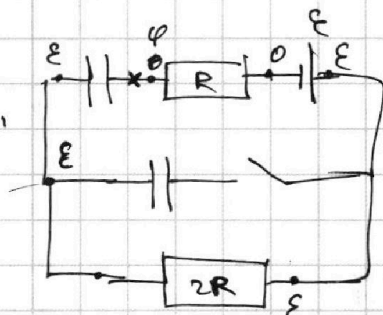
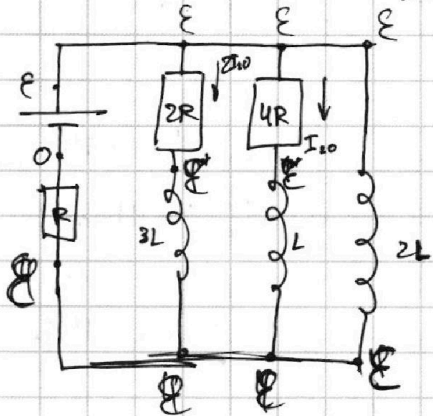
$$ma = ma = \frac{F_0}{\delta} - F_0$$

$$N = F_0 \delta$$

$$N = ma \delta + F_0 \delta$$

$$1 = \frac{ma \delta}{N} +$$

$$\frac{64}{54} + 110 + 11 = 121$$



$$LI' = 0$$

$$I' = 0$$

$$I = \text{const}$$

$$\frac{E - \varphi}{2R} = \frac{E - \varphi}{2R}$$

$$\frac{E - \varphi}{4R} = I_0$$

$$W(0) =$$

$$2LI' = E - \varphi$$

$$I' = \frac{E - \varphi}{2L}$$

$$\frac{1,5}{2} = \frac{3}{4}$$

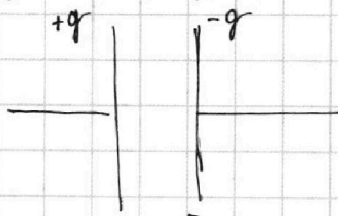
$$0,45 \quad 60$$

$$E = \frac{U - \varphi}{e}$$

$$E =$$

$$F = qE$$

$$A = qEd$$



$$\frac{q}{2\epsilon_0 S} = \frac{q}{2\epsilon_0 S} \quad E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$q = CU$$

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

$$E = \frac{d}{\epsilon_0 S} \cdot U = \frac{U}{d}$$

$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

