



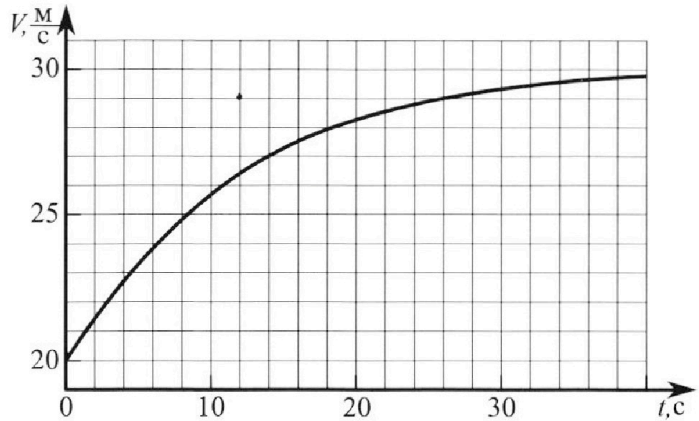
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



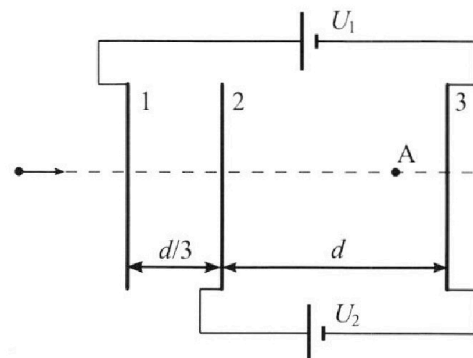
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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  $\Delta v$  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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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.

- 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.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

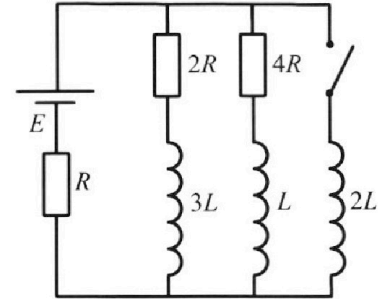
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



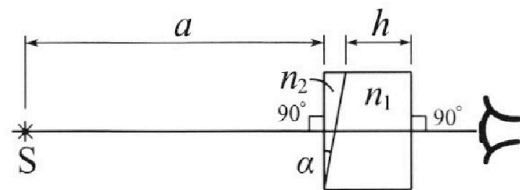
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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.

- 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:

$m = 240 \text{ кг}$

$P = \text{const}$

график  $v(t)$

$F_k = 200 \text{ Н}$

N1

1) ~~дано~~  $a = v' = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  при  $\Delta t \rightarrow 0$ .

тогда  $a_0 = k_0$ , где  $k_0$  - коэффициент наклона касательной к графику  $v(t)$  при  $t=0; v=20$ . По графику найдем  $k_0 = \frac{\Delta v_0}{\Delta t_0}$ , где  $\Delta v_0 = 29 - 20 = 9 \text{ (м/с)}$ ;  $\Delta t_0 = 12 - 0 = 12 \text{ (с)}$

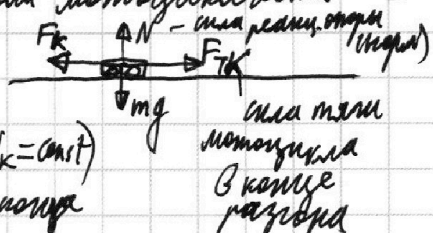
тогда  $k_0 = \frac{\Delta v_0}{\Delta t_0} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ (с}^{-1}\text{)}$   $a_0 = k_0 = 0,75 \text{ (м/с}^2\text{)}$

2) В конце разгона скорость становится постоянной, равной  $v_k = 30 \text{ (м/с)}$  - асимптота на графике  $v(t)$ .

По II закону Ньютона для моторчика

~~в начале разгона:~~

$F_{TK} = F_k$  ( $a_k = 0$ , т.к.  $v_k = \text{const}$ )  
ускорение в конце



1)  $a_0$  - ?  
(ускорение в начале разгона)

2)  $F_0$  - ?

3)  $X = \frac{P_{co}}{P_0}$  - ?

где  $P_{co}$  - мощность идущая на преодоление сил сопротивления (в начале)

$P_0$  - мощность в начале, передаваемая на колеса

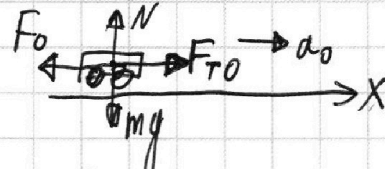
$P = F_{TK} \cdot v_k = F_k \cdot v_k$  - мощность в конце разгона

$P_0 = P = F_k v_k$  (т.к. мощность постоянна)

По II закону Ньютона для моторчика в начале разгона под ОХ:

$F_{T0} - F_0 = m a_0$

то  $P_0 = F_{T0} \cdot v_0 = P = F_k v_k$ , где  $F_{T0}$  - сила тяги в начале



$F_0 = F_{T0} - m a_0 = \frac{F_k v_k}{v_0} - m a_0 = \frac{200 \cdot 30}{20} - 240 \cdot 0,75 = 300 - 180 = 120 \text{ (Н)}$   $v_0 = 20 \text{ м/с}$  - скорость в начале

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 (процелмение)

3) По п.2)  $P_0 = F_k V_k$  ;  $P_{с0} = F_0 V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow X = \frac{P_{с0}}{P_0} = \frac{F_0 V_0}{F_k V_k} = \frac{120 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{120}{300} = \frac{12}{30} = \frac{4}{10} = 0,4 (40\%)$ ;  
 $X = \frac{2}{5}$

Ответ: 1)  $d_0 = 0,75 \frac{м}{с^2}$  ; 2)  $F_0 = 120 Н$  ;

3)  $X = \frac{2}{5} (40\%)$

- 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:

$V; T_0$

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

~~$P_{\text{атм}}$~~

$\Delta V = k p W$

$k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль}/(\text{м}^3 \cdot \text{Па})$

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

1)  $\frac{\nu_B}{\nu_H} - ?$ , где

$\nu_B$  - кол-во газа в верхн. части

$\nu_H$  - кол-во газа в нижн. части

2)  $P_0 - ?$

Закон Дальтона: ( $P_{\text{CO}_2}$  - парц. давл.  $\text{CO}_2$  снизу,  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  - парц. давл.  $\text{H}_2\text{O}$  сверху)

$P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}$  (1) Заметим, что при  $T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$  совб.

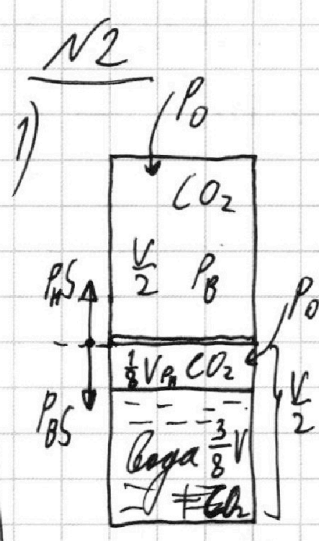
$t = 100^\circ \text{C}$ , м.р.  $P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{нас}}(100^\circ \text{C}) = P_{\text{атм}}$  (2)

$P_{\text{CO}_2} \frac{V}{2} = \nu_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot \frac{4}{3} T_0$  ( $\nu_{\text{CO}_2}$  - кол-во  $\text{CO}_2$  в конце снизу)

$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} + \nu_{\text{CO}_2 \text{ вод}}$ ;  $\nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} = \nu_H$ ,  $P_0 \frac{V}{8} = \nu_H R T_0 \Rightarrow \nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} = \frac{P_0 V}{8 R T_0}$

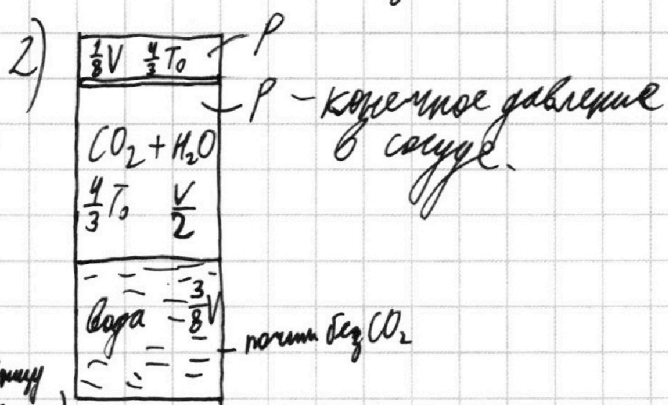
начальное кол-во  $\text{CO}_2$  снизу; кол-во вышедш. из воды

$\nu_{\text{CO}_2 \text{ вод}} = k p_0 \cdot \frac{3V}{8}$  - закон Генри для парциального газа в начале (парц. давл.  $\text{CO}_2$  в начале примерно равно  $P_0$ , т.к. газы вод паров при  $T_0$  примерно равны  $P_0$ , м.к. вод паров при  $T_0$ )



$P_H$  и  $P_B$  - давления газа в нижней и верхней частях сосуда в начале.  
 $P_B \cdot \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$   
 $P_H \cdot \frac{V}{8} = \nu_H R T_0$   
 Поршень невесомый, трения нет  $\Rightarrow P_{HS} = P_{BS}$

$\Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_H} = \frac{P_B}{P_H} \cdot \frac{V/2}{V/8} = 1 \cdot \frac{1/2}{1/8} = 4$



$P$  - конечное давление в сосуде.

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!



*н/д (пропущенно)*

$$\text{Тогда } \nu_{\text{CO}_2} = \frac{P_0 V}{8RT_0} + \frac{3kP_0 V}{8} = \frac{P_0 V}{8} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right)$$

$$\text{Тогда } P_{\text{CO}_2} \frac{V}{2} = \frac{P_0 V}{8} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right) \cdot R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\Downarrow$$
$$P_{\text{CO}_2} V = \frac{P_0 V}{3} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right) \cdot RT_0$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{P_0}{3} \cdot (1 + 3kRT_0) \quad (3)$$

$$\text{Из (1), (2), (3)} \Rightarrow P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_0}{3} (1 + 3kRT_0) + P_{\text{ATM}} \quad (4)$$

$$\text{Для верхнего газа в начале: } P_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$$

$$\text{Для верхнего газа в конце: } P \cdot \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R \cdot \frac{4T_0}{3}$$

$$\Rightarrow PV = \frac{8 \cdot 4}{3} \nu_B R T_0 \quad \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \\ \Rightarrow \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{8 \cdot 4}{3 \cdot 2} = \frac{16}{3} \Rightarrow P = \frac{16}{3} P_0 \quad (5)$$

$$\text{Из (4), (5)} \Rightarrow \frac{16}{3} P_0 = \frac{P_0}{3} (1 + 3kRT_0) + P_{\text{ATM}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 (16 - (1 + 3kRT_0)) = 3 P_{\text{ATM}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 = \frac{3 P_{\text{ATM}}}{15 - 3kRT_0} = \frac{P_{\text{ATM}}}{5 - kRT_0} \quad ; \text{ но } T = \frac{4T_0}{3} \Rightarrow T_0 = \frac{3T}{4}, \text{ тогда}$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{ATM}}}{5 - kR \frac{3T}{4}} = \frac{4 P_{\text{ATM}}}{20 - 3kRT} = \frac{4}{20 - 3kRT} \cdot P_{\text{ATM}} = \frac{4}{20 - 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} \cdot P_{\text{ATM}}$$

$$= \frac{4 \cdot P_{\text{ATM}}}{20 - 9,06} = \frac{4 \cdot P_{\text{ATM}}}{20 - 9,4} = \frac{4 \cdot P_{\text{ATM}}}{10,6} = \frac{40 P_{\text{ATM}}}{106} = \frac{20}{73} \cdot P_{\text{ATM}}$$

Ответ: 1)  $\nu_B = 4$  ;  
2)  $P_0 = \frac{20}{73} P_{\text{ATM}}$

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:**  
 $d \mid \frac{d}{3}$   
 $U_1 = 5U$   
 $U_2 = U$   
 $m$   
 $q > 0$   
 $v_0$

1)  $a_{23} - ?$   
 2)  $k_3 - k_2$   
 3)  $v_A - ?$   
 ( $\frac{3d}{4}$ )  
 Вспомогательная ось от А.

По II Зак. Ньютона для разницы между пл. 2 и 3 на ОХ:  
 $F_{23x} = ma_{23x} \Rightarrow a_{23x} = \frac{F_{23x}}{m} = \frac{q \cdot E_{23x}}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow a_{23} = |a_{23x}| = \frac{qU}{md}$

$U_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 = U_2$   
 $\varphi_2 - \varphi_3 = E_{23x} \cdot d \Rightarrow U_2 = E_{23x} \cdot d \Rightarrow E_{23x} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$  ( $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - потенциалы соотв. пластин 1, 2, 3)

$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U$   
 $\varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 5U$   
 $\varphi_1 = -\varphi_3$  - нетрудно показать аналогично потенциалам на пластинах конденсатора (от внешнего)  
 $\Downarrow$   
 $-2\varphi_3 = 5U \Rightarrow \varphi_3 = -\frac{5}{2}U$   
 $\varphi_2 = U + \varphi_3 = U + (-\frac{5}{2}U) = -\frac{3}{2}U$

На большом расстоянии от сеток считаем  $\varphi_0 = 0$  (в т. В)

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 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!



### N 3 (продолжение)

Тогда работа поля над зарядом  $q$  при перемещении его из т. В к пластине 2 равна:

$$(1) \begin{cases} A_{B2} = (\varphi_0 - \varphi_2) \cdot q; & \text{Потеря об. изм. кин. энергии:} \\ A_{B2} = K_2 - \frac{m v_0^2}{2}, & \text{где } \frac{m v_0^2}{2} = K_B - \text{кинетическая энергия частицы в т. В} \end{cases}$$

Аналогично при перемещении частицы из т. В к пластине 3.

$$(2) \begin{cases} A_{B3} = (\varphi_0 - \varphi_3) \cdot q \\ A_{B3} = K_3 - \frac{m v_0^2}{2} \end{cases}$$

$$Из (1, 2) \Rightarrow \begin{cases} (\varphi_0 - \varphi_3) q = K_3 - \frac{m v_0^2}{2} \\ (\varphi_0 - \varphi_2) q = K_2 - \frac{m v_0^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = (\varphi_0 - \varphi_3) q - (\varphi_0 - \varphi_2) q = \varphi_0 q - \varphi_3 q - \varphi_0 q + \varphi_2 q =$$

$$= (\varphi_2 - \varphi_3) q = \left( -\frac{3U}{2} - \left( -\frac{5U}{2} \right) \right) q = qU$$

3) Найдём  $\varphi_A$  - потенциал в т. А:

$$\varphi_2 - \varphi_A = E_{23x} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{U}{d} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{3}{4}U \Rightarrow \varphi_A = \varphi_2 - \frac{3}{4}U =$$

$$= -\frac{3}{2}U - \frac{3}{4}U = \left( -\frac{6}{4} - \frac{3}{4} \right) U = -\frac{9}{4}U$$

Работа поля по перемещению частицы из т. В в т. А:

$$A_{BA} = (\varphi_B - \varphi_A) q = \left( 0 - \left( -\frac{9}{4}U \right) \right) q = \frac{9}{4}qU; \quad A_{BA} = \frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} \quad \text{по теор. об. изм. кин. энерг.}$$

$$\Downarrow$$

$$v_A = \sqrt{\frac{9qU}{2m} + v_0^2} \quad \left( \text{Ответ: } 1) d_{23} = \frac{qU}{mE}; 2) K_3 - K_2 = qU; 3) v_A = \sqrt{\frac{9qU}{2m} + v_0^2} \right)$$



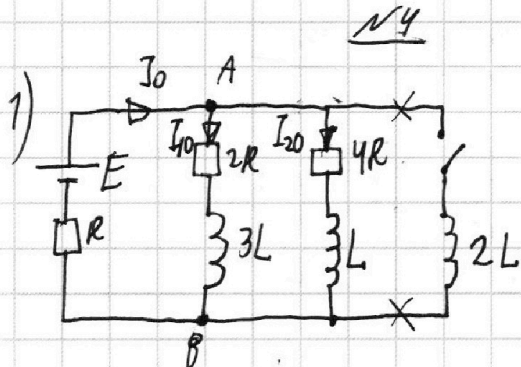
- 1  2  3  4  5  6  7

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



Дано:

$E$   
 $R$   
 $L$



Делим в цепи устаревались, значит все токи постоянные, катушки не создают ЭДС индукции, вытупая в качестве проводков.

Токи  $I_0$ ;  $I_{10}$ ;  $I_{20}$  отличны на 0.001.

$$R_0 = R + \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{8}{6}R + R = \left(\frac{4}{3} + 1\right)R = \frac{7}{3}R$$

1)  $I_{20}$  - ?  
(через 4R)

$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{E}{\frac{7}{3}R} = \frac{3}{7} \cdot \frac{E}{R}; \quad U_{4R0} = I_0 \cdot R_{4R0} =$$

$$= I_0 \cdot \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{3}{7} \cdot \frac{E}{R} \cdot \frac{4}{3}R = \frac{4}{7}E$$

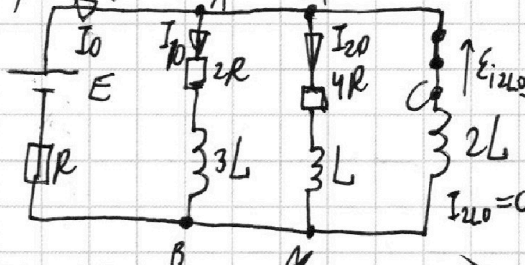
напряжение на 4R в начале

$$I_{20} = \frac{U_{4R0}}{4R} = \frac{\frac{4}{7}E}{4R} = \frac{E}{7R}$$

2)  $I'_{2L0}$  - ?

скороть во втором токе в катушке 2L сразу после зам.

2) сразу после замык.



Токи индуктивно взаимодействуют не могут, поэтому их значения останутся как показано на черте. ЭДС индукции катушки в начале

3)  $q_{4R}$  - ?

заряд, протекающий через 4R при замык. ключа

По II правилу Кирхгофа для контура MCBM:

$$L \cdot I'_{L0} - 2L \cdot I'_{2L0} = -I_{20} \cdot 4R$$

Для контура MNBAM:  $-L I'_{L0} + E = I_0 R + I_{20} \cdot 4R$ , но вначале  $E = I_0 R + I_{20} \cdot 4R \Rightarrow$

$$\Rightarrow L \cdot I'_{L0} = 0, \text{ тогда } I'_{2L0} = \frac{I_{20} \cdot 4R}{2L} = \frac{2R}{L} \cdot \frac{E}{7R} = \frac{2}{7} \frac{E}{L}$$

3) В произв. момент времени (замыкает) для контура MCBM:

MNBA:  $-L I'_L + 3L \cdot I'_{3L} = I_{4R} \cdot 4R - I_{2R} \cdot 2R$ , где  $I'_L$  и  $I'_{3L}$  - для катушек L и 3L соотв.  $I_{4R}$  и  $I_{2R}$  - для 4R и 2R соотв.

$$-L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} + 3L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} = I_{4R} \cdot 4R - I_{2R} \cdot 2R, \Delta t \rightarrow 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№4 (продолжение)

$$\Downarrow$$
$$-L \Delta I_L + 3L \cdot \Delta I_{3L} = \underbrace{I_{4R} \Delta t}_{\Delta q_{4R}} \cdot 4R + \underbrace{I_{2R} \Delta t}_{\Delta q_{2R}} \cdot 2R$$

$$\Downarrow$$
$$\sum (-L \Delta I_L + 3L \Delta I_{3L}) = \sum (\Delta q_{4R} \cdot 4R + \Delta q_{2R} \cdot 2R)$$

$$\Downarrow$$
$$-L(I_{L\text{кон}} - I_{L\text{нач}}) + 3L(I_{3L\text{кон}} - I_{3L\text{нач}}) = q_{4R} \cdot 4R + q_{2R} \cdot 2R$$

$$\Downarrow$$
$$-L(0 - I_{20}) + 3L(0 - I_{10}) = q_{4R} \cdot 4R + q_{2R} \cdot 2R$$

$$\Downarrow$$
$$4q_{4R} + 2q_{2R} = \frac{L}{R}(I_{20} - 3I_{10}); \quad I_{10} = I_0 - I_{20} = \frac{3}{7} \frac{E}{R} - \frac{E}{7R} = \frac{2}{7} \frac{E}{R}$$

~~Итого~~

$$2q_{4R} + q_{2R} = \frac{L}{2R} \left( \frac{E}{7R} - 3 \cdot \frac{2}{7} \frac{E}{R} \right) = \frac{LE}{2R^2} \left( \frac{1}{7} - \frac{6}{7} \right) = -\frac{5}{14} \frac{LE}{R^2}$$

Заметим, что из ЗС следует, что  $q_{4R} + q_{2R} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2q_{4R} + q_{4R} = -\frac{5}{14} \frac{LE}{R^2} \Rightarrow q_{4R} = -\frac{5}{42} \frac{LE}{R^2} \quad q_{2R} = -q_{4R} \Rightarrow$$

$$\text{Ответ: 1) } I_{20} = \frac{E}{7R} \quad 2) I'_{2L0} = \frac{2}{7} \frac{E}{L} \quad 3) |q_{4R}| = +\frac{5}{42} \frac{LE}{R^2}$$

- 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!

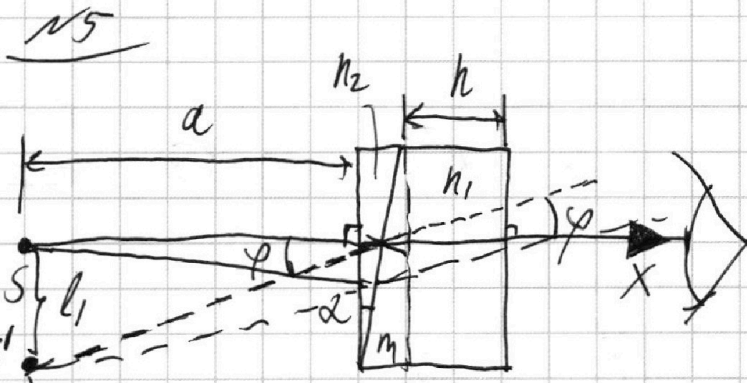
Дано:

$$n_0 = 1$$

$$a = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$$

$$\alpha = 0,1 \text{ рад (маленький)}$$

$$h = 14 \text{ см} = 0,14 \text{ м}$$



1)  $n_1 = n_0 = 1,0; n_2 = 1,7$

$\varphi = ?$

2)  $n_1 = n_0 = 1,0; n_2 = 1,7$

$l_1 = ?$  - разн между вет. и изобр.

3)  $n_1 = 1,4; n_2 = 1,7$

$l_2 = ?$  - разн между вет. и изобр.

1) Система эквивалентна клину в воздухе, поэтому

$$\varphi = (n_2 - 1) \cdot \alpha = \text{справедливо для малого } \alpha$$

$$= (1,7 - 1) \cdot 0,1 = 0,7 \cdot 0,1 = \underline{0,07 \text{ рад}}$$

2) ~~Не трудно показать что~~

$n_2$  рисунки видно, что  $l_1 = a \cdot \tan \varphi \approx$

$$\approx a \cdot \varphi = 1 \cdot 0,07 \text{ рад} = \underline{0,07 \text{ м} = 7 \text{ см}}$$

3) Не трудно показать что

вдоль оси  $X$  (вправо) изображение сместится на

$Y$  (вниз) изображение сместится на

Разбиваем клин на 2 и находим направление лучей. Получаем 2 клина  $n_1$  и  $n_2$

$$l_{2y} = a \cdot \varphi_0, \text{ где } \varphi_0 = (n_2 - n_1) \alpha \Rightarrow l_{2y} = (n_2 - n_1) \alpha a$$

Тогда по оси  $X$  оно сместится на  $l_{2x} = h - \frac{h}{n_1} = \frac{n_1 - 1}{n_1} h$  (маленький угол)

$$l_{2x} = \frac{1,4 - 1}{1,4} \cdot 0,14 = 0,4 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ (м)} = \underline{4 \text{ см}}$$

$$l_{2y} = (1,7 - 1,4) \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,3 \cdot 0,1 = \underline{0,03 \text{ (м)}} = \underline{3 \text{ см}}$$

Тогда по  $Z$  осм:  $l_2 = \sqrt{l_{2x}^2 + l_{2y}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \underline{5 \text{ см}}$

- Ответ: 1)  $\varphi = 0,07 \text{ рад}$   
 2)  $l_1 = 7 \text{ см}$   
 3)  $l_2 = 5 \text{ см}$

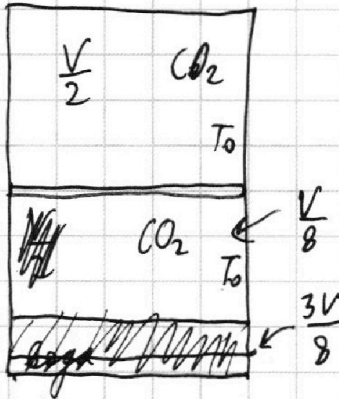
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

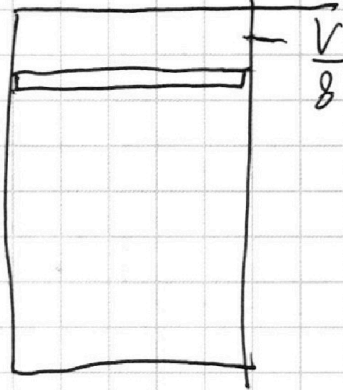
- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$T = \frac{4T_0}{3}$$



$$\sigma_V = k p W$$

~~$$\frac{200}{5,4} = 14,6$$~~

$$\frac{40}{146} = \frac{20}{73}$$

$$\frac{5}{2} - \frac{3}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

$$(p_1 - p_2) q = E_{12} d \cdot q$$

$$\frac{m}{2} (v_A^2 - v_0^2) = \frac{g}{4} q U \Rightarrow 2m (v_A^2 - v_0^2) = g q U$$

$$v_A^2 - v_0^2 = \frac{g q U}{2m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{g q U}{2m} + v_0^2}$$

$$E - 3L I_{3L}' = I_0 R + I_{2R} \cdot 2R$$

$$E - L I_{2L}' = I_0 R + I_{4R} \cdot 4R$$

$$\frac{7}{14} \times 3 = \frac{21}{42}$$