

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



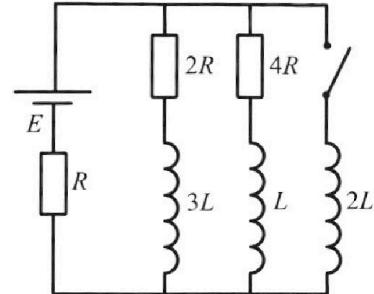
## Вариант 11-04

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

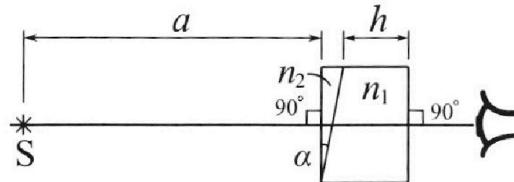
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 100$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



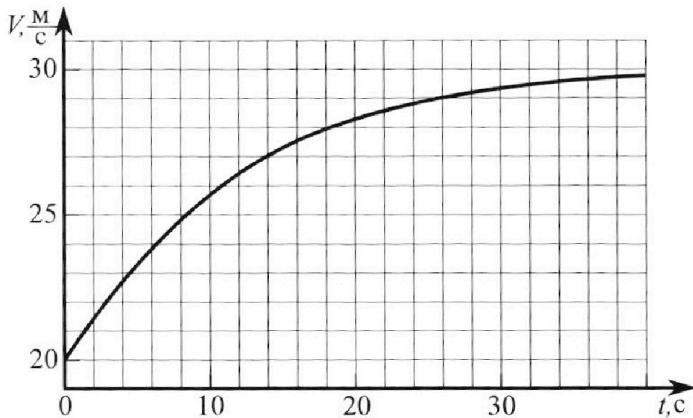
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



## Вариант 11-04

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

- 1.** Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?

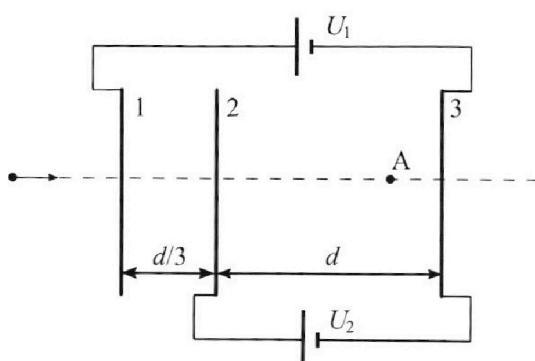
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

- 2.** Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k_{\text{Ген}} p$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

- 3.** Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 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 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 1

$$1) a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$$

Очевидно: 1)  $a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$  ( $\approx 7,5 \text{ м/с}^2$ )

$$3) P_{co} = F_0 v_0$$

$$\frac{P_{co}}{P} = \frac{F_0 v_0}{F_k v_k}$$

$$\frac{P_{co}}{P} = \frac{921 \cdot 82}{2000 \cdot 40} = 0,4$$

$$2) \frac{P}{v_k} = F_k$$

$$P = F_k v_k$$

$$ma_0 = \frac{P}{v_0} - F_0$$

$$F_0 = \frac{P}{v_0} - ma_0$$

$$F_0 = \frac{F_k v_k}{v_0} - ma_0$$

$$F_0 = \frac{200 \cdot 3,6}{40} - 200 \cdot \frac{3}{4}$$

$$F_0 = 200 - 150 = 120 \text{ Н}$$

Очевидно: 2)  $F_0 = 120 \text{ Н}$  ( $120 \text{ Н}$ )

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

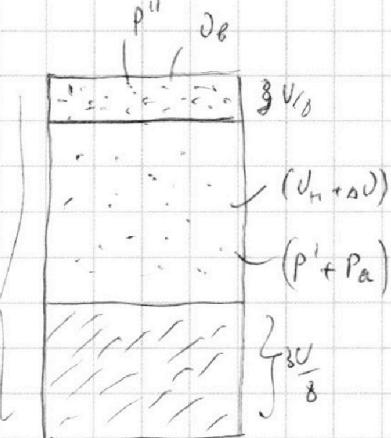
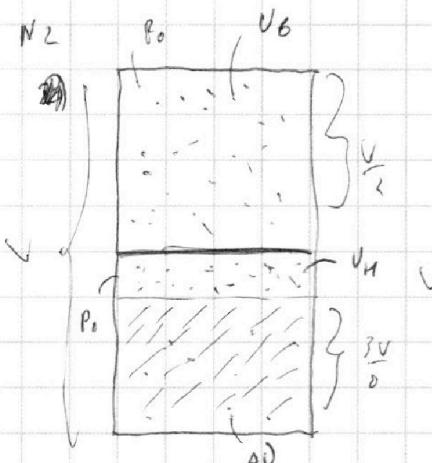
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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



$$\begin{aligned} \Delta P &= K P_0 \frac{\Delta V}{\Delta V} \\ P_0 \frac{\Delta V}{\Delta V} &= \Delta V R T_0 \\ \cancel{\Delta V} &\cancel{\Delta V} \\ \Delta V &= \frac{3 K R \Delta V}{\Delta V} \Delta V R T_0 \\ \Delta V &= 3 K \Delta V R T_0 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} P_0 \frac{V}{2} = \Delta V R T_0 \\ P_0 \frac{V}{8} = \Delta V R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{P_0 V \Delta V}{2 P_0 V} = \frac{\Delta V R T_0}{\Delta V R T_0}$$

$$\frac{V_B}{V_H} = 4$$

Ответ: 1)  $\frac{V_B}{V_H} = 4$ , (4)

$$\begin{aligned} 2) P_0 \frac{V}{2} &= \Delta V R T_0 \\ P'' \frac{V}{8} &= \Delta V R T \\ P_0 \frac{V}{8} &= \Delta V R T_0 \\ P' \frac{V}{2} &= (\Delta V + \Delta V) R T \\ P'' &= P' + \Delta P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_0 V \Delta V}{8 P' V} &= \frac{\Delta V R T_0}{\Delta V R T} \\ P'' &= \frac{4 T}{T_0} P_0 \end{aligned}$$

$$\frac{4 T}{T_0} P_0 = \frac{(1+3 K R T_0) T}{4 T_0} P_0 + \Delta P$$

$$\frac{T}{T_0} P_0 \left( 4 - \frac{1+3 K R T_0}{4} \right) = \Delta P$$

$$P_0 = \frac{T_0}{T} \left( 4 - \frac{1+3 K R T_0}{4} \right) \Delta P$$

$$P_0 = \frac{T_0}{4 T} (16 - 1 - 3 K R T_0) \Delta P$$

$$P_0 = \frac{T_0}{4 T} (15 - 3 K R T_0) \Delta P \quad (T = \frac{4}{3} T_0) \Rightarrow (T_0 = \frac{3}{4} T)$$

$$\frac{P_0 \Delta V}{8 P' V} = \frac{\Delta V R T_0}{\Delta V (1+3 K R T_0) R T}$$

$$P' = \frac{P_0 (1+3 K R T_0) T}{4 T_0}$$

$$P_0 = \frac{3}{4} \left( 15 - 3 + 1.6 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} (R T) \right) \Delta P$$

$$P_0 = \frac{3}{16} \left( 15 - \frac{81}{20} \right) \Delta P = \frac{3 \cdot 219}{320} \Delta P = \frac{657}{320} \Delta P$$

Ответ: 2)  $P_0 = \frac{657}{320} \Delta P$ , (657/320 ΔP)

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

Отметьте крестиком номер задачи,

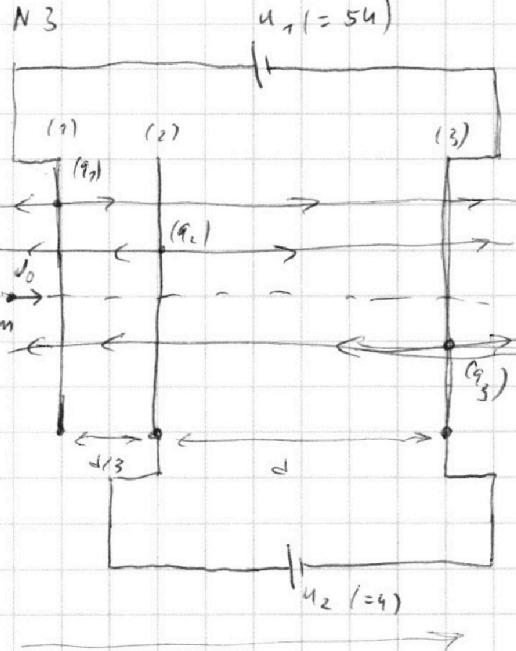
решение которой представлено на странице:



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



$$3) \left( \frac{q_1}{3\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) \frac{d}{3} + \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) d = -u_1$$

$$\left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) d = -u_2$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$-q_3 = q_1 + q_2$$

$$\frac{d}{6\epsilon_0 S} (q_1 - q_2 - q_3) - u_2 = -u_1$$

$$\frac{d}{6\epsilon_0 S} (q_1 - q_2 + q_3) - u_2 = -u_1$$

$$\frac{q_1 d}{3\epsilon_0 S} = -u_1 + u_2$$

$$q_1 = -3(u_1 - u_2) \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

~~$$\frac{d}{2\epsilon_0 S} (q_1 + q_2 - q_3) = -u_2$$~~

$$\frac{d}{2\epsilon_0 S} (q_1 + q_2 + q_3) = -u_2$$

$$q_1 + q_2 = -u_2 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_2 = -(q_1 + u_2 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d})$$

$$q_2 = -(-3(u_1 - u_2) \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} + u_2 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d})$$

$$q_2 = (3u_1 - 3u_2 - u_2) \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_2 = (3u_1 - 4u_2) \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$1) E_{23} = \frac{u_2}{d}$$

$$|I_1| = q E_{23}$$

$$|I_1| = \frac{q u_2}{m d}, \quad \underline{\underline{m d}}$$

$$\text{Ответ: 1)} |I_1| = \underbrace{\frac{q u_1}{m d}}_{\underline{\underline{m d}}} \left( \frac{q u_1}{m d} \right)$$

$$2) W_2 + A_n = W_3$$

$$A_n = -q u_2$$

$$W_3 - W_2 = -q u_2$$

$$\text{Ответ: 2)} W_3 - W_2 = -q u_1 \left( \underline{\underline{-q u_1}} \right)$$

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!

$$q_3 = -(q_1 + q_2)$$

$$q_3 = -(-3(u_1 - u_2) \cdot \frac{e_3}{d} + (3u_1 - 4u_2) \frac{e_3}{d})$$

$$q_3 = -(-3u_1 + 3u_2 + 3u_1 - 4u_2) \frac{e_3}{d}$$

$$q_3 = u_2 \cdot \frac{e_3}{d} \quad (u \cdot \frac{e_3}{d})$$

$$q_1 = -3(u_1 - u_2) \cdot \frac{e_3}{d} \quad (-3(5u - 4) \frac{e_3}{d} = -12u \frac{e_3}{d})$$

$$q_1 = (3u_1 - 4u_2) \cdot \frac{e_3}{d} \quad ((3 \cdot 5u - 4u) \frac{e_3}{d} = 11u \frac{e_3}{d})$$

$$S = \frac{U_a^2 - U_0^2}{2d}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{U_2^2 - U_0^2}{2 \cdot a_{12}}$$

$$q_{12} = 9 E_{12}$$

$$E_{12} = \frac{q_1}{2e_3} - \frac{q_2}{2e_3} - \frac{q_3}{2e_3}$$

$$E_{12} = \frac{-12u \frac{e_3}{d}}{2e_3} - \frac{11u \frac{e_3}{d}}{2e_3} - \frac{4 \frac{e_3}{d}}{2e_3}$$

$$E_{12} = -\frac{24u}{2d}$$

$$a = -\frac{24q_u}{2d}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{U_1^2 - U_0^2}{-\lambda \frac{2q_u}{2d}}$$

$$S = \frac{U_0^2 - U_2^2}{\lambda \frac{2q_u}{2d}}$$

$$8q_u = U_0^2 - U_2^2$$

$$U_2^2 = U_0^2 - 8q_u$$

$$d = \frac{U_a^2 - U_2^2}{2a_{23}}$$

$$q_{23} = 9 E_{23}$$

$$E_{23} = \frac{q_1}{2e_3} + \frac{q_2}{2e_3} - \frac{q_3}{2e_3}$$

$$E_{23} = \frac{-12u \frac{e_3}{d}}{2e_3} + \frac{11u \frac{e_3}{d}}{2e_3} - \frac{4 \frac{e_3}{d}}{2e_3}$$

$$E_{23} = -\frac{2u}{2d}$$

$$q_{23} = -\frac{2q_u}{2d}$$

$$d = \frac{U_a^2 - U_2^2}{-\lambda \frac{2q_u}{2d}}$$

$$q_{13} = \frac{U_1^2 - U_0^2}{\lambda \frac{2q_u}{2d}}$$

$$U_2^2 - U_a^2 = \frac{3}{2} q_u$$

$$U_a^2 = U_2^2 - \frac{3}{2} q_u$$

$$U_a^2 = U_0^2 - 8q_u - \frac{3}{2} q_u$$

$$U_a^2 = U_0^2 - \frac{19}{2} q_u$$

$$U_a = \sqrt{U_0^2 - \frac{19}{2} q_u}$$

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_0 \\ U_2 \\ U_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} q_u \\ q_u \\ q_u \\ q_u \end{bmatrix}$$

Ответ

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

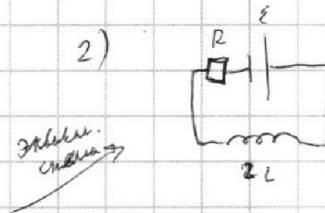
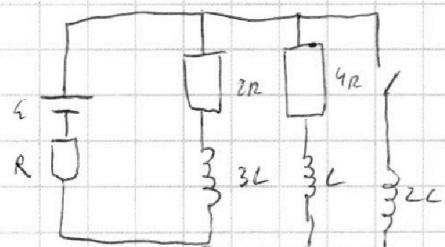


- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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 4

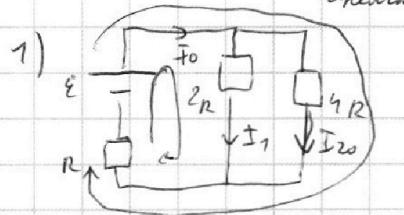


$$\left| \mathcal{E}_{iS} \right| = 2L I'$$

$$\mathcal{E}_{iS} = \mathcal{E}$$

$$I' = \frac{\mathcal{E}}{2L}$$

$$\text{Однако } 2) I' = \frac{\mathcal{E}}{2L} \left( \frac{\mathcal{E}}{2L} \right)$$



$$\mathcal{E} = I_0 R + I_1 2R$$

$$\mathcal{E} = I_0 R + I_{20} 4R$$

$$I_0 = I_1 + I_{20}$$

$$I_0 4R = I_1 2R$$

$$I_1 = 2 I_{20}$$

$$I_0 = 2 I_{20} + I_{20}$$

$$I_0 = 3 I_{20}$$

$$\mathcal{E} = 3 I_{20} R + I_{20} 4R$$

$$\mathcal{E} = 7 I_{20} R$$

$$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

$$\text{(решение 1)} I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R} \left( \frac{\mathcal{E}}{7R} \right)$$

$$\left| \frac{L I^2}{2} \right| = Q$$

$$Q_i = I_i^2 4R \alpha_i$$

$$\alpha_i = \frac{q_i^2 R}{\alpha + i}$$

$$Q = \int_0^\infty \frac{d q_i^2 R}{dt_i} dt_i = 4q^2 R$$

$$\frac{L I^2}{2} = 4q^2 R$$

$$q^2 = \frac{C I^2}{8R}$$

$$I = I_1 \quad I_1 = I$$

$$q = I \sqrt{\frac{C}{8R}} \quad I_1 = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$$

~~$$Q = \frac{3\mathcal{E}}{7R} \sqrt{\frac{C}{8R}}$$~~

$$\text{(решение 3)} Q = \frac{3\mathcal{E}}{7R} \sqrt{\frac{C}{8R}} \left( \frac{3\mathcal{E}}{7R} \sqrt{\frac{C}{8R}} \right)$$

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

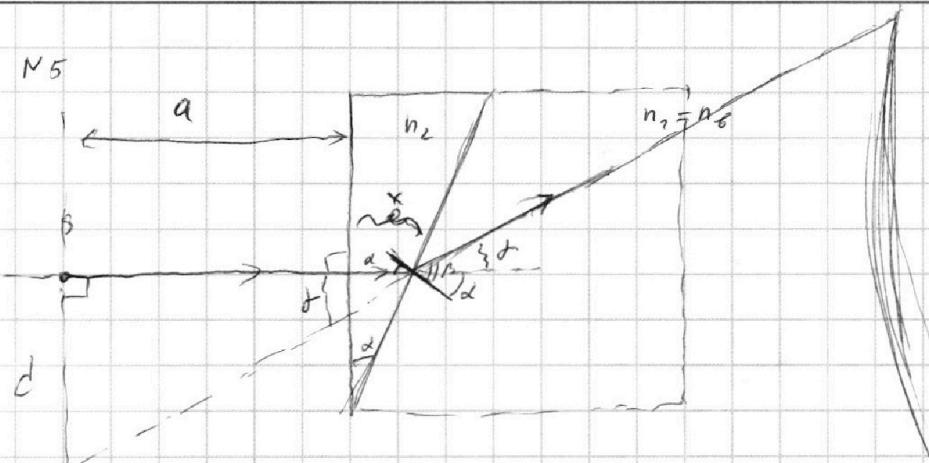
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

№5



$$1) \frac{d}{B} = \frac{n_1}{n_2}$$
$$\frac{d}{B} = 1 - 2$$

$$2) \beta = \frac{d}{a + X^0} \quad (\text{T. к лг} \rightarrow \text{зл})$$

~ по зм.

$$\beta = n_2 \cdot l - l$$

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

$$\beta = (1.6 - 1) \cdot 0.1 = 0.7 \cdot 0.1 = 0.07 \text{ маг}$$

$$\beta = \frac{d}{a}$$

$$d = a \beta$$

$$d = 1 \cdot 0.07 = 0.07 \text{ м} = 7 \text{ см}$$

Ответ: 1)  $\beta = 0.07 \text{ маг}$ ,  $(0.07 \text{ маг})$

Ответ:  $d = 7 \text{ см}$ ,  $(7 \text{ см})$

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

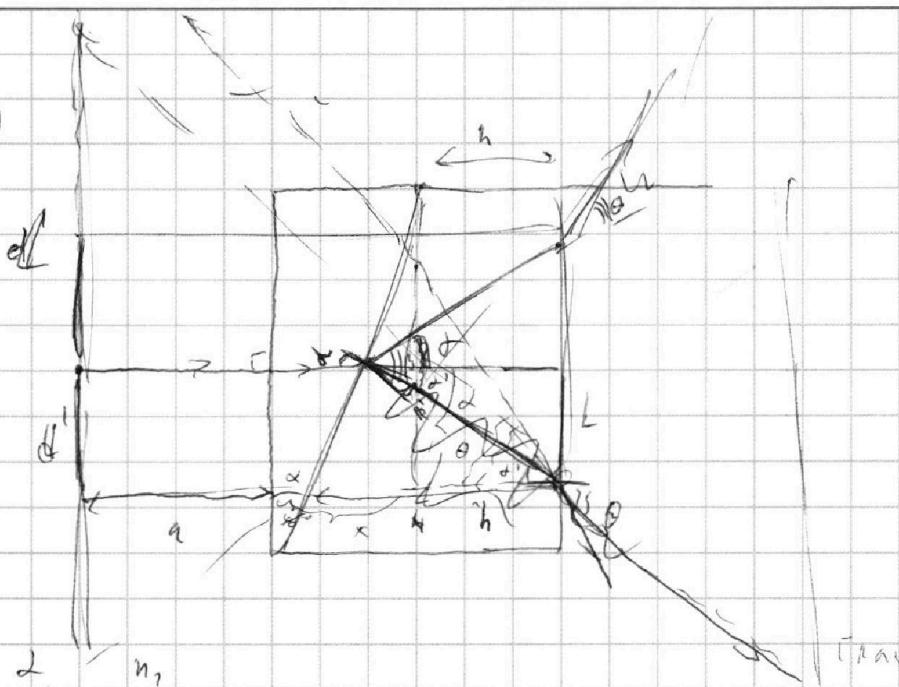
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

3)



$$\frac{d'}{d} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$d' = -d + \frac{n_2}{n_1} d = \frac{n_2 - n_1}{n_1} d$$

$$\theta' = \beta - \alpha$$

$$\frac{\partial \theta'}{\partial \alpha} = \frac{\partial \beta}{\partial \alpha}$$

$$\frac{n_2 - n_1}{n_1} d = \frac{1}{\alpha}$$

~~$$\theta' = \frac{d' + L}{a + h + L}$$~~

$$\theta' = (n_2 - n_1) d$$

$$\theta = \frac{d + L}{a + h + L}$$

$$L = \frac{n_2 - n_1}{n_1} h d$$

$$d' = \frac{L}{h}$$

$$d' = (1.7 - 1.5) / 1 + \frac{1.7 - 1}{1.5} \cdot 0.14 \cdot 0.07 \quad (a+h)\theta = d' + \frac{n_2 - n_1}{n_1} h d$$

$$d' = 0.5 \cdot 0.1 / \left( 1 + \frac{0.4}{1.5} \cdot 0.14 \right)$$

$$d' = (a+h)(n_2 - n_1)d - \frac{n_2 - n_1}{n_1} h d$$

$$d' = 0.5 \cdot 0.1 / \left( 1 + \frac{0.4}{1.5} \cdot 0.14 \right)$$

$$d' = (n_2 - n_1)d \left( a + h - \frac{h}{n_1} \right)$$

$$d' = \frac{3}{200} \cdot \frac{204}{200} = \frac{3.72}{20000} \text{ м}$$

$$d' = (n_2 - n_1) \left( a + \frac{n_1 - 1}{n_1} h \right) d$$

Решение: 3)  $d' = 3.72 \text{ см}$ ,  $(3.72 \text{ см})$

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!

$$P_t = A$$

$$P_t = F L$$

$$P = F_k U_k$$

$$P = F_x U_k$$

$$m a_0 = \frac{P}{U_0} - F_0$$

$$F_0 = \frac{F_x U_k}{U_0} - m a_0$$

$$P_t = F L$$

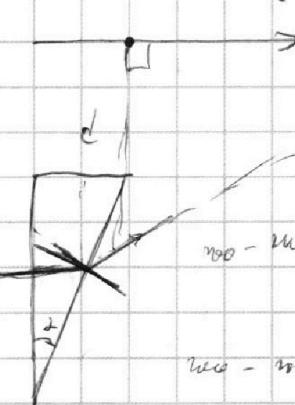
$$P = F \theta U$$

$$m a_0 = \frac{F_x U_k}{U_0} - F_0$$

$$F_0 = 300 \text{ N}$$

$$\theta = \alpha - \beta$$

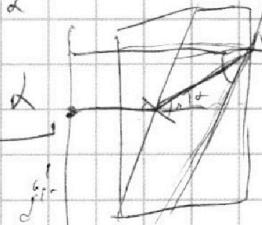
$$m v_0 \cdot \sin \theta$$



$$\frac{m v_0 - m v_0 \cdot \sin \theta}{2} = \frac{d}{P_0} = \frac{n_1 - n_2}{n_2}$$

$$\delta = n_2 \cdot L - L$$

$$\delta = (n_2 - 1) \cdot L$$



$$\frac{P_0 + F_0 U_0}{P} = 1 - \frac{F_0 U_0}{P}$$

$$= 1 - \frac{300}{600}$$

$$49\%$$

$$\theta = \alpha - \beta \quad \frac{4}{3} \pi \cdot m v_0$$

$$\theta = \alpha - \beta$$

$$1 - 0.6 = 0.4$$

$$\delta = \frac{d + x_0}{a + x_0}$$

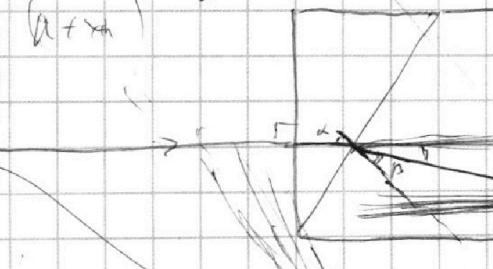
$$\frac{d + b}{a + b} = \alpha$$

$$\delta = \frac{d}{a}$$

$$d = a \delta$$

$$d = a(n_2 - 1) \cdot L$$

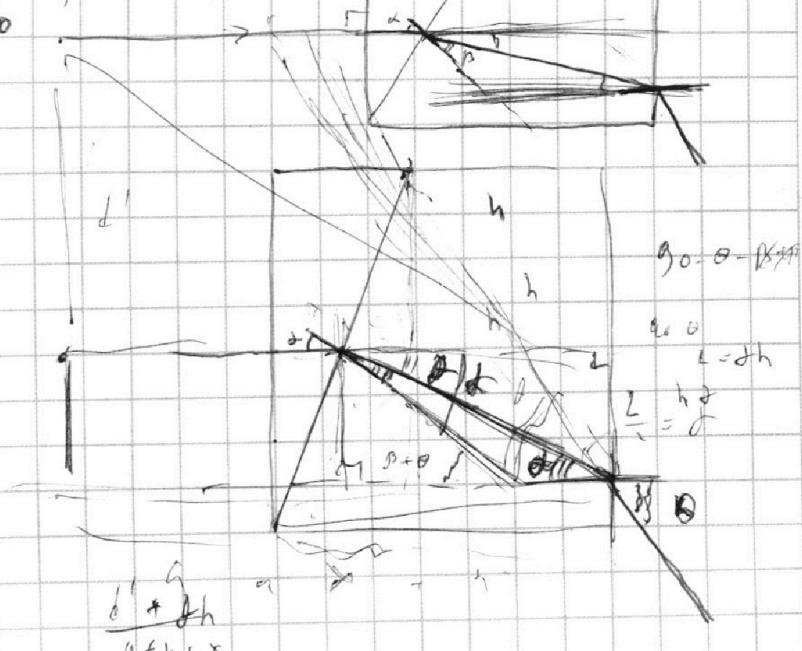
$$x_0$$



$$\theta = \frac{d}{a + h + x_0}$$

$$x_0 < 0$$

$$\theta = \frac{d + \delta h}{a + h + x}$$



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!

$$P_0 \frac{V}{2} = J_e R T_0$$

$$P'' \frac{V}{2} = J_B R T_0$$

$$4P_0 = P'' \frac{T}{T_0}$$

$$P'' = \frac{4T_0}{T_0} P_0$$

$$P'' = P' + P_a$$

$$P' =$$

$$P' = \frac{T_0}{T_0(1+3kRT_0)} P_0$$

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

$$T_0 = \tau_0 = \frac{3}{4} T$$

$$P' = \frac{4T_0}{T} P_0 = \frac{\tau_0}{T(1+3kRT_0)} P_0 + P_a$$

$$\frac{\tau_0}{T} P_0 \left( 4 - \frac{1}{1+3kRT_0} \right) = P_a$$

$$P_0 = \frac{T}{\tau_0}$$

$$2) P_0 = \frac{T}{\tau_0 \left( 4 - \frac{1}{1+3kRT_0} \right)} P_a$$

$$P_0 = \tau_0 = \frac{3}{4} T$$

$$P = \frac{F \cdot l}{l} \quad F_k = k \cdot l$$

$$\frac{3}{4} T \left( 15 - \frac{1}{1+3kRT_0} \right) = \frac{4P_a}{3(4 - \frac{1}{1+3kRT_0})}$$

$$m \cdot a = F$$

$$m \cdot a = \frac{P \cdot l}{l}$$

$$m \cdot a = \frac{P \cdot l}{l}$$

$$m \cdot a = \frac{P \cdot l}{l} + F_t$$

$$P = m \cdot a \cdot l$$

$$L = U_0 + \frac{3}{20} \left( 15 - \frac{1}{1+3kRT_0} \right) l = \frac{4P_a}{3(4 - \frac{1}{1+3kRT_0})}$$

$$P = m v^2 \cdot a \cdot l$$

$$\frac{3}{20} \left( \frac{300-87}{20} \right) l = \frac{4P_a}{3(4 - \frac{1}{1+3kRT_0})} = \frac{4P_a \cdot 207}{3 \cdot 384} =$$

$$U_0$$

$$\frac{F \cdot l}{l} = \frac{m \cdot a \cdot l}{l}$$

$$\frac{3 \cdot 219}{16 \cdot 20} =$$

$$F = \frac{P \cdot l}{l}$$

$$= \frac{657}{320} Pa \approx$$

$$= \frac{207}{30384} Pa = \frac{107}{288} Pa$$

96

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!

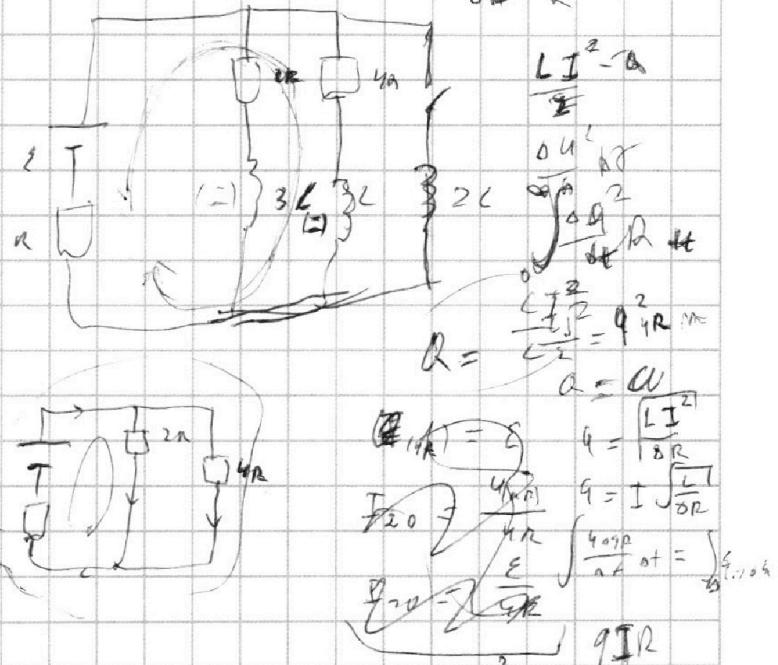
$$\left( \frac{3}{2} = \frac{V_0^2 - V_0^2}{2a} \right) \frac{3a}{2} = \frac{V_a^2 - V_0^2}{\frac{V_0^2}{4} - qu}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{V_0^2 - V_a^2}{qu}$$

$$V_a^2 = V_0^2 - \frac{3}{2} qu$$

$$V_G^2 = V_0^2 - 8qu - \frac{3}{2} qu$$

$$V_u = \sqrt{V_0^2 - \frac{19}{2} qu}$$



$$\epsilon - \epsilon_{12} = I_{12}R + I_{12}2R$$

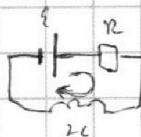
$$Q = \frac{I^2}{2}$$

$$\epsilon = I_{12}R + I_{12}4R$$

$$I_{12}4R = I_{12}2R$$

$$\epsilon_{12} = 2L(I)$$

$$I^2 - \frac{\epsilon_{12}}{2L}$$



$$\frac{LI^2}{2} = Q$$

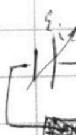
$$I = 3I_{12}R + I_{12}4R$$

$$\frac{LI^2}{2} = Q$$

$$\epsilon - \epsilon_{12} = 2R^2$$

$$\epsilon = \epsilon_{12}$$

$$2) \frac{I^2}{2} = \frac{\epsilon}{2L}$$



$$LI^2 = 0$$

$$9L^2 = 0$$

$$I = 0$$

$$I = 7I_{12}R$$

$$I = \frac{\epsilon}{2R}$$

$$\frac{LI^2}{2} = Q$$

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{q^2}{2} - Q$$

$$2 + 7R^2 = \frac{q^2}{2} - Q$$

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!

$$\frac{d}{360} \left( q_1 - q_2 + q_1 + q_2 \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} w_2 + u_2 = w_3 \\ u_2 = -q_1 - q_2 \end{array} \right. \quad \frac{v_0^2 - v_2^2}{8q_4} = d$$

$$v_2^2 = v_0^2 - 8q_4$$

$$\frac{d}{360} (q_1 - q_2 + q_1 + q_2) = u_1$$

$$u_1 - u_2 = -\frac{d}{360} q_1$$

$$q_1 = -\frac{u_1 - u_2}{d}$$

$$(q_1 = -\frac{u_1}{d} 360 - \sqrt{\frac{q_2}{d}})$$

$$q_2 = -\left(-\frac{u_1 - u_2}{d} 360 + \frac{u_2}{d}\right)$$

$$q_{23} = \frac{d}{d 282}$$

$$q_2 = \frac{u_1 - u_2}{d} 360 = \frac{u_2}{d}$$

$$(-12u + 724 - 4) =$$

$$= -\frac{24}{d} = -\frac{u}{d}$$

$$q_2 = \frac{d}{d} (6u_1 - 3u_2 - u_2)$$

$$q_2 = 11u \frac{d}{d}$$

$$q_3 = -\left(-\frac{u_1 - u_2}{d} 360 + \frac{u_2}{d} (2u_1 - 4u_2)\right)$$

$$w_3 - w_2 = -q u_2 (6q_4)$$

$$q_3 = \frac{u_1 - u_2}{d} 360 - \frac{u_2}{d} (3u_1 - 4u_2)$$

$$q_3 = \frac{u_2}{d} (3u_1 - 2u_2 - 2u_1 + 4u_2)$$

$$q_3 = \frac{u_2}{d} u_2 \quad t_3 = u \frac{d}{d}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{v_2^2 - v_0^2}{-2q_4 \frac{u}{d}}$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2u}$$

$$v_0 = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$s = \frac{v_0(v - v_0) + (v - v_0)^2}{2a}$$

$$s = \frac{2v_0\sqrt{v - 2v_0^2} + (v - v_0)^2 - 2v_0(v - v_0)}{2a}$$

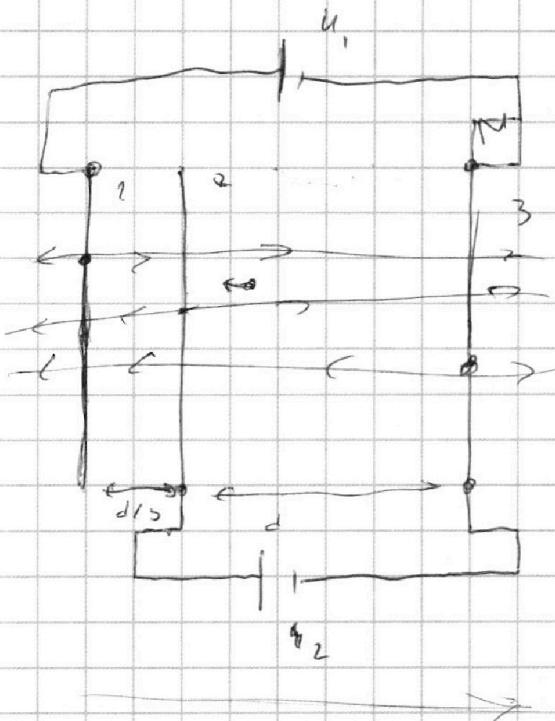
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E_{23} = \frac{u_2}{d}$$

$$m|a| = q E_{23}$$

$$1) |a| = \frac{1}{m d} u_2$$

$$\begin{aligned} & \text{d/3} \\ & \text{d/3} (q_1 - q_2 - q_3) + \frac{d}{2\omega_3} (q_1 + q_2 - q_3) = u_1 \\ & \frac{d}{2\omega_3} (q_1 + q_2 - q_3) = -u_2 \\ & q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{aligned}$$

$$E_{12} = \frac{d}{2\omega_3} (q_1 - q_2 - q_3)$$

$$E_{23} = \frac{d}{2\omega_3} (q_1 + q_2 - q_3)$$

~~W<sub>23</sub>~~

$$\begin{aligned} & \text{d/3} \\ & \text{d/3} = \frac{\omega_0^2 - \omega_2^2}{2\alpha_{12}} \\ & \frac{sd}{4} = \frac{\omega_2^2 - \omega^2}{2\alpha_{23}} \end{aligned}$$

$$-q_3 = q_1 + q_2$$

$$\frac{d}{4\omega_3} (q_1 + q_2) = -u_2$$

$$q_1 - q_2 = \frac{-u_2 E_{23}}{d}$$

$$q_2 = -\left(q_1 + \frac{u_2 E_{23}}{d}\right)$$

$$d =$$

$$d/3$$

| .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

**МФТИ**

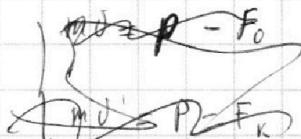
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)

$$ma = F_0$$

3(2)

$$\gamma \approx 1.5 \text{ МН}^2$$



F

$$P = \text{const}$$

$$FL = \text{const}$$

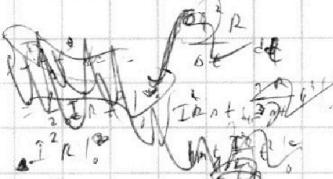
$$m(U' - U) = F_0 - F_k$$

$$P = \frac{F}{t}$$

$$m \frac{dU}{dt} = F$$

$$\int m dU = \int F dt$$

$$\begin{cases} \frac{L I^2}{2} = Q \\ Q = 0.7^2 R \cdot t \end{cases}$$



$$\gamma = P = F_0 \cdot t$$

$$i = \alpha$$

$$x(t) = F_0 t + x_0$$

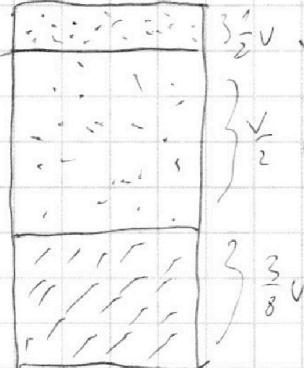
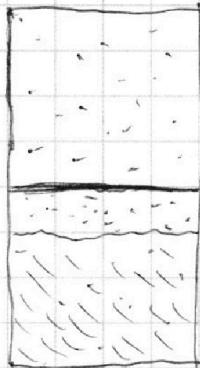
$$Q = 0.7^2 R \cdot t$$

$$\frac{Q}{t} = I$$

$$R = \frac{0.7^2 R}{\alpha t}$$

$$\int \frac{0.7^2 R}{\alpha t} dt$$

Tb



$$\Delta V = K p_0 \cdot \frac{3V}{8}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = J_B R T_0$$

$$\Delta V = K \frac{2J_B R T_0}{8} \cancel{\frac{3V}{8}}$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} K J_B R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{2} = J_H R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{2} = (J_H + \Delta V) R T$$

$$p_H = p_a$$

$$p'' \frac{V}{8} = p_0 \frac{V}{2}$$

$$p'' = p_a + p'$$

$$p_0 = \frac{8 J_H R T_0}{V}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = J_B R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{8} = J_H R T_0$$

$$\frac{p_0 V}{8} = \frac{J_H}{J_B} R T_0$$

$$\frac{J_H}{J_B} = \frac{1}{4}$$

$$J_H = \frac{1}{4} J_B$$

$$\frac{J_B}{J_H} = 4$$

$$J_B = 4 J_H$$

$$p' V = 2 (3 J_H R T_0) R T \quad p'' V = 2 J_H (1 + 3 K R T_0) R T$$

$$p'' = \frac{2 J_H R T}{V (1 + 3 K R T_0)}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

- |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 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:

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