



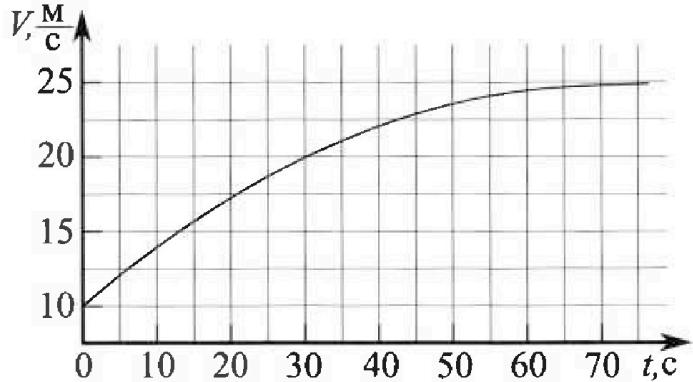
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 11-01**



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

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

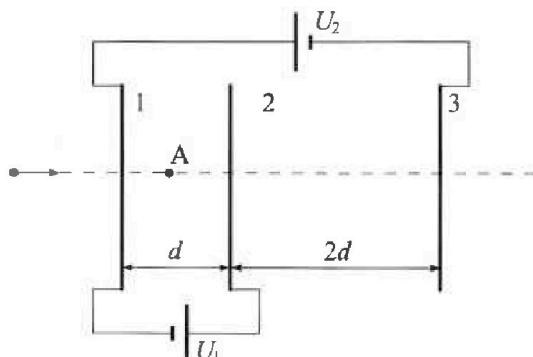
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

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 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  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  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:  $\Delta v = kp$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . 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  $d/3$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

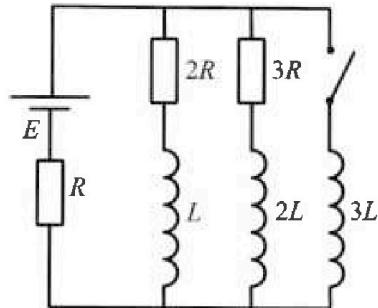


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

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

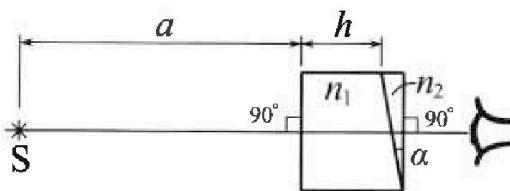
Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



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  $a = 194$  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  $h = 9$  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  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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  $m=1800\text{kg}$

Лучше решить суперпозицией  $F_c = kU$

$$F_k = 500\text{N}$$

В конце разгона  $U \approx 15\text{m/s}$ ,  $F_k = 500\text{N} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$

$$\text{ЗАДАЧА: } F_c = F_k \quad kU = F_k \quad k = \frac{F_k}{U} = \frac{500}{15} = \frac{15 \cdot 2 \cdot 10}{15} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

1) Из уравнения: при  $t = 30\text{s}, U = 10\text{m/s}$

$$\text{при } t = 30\text{s}, U \approx 12,5\text{m/s} \Rightarrow a = \frac{dU}{dt} = \frac{2,5 - 10}{30 - 0} = \frac{-7,5}{30} = \underline{\underline{-0,25\text{m/s}^2}}$$

2)  $\sum F = F_m - F_c = ma$ ,  $F_k, P_m = P_c + ma_i = kU_i + ma_i$

$$F_m = 20 \cdot 1800 + 20 \cdot 20 + 1800 \cdot \frac{1}{4} = 400 + 450 = \underline{\underline{650\text{N}}}$$

$$3) P_i = F_m U_i = 650 \cdot 20 = \underline{\underline{13000\text{W}}}$$

Ответ: 1)  $0,15\text{m/s}^2$  2)  $650\text{N}$  3)  $13000\text{W}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

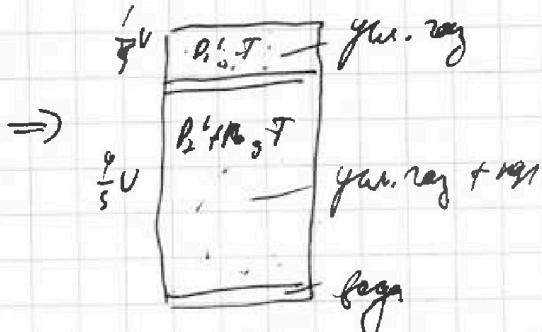
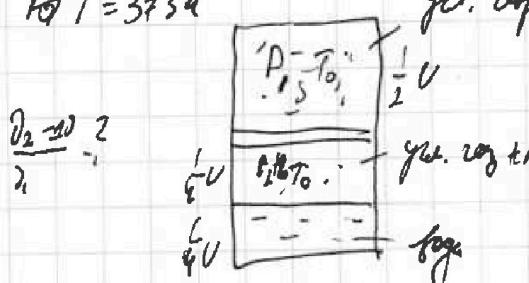


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

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

**МФТИ**

$$T_0 = 373 \text{ K}$$



$$\Delta J = k P W$$

~~$\Delta J = \frac{1}{4} V P$~~

$$P = P_2 = \frac{V R T_0}{V - (J_2 - J_1) R T_0}$$

$$\Delta J = k \cdot \frac{1}{4} \Delta J \cdot \frac{V (J_2 - J_1) R T_0}{V} = \frac{1}{4} k (J_2 - J_1) R T_0$$

$$\Delta J \cdot \frac{X}{k R T_0} = J_2 - J_1$$

$$\frac{\Delta J - J_1}{(J_2 - J_1)} = \frac{J_2 \cdot k R T_0}{4 k R T_0}$$

$$\Delta J \left( \frac{1}{k R T_0} + 1 \right) = J_2$$

$$\Delta J \frac{1 + \frac{1}{k R T_0}}{k R T_0} = J_2$$

$$\Delta J = J_2 \cdot \frac{k R T_0}{1 + \frac{1}{k R T_0}}$$

$$J_2 - J_1 = J_2 \left( 1 - \frac{k R T_0}{1 + \frac{1}{k R T_0}} \right) = J_2 \cdot \frac{J_1}{K R T_0} \quad T = \frac{1}{4} T_0 \quad T_2 = \frac{4}{3} T$$

$$J_2 - J_1 = \frac{5 J_2}{4 K R T} \quad \text{В кор. можно: } P_1 > P_2$$

$$2 \frac{4 (J_2 - J_1) R T_0}{V} = \frac{2 V_1 R T_0}{V}$$

$$\frac{J_2}{J_2 - J_1} = L$$

$$P_A = 10^5, \text{ м.л. раб. насос}$$

$$P_1' = P_1 + P_A$$

$$\frac{J_2 S_{12} R T}{V} = \frac{S_{12} R T}{4 V} + P_A V$$

$$5 J_2 R T = S_{12} R T + P_A V \cdot 4$$

$$20 J_2 R T = 5 J_2 R T + P_A V \cdot 4$$

$$J_2 = \frac{5 R T}{4 S_{12} R T} J_2 + \frac{4 P_A V}{5 S_{12} R T}$$

$$J_2 = \frac{1}{4} J_2 + \frac{P_A V}{5 R T}$$

$$J_2 = 40 \alpha R T J_2$$

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 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!

$$\frac{S_1 RT}{V} = \frac{S_{D_1} RT}{4V} + P_A$$

$$\frac{S_1 \cdot 400 \text{ K} \cdot T_0}{V} - P_A = \frac{S_{D_1} RT}{4V} + P_A$$

~~$$\frac{200 \text{ K} \cdot 400 \text{ K} \cdot T_0}{V} \cdot RT = 78$$~~

$$200 \text{ K} \cdot T_0 - \frac{S_{D_1} RT}{4V} = P_A$$

$$\frac{S_{D_1} RT}{4V} (4V - 2) = P_A$$

$$4D_1 - D_1 = \frac{4VP_A}{SRT}$$

$$160 \text{ K} \cdot RT D_1 - D_1 = \frac{4VP_A}{SRT}$$

$$D_1 = \frac{4VP_A}{SRT} \cdot \frac{1}{(160 \text{ K} \cdot RT - 1)}$$

$$P_0 = P_1 - D_1 = \frac{4D_1 RT_0}{V} = \frac{4 \times P_A}{SRT} \cdot \frac{4RT}{(160 \text{ K} \cdot RT - 1)} \cdot \frac{1}{*} \Rightarrow \underline{\underline{\frac{16P_A}{5(160 \text{ K} \cdot RT - 1)}}}$$

$$D_1 = \frac{16 \cdot 10^5}{5(160 \text{ K} \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^3 - 1)} = \frac{16 \cdot 10^5}{5 \cdot 160 \cdot 10^10} = \frac{10^9}{5} = 20 \text{ kPa}$$

Ответ: 1) 2 2) 20 kPa

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"/> |

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

МФТИ

3) Задача:  $\varphi_0 + \frac{mU_0^L}{2} = \varphi_A + \frac{mU_A^L}$

Ответ: 1)  $\frac{q}{m} \cdot \frac{4}{s}$

2)  $U_2$

$$\frac{mU_A^L}{2} = \frac{mU_0^L}{2} - \varphi_A$$

3)  $U_0$

$$\varphi_A = \varphi_0 + \varphi_{1A} + \varphi_{2A} + \varphi_{3A} =$$

$$\rightarrow \frac{kq_1}{s} + \frac{kq_2}{s} + \frac{kq_3}{s} = \frac{3k}{s} (q_1 + q_2 + q_3)$$

$$q_1 = \frac{q_0}{2} - \frac{4E_0S}{s}$$

$$q_2 = E_{12} = \frac{q_1 + q_3}{2E_0S} = -\frac{q_3}{E_0S}$$

$$E_{12} \cdot 2s = 54$$

$$q_2 = q_3 \quad q_2 = U + q_1 \quad q_1 = q_3 / 4U \Rightarrow q_2 - q_3 = 54$$

$$E_1 = -\frac{q_3}{E_0S} = \frac{s}{2} \cdot \frac{4}{s} \Rightarrow q_3 = -\frac{s^2}{2} \cdot \frac{4}{s} \cdot E_0 S$$

$$q_1 = -q_3 - q_2 = +\frac{10E_0S}{s} + \frac{3645}{s} = \frac{46545}{s}$$

$$\varphi_A = \frac{3k}{s} (8 \cdot \frac{4E_0S}{s} + 4 \cdot \frac{10E_0S}{s} - \frac{10E_0S}{s}) = 0$$

$$\frac{mU_A^L}{2} = \frac{mU_0^L}{2} \Rightarrow \underline{U_1 = U_0}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**



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

$$N=3 \quad U_1=U$$

$$U_2=4U$$

$$F_{23} \cdot d > d$$

$$m, g > 0$$

$$U_0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$x = 2 \text{ м}$$

$$U_1=U$$

$$F_{23} \cdot d = U \Rightarrow \frac{q_1}{EoS} \cdot d = U$$

$$F_{12} = \frac{U}{d}$$

$$2) \quad K_1 - K_2 = m \Delta E_K$$

$$4Bn = A_{6n} = A_n = U_2 \quad K_1 - K_2 = 4U_2, \quad \text{т.к. } U_2 = U$$

или наоборот

~~$$K_2 - K_1 = 4U_2 - U_1 = 4U_2 - U_2 = 3U_2$$~~

~~$$Q_0 + \frac{mv_0^2}{2} + \varphi_0 + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \varphi_2$$~~

~~$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \varphi_0$$~~

~~$$U_2 - \varphi_2 = U_1 - \varphi_1 + U_2 - U_1 = \varphi_2 - \varphi_1$$~~

~~$$U_2 - \varphi_2 = U_1 - \varphi_1 + U_2 - U_1 = U_2 - \varphi_1 = 5U$$~~

~~$$E_{23} = \frac{5U}{2d}$$~~

~~$$3C2: \quad \frac{mv_0^2}{2} + \varphi_0 = \frac{mv_1^2}{2} + \varphi_1$$~~

~~$$\frac{mv_1^2}{2} + \varphi_1 = \frac{mv_2^2}{2} + \varphi_2$$~~

~~$$U_2 - \varphi_2 = E_{23} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{5U}{3}$$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,

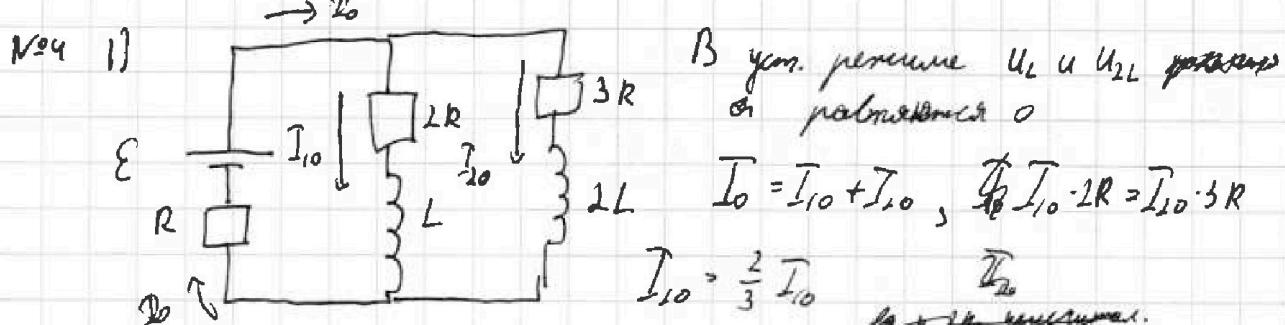
решение которой представлено на странице:

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



В ум. режиме  $U_L$  и  $U_{2L}$  ~~постоянны~~  
~~и равняются 0~~

$$I_0 = I_{10} + I_{20}, \quad I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R$$

$$I_{10} = \frac{2}{3} I_{20}$$

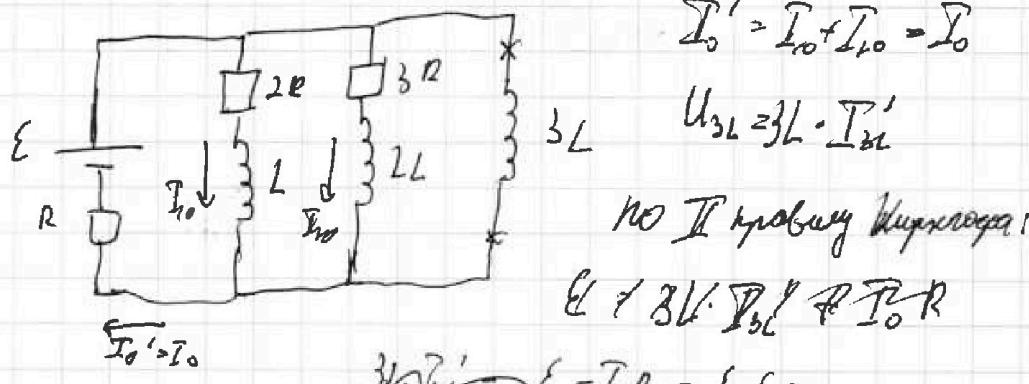
~~то же получаем.~~

$$I_{10} + \frac{2}{3} I_{20} = I_0 \quad I_{10} = \frac{3}{5} I_0 \quad I_0 = \frac{\epsilon}{R} \quad I_0 = \frac{3\epsilon}{5R}$$

$$L = 2RI_{10} + I_{20}R = \frac{4}{5} I_0 R \quad I_0 = \frac{5\epsilon}{11R} \quad I_0 = \frac{15\epsilon}{55R} = \frac{3}{11} \epsilon$$

2) Сразу выше запись, что, так как ~~на катушках~~ ~~исходит~~ ~~токи~~, то

$$\text{не меняется} \Rightarrow I_0 = I_{10} \quad I_{20} = I_{10}, \quad I_0 I_{3L} = 0$$



$$I_0' = I_{10} + I_{20} = I_0$$

$$U_{3L} = 3L \cdot I_{3L}'$$

но  $I_0'$  ~~равен~~ ~~нулю~~

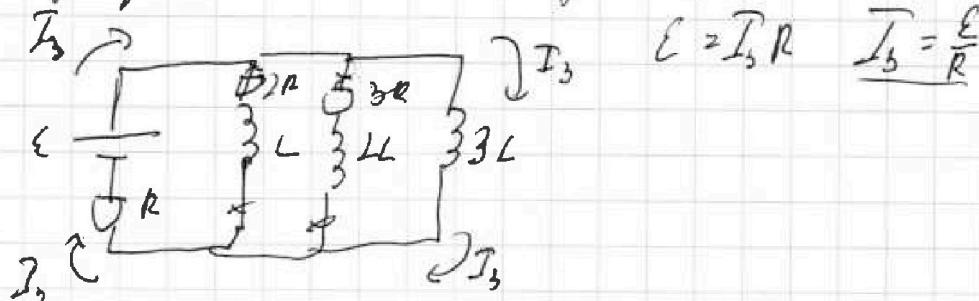
$$\epsilon + 3L \cdot I_{3L}' \neq I_0 R$$

$$3L \cdot I_{3L}' = \epsilon - I_0 R = L - \epsilon = 0$$

$$\epsilon = 2RI_{10} \quad \epsilon = 3L \cdot I_{3L}' + I_0 R$$

$$I_{3L}' = \frac{\epsilon - I_0 R}{3L} = \frac{\epsilon - \frac{5}{11}\epsilon}{3L} = \frac{6}{11} \frac{\epsilon}{3L} = \frac{2}{11 \cdot 3L} \epsilon = \frac{2}{11} \cdot \frac{\epsilon}{L}$$

3) В ум. режиме напр. на катушках равно 0



$$I_3 = I_0 R \quad I_3 = \frac{\epsilon}{R}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

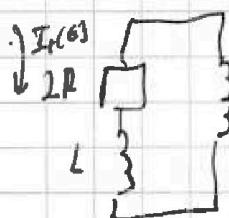
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



$\Rightarrow I_3(t)$  пр. Муркова:  $\oint (U_{3L} - U_1 - I_1(t) \cdot 2R) = 0$

$$3L \cdot \frac{dI_3}{dt} + L \cdot \frac{dI_1}{dt} + 2R \cdot I_1 = 0$$

$$3L \frac{dI_3}{dt} = L dI_1 + 2R I_1$$

$$3L (I_3 - 0) - L (0 - I_1) = 2R I_1, 2R I_1 = -3L I_3$$

$$2R I_1 = 3L I_3 + L I_1 = 3L \frac{\epsilon}{n} + L \cdot \frac{3}{n} \frac{\epsilon}{n} = \frac{3L}{n} \epsilon \left(1 + \frac{1}{n}\right) = \frac{18\epsilon L}{n R}$$

$$I_1 = \frac{18\epsilon L}{n R}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{3}{n} \frac{\epsilon}{R}$$

$$2) \frac{2\epsilon}{n R}$$

$$3) \frac{18\epsilon L}{n R}$$

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 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!

№5

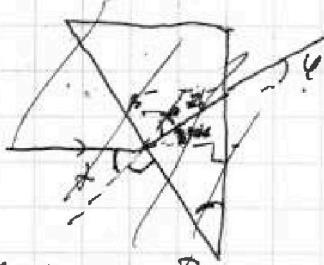
$$n_1, n_2, n_3 \dots$$

1) если  $n_1 = n_3$ , можно убрать <sup>из</sup> третью

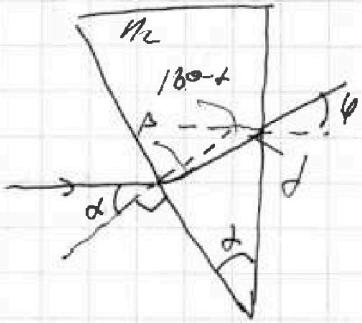
$$\alpha = 194^\circ$$

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

$$h = 5 \text{ см}$$



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



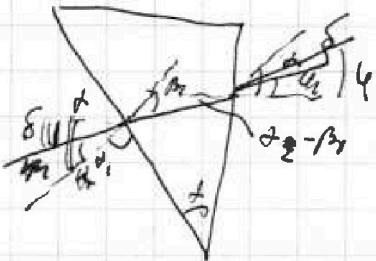
За угол между  $\Rightarrow n_2 \alpha > n_1 \beta$

$$\delta = 180 - 180 \alpha - \beta = \alpha - \beta \quad n_2 (\alpha - \beta) = \varphi (n_2)$$

$$\varphi = \frac{n_2}{n_3} (\alpha - \frac{n_3 \alpha}{n_2}) \Rightarrow n_3 \Rightarrow \varphi = n_2 (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) = \alpha n_2 - \alpha^2 (n_2 - 1)$$

$$\varphi = \delta (n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ rad}$$

1)



$$\alpha = n_2 \beta_1 \quad (\alpha - \beta_1) \cdot n_2 = \varphi_1$$

$$\alpha - \beta_1 = \varphi_1$$

$\alpha - \varphi_1 = \alpha - (\alpha - \beta_1) \Rightarrow \beta_1 = \varphi_1$  <sup>известно</sup>

$$\varphi_1 = \alpha n_2 - \alpha - \delta = \alpha (n_2 - 1) - \delta$$

угол между гориз. плоск и преломлением  $\Rightarrow$

$$\varphi - \delta = \alpha (n_2 - 1) - \delta \Rightarrow \varphi = \alpha (n_2 - 1) \quad \text{угол отражения}$$

угол <sup>известен</sup>



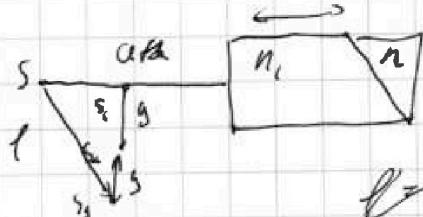
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 checked="" 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!



$$l = ? \quad l = \sqrt{(a+g-x)^2 + h^2}$$

$$l = \sqrt{(a+h-b-\frac{g}{n_1})^2}$$

$$l = \sqrt{(a-h(1-\frac{1}{n_1}))^2 + 4(a+h-h(1-\frac{1}{n_1})) \cdot \alpha(n)}$$

$$1 \cdot \sqrt{(a-x)^2 + (y_1 + y_2)^2} = \sqrt{(a-h(1-\frac{1}{n_1}))^2 + ((a+h-h(1-\frac{1}{n_1}))(y_1+y_2))^2}$$

$$= \sqrt{(a-h(1-\frac{1}{n_1}))^2 + ((a+h-h(1-\frac{1}{n_1}))(2(n_1-1) + \alpha(n_1-1)))^2} =$$

= ~~tg 29° 19'~~ ~~θ~~      *Antwort: 1) 0,02 m*

2) 14,21 m

3) ~~symmetrisch~~ *sym*

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. Порчи QR-кода недопустимы!

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

Отметьте крестиком номер задачи,

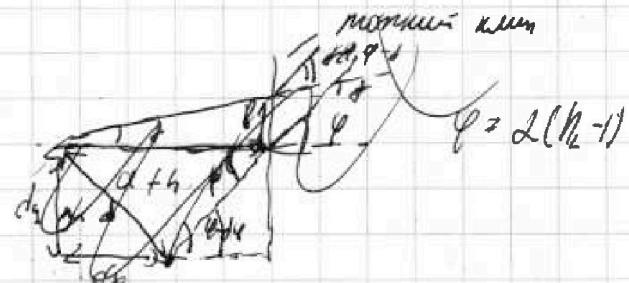
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

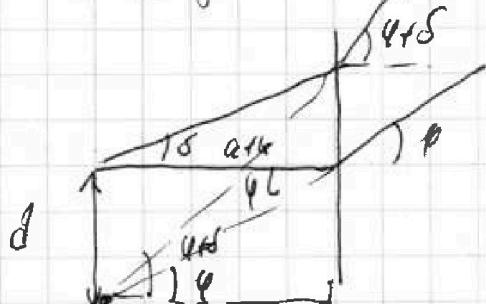


d - ?

$$d = \frac{b}{a+h} \quad \ell = \frac{d_2}{a+h-d_1} \quad \ell - d = \frac{b+d_2}{a+h-d_1}$$

~~$\ell = (a+h) \cdot \varphi - b \Rightarrow \ell = (a+h) \cdot \varphi$~~

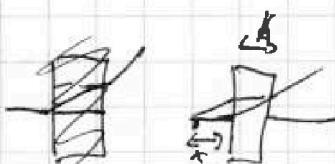
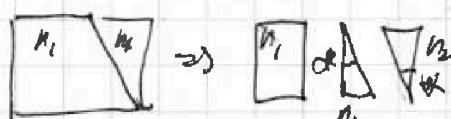
Известно, что момент  
клин вращает центром



по вертикали  $\rightarrow d = (a+h) \cdot \varphi$

$$d = (a+h) \cdot \varphi - b = (194+9) \cdot 0,1 / (0,7) = 14,11 \text{ cm}$$

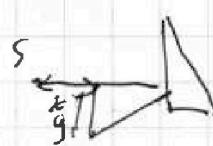
3)  $h_1 = 1,8, h_2 = 1,7$



После перв. нр. ширина  
изобр не сама гипотенуза, тк

$$x = h \left( 1 - \frac{h_1}{h_2} \right) :$$

$$= h \left( 1 - \frac{1}{1,7} \right)$$



з мом. клин  
ширина срд  
по вертикали

$$h_1 g_1 = (9+h-x) \cdot \varphi_1 \quad g_2 = (a+h-x) \cdot \varphi_2$$

$$\text{и } g_1 = h_1 \cdot \cancel{(9+h-x)} \cdot \varphi_1$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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!

$$\$ \mathcal{E} = I_{10} \cdot 2R + U_1 + I_{10} R = \frac{6}{5} \mathcal{E} + U_1 + 6 \quad U_1 = 9U_{10} = -\frac{6}{5} \mathcal{E}$$

$$U_{10} = \frac{\mathcal{E}}{5}$$

$$I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{10}$$

$$U_1 = U_{10} + U_2 \quad U_1 = U_{10} + U_{20}$$

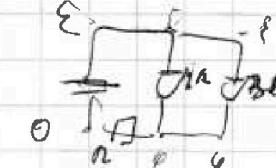
$$\frac{6}{5} + \frac{2}{5} = U_{10} + U_{20}$$

$$I_{10} = U_{10} + U_{20}$$

$$U_2 = U_1 + U_3$$

$$U_1 = U_3 + U_4$$

$$U_2 = U_3 + U_4$$



$$E - \varphi = I_{10} \cdot R = \frac{6}{5} \mathcal{E}$$

$$\varphi = \frac{6}{5} \mathcal{E}$$

$$E - \varphi = \frac{6}{5} \mathcal{E}$$

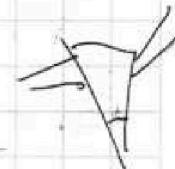
$$E - \varphi = I_{10} \cdot R = E - I_{10} R$$

$$\frac{6}{5} I_{10} \cdot R = E - I_{10} R$$

$$U_{10} = U_1 + U_2$$

$$U_2 = \frac{6}{5} \mathcal{E}$$

$$U_{10} = U_1 + U_2 + U_{10} + U_{20}$$



$$2 \frac{d^2 U_{10}}{dt^2} + 2L \frac{dI}{dt} +$$

$$2 \cdot I_{10}(t) R + U_{10}(t) = U_{10}$$

$$\varphi = \frac{6}{5} \mathcal{E}$$

$$I_{10} = A \cdot \sin$$

$$2 \pi f L \frac{dI_{10}}{dt} + L \frac{d^2 I_{10}}{dt^2} = 2 \frac{dU_{10}}{dt}$$

$$2 \pi f$$

$$I_{10} = A \cdot \sin$$

$$L \frac{dI}{dt} = \frac{dU}{dt}$$

$$U_1 = L \frac{dI}{dt} = L \cdot \frac{A}{\pi} \cdot \frac{2 \pi f}{\pi} \cdot \cos$$

$$d \frac{1}{3} \mathcal{E} = \frac{1}{3} \mathcal{E}$$

$$3d - \frac{1}{3} \mathcal{E} = \frac{2}{3} \mathcal{E} \quad U_{10}$$

$$U_{10} = \frac{1}{3} \mathcal{E}$$

$$\frac{3kq_1}{d} + \frac{3kq_2}{2d} + \frac{3kq_3}{3d} =$$

$$\frac{3k}{d} \left( \frac{q_1 + q_2 + q_3}{d} \right) = \frac{k(2q_1 + 4q_2 + 3q_3)}{d} = \frac{k \cdot 3(q_1 + q_2 + q_3)}{d}$$

$$\frac{q_1 + q_2 + q_3}{d}$$

$$2 \frac{d^2 U_{10}}{dt^2} + 4q_1 + 4q_2 + 7q_3 = 0$$

$$T_{10} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{1800} = \frac{2}{1800} = \frac{1}{900}$$

$$q_3 = q_1 + q_2$$

$$q_1 + q_2 = q_3$$

$$-q_3 + q_1 + q_2$$

$$= -\frac{q_3}{600}$$

$$q_1 = \frac{q_3}{5}$$

$$\frac{q_1 + q_2 + q_3}{d} = \frac{q_3}{d}$$

$$q_3 = 4q$$

$$q_3 = 2q$$

$$q_1 = -2q, \quad q_2 = \frac{4q}{5}, \quad q_3 = \frac{3q}{5}$$

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

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!

$$n_1, n_2, n_3 \approx 1$$

$$\alpha = 19^\circ \text{ см}$$

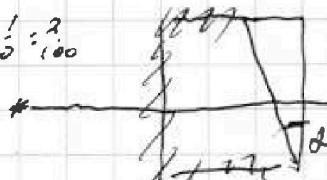
$$\delta = 0,1 \text{ rad}$$

$$\sin \alpha = \tan \alpha = \alpha$$

$$h = 5 \text{ см}$$

$$h_2 \ll h$$

$$\frac{1}{10}, \frac{1}{15}, \frac{1}{100}$$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \alpha$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \beta$$

$$\varphi_3 - \varphi_4 = \gamma$$

$$\varphi_4 = \frac{1}{3} \delta = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$26.8$$

$$45 \quad 6.15$$

$$\alpha = \frac{\delta}{\beta} = \frac{1.15}{100} = 0.015$$

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

$$\beta = \alpha / \gamma = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\gamma}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \alpha$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \beta$$

$$\varphi_3 - \varphi_4 = \gamma$$

$$\varphi_4 = \frac{1}{3} \delta = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$45 - 6.15 = 38.8$$

$$\varphi = \frac{\alpha}{\gamma}$$

$$\varphi = \frac{1.15}{100} = 0.0115$$

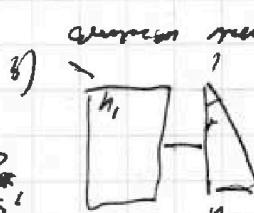
$$(1 - \beta) n_2 = \varphi$$

$$\varphi = \alpha n_2 - \beta = \frac{1.15}{100} - \frac{1}{100} = \alpha \left( \frac{n_2 - 1}{100} \right)$$

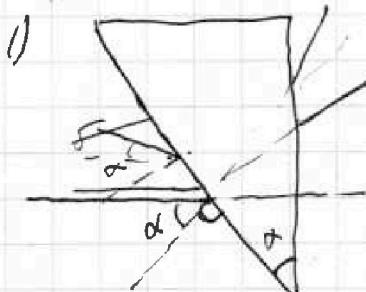
$$\varphi = \left( \frac{n_2 - 1}{100} \right) \alpha$$

$$R_{12} = \frac{5}{3} \frac{4}{c}$$

$$\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$$



$$m$$



$$\varepsilon = 2$$

$$\varepsilon = 36 \cdot T_{20}' + \varepsilon$$

$$T_{20} = \frac{2}{5} \frac{9}{2}$$

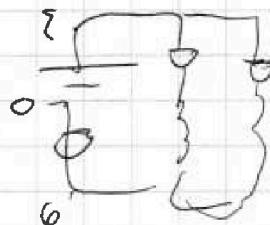
$$T_{20} \quad U_{20} \quad T_{20}$$

$$\varepsilon = T_{20} \cdot 3R + U_{20} + T_{20} R$$

$$\varepsilon = \frac{6}{5} \varepsilon + \frac{3}{5} \varepsilon + U_{20} \quad U_{20} = -\frac{6}{5} \varepsilon$$

$$U_{20} = U_{20} + T_{20} R = -\frac{6}{5} \varepsilon + \frac{2}{5} \varepsilon = \frac{4}{5} \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \varepsilon + 3R + U_{20} + \varepsilon$$



$$U_{20} = -\frac{6}{5} \varepsilon$$

$$U_{20} = 4 U_{20} + \frac{6}{5} \varepsilon$$

$$U_{20} = \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \varepsilon$$

$$U_{20} = \varepsilon$$

$$\frac{m U_{20}}{2} + q_1 = \frac{m U_{20}}{2} + q_1$$

$$\frac{m U_{20}}{2} + q_1 = \frac{m U_{20}}{2} + q_1$$

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!

№1  $V, m=0$   $\Delta T = K \cdot \frac{V}{5}$   $T = \frac{\sum T_0}{4} = 373 \text{ K}$

нагрев  $q_1 = q_2 = q_3$   $q_1 = q_2 = q_3 = \frac{100}{3} \text{ J}$

жидкость  $q_1 = q_2 = q_3 = \frac{1}{3} V$

газ  $q_1 = q_2 = q_3 = \frac{1}{3} V$

жидкость  $q_1 = q_2 = q_3 = \frac{1}{3} V$

газ  $q_1 = q_2 = q_3 = \frac{1}{3} V$

$\Delta Q = K \rho w \Delta T + R T \Delta$

$q_1 + q_2 + q_3 - q_4 = \frac{R}{3} \Delta T$

$\Delta T = \frac{q_1 + q_2 + q_3 - q_4}{\frac{R}{3}} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\frac{R}{3}}$

если от  $T$  делить на  $\Delta T$  получим  $\Delta T = K \rho w$

для нагр.:  $\Delta T = K_1' V \cdot P_{0,0}$  для газа:  $\Delta T = \frac{R}{3} \cdot \frac{P_0}{T_0}$

$P_1 = P_2 + P_0$

$P_1 \cdot \frac{1}{5} V = 2 \Delta T_0$

$P_2 \cdot \frac{1}{5} V = 2 \Delta T_0$

$P_1 = \frac{2 \Delta T_0}{V}$

$P_2 = \frac{9 \Delta T_0}{V}$

$P_0 = P_1 - P_2 = \frac{2 \Delta T_0}{V} - \frac{9 \Delta T_0}{V} = \frac{T_0}{D} (22 - 42)$

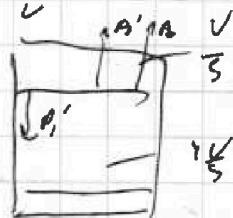
$P_1' = P_1 + P_0$

$P_1' = P_1 \cdot \frac{V}{5} = \frac{2 \Delta T_0}{V} \cdot \frac{V}{5} = \frac{2 \Delta T_0}{4 V}$

$P_2' = \frac{4 V}{5} = \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{5} (22 - 42) R T_0$

$P_1' = \frac{25}{16} (22 - 42) R T_0$

$P_1' = \frac{100 R T_0}{16 V} = P_0 + \frac{25}{16} \frac{(22 - 42) R T_0}{V}$



$P_1' = \frac{100 R T_0}{16 V} = P_0 + \frac{25}{16} \frac{(22 - 42) R T_0}{V}$

$q_1 = P_1' \cdot V_1 + q_2 =$

$= \frac{42}{16} \frac{100 R T_0}{V} + \frac{100 R T_0}{16 V} + \frac{42}{16} \frac{100 R T_0}{V}$

$b_{12} \cdot d = 4$

$\frac{q_1}{42} \cdot d = 100$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

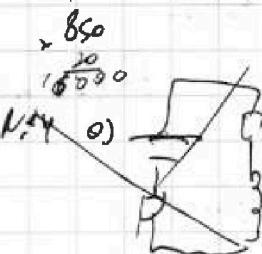


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------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

$$F = \alpha U = \frac{2}{3} U \quad 3) T = \frac{U}{2} + \frac{5}{4} U = \frac{13}{8} U \quad N = 1 \quad P_1 = P_2 = P \quad F_1 = 50 \text{ Н} \quad F_2 = R \text{ Н} \quad F_3 = kU$$



$$m = \frac{P_1}{a} = \frac{50}{10} = 5 \text{ кг}$$

$$\Delta t = \frac{P_1}{F_1} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ с}$$

$$2S = B_{25} \text{ кН}$$

$$1600 \text{ кН}$$

$$K_3 = 1000 \text{ кН}$$

$$q_1 = q_2 = q_3 = 0$$

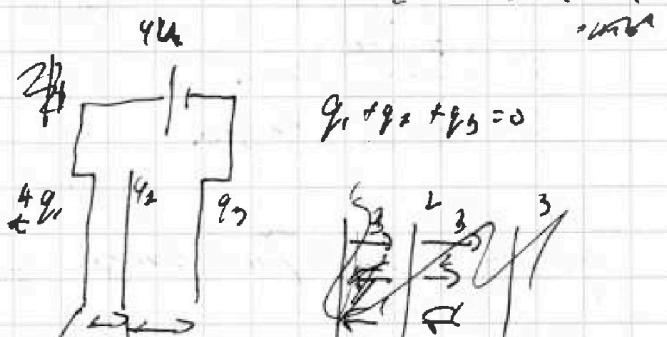
$$5S > d$$

$$F_1 = \frac{F_2}{2} \cdot E \cdot q = \frac{6054}{6405} \cdot q = \frac{9}{16} q$$

$$2) (k, -l_1) \cdot ? \quad \alpha_{Bx} = A_{G1} = \underline{q_2}$$

$$A_2 u_2$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline u_1 & u_2 \\ \hline \end{array} \quad \frac{15}{3} = 5$$



$$U = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2EoS} \cdot d \quad q_1 = -q_2 - q_3$$

$$U = \frac{q_1}{2EoS} \cdot d \quad q_1 = \frac{EoS}{d}$$

$$U = \frac{(2q_3 - q_1) \cdot d}{2EoS} = \frac{q_3 - q_1}{EoS} \cdot 3d$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline u_1 & u_2 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline q_1 & q_2 \\ \hline \end{array}$$

$$\Delta P = K \frac{q_2}{d}$$

без учета

$$q_1 = \frac{1}{3} q_1 \quad q_2 = \frac{1}{3} q_2$$

$$q_1 = \frac{3q_2}{d}$$

$$P_1 = \frac{3q_2}{d}$$

$$q_3 = \frac{44EoS}{3d} + \frac{3EoS}{3d} = \frac{7EoS}{3d}$$

$$q_1 = \frac{2q_3 - q_1}{3d} = -\frac{2}{3} - \frac{2}{3} = -\frac{4}{3} \frac{EoS}{3d}$$

$$q_1 + q_2 = \frac{6q_2}{d} + \frac{3q_2}{d} = \frac{9q_2}{d}$$

$$(q_1 + q_2) = \frac{9q_2}{d} (q_1 + q_2 + q_3)$$

$$P_3 = \frac{4EoS}{2d} = \frac{3q_2}{d}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = \frac{3q_2}{d} (q_1 + q_2 + q_3)$$

$$q_0 = \frac{12q_2}{d} = \frac{12q^2}{d} + P_1 + q_1 + q_3$$



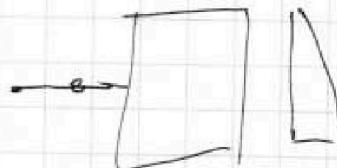
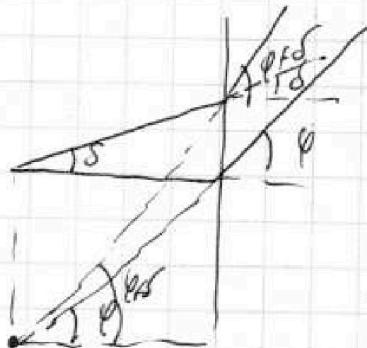
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



2



$$x = P_0 d \left(1 - \frac{n_0}{n}\right)$$

$$\rho_A = \frac{L_0}{r}$$



$\varphi_A$

$U = R_L$

$$\varphi_{1A} + \varphi_{2A} + \varphi_{3A} = \varphi_A$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \hline 194 \\ \hline 203 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \hline 0,03 \\ \hline 203 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \hline 19,21 \\ \hline 203 \end{array}$$

$$32 + 18 - 10$$

$$12 \cdot 18$$

$$16 \quad 28 \quad 48$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

О отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

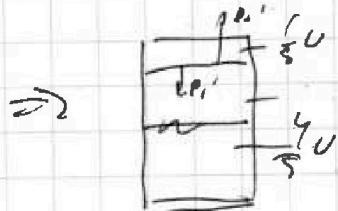


- 1      2      3      4      5      6      7

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

МФТИ

$T_0$	$\frac{1}{4}V$
$T_0$	$\frac{1}{4}V$
	$\frac{1}{4}V$



$$P_0 + \rho g h_0 = \frac{P_0}{2} e^{\frac{P_0}{\rho g V}} = \frac{P_0}{2} e^{\frac{P_0}{\rho g V}}$$

$$\alpha = k P_{\text{atm}} \quad \rho = (P_1 - P_0) \quad P_0 = \rho n \cdot R T_0 \quad (\alpha - \alpha_0) R T_0 = P_0 \frac{V}{2}$$

$$\alpha = k \frac{V}{2}$$

$$\frac{V}{2} = ?$$

$$\alpha - \alpha_0 = \frac{V}{2} - \frac{\alpha_0}{(\frac{P_0}{k P_0} - 1)} = \frac{V}{2} \left( 1 - \frac{1}{(\frac{P_0}{k P_0} - 1)} \right)$$

~~Когда вода~~

$$\frac{V - \alpha_0}{\alpha - \alpha_0} = \frac{\alpha_0}{\frac{V}{2} - \alpha_0} = \frac{\frac{1}{2}V + \frac{\alpha_0}{200}}{\frac{V}{2}}$$

$$P_0 V = P_0 n \cdot R T$$

$$\downarrow P_0 \quad \uparrow \alpha_0$$

~~$(\alpha - \alpha_0) R T_0 = \frac{V}{2} R T$~~

$$P_1 = P_0 + \alpha_0$$

$$\rho = \frac{P_0}{V}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \rho_0 R T \quad V_1 = 4000 T \alpha_0$$

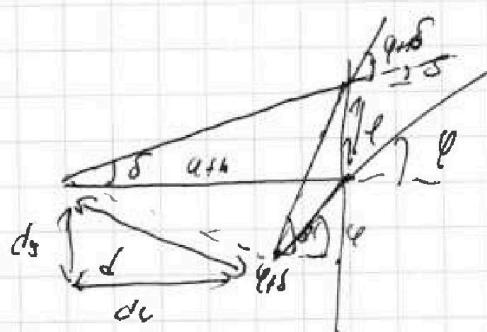
$$I \frac{P_0 T}{V}$$

$I = 8000 T$

$$P_B = P_0 + \rho_0$$

$$\varphi_g = \varphi_{d_1} (\varphi + S) d_2 - L = \varphi_{d_1} (\alpha_{d_1} - \alpha_x)$$

$$S = \frac{L}{\alpha_{d_1}} \quad (\varphi + \frac{L}{\alpha_{d_1}}) d_2 - L = \varphi (\alpha_{d_1} - \alpha_x)$$



$$\varphi_{d_1} \quad \varphi_{d_1} - \varphi_x = \varphi (\alpha_{d_1} - \alpha_x)$$

$$\varphi_{d_1} = \varphi_d + \varphi_h - \varphi_x$$

$$d_2 = \varphi (\alpha_{d_1} - \alpha_x)$$