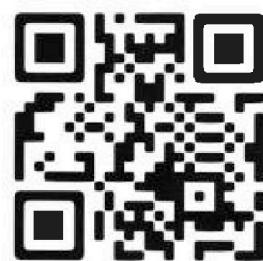


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

J

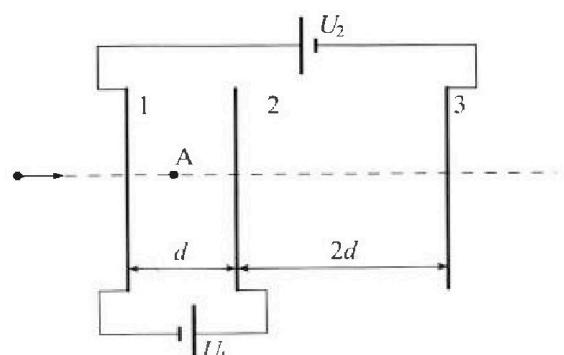
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 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  $T/T_0$ .

J

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**

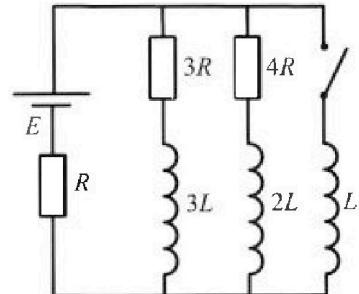
**Вариант 11-03**

*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.

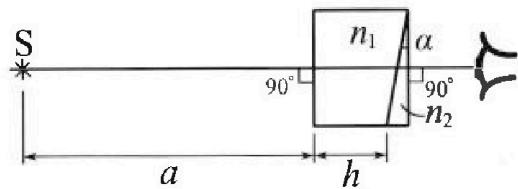
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

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  $n_b = 1,0$ . 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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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!

Дано:  
 $m = 1500 \text{ кг}$   
 $F_k = 600 \text{ Н}$

- 1)  $a_0 = ?$   
2)  $F_0 = ?$   
3)  $P_0 = ?$

N 1.  
1)  $a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$  Рассмотрим путь  $(v; t)$   
~~Графика~~  $(12,5; 6) (12,5)$

$a_{01} = \frac{12,5 - 10}{6} = \frac{2,5}{6} = \frac{25}{60} = \frac{5}{12} \approx 0,42$

~~Графика~~  $a_{02} = \frac{12,5 - 10}{5} = \frac{2,5}{5} = \frac{25}{50} = \frac{5}{10} = 0,5$

отм. 1 го 2:  $a_{03} = \frac{12,5 - 10}{6 - 5} = \frac{1}{1} = 1$

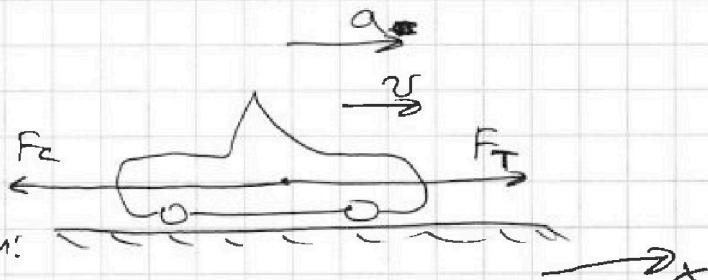
Из графика видно, что ~~коэффициент тангенса угла между~~  
касательной и графиком чуть меньше 0,5, значит  
приближительно ускорение равно 0,45

$a_0 = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) 23К:  $\vec{F}_T \vec{F}_T + \vec{F}_c = \vec{m}\vec{a}$

$\vec{F}_T - K\vec{v} = \vec{m}\vec{a}$

$F_T - Kv = ma$



в начальном момент:

$a = 0$

$F_T = F_k, v = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  (из графика)

$F_k = K v \Rightarrow K = \frac{F_k}{v}$

В нач. момен:  $F_T = F_0, a = a_0, v_0 = \omega \frac{\pi}{2}$ .

$F_0 = ma_0 + K v_0 = ma_0 + \frac{F_k}{v} \cdot v_0 = 1500 \cdot 0,45 +$

$+ \frac{600}{25} \cdot 25 = 675 + 240 = 915 \text{ Н}$

3)  $P_0 = F_0 \cdot v = 915 \cdot 2,5 = 2287,5 \text{ Вт}$   
смр 9



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"/> |

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

МФТИ

Ответы: 1)  $a_0 = 945 \frac{N}{m^2}$

2)  $F_0 = 915 N$

3)  $P_0 = 2284,5 \text{ Вт}$

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!

Дано:

$$p_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

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

$$\lambda = k_p w$$

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

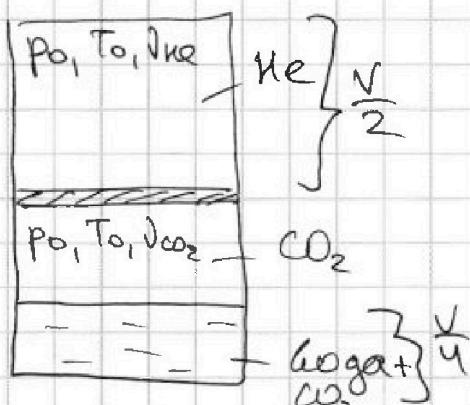
$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Найти:

$$\frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} = ?$$

$$2) \frac{T}{T_0} = ?$$

N2.  
1) Рассмотрим сосуд при нагревании



Уравнение Менделеева - Клайперона для:

$$1 \text{ условие: } p_0 \frac{V}{2} = V_{\text{He}} RT_0 \quad - (1)$$

$$2. \text{ условие: } p_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = V_{\text{CO}_2} RT_0 \quad - (2)$$

Поделим эти два соотношения:

$$\frac{\frac{1}{2} p_0 V}{p_0 \frac{V}{4}} = \frac{V_{\text{He}} RT_0}{V_{\text{CO}_2} RT_0} \rightarrow \frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} = 2$$

2)  $\frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{He}}} = \frac{1}{2}$   $\rightarrow$  количество вещества углекислого газа в twice раза нагревание, а  $\lambda$  - количество вещества, растворенное в twice раза вдвое.

Уравнение Менделеева

Клайперона для Гейла в конце:

$$p \frac{V}{5} = V_{\text{He}} RT \quad - (3)$$

$$\frac{(1)}{(3)} = \frac{\frac{1}{2} p_0 V}{\frac{5}{2} p V} = \frac{V_{\text{He}} RT_0}{V_{\text{He}} RT} \quad \text{или} \quad \frac{V}{5} = \frac{V_{\text{He}}}{2}$$

$$\frac{V}{5} \left\{ \begin{array}{l} p_0, V_{\text{He}}, T \\ p, V_{\text{He}}, T \end{array} \right\} \text{He}$$

$$\frac{V}{4} \left\{ \begin{array}{l} p_0, V_{\text{CO}_2}, T \\ p, V_{\text{CO}_2}, T \end{array} \right\} \text{CO}_2$$

$$\frac{V}{4} \left\{ \begin{array}{l} - - - - - \\ - - - - - \end{array} \right\} \text{бог}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

$$\frac{5}{2} \frac{P_0}{P} = \frac{T_0}{T} \Rightarrow \left[ \frac{2}{5} \frac{P_0}{P_0} = \frac{1}{T_0} \right] - (1)$$

Ур-е Менг.-Кисл перепись для  $\text{CO}_2$  в камере:

$$p(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = \gamma R T, \quad \gamma = \gamma_{\text{CO}_2} + \alpha$$

$$\alpha = p_0 K \cdot \frac{1}{4} V$$

$$\cancel{p} \frac{11V}{20} = (\gamma_{\text{CO}_2} + p_0 K \frac{1}{4} V) \cancel{\gamma R T} \rightarrow \frac{11}{20} p V = \gamma R T (**)$$

$$\frac{11}{20} p V = \underbrace{\gamma_{\text{CO}_2} \cancel{\gamma R T}}_{p_0 \frac{1}{4} V} + \frac{1}{4} p_0 V K \cancel{\gamma R T}$$

дл (2) :

$$\frac{1}{4} p_0 V = \gamma_{\text{CO}_2} R T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = \gamma R T_0 - \alpha R T_0$$

$$\alpha = p_0 \cdot K \cdot \frac{1}{4} V$$

$$\frac{11}{20} p V = \frac{1}{4} p_0 V + \frac{1}{4} p_0 V K \cancel{\gamma R T}$$

$$\frac{11}{5} p V = p_0 V (1 + K R T)$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{(1 + K R T) \cdot 11}{5}$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = \gamma R T_0 - \frac{1}{4} p_0 V K R T_0$$

Решаем (\*\*\*) на (\*)

$$\frac{2}{5} \frac{(1 + K R T) \cdot 11}{5} = T$$

$$\frac{\frac{11}{20} p V}{\frac{1}{4} p_0 V (1 + K R T_0)} = \frac{\gamma R T}{\gamma R T_0}$$

$$\frac{11}{5} \frac{p}{p_0 (1 + K R T_0)} = \frac{T}{T_0}$$

$$\Rightarrow \frac{11}{5} \frac{p}{p_0 (1 + K R T_0)} = \frac{2}{5} \frac{p}{p_0}$$

$$55 = 10(1 + K R T_0) \rightarrow 5,5 = 1 + K R T_0$$

$$K R T_0 = \frac{9}{2} \rightarrow T_0 = \frac{9}{2 K R}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2 T R K}{9} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3}}{9} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Онбем: 1) } \frac{\gamma_{\text{ne}}}{\gamma_{\text{CO}_2}} = 2$$

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{1}{3}$$

смн. 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

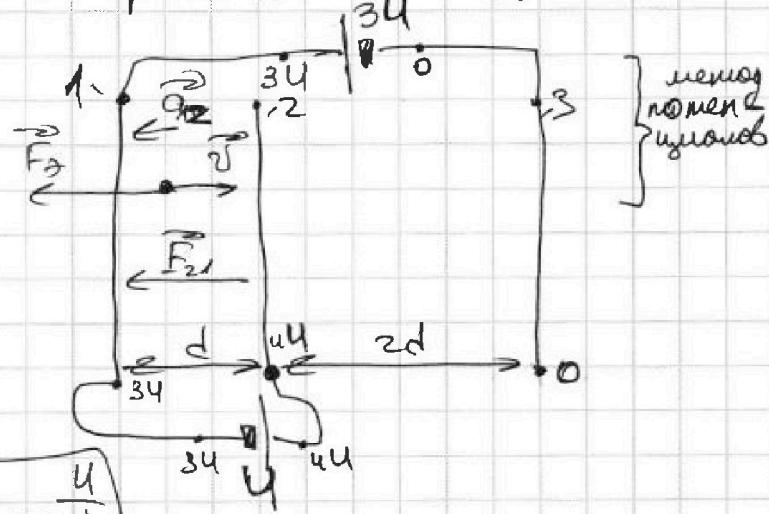
N3.

Дано:

$$d, U, m, g > 0, \\ v_0$$

- 1)  $a_2 = ?$   
2)  $K_1 - K_2 = ?$   
3)  $v_A = ?$

1) Рассмотрим механические:



$$\Psi_2 - \Psi_1 = E_{21} \cdot d \Rightarrow E_{21} = \frac{U}{d}$$

$$23\text{н: } \vec{F}_3 = m\vec{a}$$

$$E_{21} \cdot q = m a_{12} \\ a_{12} = \frac{F_{21}q}{m} = \frac{Uq}{md}$$

2) Закон об изменении мех. энергии от 1 до 2:

$$A_F = E_{K2} - E_{K1}$$

$$A_F = -F_3 \cdot d = -E_{21} \cdot d \cdot q = -\frac{U}{d} \cdot d \cdot q = -Uq$$

$$[K_1 - K_2 = Uq]$$

3) Закон об изменении мех. энергии от 1 до A:

$$A_F^1 = K_A - K_1$$

$$-F_3 \cdot \frac{d}{4} = \frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

$$-q F_{21} \cdot \frac{d}{4} = \frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

$$-q \cdot \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{m v_0^2}{2} \xrightarrow{\text{сумр 3}} -\frac{1}{4} q U = \frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$



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!

$$m \dot{v}_A^2 = m v_0^2 - \frac{1}{2} q U$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Ответ: 1)  $a_{12} = \frac{Uq}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = Uq$

3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

спр У

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



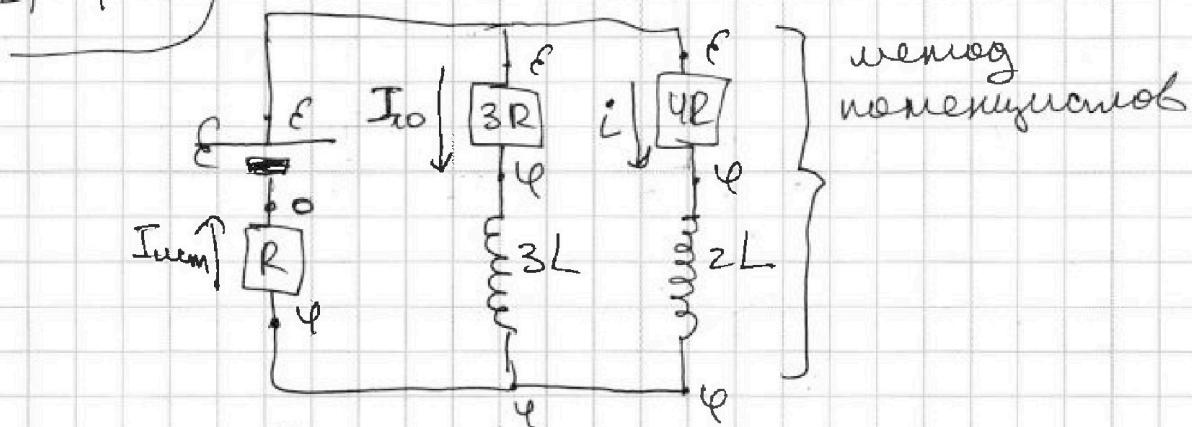
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

- Найти:  
 1)  $I_{10} - ?$   
 2)  $I_L^1 = ?$   
 3)  $\varphi = ?$

1) Рассмотрим цепь при разомк-  
нутом ключе К. Установившееся  
составление  $\rightarrow$  напряжение на  
капаках существует.



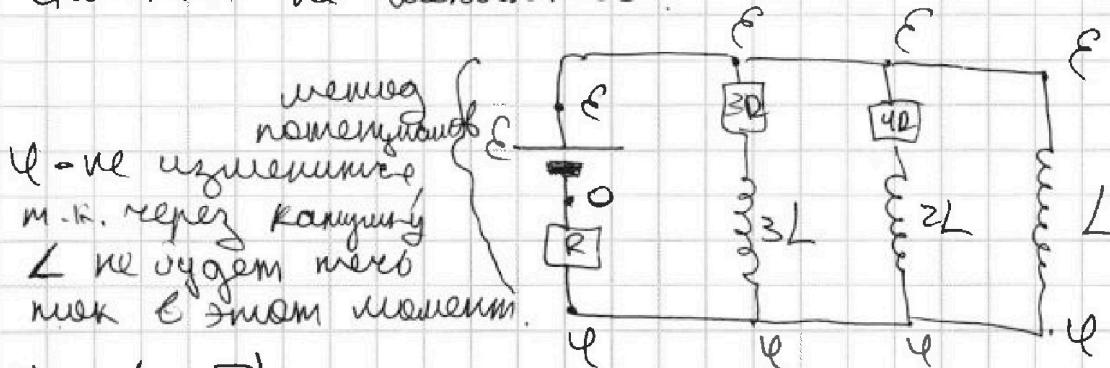
$$I_{10} + i = I_{\text{акм}}$$

$$\frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} = \frac{\varphi}{R} \quad | \cdot 12R$$

$$4E - 4\varphi + 3E - 3\varphi = 12\varphi \\ 7E = 19\varphi \rightarrow \varphi = \frac{7E}{19}$$

$$I_{10} = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{E - \frac{7}{19}E}{3R} = \frac{12}{19} \frac{E}{3R} = \frac{4E}{19R}$$

2) Рассмотрим цепь сразу после замы-  
кания ключа К. Ток через катушки  
скакком не меняется.



$$U_L = L \cdot I_L'$$

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

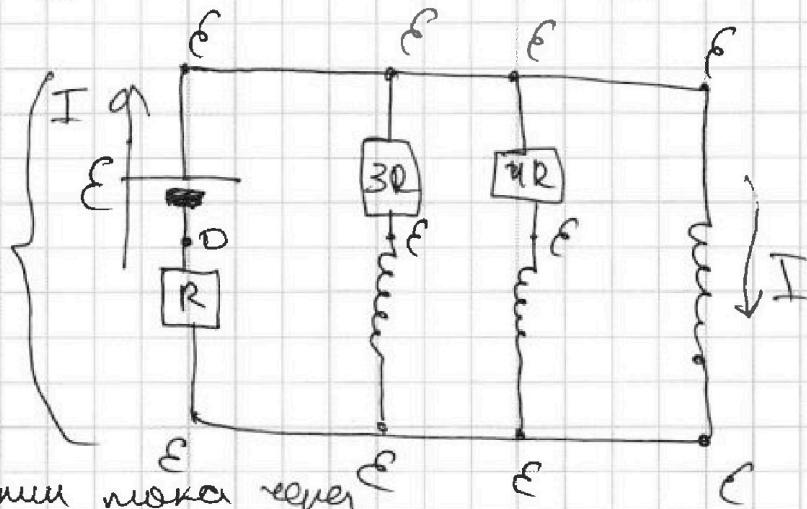


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$I_L^1 = \frac{U_L}{L} = \frac{E - \varphi}{L} = \frac{12 \text{ V}}{19 \text{ L}}$$

3) Рассмотрим цепь после зам. ключа к 6 уст.  
сост. Так как напряжение на катушках  
отсутствует.

менее  
изменчив



Вуст. состояния можно через  
—  $\boxed{3\Omega}$  — и —  $\boxed{4\Omega}$  — нет.

$$\boxed{I = \frac{E}{R}} \text{ — ток через либо } 6 \text{ уст. сост.}$$

4) Рассмотрим произв. момент времени:

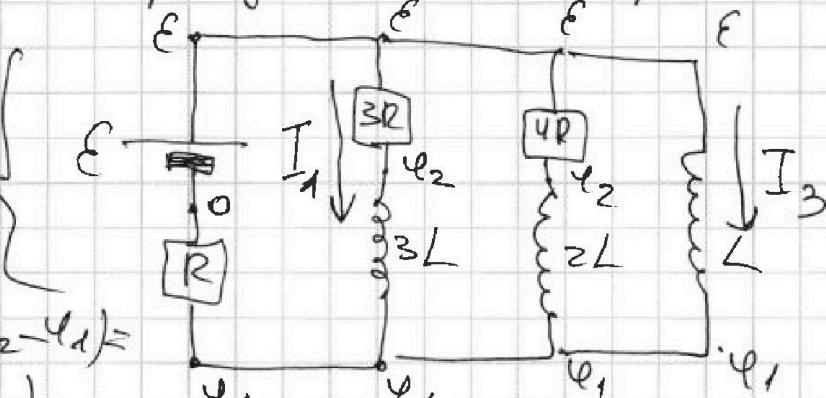
менее  
изменчив

$$E - \varphi_2 = I_1 3R$$

$$E - \varphi_1 = (E - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_1) =$$

$$= I_1 3R + 3L I_1$$

$$E - \varphi_1 = \angle \cdot I_3 \rightarrow \angle I_3 = I_1 3R + 3L I_1$$



$$\angle I_3 = I_1 3R \cdot \alpha t + 3L \cdot \angle I_1 \quad (X)$$

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 чернотипом и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Просушившись (\*), он меняется, когда  
сразу засыхают до уст. состоя.

$$\angle \sum \Delta I_3 = \cancel{\sum I_1} 3R \alpha t + \sum 3L \cdot \Delta I_1$$

$$\angle \sum \Delta I_3 = 3R \sum \Delta q + 3L \sum \Delta I_1$$

$$\angle (0 - \frac{4\epsilon}{19R}) = 3R \cdot q + 3L \cancel{(})$$

$$\angle (I - 0) = 3R q + 3L \left( 0 - \frac{4\epsilon}{19R} \right)$$

$$\angle \cdot \frac{\epsilon}{R} = 3R q + 3L \cdot \left( -\frac{4\epsilon}{19R} \right)$$

$$3R q = \frac{\angle \epsilon}{R} + \frac{12L\epsilon}{19R} = \frac{31L\epsilon}{19R}$$

$$q = \frac{31L\epsilon}{19R \cdot 3R} = \cancel{\frac{31L\epsilon}{57R^2}} = \frac{31L\epsilon}{57R^2}$$

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{4\epsilon}{19R}$

2)  $I_L = \frac{12\epsilon}{19L}$

3)  $q = \cancel{\frac{19R\epsilon}{57R^2}} = \frac{31L\epsilon}{57R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

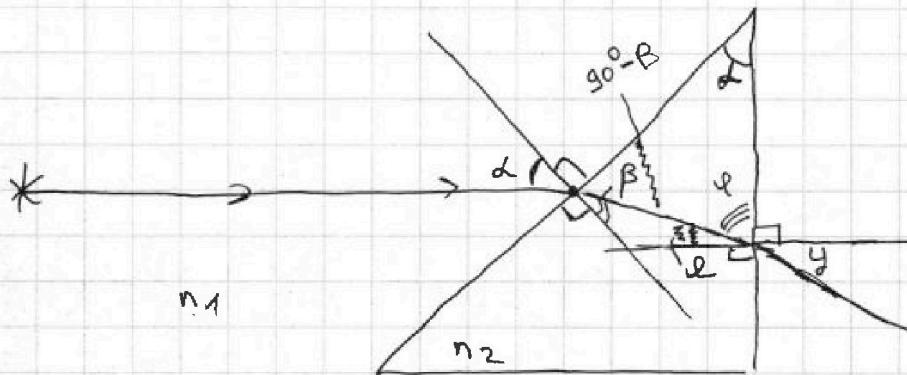
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

N5.

1) При  $n_1 = n_3 = 1$ ,  $n_2 = 1,7$



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \text{ т.к. } \angle \alpha - \text{имеет}, \text{ то } \sin \alpha = \sin \beta = \sin \alpha$$

$$1 \cdot \alpha = 1,7 \beta \rightarrow \beta = \frac{\alpha}{1,7}$$

$$2) \gamma = 180^\circ - 90^\circ + \beta - \alpha = 90^\circ + \beta - \alpha$$

$$\gamma = 90^\circ - \delta = \cancel{\alpha} - \cancel{\beta} - \alpha + \beta$$

$$n_2 \sin \delta = n_1 \sin \gamma, \text{ } \angle \gamma - \text{искаженный угол}$$

$$n_2 \delta = n_1 \gamma$$

$$1,7 \cdot (\alpha - \beta) = \gamma$$

$$\gamma = 1,7 \cdot \left( \frac{1,7}{1,7} - \frac{\alpha}{1,7} \right) = 0,7 \alpha = 0,7 \text{ rad} = 0,07 \text{ grad}$$

3) При  $n_1 = n_3 = 1$ ,  $n_2 = 1,7$ .

$$\frac{1}{F} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{1,7}$$

$$\text{Ответ: } 1) \gamma = 0,7 \alpha = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ rad}$$

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!

$$\psi_2 - \psi_1 =$$

$$I_{3L}^1 \cdot 3L = I_{2L}^1 \cdot 2L$$

$$\Delta I_{3L} \cdot 3L = \Delta I_{2L} \cdot 2L \quad I \downarrow$$

$$\frac{\Delta I_{3L}}{\Delta I_{2L}} = \frac{2}{3}$$

$$q_1 + q_2 + q^*$$

$$(6 - \psi_2) + (\psi_2 - \psi_1) = \ell - \psi_1$$

~~$$I_2 \leftarrow I_2 - \Delta I_2$$~~

$$I_2 \psi_R + 2L \cdot I_2^1 = g \angle I_3^1$$

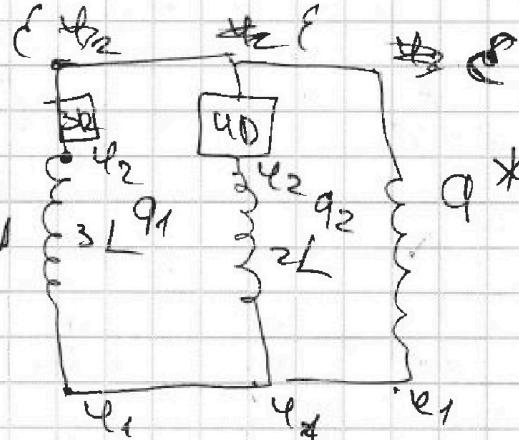
$$I_2 \cdot \Delta \psi_R + 2L \cdot \Delta I_2 = \angle \Delta I_3$$

~~$$I_2 \leftarrow I_2 - \frac{\Delta q}{\Delta t}$$~~

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 3 \\ \hline 57 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 915 \\ \times 2,5 \\ \hline 4575 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1830 \\ \hline 22875 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 42 \\ + 19 \\ + 12 \\ \hline 71 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

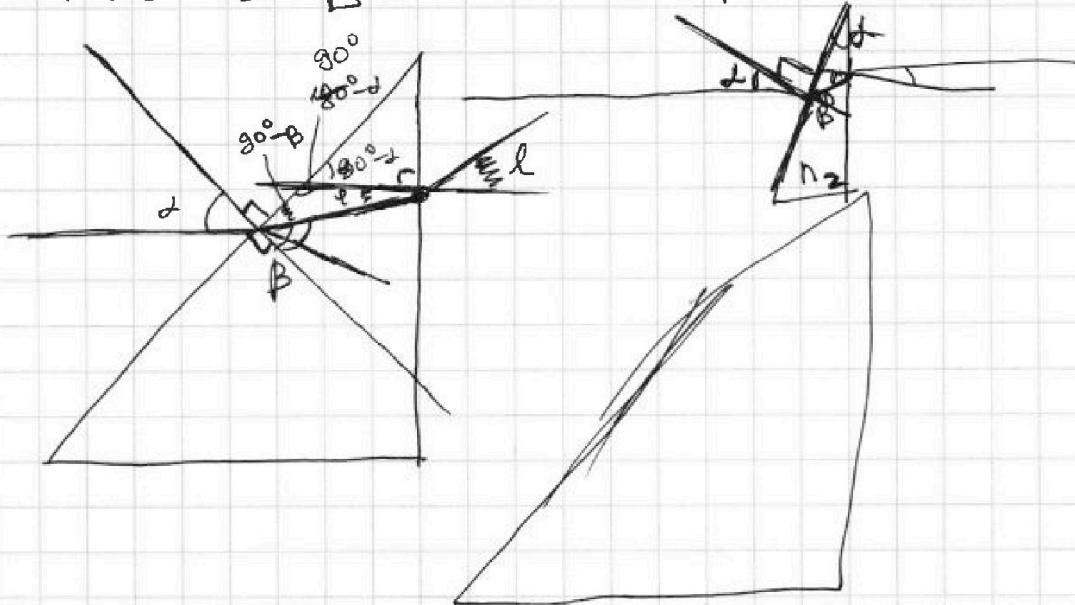
МФТИ

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

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 180^\circ - (90^\circ - \beta) - (90^\circ - \alpha) = \\ &= 180^\circ - 90^\circ + \beta - 90^\circ + \alpha = \\ &= \alpha + \beta - 90^\circ \end{aligned}$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta'$$



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$\cancel{\beta} + \sin \alpha \cancel{\alpha} \cancel{\beta} = 1,7 \cdot \beta \quad \beta = \frac{\alpha}{1,7}$$

$$n_2 \sin (\alpha + \cancel{\beta}) = n_1 \sin \varphi$$

$$\cancel{1,7} \cdot (\alpha + \beta) = \cancel{\beta}$$

$$\varphi = 1,7 \cdot \left( \alpha + \frac{\alpha}{1,7} \right) = \cancel{\alpha} \cdot \frac{1,7(2,7\alpha)}{1,7} = 2,7\alpha$$

$$\begin{array}{r} \cancel{x}^{0,45} \\ \times 1500 \\ \hline 22500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6000 \\ 50 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 675 \\ \hline 915 \end{array}$$

$$N^2 \frac{A}{\Delta t} = \frac{F S \cos \alpha}{\Delta t} = F \Delta \varphi$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

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

$$\begin{array}{r} 12,5+6 \\ \hline 12,08 \\ \overline{0,5} \\ \begin{array}{r} 0 \\ 50 \\ 48 \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12,5 \\ \hline 10,2 \\ \overline{20} \\ \begin{array}{r} 20 \\ 0 \end{array} \end{array}$$

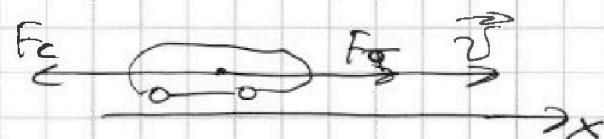
$$\frac{12,5 - 10}{6} = \frac{2,5}{6} = \frac{25}{60} = \frac{5}{12}$$

$$\begin{array}{r} 5 | 12 \\ 0 | 0,1 \\ \overline{50} \\ \begin{array}{r} 0 \\ 8 \\ 20 \\ 12 \\ 8 \end{array} \end{array}$$

$$\frac{12 - 10}{5} = \frac{2}{5} = 0,2$$

$$\frac{11,25 - 10}{2,5} = \frac{1,25}{2,5} = \frac{125}{250} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\overrightarrow{\alpha}$$



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

$$-K\vec{v} + \vec{F}_0 = m\vec{a}$$

$$F_{Tx} - K v_x = m a_x$$

$$F_{Tx} - K v_x = \frac{m \Delta v_x}{\Delta t}$$

$$F_{Tx} \Delta t - K v_x \Delta t = m \Delta v_x$$

$$F_{Tx} \Delta t - K \Delta x = m \Delta v_x$$

$$F_0 - K v = m a_0$$

$$F_0 = K v + m a_0$$

$$P = F_0 \cdot \Delta t$$

$$P = \frac{F_0}{\Delta t}$$

$$F_k - K v = 0$$

$$F_k = K v \quad K = \frac{F_k}{v}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

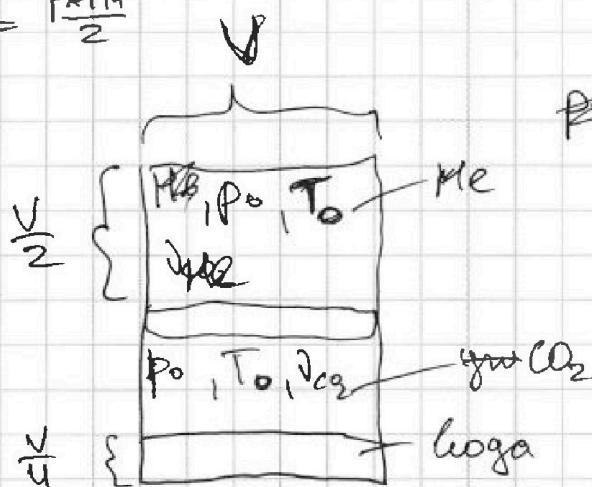


- 1    2    3    4    5    6    7

МФТИ.

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

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_{ATM}}{2}$$



$$\frac{P_0}{T_0} \frac{V}{2} = \bar{v}_{He} R T_0$$

$$\bar{v}_{He} = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{R T_0} = \frac{\frac{1}{2} P_0 V}{2 R T_0}$$

~~$P_0 \frac{V}{4} = \bar{v}_{CO_2} R T_0$~~

$$P_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \bar{v}_{CO_2} R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = \bar{v}_{CO_2} R T_0$$

$$\bar{v}_{CO_2} = \frac{P_0 V}{4 R T_0}$$

$$\frac{\bar{v}_{He}}{\bar{v}_{CO_2}} = \frac{\frac{P_0 V}{2 R T_0}}{\frac{P_0 V}{4 R T_0}} = 2$$

$$P \frac{V}{5} = \bar{v}_{He} R T$$

~~$\frac{1}{5} P V = \frac{P_0 V}{2 R T_0} \cdot R T$~~

$$\frac{2}{5} \frac{P}{P_0} = \frac{1}{T_0}$$

$$\frac{1}{4} P_0 V = \bar{v}_{CO_2} R T_0$$

$$P \frac{11V}{20} = (\bar{v}_{CO_2} - \bar{v}) R T$$

$$\bar{v} = k p_w = k p \frac{V}{4}$$

$$w = \frac{V}{4}$$

$$\frac{11}{20} P V = \bar{v}_{CO_2} R T - \frac{1}{4} k p V R T$$

$$P \left( \frac{11}{20} + \frac{1}{4} K R T \right) = \bar{v}_{CO_2} R T = \frac{P_0}{4 R T_0} \cdot R T / 4$$

$$P \left( \frac{11}{5} + K R T \right) = P_0 \frac{T}{T_0}$$

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!

$$\frac{2}{5} \frac{p_0}{T_0} = \frac{I}{T_0}$$

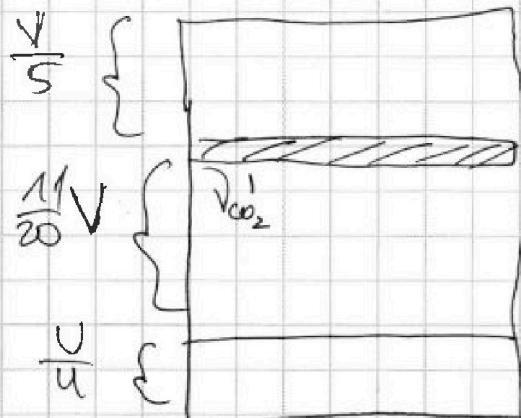
$$p = \frac{p_0 T}{T_0 (1 + KRT)} \quad p_0 = \frac{T_0}{T_0 (1 + KRT)}$$

$$\frac{2}{5} \frac{T}{T_0 (1 + KRT)} = \frac{I}{T_0} 1$$

$$\frac{2}{5} = \frac{11}{5} + KRT = \frac{11}{5} + 0 \frac{1}{2} \cdot 20^3 \cdot 3 \cdot 10^3 = \frac{11}{5} + \frac{3}{2} =$$

$$V_{CO_2} = V + \alpha V_1$$

$$V_{CO_2} = V + \alpha V_2$$



$$\frac{1}{4} p_0 V = V_{CO_2} R T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = (V + V_1) R T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = (V + \frac{1}{4} K V p_0) R T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = V R T_0 + \frac{1}{4} K p_0 V R T_0$$

$$\frac{1}{4} p_0 V (1 + K R T_0) = V R T_0$$

$$p_0 \frac{11}{20} V = V R T$$

$$\frac{11}{20} R V = \frac{T}{T_0} = \frac{2R}{5p_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{T_0 + KR}{T_0} = \frac{2KR}{9}$$

$$\frac{11}{42} = \frac{1}{8} (1 + K R T_0)$$

$$\frac{11}{2} - 1 = K R T_0 \quad T_0 = \frac{g}{2KR}$$

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!

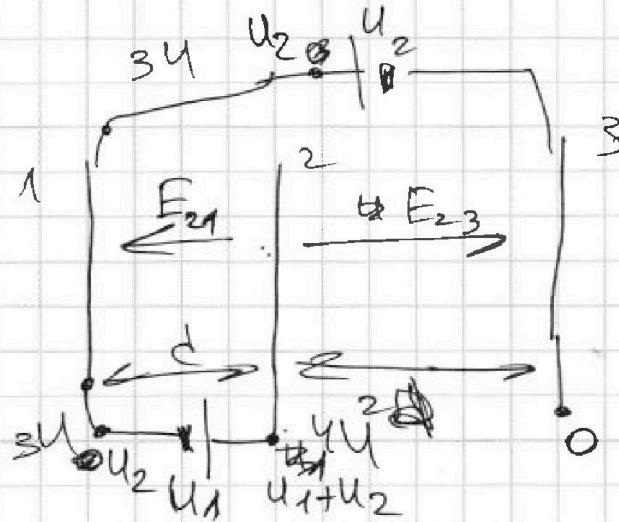
Между 1 и 2

$$U_1 + U_2 - U_2 = E_{21} \cdot d$$

$$U_1 = E_{21}d \quad [E_{21} = \frac{U_1}{d}]$$

$$U_1 + U_2 = E_{23} \cdot 2d$$

$$E_{23} = \frac{U_1 + U_2}{2d}$$



$$\cancel{F_3} \rightarrow \cancel{F_3} = ma$$

$$E_{21} \cdot q = ma$$
$$[a = E_{21} \frac{q}{m}]$$

на 2

$$T_F = A_{F_3} = E_{k2} - E_{k1} = (E_{k1} - E_{k3})$$

~~A F<sub>3</sub>~~

$$A_{F_3} = U_1 \cdot d$$

$$A_{F_3}' = E_{k2}' - E_{k1}'$$

$$U_1 \frac{d}{q} = n$$