



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

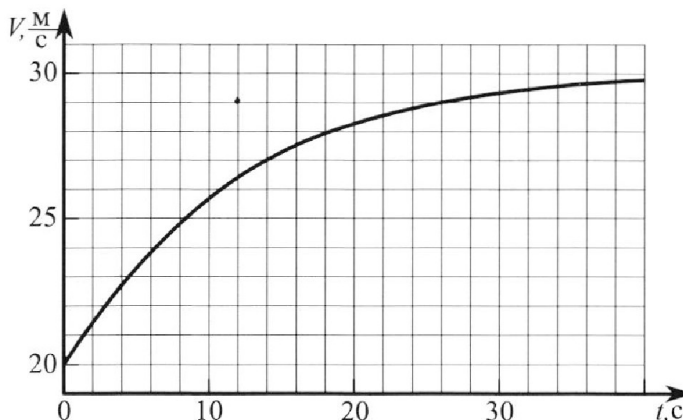
## Вариант 11-04

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%.

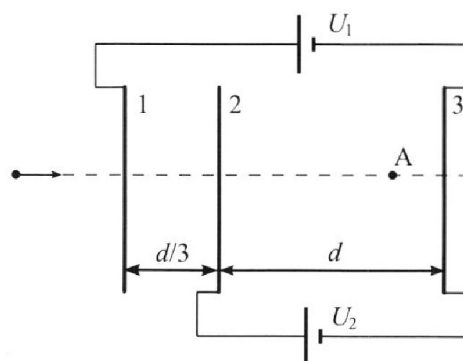
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $\Delta n$  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/(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 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 A на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

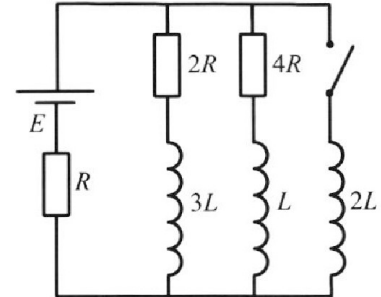
Вариант 11-04

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

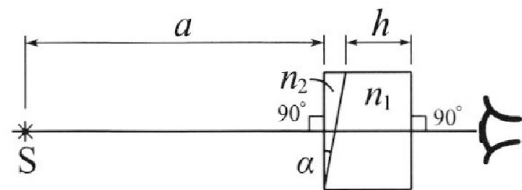
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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.

|                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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  $v(t)$

$$F_k = 200 \text{ Н}$$

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 колесо

N1

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

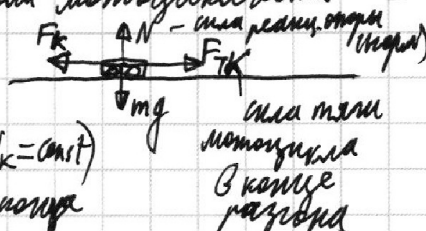
Тогда  $a_0 = K_0$ , где  $K_0$  — коэффициент наклона касательной к графику  $v(t)$  при  $t=0$ ;  $v=20$ . По графику найдём  $K_0 = \frac{\Delta v_0}{\Delta t_0}$ , где  $\Delta v_0 = 29 - 20 = 9 \text{ (м/с)}$ ;  $\Delta t_0 = 12 - 0 = 12 \text{ (с)}$

Тогда  $K_0 = \frac{\Delta v_0}{\Delta t_0} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ (м/с}^2\text{)}$   $a_0 = K_0 = 0,75 \text{ (м/с}^2\text{)}$

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

По II Закону Ньютона для мотоциклиста в конце разгона:

$$F_{TK} = F_k \quad (a_k = 0, \text{ т.е. } v_k = \text{const})$$



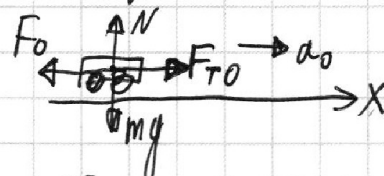
$$P = F_{TK} \cdot v_k = F_k \cdot v_k \quad \text{— мощность в конце разгона}$$

$$P_0 = P = F_k v_k \quad (\text{т.к. мощность постоянна})$$

По II Закону Ньютона для мотоцикла в начале разгона под ОХ:

$$F_{T0} - F_0 = m a_0$$

Но  $P_0 = F_{T0} \cdot v_0 = P = F_k v_k$ , 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                        |
| <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 (продолжение)

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

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

$X = \frac{2}{5}$

Ответ: 1)  $a_0 = 0,75 \frac{м}{с^2}$  ; 2)  $F_0 = 120 Н$  ;

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Дано:

$V; T_0$

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

~~$P_{\text{атм}}$~~

$$\Delta v = k p w$$

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

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

$$1) \frac{v_B}{v_H} - ? \text{, где}$$

$v_B$  - кол-во газа в верхн. части

$v_H$  - 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.  $\text{H}_2\text{O}$  снизу)

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

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

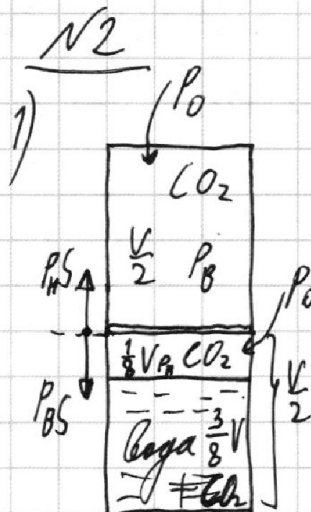
$$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} + \nu_{\text{CO}_2 \text{ вод}}; \quad \nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} = \nu_H, \quad P_0 \frac{V}{8} = \nu_H R T_0 \Rightarrow$$

$\nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}}$  - начальное кол-во  $\text{CO}_2$  снизу  
 $\nu_{\text{CO}_2 \text{ вод}}$  - кол-во выделил. из воды

$$\nu_{\text{CO}_2 \text{ нач.}} = \frac{P_0 V}{8 R T_0}$$

$$\nu_{\text{CO}_2 \text{ вод}} = k p_0 \cdot \frac{3V}{8} - \text{закон Генри для парциального газа в начале}$$

( $\nu_{\text{CO}_2}$  - парц. давл.  $\text{CO}_2$  в начале, т.к. давл. вод паров при  $T_0$  примерно равно  $P_0$ , т.к.  $\nu_{\text{H}_2\text{O}} \ll \nu_{\text{CO}_2}$ )



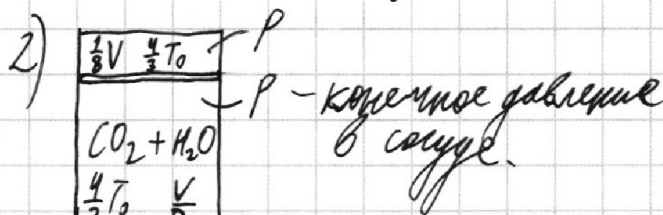
$P_H$  и  $P_B$  - давления газа в нижней и верхней частях сосуда в начале.

$$P_B \cdot \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$$

$$P_H \cdot \frac{V}{8} = \nu_H R T_0$$

Поршень невесомый, трения нет  $\Rightarrow P_{HS} = P_{BS}$

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



$P$  - конечное давление в сосуде.

|                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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



Тогда  $\nu_{CO_2} = \frac{P_0 V}{8RT_0} + \frac{3kP_0 V}{8} = \frac{P_0 V}{8} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right)$

Тогда  $P_{CO_2} \frac{V}{2} = \frac{P_0 V}{8} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right) \cdot R \cdot \frac{4}{3} T_0$

$\Downarrow$   
 $P_{CO_2} V = \frac{P_0 V}{3} \cdot \left( \frac{1}{RT_0} + 3k \right) \cdot RT_0$

$P_{CO_2} = \frac{P_0}{3} \cdot (1 + 3kRT_0) \quad (3)$

Из (1), (2), (3)  $\Rightarrow P = P_{CO_2} + P_{H_2O} = \frac{P_0}{3} (1 + 3kRT_0) + P_{ATM} \quad (4)$

Для верхнего газа в начале:  $P_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$   
 Для верхнего газа в конце:  $P \cdot \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R \cdot \frac{4T_0}{3} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} P_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0 \\ P \cdot \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R \cdot \frac{4T_0}{3} \end{matrix}} \right\} \Rightarrow$

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$d \text{ и } \frac{d}{3}$$

$$U_1 = 5U$$

$$U_2 = U$$

$m$

$$q > 0$$

$$v_0$$

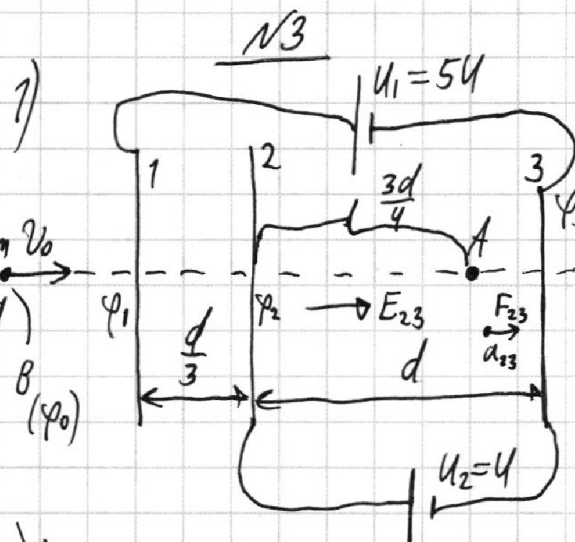
$$1) a_{23} - ?$$

$$2) k_3 - k_2$$

$$3) v_A - ?$$

$$\left(\frac{3d}{4}\right)$$

Вспомогательная система отсчета



$E_{23}$  - поле между пластинами

2 и 3

$$F_{23} = qE_{23} - \text{соответствующая сила}$$

$$U_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

$$\Rightarrow E_{23x} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d} \quad (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 - \text{потенциалы соответствующих пластин 1, 2, 3})$$

По II Зак. Ньютона для частицы между пл. 2 и 3

$$F_{23x} = ma_{23x} \Rightarrow a_{23x} = \frac{F_{23x}}{m} =$$

$$= \frac{q \cdot E_{23x}}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow a_{23} = |a_{23x}| = \frac{qU}{md}$$

$$2) \begin{cases} \varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U \\ \varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 5U \end{cases}$$

$$\varphi_1 = -\varphi_3$$

не трудно показать аналогично потенциал на пластинах конденсатора (от внешнего)

$$-2\varphi_3 = 5U \Rightarrow \varphi_3 = -\frac{5}{2}U$$

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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐



№ 3 (продолжение)

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

$$(1) \begin{cases} A_{B2} = (\varphi_0 - \varphi_2) \cdot q; \text{ Потеря об. изм. кин. энергии:} \\ A_{B2} = K_2 - \frac{mv_0^2}{2}, \text{ где } \frac{mv_0^2}{2} = K_B - \text{кинетическая энергия частицы в т. В} \end{cases}$$

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

$$(2) \begin{cases} A_{B3} = (\varphi_0 - \varphi_3) \cdot q \\ A_{B3} = K_3 - \frac{mv_0^2}{2} \end{cases}$$

$$\text{Из (1), (2)} \Rightarrow \begin{cases} (\varphi_0 - \varphi_3) q = K_3 - \frac{mv_0^2}{2} \\ (\varphi_0 - \varphi_2) q = K_2 - \frac{mv_0^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

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

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

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:

$$A_{BA} = (\varphi_B - \varphi_A) q = \left( 0 - \left( -\frac{9}{4}U \right) \right) q = \frac{9}{4}qU; A_{BA} = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} - \text{по теор. об. изм. кин. энерг.}$$

$$\Downarrow$$

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

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:

$E$   
 $R$   
 $L$

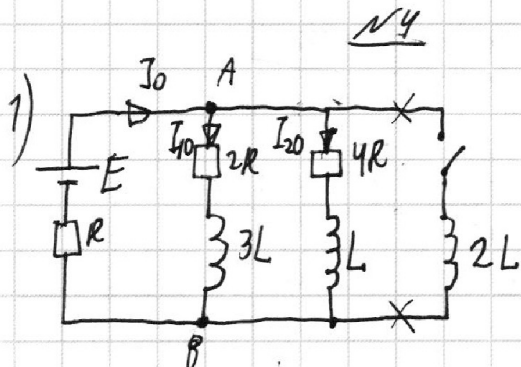
1)  $I_{20}$  - ?  
(через  $4R$ )

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

скратит возраст ток в катушке  $2L$  сразу после зам.

3)  $q_{4R}$  - ?

заряд, протекающий через  $4R$  сразу после замык. ключа



Индукции в цепи уже установились,  
значит все токи постоянные,  
катушки не создают ЭДС  
индукции, выступая в качестве  
проводов.

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

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

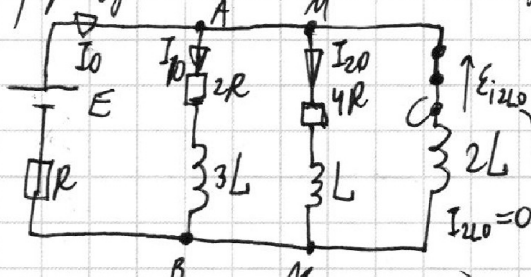
$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{E}{\frac{7}{3}R} = \frac{3}{7} \cdot \frac{E}{R}; \quad U_{4R0} = I_0 \cdot 4R =$$

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

напряжение на  $4R$  в начале

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

2) сразу после замык.



Токи мгновенно  
поменяются не  
могут, поэтому  
их значения  
останутся как  
показано на  
схеме.

ЭДС индукции кат.  $2L$   
в начале

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 в начале  $E = I_0 R + I_{20} \cdot 4R \Rightarrow$

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

3) В произв. момент времени для контура MCBM:

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

№4 (продолжение)

$$\Downarrow$$

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

$$\Downarrow$$

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

$$\Downarrow$$

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

$$\Downarrow$$

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

$$\Downarrow$$

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

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

Заметим, что из ЗЛ3 следует, что  $q_{4R} + q_{2R} = 0 \Rightarrow$

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

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

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:

$$n_g = 1$$

$$a = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$$

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

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

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

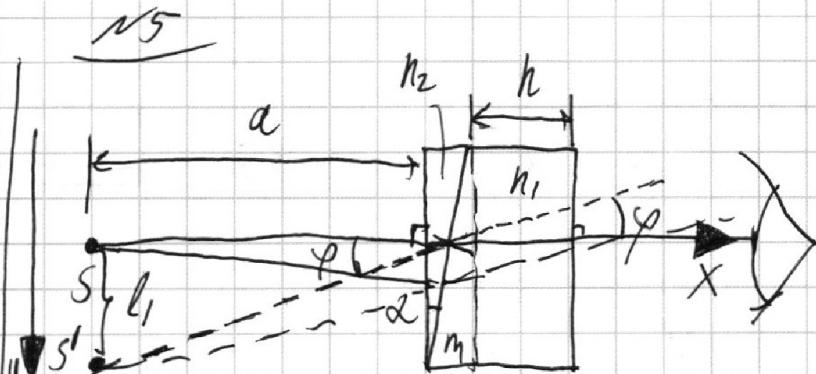
$\varphi = ?$

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

$l_1 = ?$  - разн. между  
ист. и изобр.

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

$l_2 = ?$  - разн.  
между ист. и изобр.



1) Система эквивалентна  
линзе в воздухе, поэтому

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

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

2) ~~Не нужно показывать что~~

из рисунка 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 нужно показывать что

вдоль оси X (вправо) изображение смещается на

Y (вниз) изображение смещается на

Разбиваем систему на две как показано на рис. Рассчитаем 2 линзы  $n_1$  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 смещается 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 теор.:  $l_2 = \sqrt{l_{2x}^2 + l_{2y}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \underline{5 \text{ (см)}}$

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

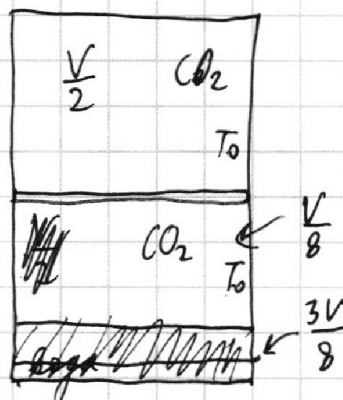
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

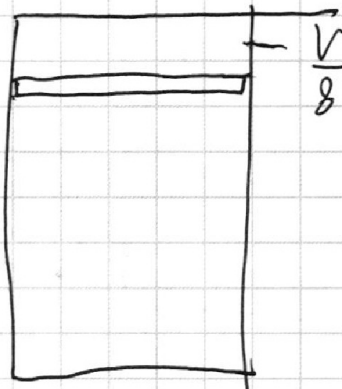
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input 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!



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



$$\sigma_V = k p W$$

$$\frac{200}{146} = \frac{20}{73}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$E - L I_{1L}' = I_0 R + I_{4R} \cdot 4R$$

$$\frac{1}{14} \times 3 = \frac{3}{42}$$