



# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023



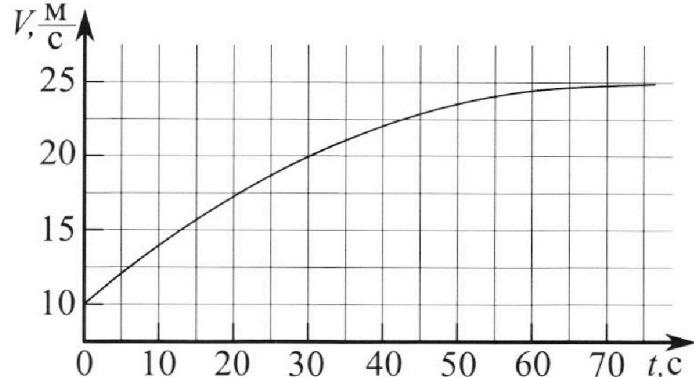
## Вариант 11-03

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

1. Автомобиль массой  $m = 1500$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.



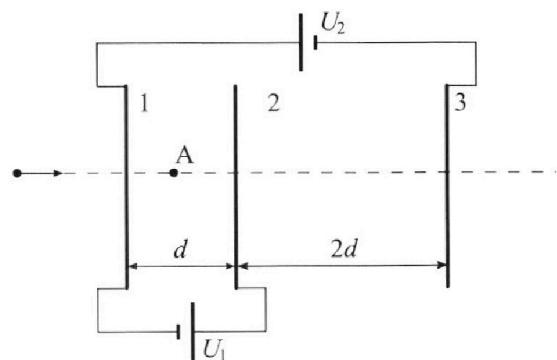
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{атм}}/2$  ( $P_{\text{атм}}$  – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p w$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $R T \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  – универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 3U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.

- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  – кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

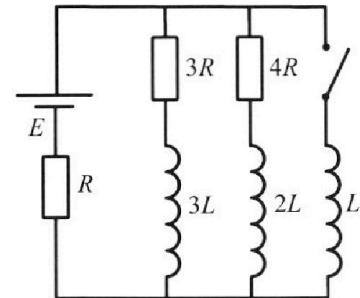
## Вариант 11-03

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

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

- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой з аряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

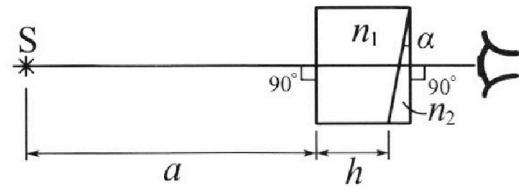
Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см.

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

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



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"/> |

**МФТИ**

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

№ 1

Дано:

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 800 \text{ Н}$$

$$F_c = \alpha V$$

Решение:

из графика  $V(5\text{с}) \approx 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$a_0 = \frac{V(5\text{с}) - V_0}{t} = \frac{12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5\text{с}} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1)  $a_0 - ?$

2) в конце разгона  $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{const} \Rightarrow$

2)  $F_0 - ?$

→ по 2 з. Ньютона  $F_k - F_c = 0$

3)  $P_0 - ?$

$$F_k - \alpha V_k = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{V_k}$$

по 2 з. Ньютона для начала разгона

$$F_0 - \alpha V_0 = a_0 m \Rightarrow F_0 = a_0 m + F_k \frac{V_0}{V_k}$$

$$F_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1500 \text{ кг} + 800 \text{ Н} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 600 \text{ Н} \left( 1 + \frac{10}{25} \right) = \\ = 600 \text{ Н} \cdot \left( 1 + \frac{2}{5} \right) = 600 \text{ Н} \cdot \frac{7}{5} = 840 \text{ Н}$$

3)  $P_0 = a_0 \frac{dA}{dt} = \frac{d \frac{1}{2} V_0 \cdot F_0}{dt} = V_0 \cdot F_0$

$$P_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 840 \text{ Н} = 8400 \text{ Вт}$$

Ответ: 1)  $a_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2)  $F_0 = 840 \text{ Н}$

3)  $P_0 = 8400 \text{ Вт}$ .



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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

Дано:

$$V, p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}, T_0$$

$$\cancel{V_m} = \frac{V}{4}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{V}{5}$$

$$k \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

~~1) в начальный момент времени система находилась в равновесии, поэтому невесомый  $\Rightarrow p_1 = p_2 = p_0$~~

$$1) \frac{V_1}{V_2} - ? 2) \frac{T}{T_0} - ?$$

Решение:

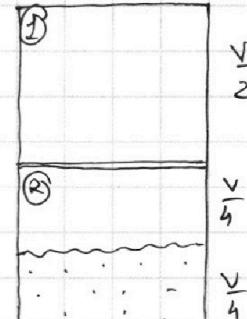
1) в начальный момент времени система находилась в равновесии, поэтому невесомый  $\Rightarrow p_1 = p_2 = p_0$

ур-е Капиларка-Ленгмиера:

$$pV = \bar{n}RT$$

$$\begin{aligned} ① p_0 \cdot \frac{V}{2} &= \bar{n}_1 RT_0 \\ ② p_0 \cdot \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) &= \bar{n}_2 RT_0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \begin{cases} \bar{n}_1 = \frac{p_0 V}{2 RT_0} \\ \bar{n}_2 = \frac{p_0 V}{4 RT_0} \end{cases}$$

$$\frac{\bar{n}_1}{\bar{n}_2} = \frac{\frac{p_0 V}{2 RT_0}}{\frac{p_0 V}{4 RT_0}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2$$



2) в начальный момент времени в воде был растворён уменьшающий газ:  $\Delta \bar{n} = K_p V$  (закон Генри)

$$\Delta \bar{n} = K_p \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{K_p V}{4}$$

при температуре  $T$  в нижней части сосуда находится

$$\bar{n}_2' = \bar{n}_2 + \Delta \bar{n}$$

при температуре  $T$  давление на поршень в нижней части сосуда оказывает насыщенный водяной пар и уменьшающий газ  $\Rightarrow$  по з. Дальтона  $p = p_2' + p_{\text{НП}}$

ур-е Капиларка-Ленгмиера: ①  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = \bar{n}_1 RT_0$  — нач. состоян.

$$p \cdot \frac{V}{5} = \bar{n}_2 RT — конеч. состоян.$$

$$\frac{p_0 V}{2 RT_0} = \frac{p V}{5 RT} \Rightarrow \frac{p_0 V}{2 T_0} = \frac{p V}{5 T}$$

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"/> |

**МФТИ.**



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

№2 - продолжение 1

$$\textcircled{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} p_0 \cdot \frac{V}{4} = \bar{n}_2 R T_0 - \text{ начальное сост. (для нач. газа)} \\ p_2' V_2' = \bar{n}_2' R T - \text{ конечное сост. (для конечн. газа)} \end{array} \right.$$

$$\left\{ p_0 \cdot \frac{V}{4} = \bar{n}_2 R T_0 \Rightarrow \bar{n}_2 = \frac{p_0 V}{4 R T_0} \right.$$

$$\left. (p \cdot (V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = (\bar{n}_2 + \Delta \bar{n}) R T \quad (1) \right.$$

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

$$\text{из n. 1 } \frac{\bar{n}_2}{\bar{n}_2'} = 2 \Rightarrow \bar{n}_2 = \frac{\bar{n}_2'}{2}$$

$$(1): p \cdot \frac{11V}{20} = \bar{n}_2 R T + \Delta \bar{n} R T$$

$$12pV = 20 \left( \frac{\bar{n}_2}{2} R T + \Delta \bar{n} R T \right) \Rightarrow p = \frac{20}{12V} \left( \frac{1}{2} \cdot \bar{n}_2 R T + \Delta \bar{n} R T \right)$$

$$p = p_2' + p_{\text{нп}}$$

$$p = \frac{20}{12V} \left( \frac{1}{2} \bar{n}_2 R T + \Delta \bar{n} R T \right) + p_{\text{нп}}$$

$$p = \frac{20}{12V} \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0 V}{4} + \frac{k p_0 V}{4} \cdot R T \right) + p_{\text{нп}} \quad / \cdot 12$$

$$12p = \frac{20}{V} \cdot \frac{1}{10} \cdot p_0 + \frac{20}{V} \cdot \frac{k p_0 V R T}{4} + 12p_{\text{нп}}$$

$$12p_2' 2p + 5k p_0 R T + 12p_{\text{нп}}$$

$$9p = 5k p_0 R T + 12p_{\text{нп}} ; \text{ из } \textcircled{1} \quad p = \frac{5T}{2T_0} p_0$$

при  $T = 373K$   $p_{\text{нп}} = 10^5 Pa = p_{\text{атм}}$  (нормальное атм. давление)

$$\textcircled{3} \cdot \frac{5}{2} \frac{T}{T_0} p_0 = 5k p_0 R T + 12p_{\text{нп}} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2}{15} \left( 5k R T + 12 \frac{p_{\text{нп}}}{p_0} \right)$$

~~$$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{15} \left( 5k R T + 12 \frac{p_{\text{атм}}}{p_0} \right) \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2}{15} \left( 5k R T + 12 \frac{p_{\text{атм}}}{p_0} \right) =$$~~

$$= \frac{2}{15} (5k R T + 22)$$



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"/> |

**МФТИ**

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

N<sup>o</sup>2 - продолжение 2

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{45} (5kRT + 22)$$

$$\begin{aligned}\frac{T}{T_0} &= \frac{2}{45} \left( 5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{шар}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{шар}} + 22 \right) = \\ &= \frac{2}{45} \cdot \left( \frac{15}{2} + \frac{44}{2} \right) = \frac{2}{45} \cdot \frac{59}{2} = \frac{59}{45}\end{aligned}$$

Очевидно:  
1)  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2$   
2)  $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

№3

Решение:

d, 2d

$U_1 = U_3$

$U_2 = 3U_1$

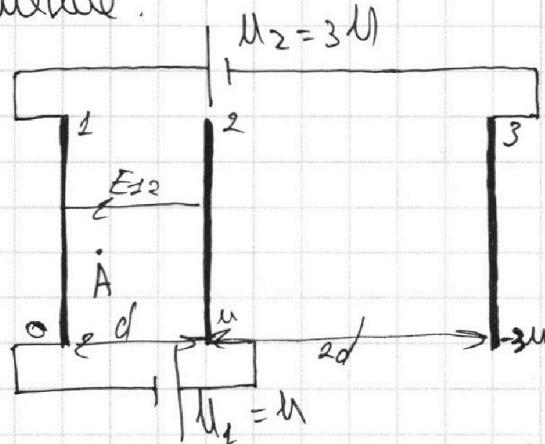
$m, g > 0$

$V_0$

1)  $\theta_{12} - ?$

2)  $k_1 - k_2 - ?$

3)  $V_A - ?$



$$1) E_{12} = \frac{U_1}{d}$$

по 2 з. Июльона

$$F_{xu} = am$$

$$2) E_{12} = dm \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot E_{12} = \frac{q U_1}{md}$$

$$2) \exists \varphi_1 = 0 - \text{поменяли в таблицы}$$

$$\text{тогда } \varphi_2 = U$$

$$\varphi_3 = -3U$$

$$\Rightarrow U_{23} = 4U$$

тогда ~~тогда~~ ~~E12~~ направлена влево

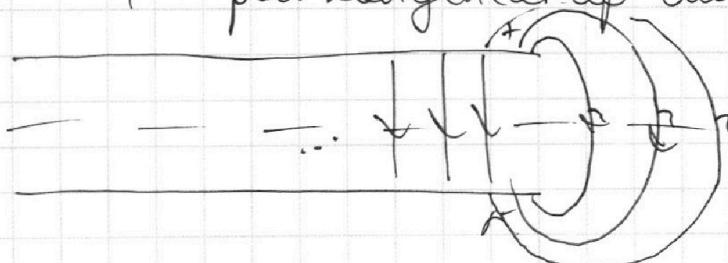
$\Rightarrow$  частица движется; тогда по ЗР  $k_1 - k_2 = A_{12}$

$$k_1 - k_2 = q \delta \varphi_{12} = q \cdot U$$

3) Внешнее поле конденсатора:



ширина направлена вправо  
конденсатора перпендикулярно  
плоскости, относительно ко-ро-  
рот конденсатор симметричен  $\Rightarrow$ )



$$\Rightarrow \varphi_{\text{середине}} = \varphi_{\infty} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\infty} = \frac{-U_2}{2} + 0 = -\frac{3U}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

№3 - продолжение

$$V_A = 0 + \frac{U}{f} \cdot \frac{d}{4} = \frac{U}{4}$$

~~Задача 3:  $K_A - K_0 \neq A_{0A}$~~  Задача:

$$\frac{m V_A^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} = K_A + \cancel{A_{0A}} = K_0 + A_{0A}$$
$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - g(V_0 - V_\infty)$$

$$m V_A^2 = m V_0^2 - 2g \left( \frac{U}{4} + \frac{3U}{2} \right)$$

$$V_A^2 = V_0^2 - 2 \frac{g}{m} \left( \frac{U}{2} + \frac{3U}{2} \right)$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - 2 \frac{g}{m} \cdot \frac{7U}{2}}$$

Ответ: 1)  $a = \frac{2U}{mdt}$

2)  $K_1 - K_2 = g U$

3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7gU}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

N<sup>o</sup> 4

Дано:

$$E; R; 3R; 4R$$

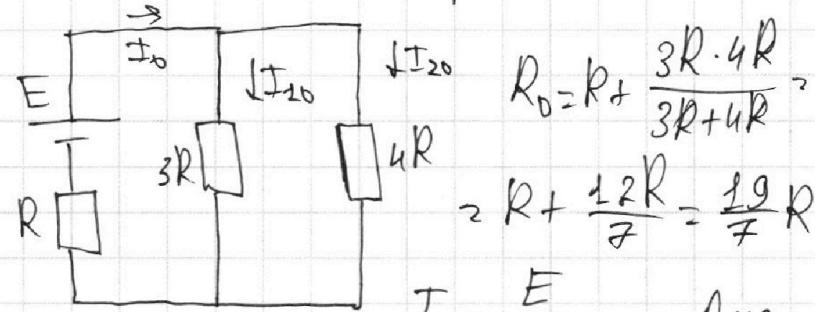
---

$$3L; 2L; L$$

- 1)  $I_{10}$  - ?
- 2)  $\frac{dI_L}{dt}$  - ?
- 3)  $q_{3R}$  - ?

Решение:

1) при разомкнутом ключе  $\delta$   
установившись режиме катушки  
активизируют первыхка



$$I_0 = \frac{7E}{19R} \Rightarrow I_{10} = I_0 \cdot \frac{12R}{7} = \frac{7E}{19R} \cdot \frac{12R}{7} \Rightarrow \frac{12}{19}E = 3R \cdot I_{10}$$

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

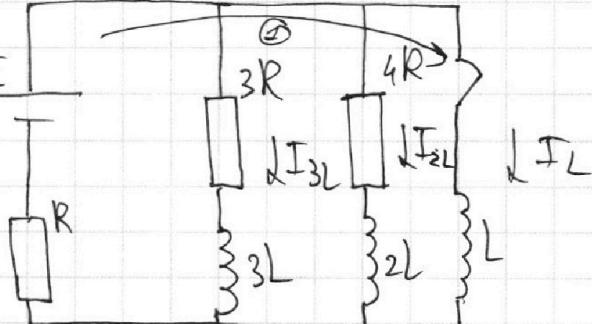
2) после замыкания ключа  
ток в катушках не может  
изменяться мгновенно ->

-> сразу после замыкания  
ключе общие токи в цепи  
равен  $I_0 = \frac{7E}{19R}$

но в правую сторону  
где контура ①  $E - L \frac{dI_L}{dt} = I_0 R$

$$L \frac{dI_L}{dt} = E - I_0 R \Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{E - I_0 R}{L} =$$

$$= \frac{E - \frac{7E}{19R} \cdot R}{L} = \frac{19E - 7E}{19L} = \frac{12E}{19L}$$



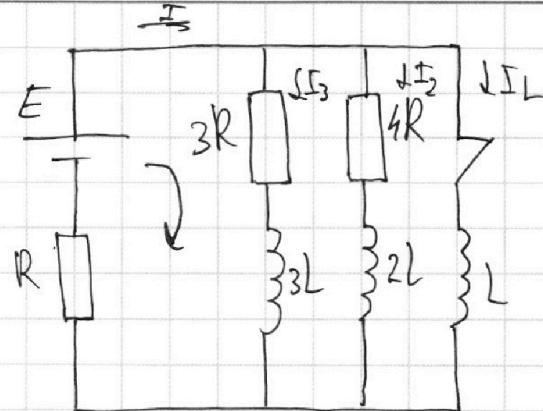


- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

3) После замыкания  
кнопка ток через  
катушку  $L$  начнёт  
увеличиваться, токи через  
катушки  $2L$  и  $3L$  начнут  
уменьшаться;



$$I_L = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI_L}{dt} - \frac{dI_2}{dt} - \frac{dI_3}{dt}$$

$$E + 3L \frac{dI_3}{dt} = 3RI_3 + RI$$

$$E + 2L \frac{dI_2}{dt} = 4RI_2 + RI$$

$$E - L \frac{dI_L}{dt} = RI$$

$$2E + 6L \frac{dI_3}{dt} = 6RI_3 + 2RI$$

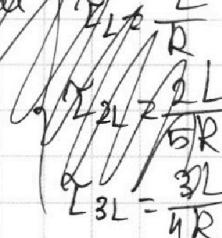
$$3E + 6L \frac{dI_2}{dt} = 12RI_2 + 3RI$$

$$6E - 6L \frac{dI_L}{dt} = 6RI$$

$$11E - 6L \left( \frac{dI_L}{dt} - \frac{dI_2}{dt} - \frac{dI_3}{dt} \right) = 11RI + 6RI_3 + 12RI_2$$

Будут замыканием  
кнопки. Решение пока неизвестно

Всё равно нек.



в момент, когда  $I_L$  станет равным  $\frac{E}{R}$  токи  
 $I_3$  и  $I_2$  станут равны 0 (будет тогда только ток  
воздействующий самоиндукции)

$$I = I_L + I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dI_L}{dt} + \frac{dI_2}{dt} + \frac{dI_3}{dt}$$



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$N=5$$

Дано:

$$n_B = 1$$

$$n_1, n_2$$

$$a = 90 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,1 \text{ rad}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$h_2 \ll h$$

$$1) n_2 = n_B = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

$$\delta - ?$$

$$2) n_2 = n_B = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

$$x_2 - ?$$

$$n_2 = 1,4$$

$$n_2 = 1,7$$

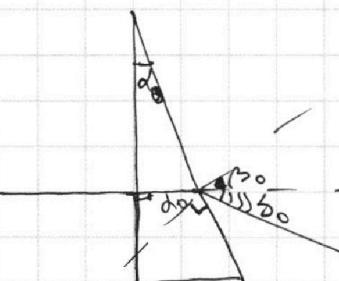
$$x_2 - ?$$

Решение:

$$1) n_2 = n_B = 1$$

предположив б  
первой преломле не  
происходит

в преломлении угла  $\delta_0$   
при вершине угл отклоняется  
на угол  $\delta_0 = d_0(n_0 - 1)$



$$d_0 \cdot n = \beta_0$$

$$\delta_0 = \beta_0 + d_0 - \beta_0 = d_0(n - 1)$$

бесконечн д мал,  $h_2 \ll h \Rightarrow$

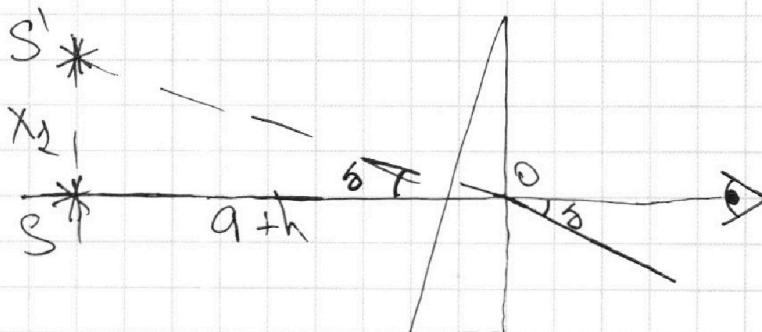
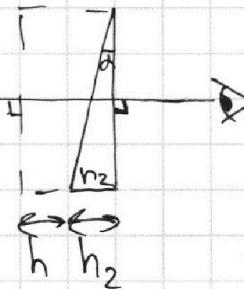
$$\Rightarrow \delta = \alpha(n_2 - 1) = \alpha(1,7 - 1) = 0,7\alpha =$$

$$= 0,7 \cdot 0,1 \text{ rad} = 0,07 \text{ rad} \Leftrightarrow \delta - \text{мал}$$

2) при прохожд-  
ении преломл  
е угол  $\delta$  при  
вершине угл  
отклоняется  
на угол  $\delta - ?$

$$\Rightarrow \angle SOS' = \delta$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{x_1}{a_1} \Rightarrow x_1 = a_1 \operatorname{tg} \delta; \text{ мал} \Rightarrow \operatorname{tg} \delta \approx \delta$$



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



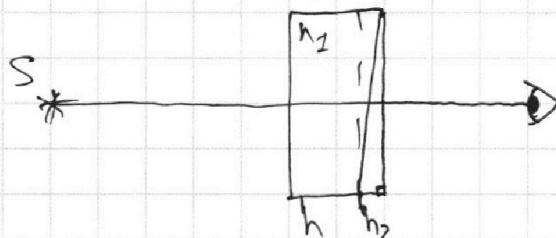
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

15-5 - продолжение

$$X_1 = \alpha_1 + g\delta; \alpha_1 = a + h \Rightarrow X_1 = a\delta + h\delta = 90 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ раб} + 14 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ раб} \\ = 6,3 \text{ см} + 0,98 \text{ см} = 7,28 \text{ см}$$

$$X_2 = \alpha_2 \delta / 90 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ раб} = 6,3 \text{ см}$$

3)

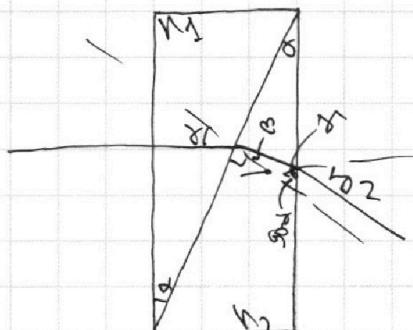


~~Установка определяется как~~ ~~законом наведения~~

разделим прямую  $n_1$  на  $\alpha$  и скопаралельную к ней  
тичу толщиной  $h$  и прямую  $\beta$  уходящую в  
вершине

параллельная прямой  $n_1$  и выведенная в  
воздух с толщиной  $H = \frac{h}{n_1}$

расмотрим где прямые:



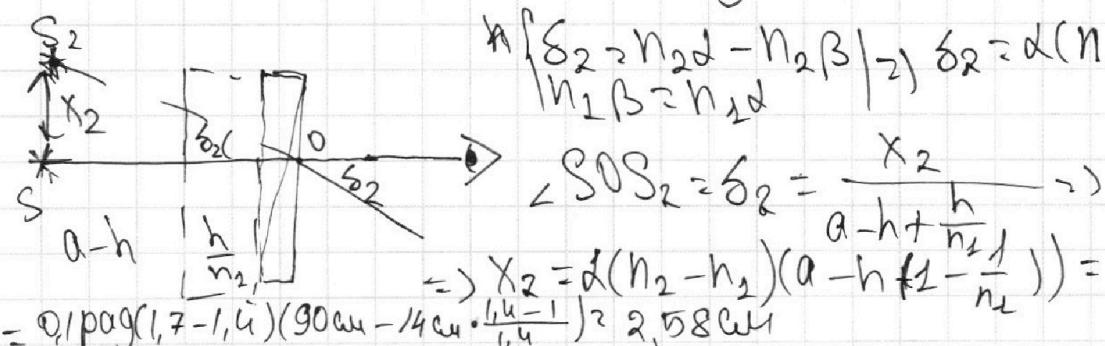
1) Складываем:  $n_2 \alpha = n_2 \beta$

$\beta + 90^\circ - \alpha + 90^\circ + \delta = 180^\circ$  - сумма  
углов  $\alpha$

$$\alpha = \delta - \beta$$

2) Складываем:  $n_2 (\alpha - \beta) = \delta_2$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_2 = n_2 \alpha - n_2 \beta \\ n_2 \beta = n_2 \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \delta_2 = \alpha (n_2 - 1)$$



$$\angle SOS_2 = \delta_2 = \frac{\alpha_2}{a-h + \frac{h}{n_2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_2 = \alpha_2 (n_2 - 1) (a - h + \frac{h}{n_2}) =$$

$$= 0,07 \text{ раб} (1,7 - 1,4) (90 \text{ см} - 14 \text{ см} \cdot \frac{1,4 - 1}{1,4}) = 2,58 \text{ см}$$

Ответ: 1)  $\delta = 0,07 \text{ раб}$  2)  $X_1 = 7,28 \text{ см}$ ; 3)  $X_2 = 2,58 \text{ см}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

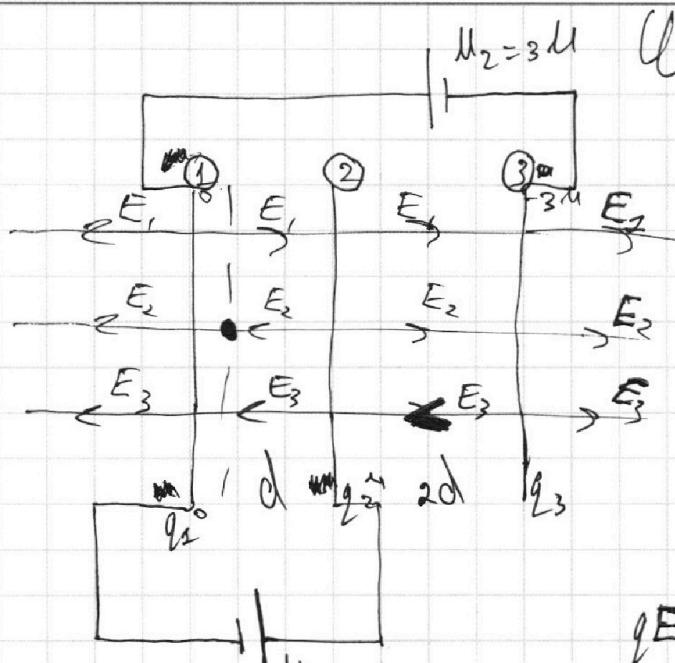
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



Черновик

$$(E_2 + E_3 - E_1)d \geq U$$

$$(E_1 + E_2 - E_3)8d = 8U$$

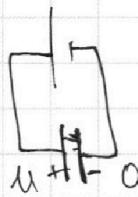
$$E_2 + E_3 - E_1 = \frac{U}{d}$$

$$E_2 - E_3 + E_1 = \frac{U}{d}$$

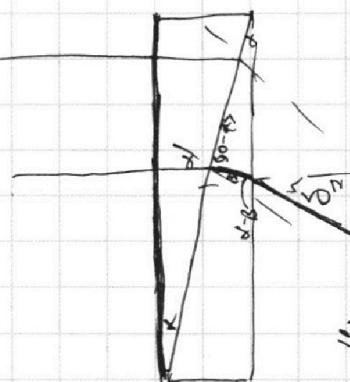
$$2E_2 = \frac{2U}{d} \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d}$$

$$qE = am \rightarrow a = \frac{qE_{12}}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$$

$$E_1 + E_2 - E_3 = \frac{4U}{2d} = \frac{2U}{d}$$



$$E_1 - E_3$$



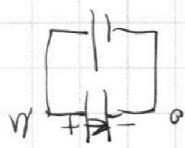
$$\times 1914 \cdot \frac{7}{100} \rightarrow \\ \frac{7 \cdot 7}{50} = \frac{49}{50}, \frac{98}{100}$$

$$\delta_2 \rightarrow + (n_2 - n_1)$$

$$\delta_2 = \alpha n_2 - \alpha - \alpha n_1 + \alpha$$

$$0,1 \text{ rad} (1,7 - 1,4) \approx 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ rad}$$

$$(90 - 14 \cdot \frac{1,7 - 1}{1,4}) \approx (90 - 10 \cdot 0,4) = 86$$



$$m \cdot \frac{\pi^2}{m^2} \cdot \frac{1,4}{2}$$

$$= \frac{\pi^2}{m^2} \cdot m \cdot \frac{w}{m} = \frac{\pi^2 w}{m^2}$$

$$\frac{\pi^2}{258} = \frac{n}{m} \cdot \frac{m}{m^2} = \frac{\pi^2}{m^2}$$

1

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

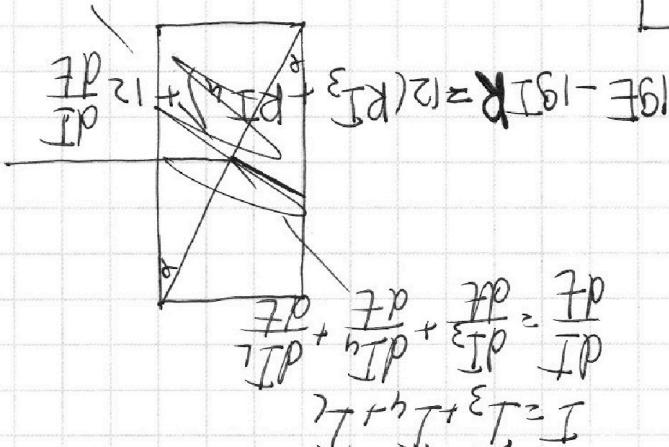
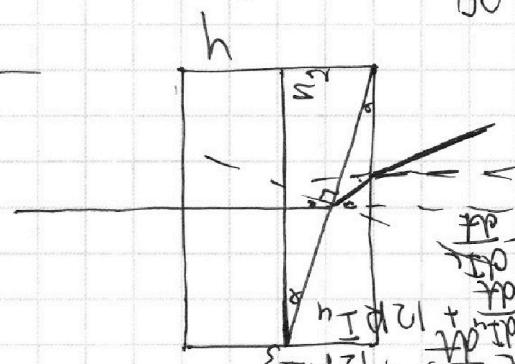
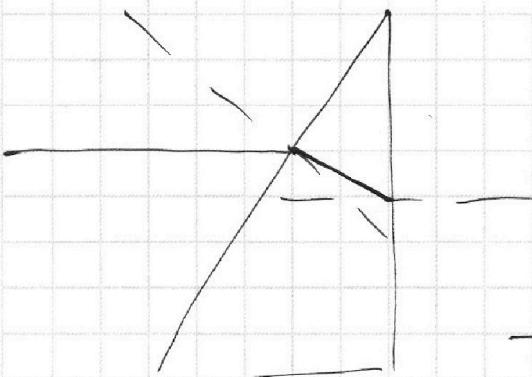
$$g \cdot \frac{3}{2} + \frac{T_{\text{реакт}}}{T_0} = 15 k \cdot \frac{\rho_{\text{датч}}}{2} + 11 \text{ рабоч} \quad \text{Черновик}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4}{15} \left( \frac{5k}{2} + 11 \right) \quad \frac{\text{рабоч}}{\text{рабоч}} \cdot \frac{0,04}{\text{рабоч}} = \frac{H \cdot u}{m^3 \cdot Pa} > \frac{k}{m^2 \cdot K} \Rightarrow$$

$$5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 + 22 = \frac{1}{2} \cdot 15 + \frac{44}{2} \Rightarrow \frac{15}{2} + \frac{44}{2}$$

$$= \frac{59}{2}$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 4 \cdot 60 \\ 150 \cdot 9 \cdot 24 \cdot 150 \cdot 2600 \times 85 \times 373 \\ \hline 5 \cdot 148 \\ - 1665 \\ \hline 120 \\ - 120 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 370 \\ \hline 185 \\ - 1665 \\ \hline 277 \\ 0,07 \cdot 90 = 0,7 \cdot 9 \\ 0,7 \cdot 9 = 6,3 \end{array}$$



$$\begin{aligned} E - IR &= 12(I_3 + IR) \\ E - IR &= 12(I_3 + IR) \\ E - IR &= 12 \frac{dI}{dL} + 12PI_3 \\ E - IR &= 12 \frac{dI}{dL} + 4RI_3 \\ E - IR &= 12 \frac{dI}{dL} + 3PI_3 \\ E - 3PI_3 &= 12 \frac{dI}{dL} \end{aligned}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$E - L \frac{dI_L}{dt} = IR$$

$$\omega \cdot \kappa_u = \frac{B}{\mu_0} \cdot \kappa_u \cdot B \cdot c \quad \text{Уравнение}$$

$$E_t - L I_2 = RQ$$

$$\Gamma_u \cdot \frac{A}{c} \cdot c^2 B \cdot c$$

$$-3RI_3 + 3L \frac{dI_3}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -3RI_3 + I_2 \cdot 4R$$



~~$$E_t = RQ + LI_L$$~~

~~$$E_t = RQ + I_2 E$$~~

~~$\Gamma_u$~~

$$ET = RQ + LI_L$$

~~$$E_t = RQ + I_2 E$$~~

~~$\Gamma_u$~~

~~$3RI_3 L$~~

$$3L \frac{dI_{3L}}{dt} - L \frac{dI_L}{dt} = 3I_3 R$$

$$3L I_{3L} - L I_L = 3q_3 R$$

$$3L \frac{dI_{3L}}{dt} + E = IR + 3RI_3$$

$$3L I_{3L} + ET = RQ + 3Rq_3$$

$$2 \frac{\Gamma_u \cdot A}{B}, \quad \omega \cdot \Gamma_u \cdot A, \quad \omega$$

$$3L I_{3L} + RQ + L I_L = RQ + 3Rq_3$$

$$8L I_{3L} = 6RQ_3 \Rightarrow I_{3L} = \frac{3RQ_3}{8L}$$

$$\gamma = \frac{L}{R}$$

$$3L I_{3L} = 3Rq_3$$

$$3L I_{3L} = L \cdot \frac{E}{R} + 3Rq_3$$

$$3Rq_3 =$$

$$\gamma = \frac{2L}{5R}$$

$$\gamma = \frac{3L}{4R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

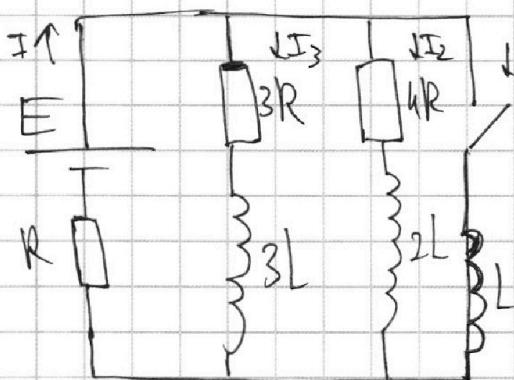
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



Черновые

$$\begin{cases} E - L \frac{dI_L}{dt} = IR \\ E - 2L \frac{dI_2}{dt} = 4I_2 R + IR \\ E - 3L \frac{dI_3}{dt} = 3I_3 R + IR \end{cases}$$

$$I_A = I_3 + I_2 + I_L$$

$$19E - 19IR = 12R(I_3 + I_2) + 12 \frac{dI}{dt}$$

$$19E - 19IR = 12IR - 12I_L R + 12 \frac{dI}{dt}$$

$$19E - 31IR = 12 \frac{dI}{dt} - 12R I_L$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{dq_3}{dt} + \frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_L}{dt}$$

$$Edt - LdI_L = IRdt$$

$$Et - 2L(I_2 - 0) = 4Rq_2 + IR$$

$$Et - L(I_L - 0) = q_0 R$$

$$Et - 3L(I_3 - 0) = 3Rq_3 + q_0 R$$

$$Et - L I_L = q_0 R$$

$$Et - 6L I_L = q_0 R$$

$$Et - 2L I_2 = 4Rq_2 + q_0 R$$

$$3Et - 6L I_2 = 12Rq_2 + 3q_0 R$$

$$Et - 3L I_3 = 3Rq_3 + q_0 R$$

$$2Et - 6L I_3 = 6Rq_3 + 2q_0 R$$

$$I_2 + I_3 + I_L = I^2 \frac{1}{R}$$

$$11Et - 6L \frac{E}{R} = 22q_0 R + 12Rq_2 + 6Rq_3$$

$$Et - q_0 R = \frac{dq_L}{dt}$$

$$Lq_L = Et^2 - q_0 R t$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

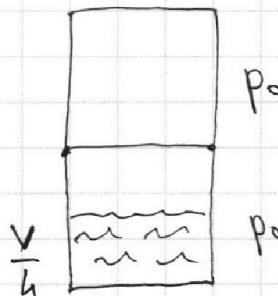


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

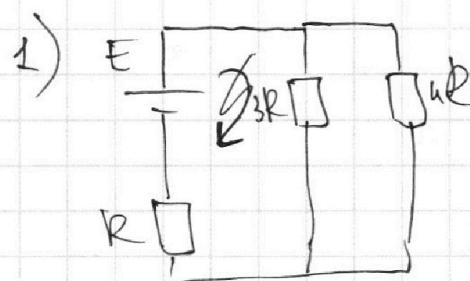
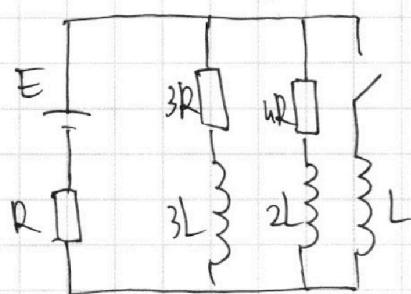
Черновые



$$\Delta \bar{V} = k_{p_0} \bar{W}; \Delta \bar{V}_p = k_{p_0} \frac{V}{h} = k_{p_0} \frac{V}{4}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \bar{V}_{\text{me}} R T_0$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{h} = \bar{V}_{\text{me}} R T_0 \Rightarrow \frac{\bar{V}_{\text{me}}}{\bar{V}_{\text{CO}_2}} = 2$$



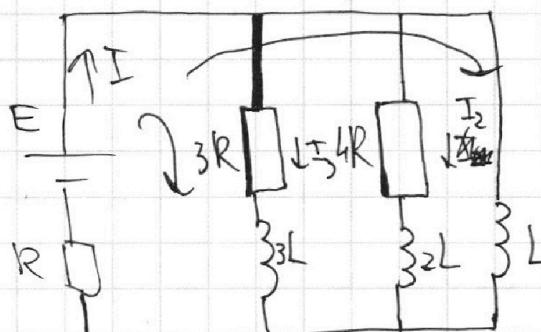
$$\frac{4R \cdot 3R}{7R} = \frac{12R}{7}$$

$$\frac{12R}{7} + R = \frac{19R}{7}$$

$$I_0 = \frac{7E}{19R}$$

$$U = E - \frac{7E}{19R} \cdot R = \frac{12E}{19}$$

$$Et - q_R R = LI_L$$



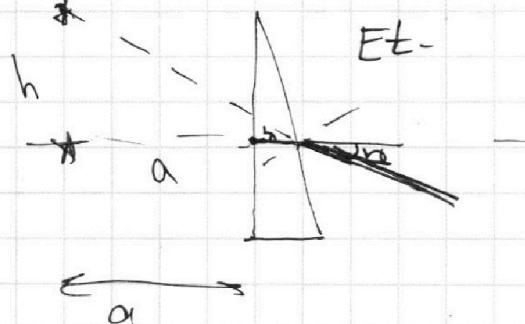
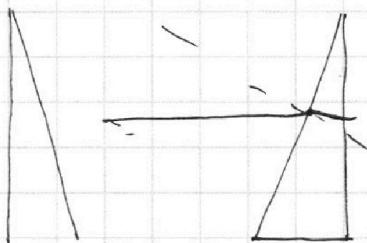
$$E - I \frac{dI_L}{dt} = IR$$

$$E - IR = L \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow IR = E - L \frac{dI_L}{dt}$$

$$E - 3IR = 3L \frac{dI_3}{dt} + 3RI_3$$

$$E - 3E + 3L \frac{dI_3}{dt} = 3RI_3 + 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$-2Edt - 3RI_3 dt = 3L dI_3 - 3L dI_L$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

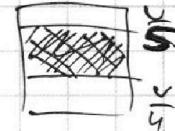
$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = \bar{v}_1 RT_0$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{5} = \bar{v}_2 RT$$

Черновой

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \bar{v}_2 RT_0$$

$$P_2 \cdot V_2 = (\bar{v}_2 + \Delta v) RT$$



$$V_2 = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V}{20} - \frac{4V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$P = P_2 + P_{\text{нп}}$$

$$\frac{12,5 - 10}{5} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}^2} < 0,5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}^2}$$

$$\frac{5}{5} = \frac{1}{1} = 0,25$$

$$F_K = \alpha V K$$

$$\alpha = \frac{F_K}{VK}$$

$$P_2 = \frac{20 RT (\bar{v}_2 + \Delta v)}{11V}$$

$$F_T - \alpha \Delta v = 0 \text{ N}$$

$$F_T = 5 \cdot \frac{F_K}{VK} + \alpha M$$

$$P_2 \cdot \frac{11V}{20} = \bar{v}_2 RT + \Delta v RT$$

$$\frac{P_2}{P} = \frac{P}{5T}$$

$$P = P_{\text{нп}} + P_2$$

$$\frac{2}{5} P_0 \cdot \frac{T_0}{T} = P_{\text{нп}} + \frac{20 RT \Delta v}{11V} + \frac{20 \Delta v RT}{11V}$$

$$\frac{2}{5} P_0 \cdot \frac{T_0}{T} = P_{\text{нп}} +$$

$$P = P_{\text{нп}} + \frac{2}{11} P + \frac{20 \Delta v RT}{11V}$$

$$\frac{3}{11} P = P_{\text{нп}} + 20 \cdot \frac{R P_0 T}{V} \cdot \frac{RT}{11V} \quad 1.11$$

$$3P = 11P_{\text{нп}} + 5k P_0 RT$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{2}{5} P_0 \cdot \frac{T_0}{T} = 11P_{\text{атм}} + 5k \frac{P_{\text{атм}}}{2} RT$$

$$\frac{3}{5} P_{\text{атм}} \frac{T_0}{T} = 11P_{\text{атм}} + 5k \frac{P_{\text{атм}}}{2} RT$$

