

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

**Вариант 11-03**

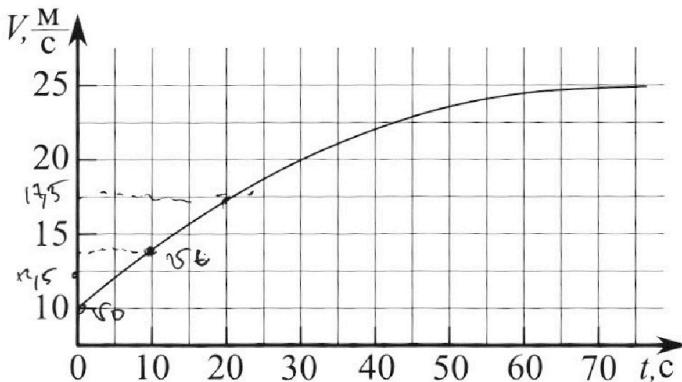


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 точно сть численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



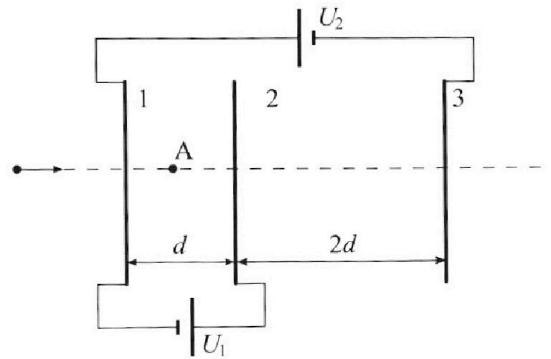
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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  $w$  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  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  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 отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

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

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





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

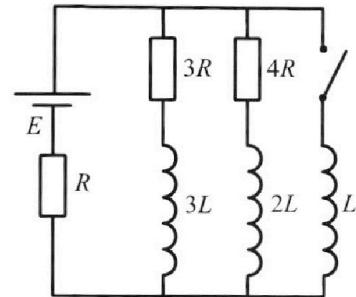


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

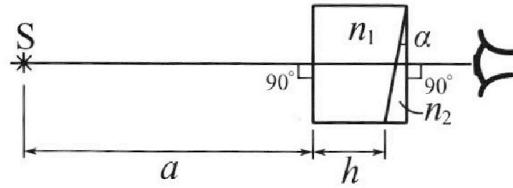
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

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"/> |

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

**МФТИ**

№ 1 (Продолжение)

3)  $P_0 = F_0 \cdot v_0 = 375240 \cdot 10 = 3752400 \text{ Вт}$

Объяснение:  
1)  $\alpha_0 = 0,25 \text{ м/с}^2$ .  
2)  $F_0 = 375240 \text{ Н}$ .  
3)  $P_0 = 3752400 \text{ Вт}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

Задача 1.

Дано: 1)  $a_0 = v(0) \approx \frac{v(10) - v(0)}{10} = \frac{12,5 - 10}{10} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ м/с}^2$

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

Найти:

1)  $a_0 = ?$

2)  $F_0 = ?$

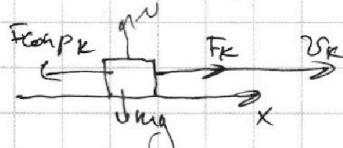
3)  $P_0 = ?$

2) Сила сопротивления движению пропорциональна  
скорости:  $|F_{\text{суп}}| = k |v|$

В конце района:

В городе закон флюида:

$$\vec{F}_k + \vec{F}_{\text{суп}} = m \vec{a}_k \quad (\text{т.к. в } 10 \text{ м от конца района } \vec{a}_k \approx 0)$$



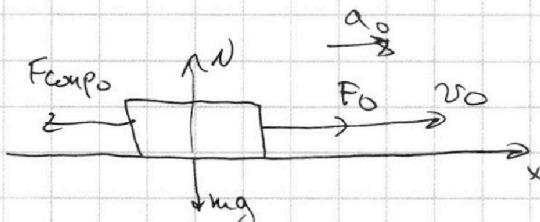
$$0x: F_k - F_{\text{суп}} = 0$$

$$F_k = F_{\text{суп}}$$

$$F_k = k \cdot v_k$$

$$k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600}{25} = 24$$

В начале района:



Второй закон Флюида на x:

$$F_0 - F_{\text{суп}}_0 = m a_0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0 \\ (F_0 = m a_0 + k v_0)$$

$$= 1500 \cdot 250 + 240 = 375240 \text{ Н}$$

$$F_0 = 1500 \cdot 10^3 \cdot 0,25 + 24 \cdot 10 = 1500288 \cancel{+ 240} \text{ Н}$$

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!

N2 (продолжение)

$$\frac{S_{POT}}{2T_0} = \frac{20RT}{11V} \left( \frac{P_0T}{4RT_0} + k \cdot p_0 \cdot \frac{5}{4} \right) + 2p_0$$

$$\begin{aligned} \frac{P_0}{T_0} &= \frac{2R}{11V} \cdot \frac{P_0T}{4RT_0} + \frac{8R}{11V} \cdot \frac{1}{4} k RT_0 \\ P_0 &= \frac{2p_0}{11T_0} + \frac{2R \cdot k p_0}{11} \end{aligned}$$

$$\frac{S_{POT}}{2T_0} = \frac{5T_0}{11T_0} + \frac{5RT_0 p_0 k}{11} + 2p_0$$

$$\frac{45}{22} \cdot p_0 \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{5p_0 k RT}{11} + 2p_0$$

$$\frac{45}{2} p_0 T = 5p_0 \cdot k RT \cdot T_0 + 22p_0 T_0$$

$$\begin{aligned} \frac{T}{T_0} &= \frac{\frac{45}{2} p_0 - 5p_0 k RT_0}{22p_0 T_0} \\ \frac{T}{T_0} &= \frac{\frac{45}{2} p_0}{22p_0} - \frac{5p_0 k RT_0}{22p_0 T_0} \end{aligned}$$

$$T_0 (22p_0 + 5p_0 k RT) = \frac{45}{2} p_0 T$$

$$T_0 = \frac{\frac{45T}{2}}{2(22+5kRT)} = \frac{45T}{44+10kRT}$$

$$\begin{aligned} \left[ \frac{T}{T_0} = T \cdot \frac{44+10kRT}{45T} = \frac{44+10kRT}{45} = \frac{44+10 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{45} \right. \\ \left. = \frac{44+15}{45} = \frac{59}{45} \right] \text{ Отсюда: } \begin{aligned} 1) \frac{\Delta T}{T_0} &= 2 \\ 2) \frac{T}{T_0} &= \frac{59}{45} \end{aligned} \end{aligned}$$

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

## №2 Продолжение

Т.к.  $T = 373 \text{ K}$ , то  $P_{\text{НП}} = P_{\text{атм}} = 2 \text{ Pa}$  - давление избыточного насыщенных паров в конусе.

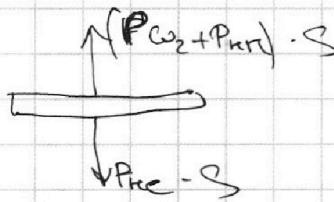
(Зависимость давления насыщенного пара от температуры):

$$P_{\text{НП}} \cdot \left( \frac{T_0}{5} - \frac{v}{a} \right) = \Delta_{\text{НП}} RT$$

Тогда на горизонте снизу давление будет

$$T_0 = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{He}} \quad T_0 = P_2 - S, \quad \text{где } P_2 = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{НП}} - m$$

закону Дальтона



По второму закону Физиолона  
две сосуды находятся  
(приведены в eq)

$$(P_{\text{CO}_2} + P_{\text{НП}}) \cdot S - P_{\text{He}} \cdot S = 0$$



$$(1): \quad P_{\text{He}} = \frac{5 \Delta_{\text{НП}} RT}{T_0} = \frac{5 RT}{2 T_0} \cdot \frac{P_0 T_0}{2 RT_0} = \frac{5 P_0 T}{2 T_0}$$

$$(2): \quad P_{\text{CO}_2} = (\Delta_{\text{CO}_2} + \Delta_{\text{НП}}) RT \cdot \frac{20}{11 T_0} = \left( \frac{P_0 T_0}{2 RT_0} + \Delta_{\text{НП}} \right) \cdot \frac{20 RT}{11 T_0}$$

$$\frac{5 P_0 T}{2 T_0} = \frac{20 RT}{11 T_0} \left( \frac{P_0 T_0}{4 RT_0} + \Delta_{\text{НП}} \right) + P_{\text{НП}}$$

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!

ω₂ (Продолжение)

1) Горшок в равновесии; давление газов с боков  
~~но~~  $\rightarrow$  (т.к. горшок небесовесит, действует сила гравитации земли)  
Уравнение Менделеева - Капелюхона для Рдн в  
верхней части:

$$p_0 \cdot \frac{\pi}{2} = \bar{v}_{He} RT_0 \Rightarrow \bar{v}_{He} = \frac{p_0 \pi}{2RT_0}$$

Для не растворимого  $\bar{v}_{CO_2}$  в начальной части:

$$p_0 \cdot \frac{\pi}{4} = \bar{v}_{CO_2} RT_0 \quad (\text{Давление водяного пара } \cancel{\text{изолировано}} \text{ присоединено})$$
$$\left[ \frac{\bar{v}_{He}}{\bar{v}_{CO_2}} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \pi}{\frac{1}{4} p_0 \pi} = 2 \right]$$

2) За счет процесса нагревания из ~~бутылки~~ жидкости  
выделяется газ  $CO_2$  в количестве  $\Delta v = k_{Pr} v$ ,  
где  $v = \frac{\pi}{4}$ , а  $p = p_0 = \frac{\text{Рдн}}{2}$ , т.к. давление водяного  
пара в нра количеством ~~изолировано~~ можно пренебречь.

Уравнение Менделеева - Капелюхона:

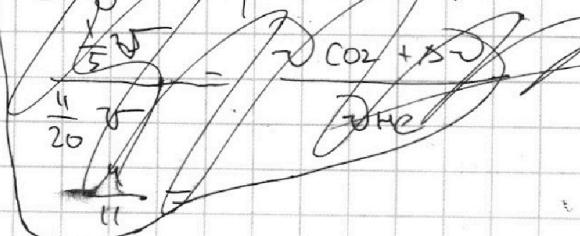
Для газов в верхней части сосуда:

$$p_{He} \cdot \frac{\pi}{5} = \bar{v}_{He} RT \quad (1)$$

Для выделившегося газа в начальной части:

$$p_{CO_2} \left( \frac{4\pi}{5} - \frac{\pi}{4} \right) = (\bar{v}_{CO_2} + \Delta v) RT \quad (2)$$

В конце процесса в равновесии получим  $p_{He} > p_{CO_2}$ :



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!

Задача 2.

Дано:

$$T_1, p_0 = p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{2}$$

$T_0$

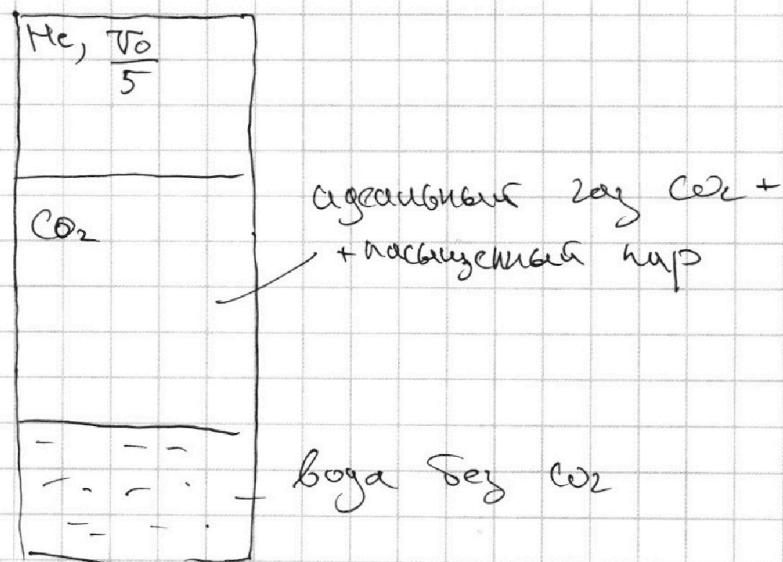
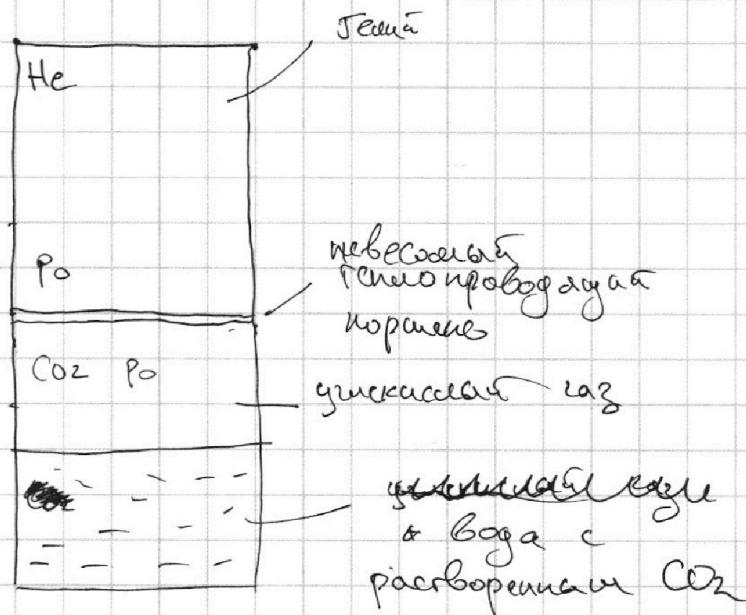
~~$$V_m = \frac{V}{4}$$~~

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

Найти:

$$1) \frac{\partial n_{\text{He}}}{\partial n_{\text{CO}_2}} = ?$$

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



Закон Генри:

$$\Delta p = k p_{\text{нв}},$$

$$\Delta p = k p_{\text{нв}}, p - \text{нарушающее давление газа}$$

$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{Па}}; RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

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!

2) На частицу, действует только притягивающая сила  $\vec{F}_1$ , также верен закон сохранения энергии:

$$W = \frac{mv_0^2}{2} = \text{const}$$

Запишите этот закон для движущейся частицы, когда частица проходит расстояние  $L$  и  $\varphi$ :

$$K_1 + Q_1 \cdot \varphi = K_2 + Q_2 \cdot \varphi$$

$$[K_1 - K_2 = (Q_2 - Q_1) \varphi = a \cdot \varphi]$$

3) Закон сохранения энергии в форме A:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + E_{12} \cdot \frac{d}{4} \varphi$$

~~Чтобы сократить время, я искал выражение для  $\varphi$  из условия, что  $\varphi = 0$  в точке A.~~

$$\varphi = E_{12} \cdot \frac{d}{4} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{4} E_{12} d$$
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{3d}{4} \cdot \frac{d}{4} \varphi$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{3d}{16} \varphi$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{3d}{8} \varphi$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3d}{8} \varphi}$$

$$\text{Отвр.: 1)} a_{12} = \frac{4\varphi}{m} / 2) K_1 - K_2 = a \cdot \varphi / 3) v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3d}{8} \varphi}$$



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

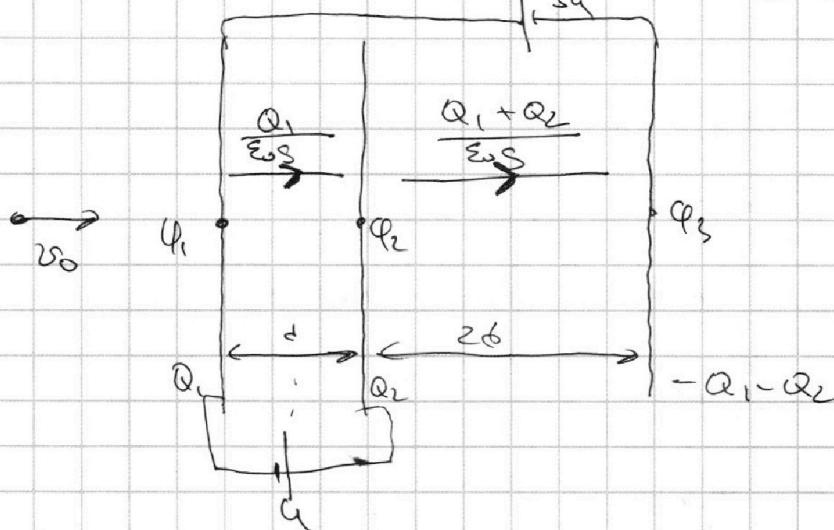
**МФТИ**

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

№3. (Продолжение)

$$E_1 - E_2 + E_3 = \frac{Q_1 - Q_2 + Q_3}{2\epsilon_0 s} < \frac{Q_1 - Q_2 + Q_1 + Q_2}{2\epsilon_0 s} = \frac{Q_1}{\epsilon_0 s}$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{2\epsilon_0 s} = \frac{Q_1 + Q_2}{\epsilon_0 s}$$



~~если  $Q_2 > E_1 \cdot d / \epsilon_0 s$~~

то направление от 1 к 2

$$U = Q_2 - Q_1 = -Ed = \frac{-Q_1 d}{\epsilon_0 s} \Rightarrow Q_1 < 0, Q_2 < 0, Q_3 < 0$$

и тоже между 1 и 2 в соответствии  
направлено влево.

На концы генерируется  $\vec{F}_{312} = \vec{E}_2 \cdot q$

Второй закон Кирхгофа

$$\vec{F}_{312} = m \ddot{\vec{q}}_2, a_{12} \text{ направлено по нормали к } \vec{q} > 0$$

$$E_2 q = m a_2 \Rightarrow a_{12} = \frac{E_2 q}{m}; U = Q_2 - Q_1 = E_2 \cdot d \Rightarrow$$

$$\cancel{a_{12} = \frac{E_2 q}{m}} \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d} \Rightarrow \left[ a_{12} = \frac{U q}{m d} \right]$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

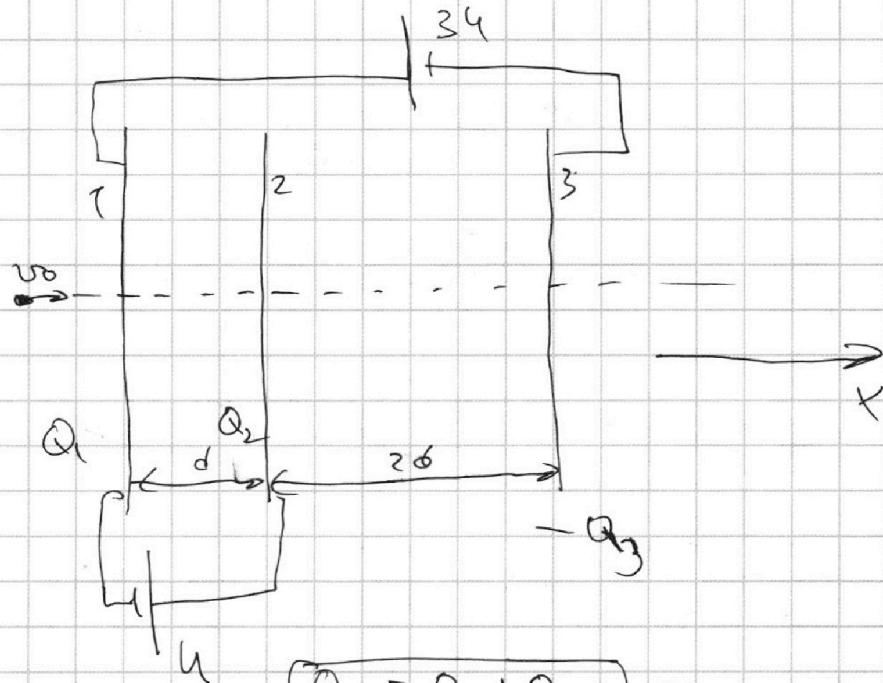
Задача 3.

Дано:

$$\Phi; u_1 = u; u_2 = 3u; \\ m; g \geq 0;$$

Найти:

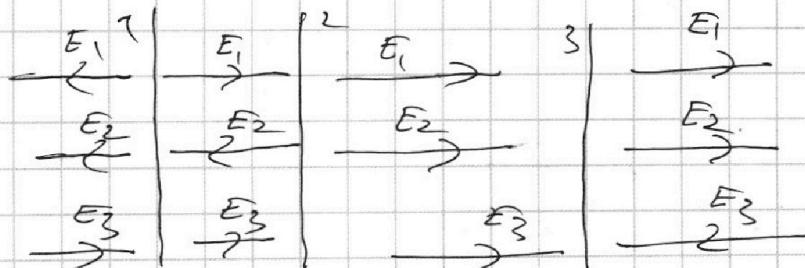
- 1)  $A_{12} = ?$
- 2)  $k_1 - k_2 = ?$
- 3)  $v_k = ?$



$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

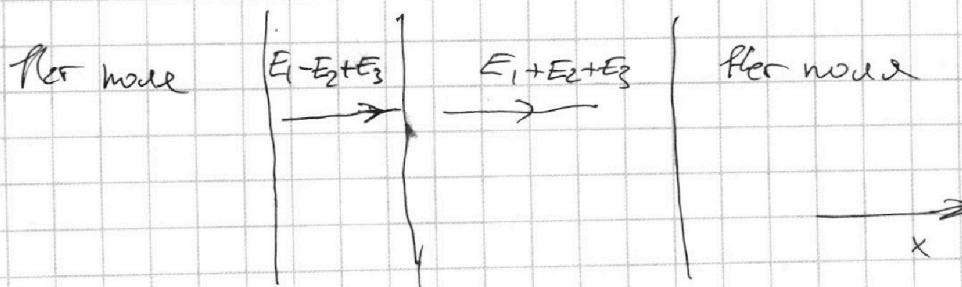
Предположим  $Q_1 > 0, Q_2 > 0 \text{ и } Q_3 > 0$

Тогда  $E_1 = \frac{Q_1}{2\varepsilon_0S}; E_2 = \frac{Q_2}{2\varepsilon_0S}; E_3 = \frac{Q_3}{2\varepsilon_0S}$



Принцип суперпозиции:

Принцип суперпозиции:





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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

№4 Продолжение.

$$q_3 = \frac{L}{3R} (I_L(t_{\text{нач}}) - 0) - \frac{L}{R} (0 - I_{10})$$

$$q_3 = \frac{L}{3R} I_L(t_{\text{нач}}) + \frac{L}{R} I_{10}$$

$I_L(t_{\text{нач}}) = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — закон Ома для установившегося  
 решения, когда тока через  $3R$  и  $9R$   
 нет ( $U_L = 0$ )

$$q_3 = \frac{L}{3R} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{L}{R} \cdot \frac{4\mathcal{E}}{15R} = \frac{8L}{3R^2} + \frac{4\mathcal{E}L}{15R^2} = \frac{\cancel{8L} \cdot (19\mathcal{E}L + 12\mathcal{E}L)}{57R^2} =$$

$$= \frac{31\mathcal{E}L}{57R^2}$$

Образ: 1)  $I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{15R}$

2)  $I'(t) = \frac{12\mathcal{E}}{15L}$

3)  $q_3 = \frac{31\mathcal{E}L}{57R^2}$

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

МФТИ

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

#### №4. Продолжение.

~~Тогда~~ ~~заряд проходит через источник~~

Пусть  $q(t)$  - заряд, проекциий через источник,  $q_1(t)$  - проекциий через  $L$ ,  $q_2(t)$  - через  $2L$  а  $q_3(t)$  - через  $3L$

$$q(t) = q_1(t) + q_2(t) + q_3(t)$$

$$I_{3L} \cdot 3R = E - I_{0\text{дл}} \cdot R - 3L \frac{dI_{3L}}{dt} \mid \bullet \Delta t$$

$$\Delta q_3 \cdot 3R = E \cdot \Delta t - \Delta q \cdot R - 3L \cdot \Delta I_{3L}$$

~~Изменение получим для тока через резистор 4R~~

$$\Delta q_2 \cdot 4R = E \cdot \Delta t - \Delta q \cdot R - 2L \cdot \Delta I_{2L}$$

Капремещение на L:

Используя

$$E - I_{0\text{дл}} \cdot R = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \mid \bullet \Delta t$$

$$E \cdot \Delta t - \Delta q \cdot R = L \Delta I_L$$

$$E \cdot \Delta t = L \Delta I_L + \Delta q \cdot R$$

$$\Delta q_3 \cdot 3R = E \cdot \Delta t - \Delta q \cdot R - 3L \cdot \Delta I_{3L}$$

~~Изменение получим для тока через резистор 3R~~

$$\Delta q_3 \cdot 3R = L \Delta I_L - 3L \Delta I_{3L}$$

$$\Delta q_2 \cdot 4R = 2L \Delta I_L - 12L \Delta I_{3L}$$

$$\Delta q_3 = \frac{L \Delta I_L - 3L \Delta I_{3L}}{3R} \quad (*)$$

Последнее ресулт ( $*$ ) от момента замыкаемого контура go  
установившегося решения:

$$\sum \Delta q_3 = \frac{L}{3R} \sum \Delta I_L - \frac{3L}{3R} \sum \Delta I_{3L}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

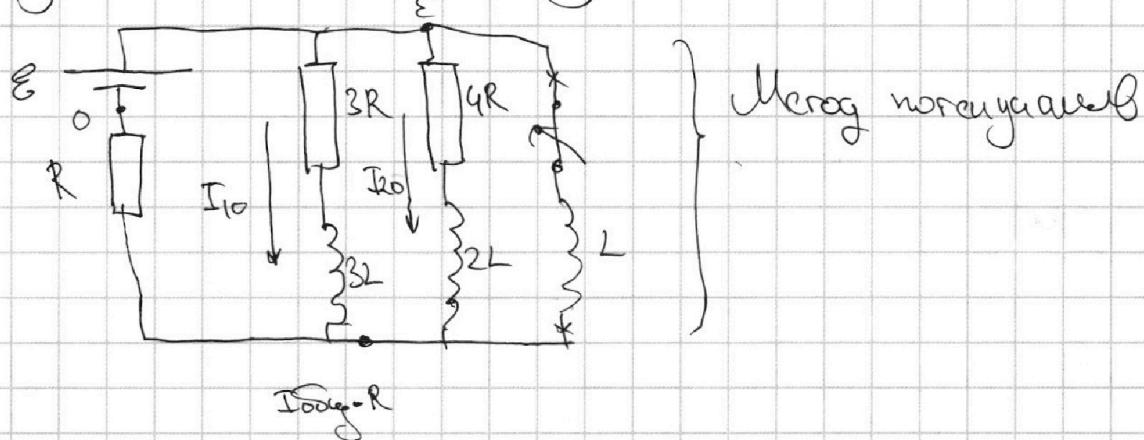
МФТИ



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

## № 4. Продолжение

2) В момент замыкания ключа ток через катушки стекаются не суммируются:



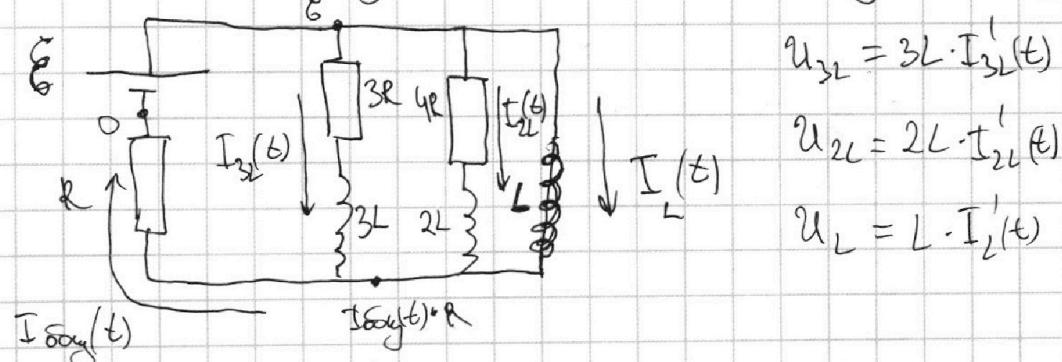
Ток через  $L$  мерод, значит  $I_{\text{общ}} = I_{10} + I_{20} = \frac{7}{4}I_{10} = \frac{7E}{16R}$   
Напряжение на катушке  $L$ :  $U_L = E - I_{\text{общ}} \cdot R = \frac{12E}{16R}$

$$= E - \frac{7E}{16R} \cdot R = \frac{12E}{16} = \frac{3E}{4}$$

также  $U_L = L \cdot I'(t) \Rightarrow I(t) = \frac{U_L}{L} =$

$$= \frac{3E}{4L}$$

3) После открытия проузольного ключа токи в ветвях



$$U_{3L} = 3L \cdot I_{3L}'(t)$$

$$U_{2L} = 2L \cdot I_{2L}'(t)$$

$$U_L = L \cdot I_L'(t)$$

По закону Ома расщепляем ток на  $3R$ :

$$I_{3L} = \frac{E - U_{3L}}{3R} = \frac{E - I_{\text{общ}} \cdot R - 3L \cdot I_{3L}'(t)}{3R} \Rightarrow I_{3L} \cdot 3R = E - I_{\text{общ}} \cdot R - 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

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!

Задача 4.

Дано:

$$E, R, L$$

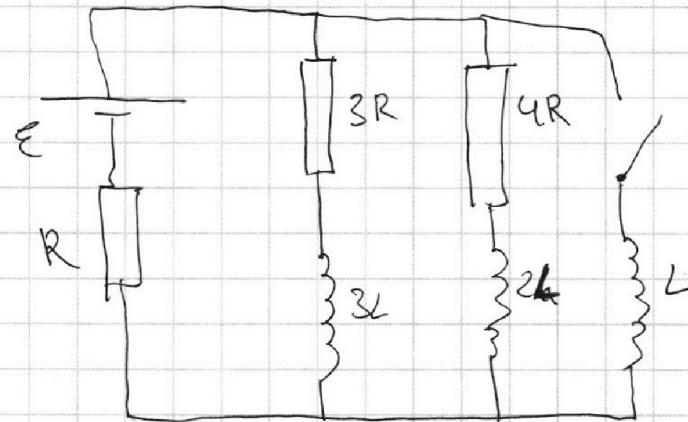
Найти:

1)  $I_{10} = ?$

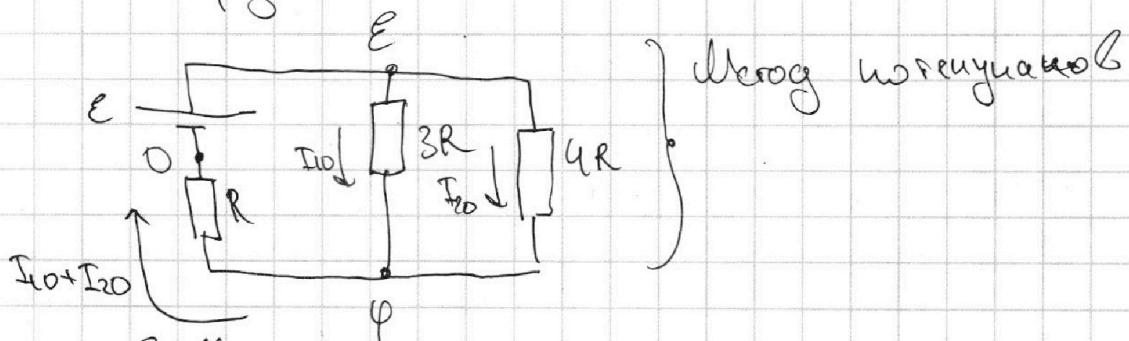


2)  $I_L^1(t) = ?$

3)  $q_{3R} = ?$



1) До замыкания ключа, в установившемся  
режиме, ток через катушки не меняется  
и можно считать следующим  
образом:



$$I_{10} = \frac{E - q}{3R} \quad - \text{закон Ома}$$

$$I_{20} = \frac{E - q}{4R} = \frac{3}{4} I_{10}$$

$$I_{10} + I_{20} = \frac{q}{R} = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$\frac{q}{R} = \frac{7}{4} \cdot \frac{E - q}{3R}$$

$$12q = 7E - 7q$$

$$19q = 7E \Rightarrow q = \frac{7}{19} E \Rightarrow \left[ I_{10} = \frac{E - q}{3R} = \frac{\frac{12}{19} E}{3R} = \frac{4E}{19R} \right]$$

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

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

Задача 3.

Дано:

$$d; 2d;$$

$$U_1 = U_3;$$

$$U_2 = 3U_1;$$

$$m; q \geq 0;$$

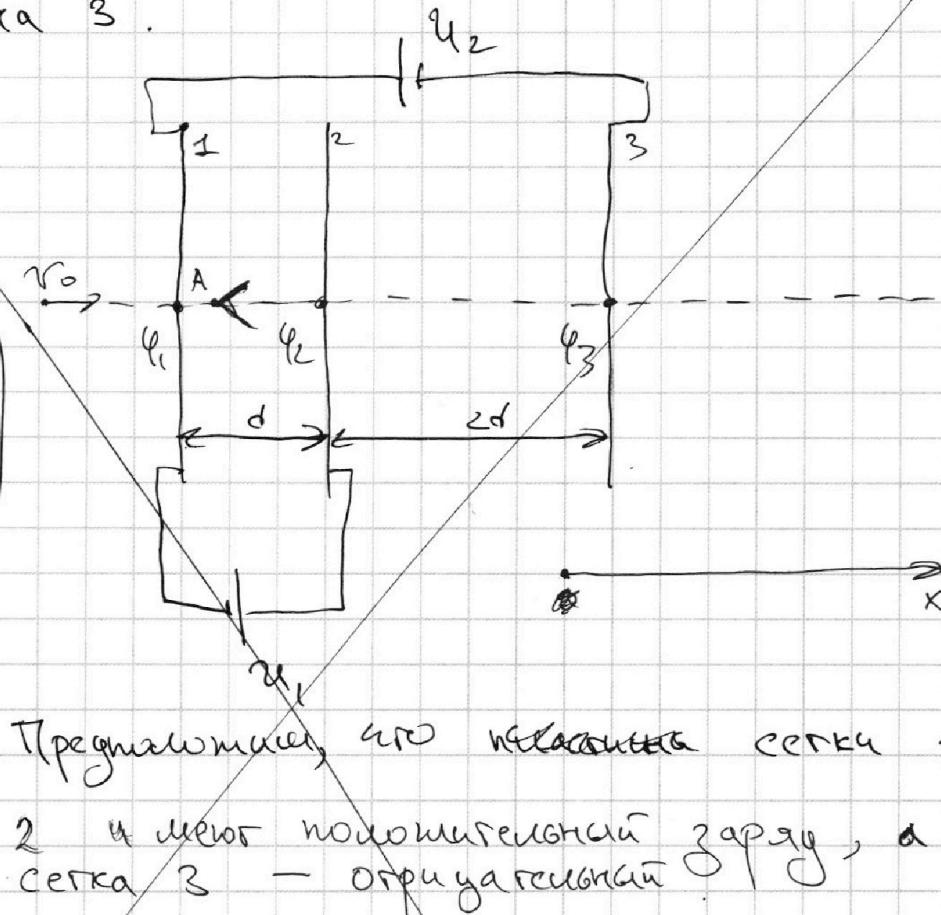
если

Найти:

$$1) a_{12} = ?$$

$$2) K_1 - K_2 = ?$$

$$3) v_A = ?$$



1) На конец 2 действует  $\vec{F}_{212} = \vec{E}_{12} \cdot q$  (мы будем пользоваться 1 и 2)

Второй закон Ньютона:

$$\vec{F}_{212} = m \vec{a}_{12}$$

$$\vec{E}_{12} \cdot q = m \vec{a}_{12}$$

$$q \cdot \frac{U_2 - U_1}{d} = m \frac{a_{12}}{q}$$

По условию  $U_2 - U_1 = U_1$ , но при этом  $\vec{E}_{12}$  направлена от 2 к 1 и масштаб, а т.к.  $q > 0$

$$U_2 - U_1 = E_{12} \cdot d \Rightarrow E_{12} = \frac{U_2 - U_1}{d} = \frac{U_1}{d}$$



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 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 (продолжение)

10)  $F_3$  направлена так же от 2 к 2 масле.

$\vec{a}_2$  сопровождено с  $\vec{F}_{312}$  а  $\vec{E}_{12}$ .

$$E_{12} q = m a_2$$

$$\frac{U_1}{d} q = m a_{12}$$

$$a_{12} = \frac{U_1 q}{dm} = \frac{U q}{dm}$$

$$a_{12} = \frac{U q}{dm}$$

2) На расстояние между собой всех неподвижных сила, значит всем закон сохранения энергии:

$$W = \frac{mv^2}{2} = \text{const}$$

Запишем этот закон для ~~один~~ ~~одной~~ массы, когда ~~один~~ ~~одна~~ проходит сквозь 1 и 2:

$$k_1 + \varphi_1 q = k_2 + \varphi_2 q$$

$$k_1 - k_2 = (\varphi_2 - \varphi_1) q; \text{ но условие } \varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$k_1 - k_2 = U_1 q = U q$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

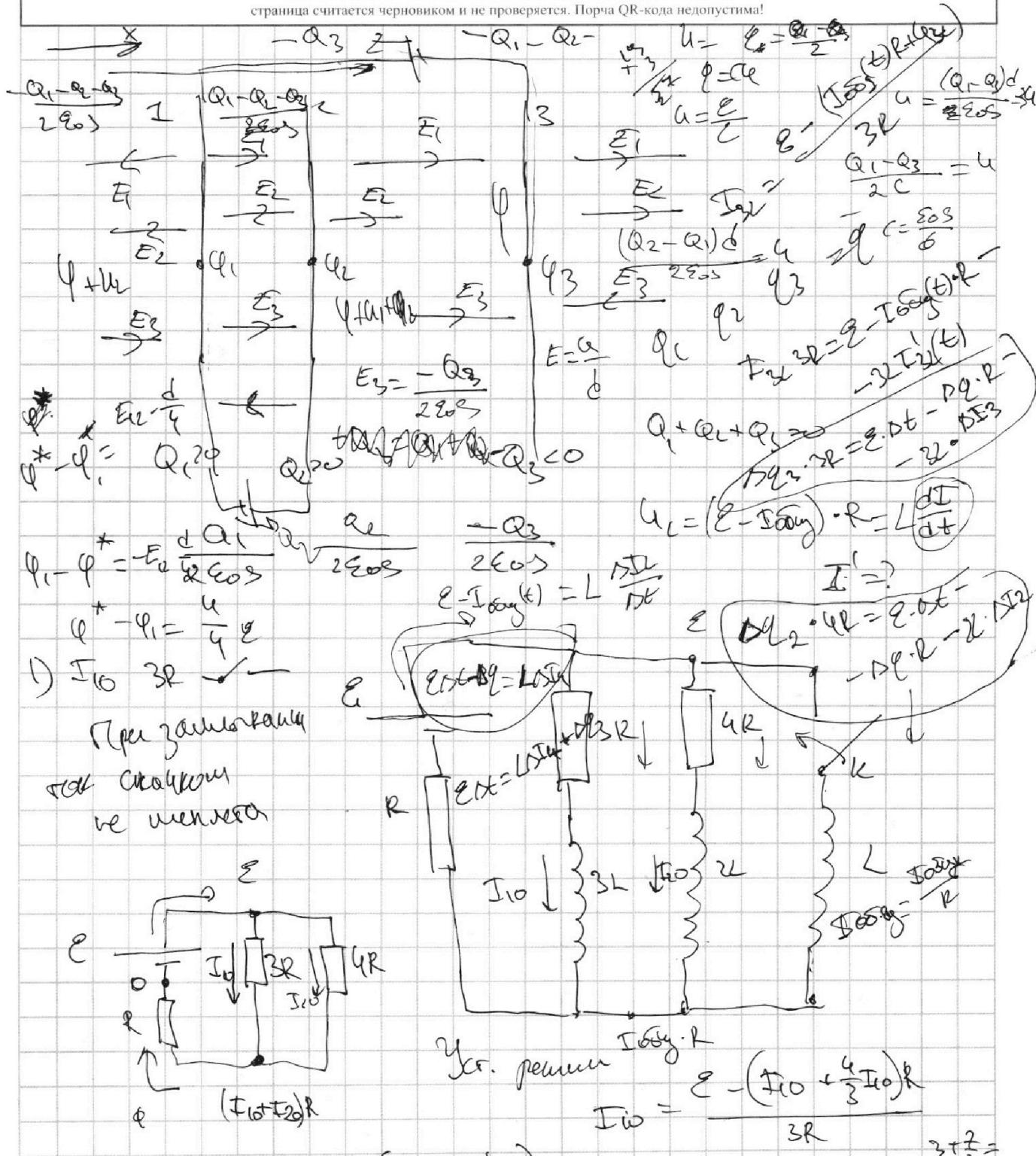
решение которой представлено на странице:



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



$$I_{10} = \frac{E - (I_{10} + I_{20})R}{3R} \Rightarrow I_{20} = \frac{4}{3} I_{10}$$

$$I_{10} \cdot 3R = E - \frac{1}{3} I_{10} R \quad \frac{16}{3} I_{10} R = E$$

$$I_{10} = \frac{3E}{16R}$$

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

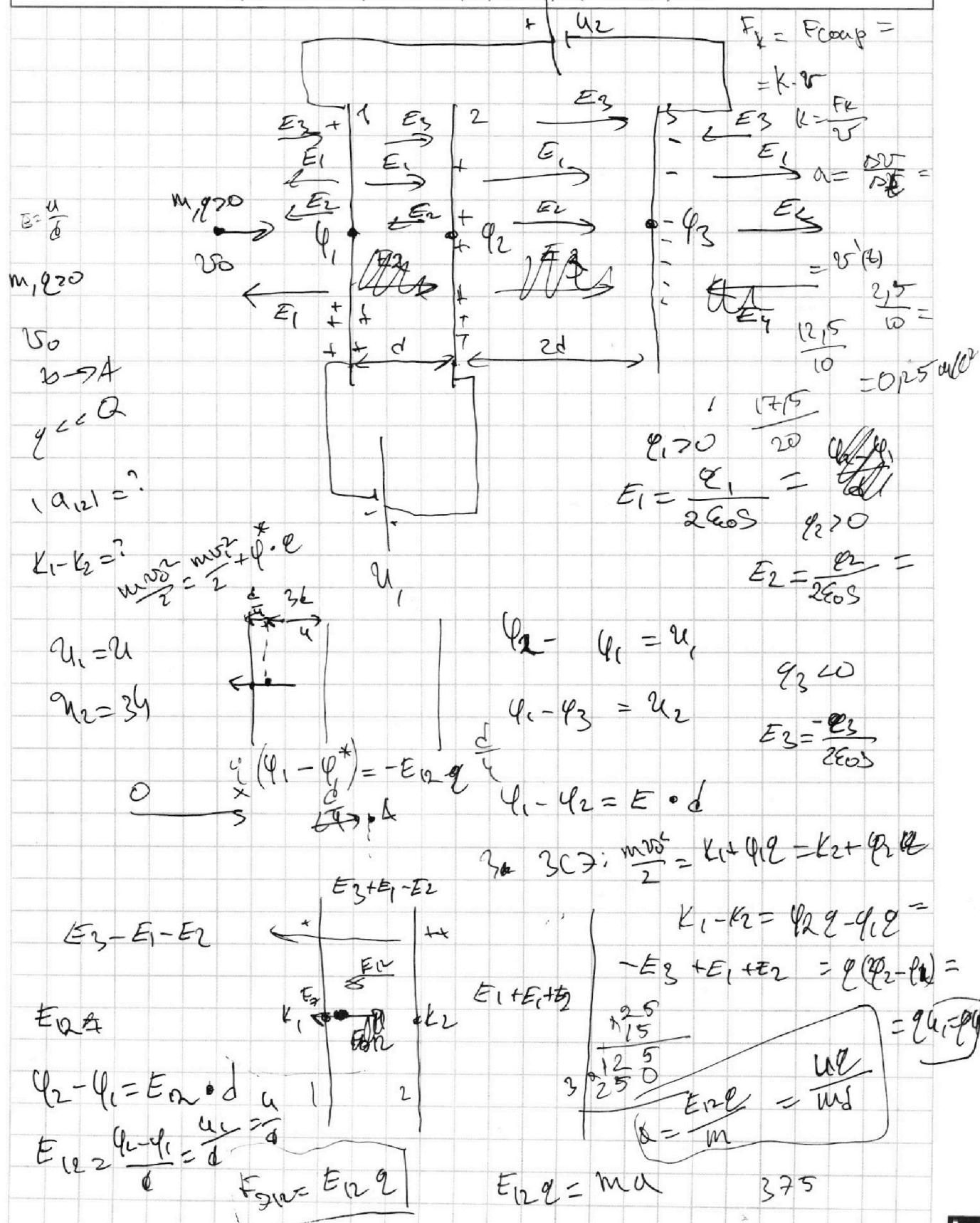
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

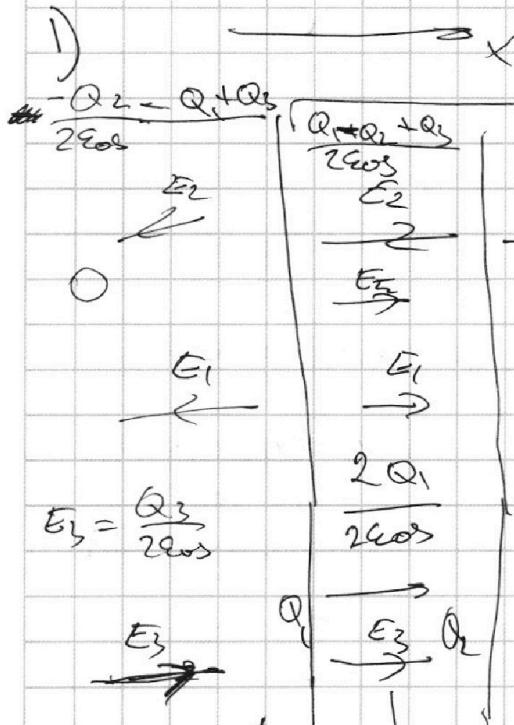
МФТИ



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

Схема

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$



$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$E_2$$

$$\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2\cos S}$$

0 пар  
 $\Delta_{II} + \Delta_{III}$  вспомог

$$E_3 = Q_3$$

$$\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2\cos S}$$

$$\frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400}$$

11

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

Дл  
рем

$$Q_1 - Q_2 + Q_2 + Q_3 = 2Q_1$$

$$\frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400}$$

11

Pre

$$P_{II}$$

$$P_{III}$$

$$\frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400}$$

$$\frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400}$$

$$P_{CO2} = \left( \frac{P_0}{20} \right)^2 \cdot \frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400} \cdot \frac{P_0^2}{400}$$

$$Q_{CO2} = \left( \frac{P_0}{20} \right)^2 \cdot \frac{15}{20} \cdot \frac{15}{20} = \frac{225}{400} \cdot \frac{P_0^2}{400}$$