

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

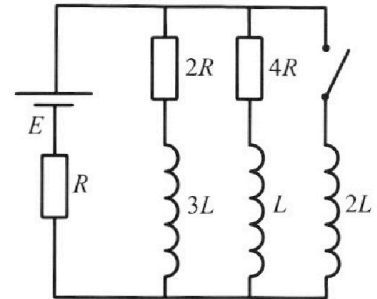
Вариант 11-04

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

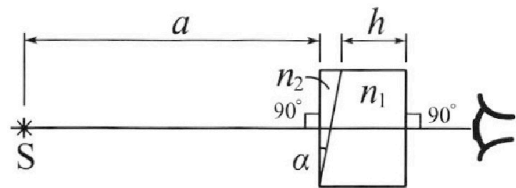
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



- 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.



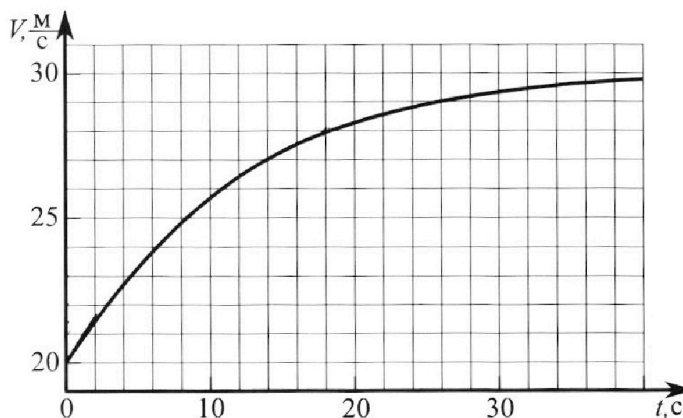
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



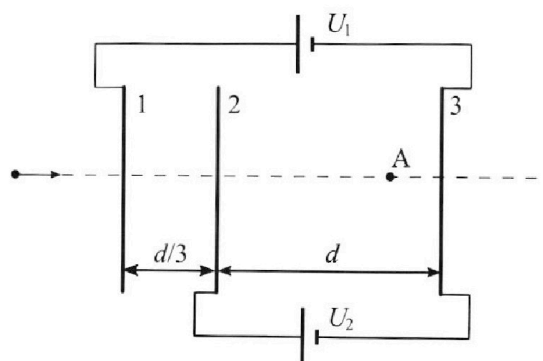
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 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:

$m = 240 \text{ кг}$

$F_k = 200 \text{ Н}$

1) $a_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $\alpha = ?$

1. Из 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 $a(0) = \frac{21,5 - 20}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

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

2. Конеч разгона означает, что машина движется без ускорения в его конце. То есть сумма сил, действ. на

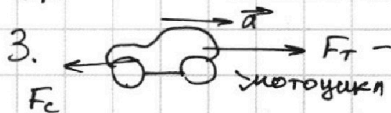
тело равна 0. Силы, действ. на мотоциклиста и сам мото ~~я~~ тело (мотоцикла) - F_T - сила тяги и F_c - сила сопротивления. Тогда верно по IIЗН: $F_{Tk} = F_k$, где F_{Tk} - сила тяги в конце разгона.

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:

$\frac{N}{v_k} = F_k \Rightarrow N = F_k v_k$ $N = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$



По IIЗН:

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

Тогда $m a_0 = F_{T0} - F_0$

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

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

$F_0 = 120 \text{ Н}$

4. Запишем ур-е (*)

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

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

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

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) $\alpha = 0,4$.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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



№2

Дано:

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

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

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

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

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

$$2) P_0 = ?$$

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:

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

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

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

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

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

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

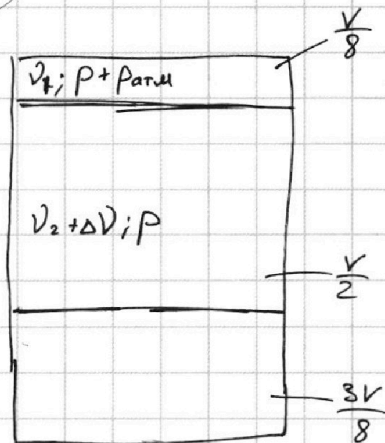
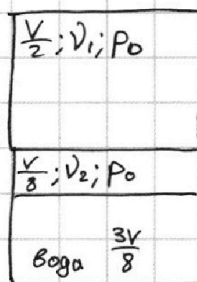
$$\frac{1}{2} P V = (\nu_2 + \Delta \nu) R T \quad (2) \leftarrow \nu_2 + \Delta \nu \text{ газа занимает } \frac{V}{2}.$$

Рассм. ур-е (2):

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

Тогда

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

№ 2 (Продолжение)

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

$$\text{Пусть } \frac{1}{3} + \frac{3}{4} kRT = \alpha$$

$$\Rightarrow p = \alpha p_0.$$

Рассм. (4) ур-е:

$$\frac{1}{8} (\alpha p_0 + p_{\text{атм}}) V = \frac{4}{3} \nu_1 RT_0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\underline{P.S} \quad \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{Дж}$$

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~~

~~ник~~ U_1 протек заряд q_1 , а

~~через~~ U_2 q_2 . Тогда

$$q_1 U_1 = q_2 U_2$$

$$5q_1 = q_2$$

$$\text{Пусть } q_1 = q \Rightarrow q_2 = 5q$$

Тогда на пластине 1 заряд q ,

на пластине 2 $5q$

3. Пусть ~~поле~~ поле между пластинами

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

$$E_{23} = \frac{U - 0}{d} + \frac{5U - 0}{4d} = \frac{U}{d} + \frac{5U}{4d} = \frac{9U}{4d}$$

3. Попав в область между сетками 2 и 3, частица попала в поле с напряжн. $E_{23} = \frac{9U}{4d}$. Тогда по IIЗН:

$$mA_{23} = qE_{23};$$

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

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

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = q \cdot \frac{16U}{4d} = \frac{16qU}{4d} = \frac{19qU}{4}$$

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

5. По ЗСЭ: $K_A - K_2 = A_{12} + A_{2A}$, где K_A - кин. энергия в т. А, K - кин энергия до попадания в систему, A_{12} и A_{2A} - работы эл. поля на участках между пластин. 1 и 2, и пласт 2 и точкой А

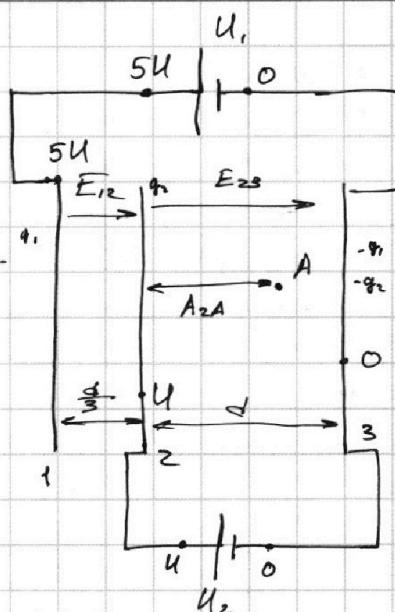
$$K_A = \frac{mv_A^2}{2}; K = \frac{mv_0^2}{2}; A_{12} = q \cdot \frac{d}{3} \cdot \frac{12U}{d} = 4qU; A_{2A} = q \cdot \frac{3d}{4} \cdot \frac{9U}{4d} = \frac{54qU}{16}$$

Итак:

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{16qU}{4} + \frac{54qU}{16}; \frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{121qU}{16};$$

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

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



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!



Дано:

Решение:

Схема

1) $I_{20} = ?$

1. До замыкания

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

решим в цепи уст. Тогда через L и $3L$

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

течёт пост. ток и нап. на них мет.

Используя метод потенц. ит 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:

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

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.

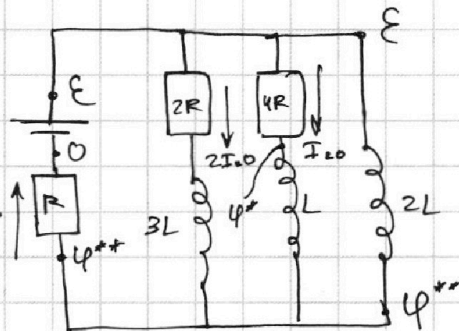
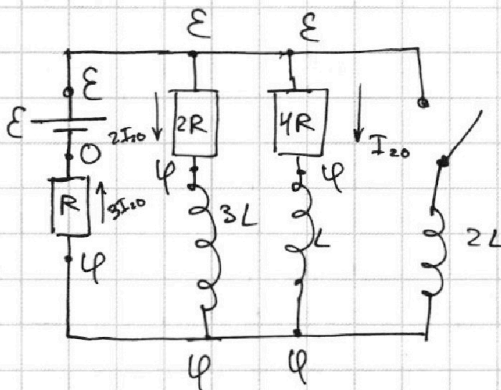
Методом потенц. расставим потенциалы (см. рис)

$$\text{Тогда верно следующее: } 3I_{20} = \frac{\varphi^{**}}{R} \Rightarrow \varphi^{**} = 3I_{20}R = \frac{3\varepsilon}{4}$$

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

$$\Rightarrow \boxed{(I_{2L})' = \frac{\varepsilon - \varphi}{2L} = \frac{\varepsilon - \frac{3\varepsilon}{4}}{2L} = \frac{\frac{\varepsilon}{4}}{2L} = \frac{\varepsilon}{8L}}$$

3.



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!



54 (Продолжение)

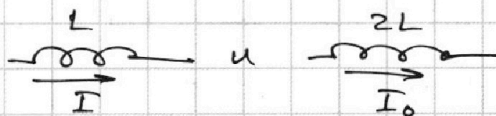
В. Рассмотрим фрагмент цепи: в момент установления цепи (т.е. после замык ключа и до уст. режима).

Расставим потенциалы используя метод потенциалов.

Тогда верно следующее:

$$\underbrace{\mathcal{E} - \varphi_2}_{4IR} + \underbrace{\varphi_2 - \varphi_1}_{LI'} = \underbrace{\mathcal{E} - \varphi_1}_{2LI_0'}$$

I и I_0 — токи, протекающие через



$\Rightarrow$ ~~$4RI + LI' = 2LI_0'$~~

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

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

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

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

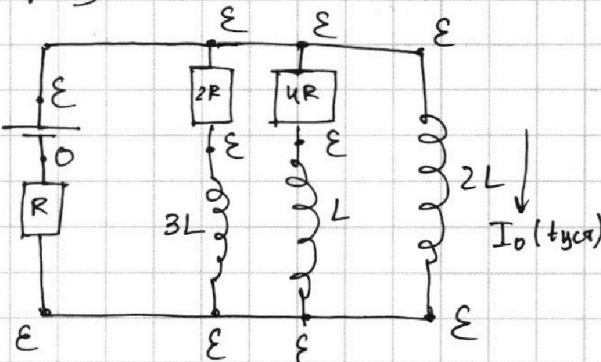
$$4R \varphi_{4R} + L(I(t_{уст}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{уст}) - I_0(0))$$

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

4. Рассм. цепь в уст. момент.

Рассет напряжений на катушках стали равен 0 (ток постоянный), тогда разность потенциалов на них равна 0. Расставим потенциалы, исп. метод. потенц.

Тогда получаем, что через



$4R$ и $2R$ ток не

течет (разность потенц. $\mathcal{E} - \mathcal{E} = 0$). $\Rightarrow$ через L ток не течет $\Rightarrow I(t_{уст}) = 0$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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 $I_0(t_{ycr})$.

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

Имеем

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

$$I(t_{ycr}) = 0$$

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

$$I_0(0) = 0$$

$$\cancel{I(t_{ycr})} \Rightarrow I(0) = \frac{2}{3}I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$$

Тогда:

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

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

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

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

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
 $n_B = 1,0$
 $a = 100 \text{ см}$
 $\alpha = 0,1 \text{ рад}$
 $h = 14 \text{ см}$
 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~~

Так как $n_1 = n_B$, то ~~монно~~
~~еще~~ пройдя из первой призмы второй
 призмы в воздух луч не прело-
 мится.

Запишем 3-й Снеллиуса:

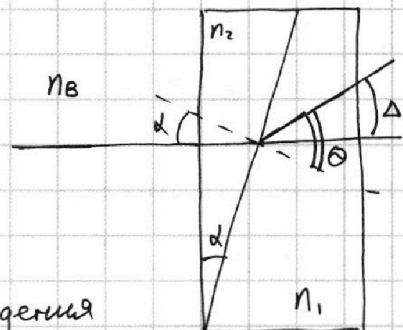
$n_2 \sin d = n_1 \sin \Theta$, где d - угол падения
 луча на границу призмы (он равен
 именно α из геометрии рисунка)

Т.к. углы малы, то $\sin d \approx d$, $\sin \Theta \approx \Theta$.

$$\Rightarrow \frac{n_2}{n_1} d = \Theta.$$

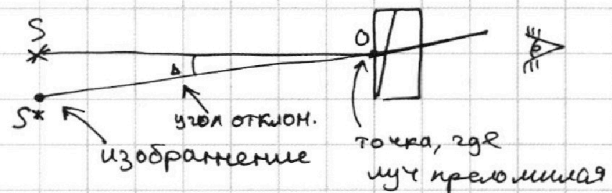
Угол на который луч отклонился $\Delta = \Theta - d$

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



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, перпен-
 диккулярной „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) 3-й Снеллиуса: $(n_1 = 1,4)$
 $n_2 d = n_1 \beta$; $\beta = \frac{n_2}{n_1} d$

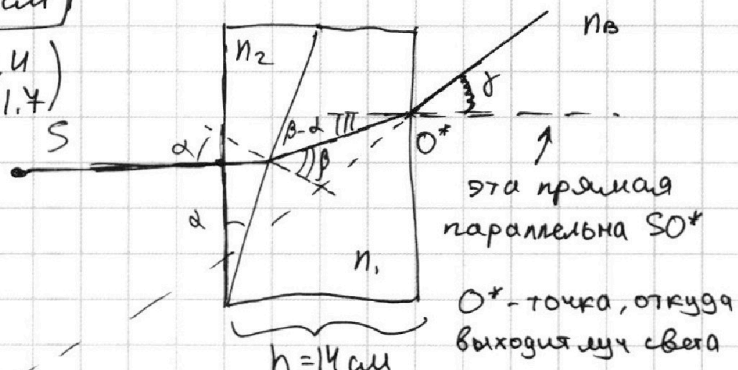
$$n_1 (\beta - d) = n_B \delta$$

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

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

В силу малости углов: S^{**}

~~$\tan \delta$~~ 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

 МФТИ

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



55 (Продолжение)

Тогда верно, что $\operatorname{tg} \delta = \frac{SS^{**}}{SO^*} \Rightarrow SS^{**} = SO^* \operatorname{tg} \delta$, где $\operatorname{tg} \delta = \delta$,
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) $SS^* = 3,42 \text{ см}$.

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

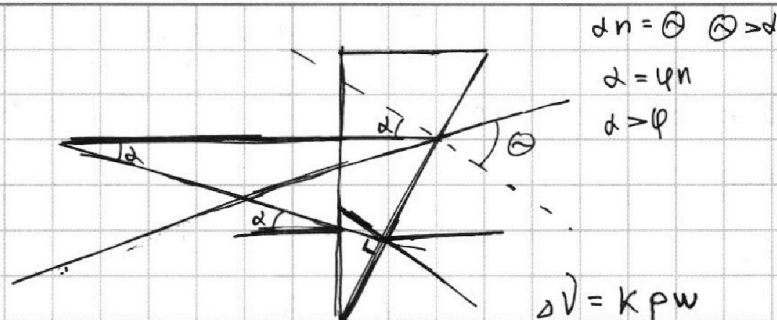
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

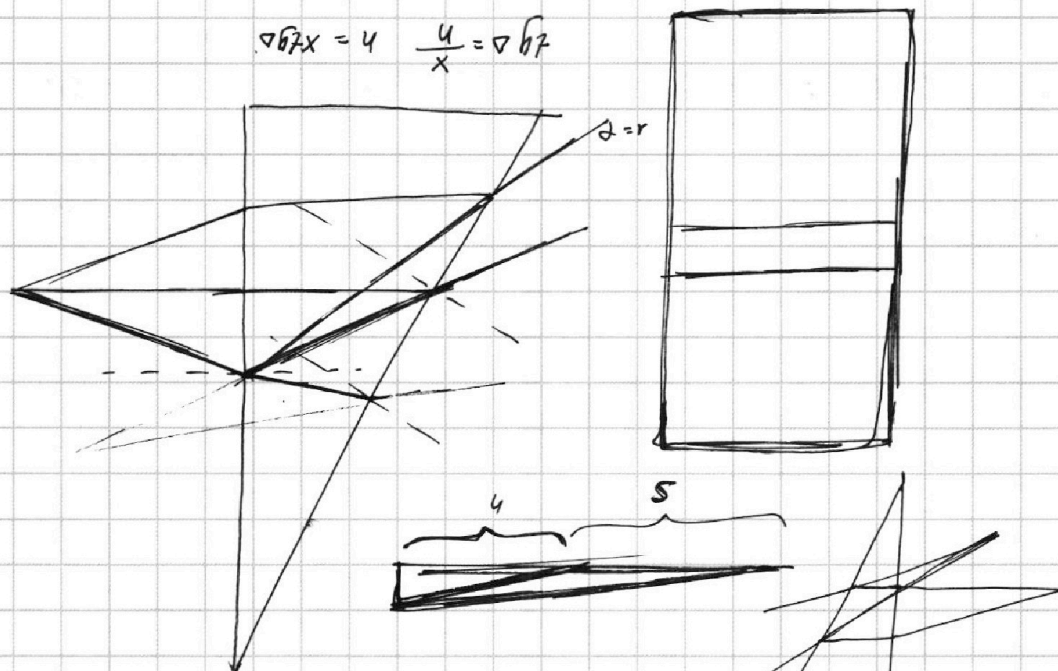
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\Delta V = k \rho w + k \Delta \rho w$$



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

$$P = d \rho_0$$

$$P = \rho_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{4}{3} k \rho_0 T \right)$$

$$P = \frac{1}{3} \rho_0 + \frac{4}{3} k \rho_0 T$$

$$\frac{1}{2} \rho V = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{3} \rho_0 V + \frac{8}{3 k \rho_0 V R T}$$

$$R T_0 = \frac{\rho_0 V}{2}$$

$$\frac{1}{2} \rho V = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{3} \rho_0 V + \frac{3}{4}$$

$$\Delta R T = \frac{3 k \rho_0 V}{8} \cdot R T$$

$$\frac{1}{8} (d \rho_0 + P_{\text{atm}}) V = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{3} \rho_0 V$$

$$d \rho_0 + P_{\text{atm}} = \frac{16}{3} \rho_0$$

$$P_{\text{atm}} = \rho_0 \left(\frac{16}{3} - d \right)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



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

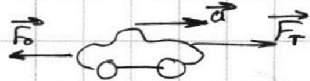
$$a(t_k) = v'(t_k)$$

$$ma = F_T + F_0$$

$$ma = F_T - F_0$$

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

$$N = \text{const}$$



$$F_T v_k = F_k$$

$$F_T v = F_0$$

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

$$\frac{22-20}{2} \cdot \frac{1 \mu}{2c} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\frac{LI}{Rt} \cdot \frac{Ut}{R} \cdot It$$

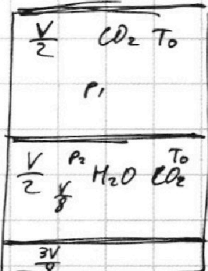
$$\frac{4}{8} V = V_B + V_{\text{пара}} + V_{\text{co}_2}$$

$$V_{\text{пара}} =$$

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

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

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



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

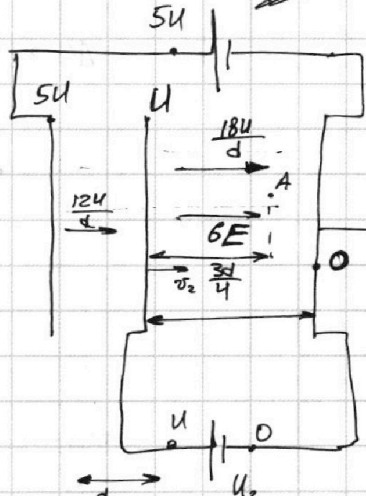
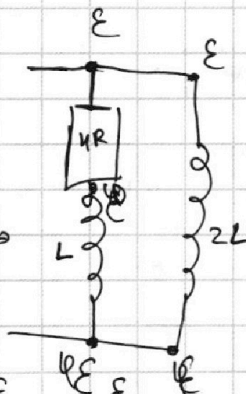
$$E = \frac{8U}{d} \Rightarrow$$

$$F = qE$$

$$ma$$

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

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



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

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

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

$$2L \Delta I_{2L} = 4R \Delta q_R$$

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

$$\frac{q\varphi}{r} = F$$

$$LI' = U$$

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

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

$$E =$$

$$3I_{20} = I$$

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

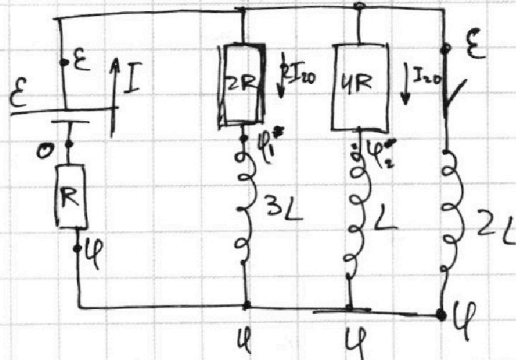
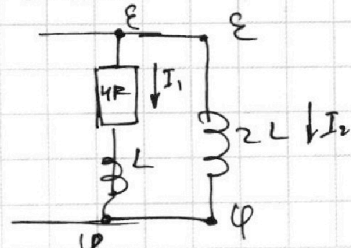
$$\frac{E-U}{4R} = I_{20}$$

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

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

$$I_{20} = \frac{E}{7R}$$

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



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

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

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!

$\mu_B = 1,0$

$N = \alpha N_1 + N_2$
 $\alpha N = F_0 \delta$
 $N = F_0 \delta$ $\alpha = \frac{F_0}{F_T}$

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

$\frac{N}{F_T} = \delta$ $N = \mu_B B_0 \mu_0$

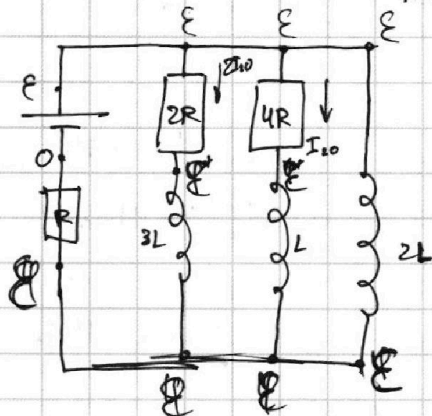
$ma = \frac{F_0}{\delta} - F_0$

$N = F_0 \delta$

$N = m a \delta + F_0 \delta$

$1 = \frac{m a \delta}{N} +$

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



$L I' = 0$
 $I' = 0$
 $I = \text{const}$

$W(0) =$

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

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

$2L I' = E - \varphi$

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

$0,45 \quad 60$

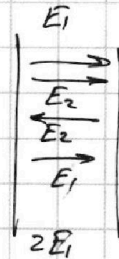
$E = \frac{U - \varphi}{e}$

$E =$

$F = q E$
 $A = q E d$

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

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



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

