



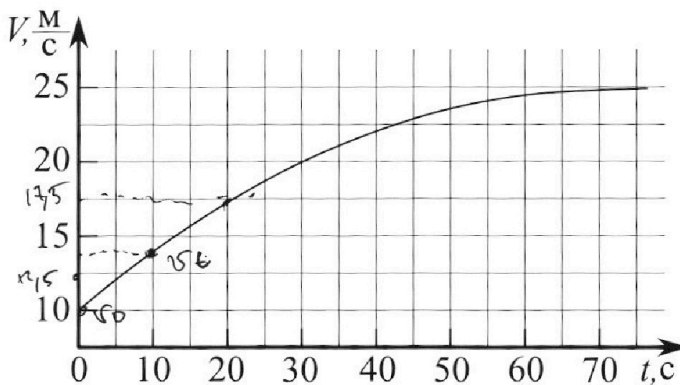
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

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



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



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

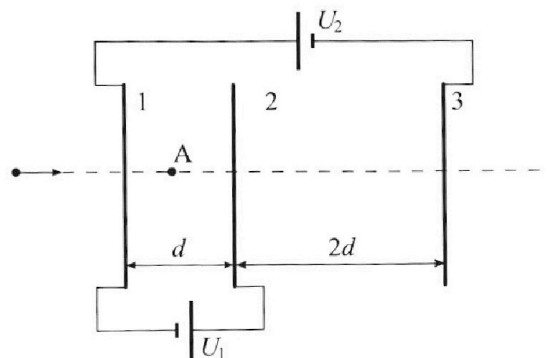
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δv растворённого газа в объёме жидкости пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·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 A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

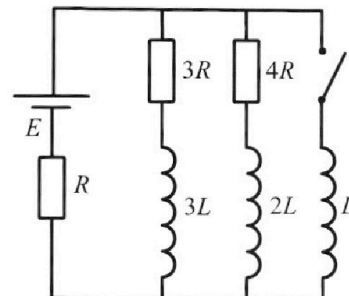
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 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 $n_v = 1,0$. 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.

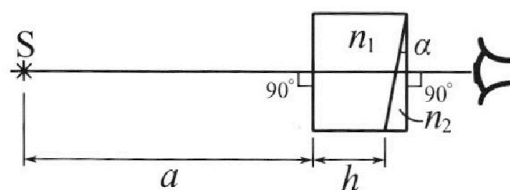


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

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



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

№ 1 (Продолжение)

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

Ответ: 1) $a_0 = 0,25 \text{ м/с}^2$
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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

Найти:

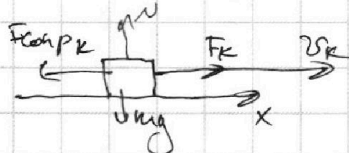
- $a_0 = ?$
- $F_0 = ?$
- $P_0 = ?$

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

2) Сила сопротивления движения пропорциональна скорости: $|\vec{F}_{\text{сопр}}| = k|v|$

В конце разгона:
Второй закон Ньютона:

$$\vec{F}_k + \vec{F}_{\text{сопр}_k} = m \vec{a}_k \quad (\text{т.к. это конец разгона } \vec{a}_k = \vec{0})$$



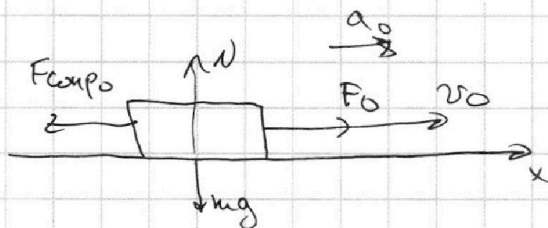
$$0x: F_k - F_{\text{сопр}_k} = 0$$

$$F_k = F_{\text{сопр}_k}$$

$$F_k = k \cdot v_k$$

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

В начале разгона:



Второй закон Ньютона на x :

$$F_0 - F_{\text{сопр}_0} = m a_0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0$$

$(F_0 = m a_0 + k v_0)$

$$= 1500 \cdot 0,25 + 24 \cdot 10 = 3750 \text{ (Н)}$$

$$F_0 = 1500 \cdot 0,25 + 24 \cdot 10 = 3750 \text{ (Н)}$$



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

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

№2 (Продолжение)

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

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{8R}{11T} \cdot \frac{p_0 T}{4RT_0} + \frac{8R}{11T} \cdot \frac{1}{4} k p_0 T$$

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{2p_0}{11T_0} + \frac{2R \cdot k p_0}{11}$$

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

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

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

$$T \left(\frac{45}{2} p_0 - 5p_0 k RT_0 \right) = 22p_0 T_0$$

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

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

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

$$\left[\frac{T}{T_0} = T \cdot \frac{44 + 10kRT}{45T} = \frac{44 + 10kRT}{45} = \frac{44 + 10 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{45} \right]$$

$$= \frac{44 + 15}{45} = \frac{59}{45}$$

Ответ: 1) $\frac{\partial n_e}{\partial x_{O_2}} = 2$
2) $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$

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

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

2 Продолжение

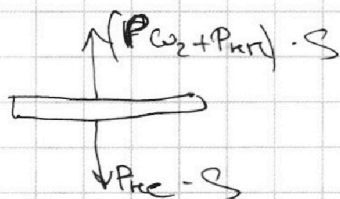
Т.к. $T = 373 \text{ K}$, то $p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{атм}} = 2 \text{ p}_0$ - давление насыщенного пара в колбе.

~~Сравним давление насыщенного пара для насыщенного пара:~~

$$p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \left(\frac{4\sigma}{5} - \frac{\sigma}{4} \right) = 2 n_{\text{H}_2\text{O}} RT$$

Тогда на поршень снизу действует сила

$F_2 = p_2 \cdot S$, где $p_2 = p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$ - по закону Дальтона



По второму закону Ньютона для состояния равновесия (пренебрегая mg):

$$(p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot S - p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot S = 0$$

$$p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{H}_2\text{O}}$$

поэтому подставим (2) на (1):

$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{4\sigma}{20} \cdot \frac{S}{5} = \frac{2(p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}})}{2n_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{S}{5}$$

$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{4}{4} = \frac{2p_{\text{CO}_2}}{2p_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{2p_{\text{H}_2\text{O}}}{2p_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} + 1$$

$$(1): p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5 n_{\text{H}_2\text{O}} RT}{V} = \frac{5 RT}{V} \cdot \frac{p_0 V}{2 RT_0} = \frac{5 p_0 T}{2 T_0}$$

$$(2): p_{\text{CO}_2} = \left(\frac{2 p_0 T}{4 RT_0} + 1 \right) \cdot \frac{20 RT}{11 V}$$

$$\frac{5 p_0 T}{2 T_0} = \frac{20 RT}{11 V} \cdot \left(\frac{p_0 T}{4 RT_0} + 1 \right) + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

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 (Продолжение)

- 1) Поршень в равновесии; давление газов с обеих
его поверхностей одинаково и равно p_0 .
(т.к. поршень невесомый, действии сил тяжести можно
пренебречь)
Уравнение Менделеева-Клапейрона для $p_{\text{ниж}}$ в
нижней части:

$$p_0 \cdot \frac{\pi}{2} = \nu_{\text{ниж}} R T_0 \Rightarrow \nu_{\text{ниж}} = \frac{p_0 \pi}{2 R T_0}$$

Для неразстворимого ν_{CO_2} в нижней части:

$$p_0 \cdot \frac{\pi}{4} = \nu_{\text{CO}_2} R T_0 \quad (\text{давление водяного пара пренебрегаем})$$

$$\left[\frac{\nu_{\text{ниж}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \pi}{\frac{1}{4} p_0 \pi} = 2 \right]$$

- 2) За весь процесс нагревания из ~~жидкости~~ ~~жидкости~~ выделится газ CO_2 в количестве $\nu = \nu_{\text{пр}}$,
где $\nu = \frac{\pi}{4}$, а $p = p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$, т.к. давление водяного
пара в при комнатной температуре можно пренебречь.

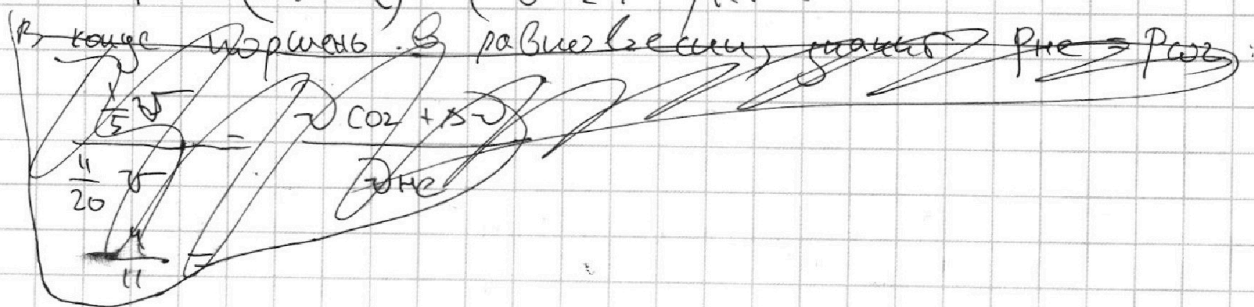
Уравнение Менделеева-Клапейрона:

Для $p_{\text{ниж}}$ в верхней части сосуда:

$$p_{\text{ниж}} \cdot \frac{\pi}{5} = \nu_{\text{ниж}} R T \quad (1)$$

Для $\nu_{\text{высв}}$ газа в нижней части:

$$p_{\text{CO}_2} \left(\frac{4\pi}{5} - \frac{\pi}{4} \right) = (\nu_{\text{CO}_2} + \nu) R T \quad (2)$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача 2

Дано:

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

$T_0 =$

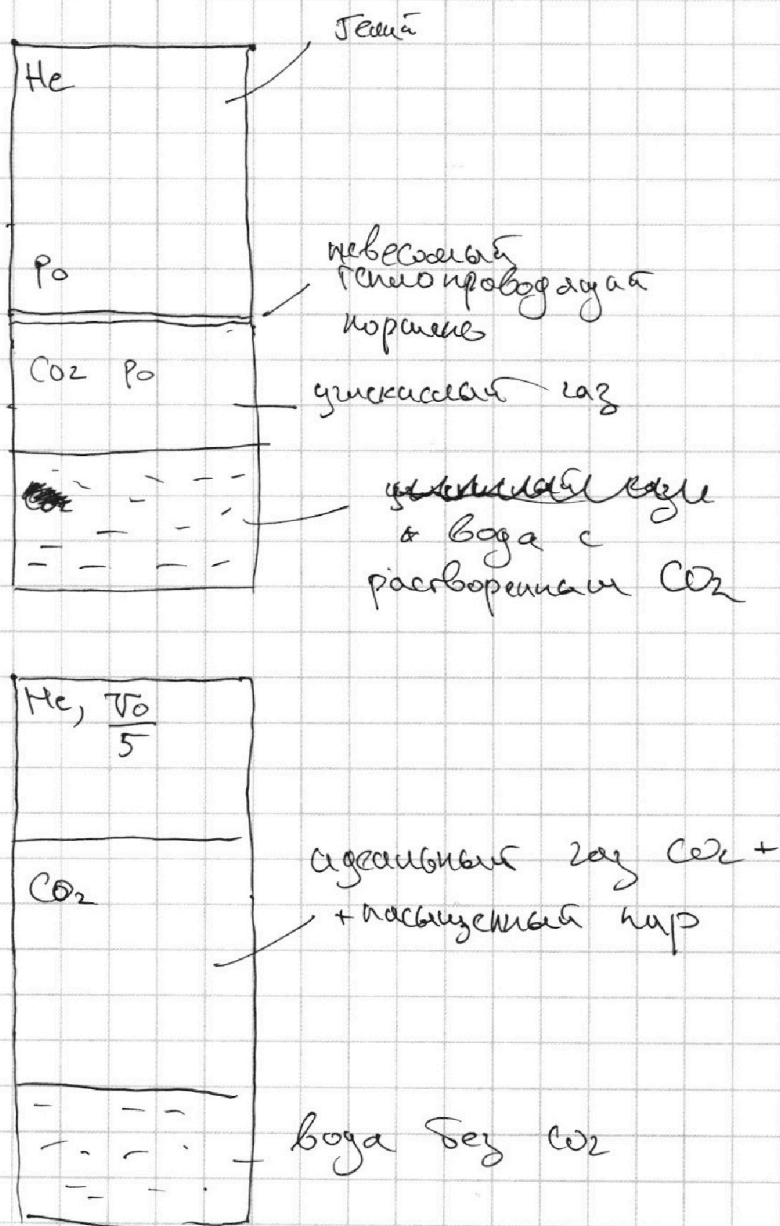
$$v_{\text{н}} = \frac{v}{4}$$

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

Найти:

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

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



Закон Генри:

$$p_{\text{CO}_2} = k p_{\text{H}_2\text{O}},$$

$$p_{\text{CO}_2} = k p_{\text{H}_2\text{O}}, \quad p - \text{парциальное давление газа}$$

$$k = 0.5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мм.рт.ст.}}{\text{мм.рт.ст.}}; \quad RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

2) На частицу действует только потенциальная сила $\vec{F} = -\nabla U$, значит верен закон сохранения энергии:

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

Запишем этот закон для моментов времени, когда частица проследит сегменты 1 и 2:

$$K_1 + \varphi_1 \cdot q = K_2 + \varphi_2 \cdot q$$

$$[K_1 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_1) q = U \cdot q]$$

3) Закон сохранения энергии в точке А:

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

Вз сдвинутую пол-периодическую на каждую половину E_{12}

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E_{12} \cdot \frac{d}{4} + \frac{U}{4}$$

$$\varphi_1 - 0 = E_{12} \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow \varphi^* = \frac{d}{4} E_{12} + \frac{d}{2} E_{12} = \frac{3d}{4} E_{12} =$$

$$= \frac{3d}{4} \cdot \frac{U}{d} = \frac{3U}{4}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{3U}{4} \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{Uq}{8}$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{Uq}{8}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{8}}$$

Отв: 1) $U_{12} = \frac{Uq}{mb}$ / 2) $K_1 - K_2 = U \cdot q$ 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{8}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

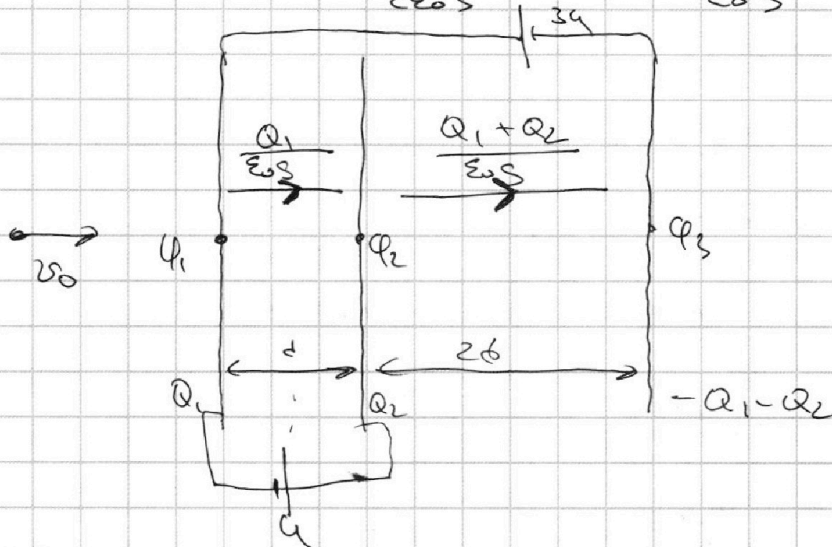
МФТИ

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

№3. (Продолжение)

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

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



$$U = \phi_2 - \phi_1 = E \cdot d = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

Поле направлено $\rightarrow$ и $\neq 0$

$$U = \phi_2 - \phi_1 = -E \cdot d = -\frac{Q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d \Rightarrow Q_1 < 0, Q_2 < 0, Q_3 < 0$$

и поле между 1 и 2 в действительности направлено влево.

На касательную действует $\vec{F}_{\text{эл}} = \vec{E} \cdot q$

Второй закон Ньютона

$$\vec{F}_{\text{эл}} = m \vec{a}_{\text{эл}}, \text{ а } \vec{a}_{\text{эл}} \text{ направлено по ходу, т.к. } q > 0$$

$$E_{\text{эл}} q = m a_{\text{эл}} \Rightarrow a_{\text{эл}} = \frac{E_{\text{эл}} q}{m}; U = \phi_2 - \phi_1 = E_{\text{эл}} \cdot d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{\text{эл}} = \frac{U}{d} \Rightarrow \left[a_{\text{эл}} = \frac{U q}{m d} \right]$$

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:

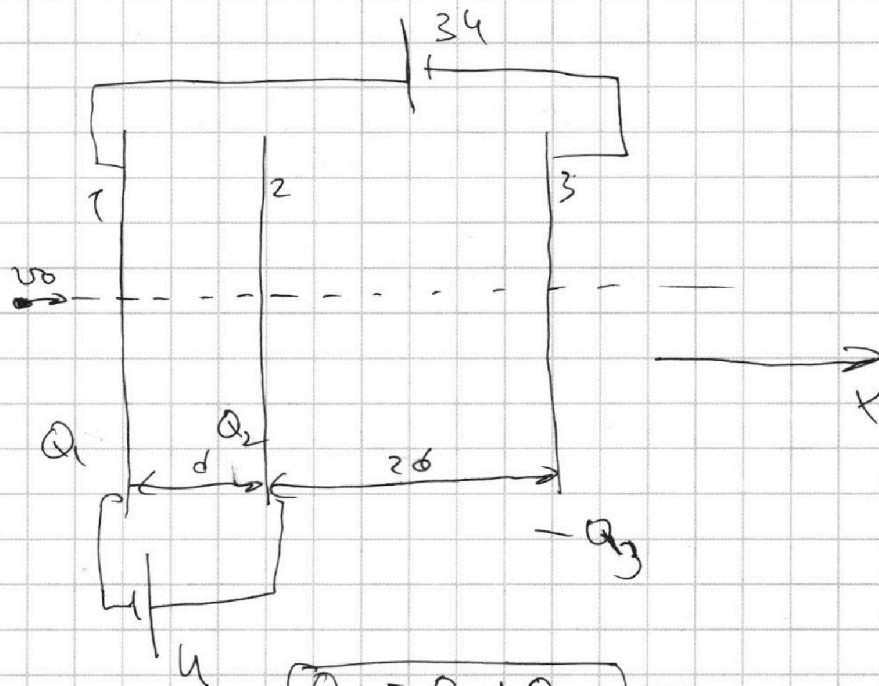
ϕ ; $u_1 = u$; $u_2 = 3u$;
 m ; $q > 0$;

Найти:

1) $Q_{12} = ?$

2) $k_1 - k_2 = ?$

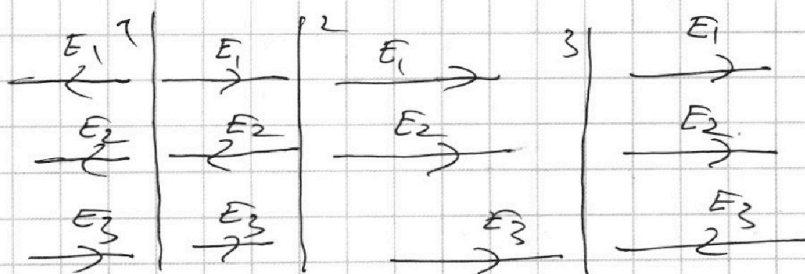
3) $\sigma_A = ?$



$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

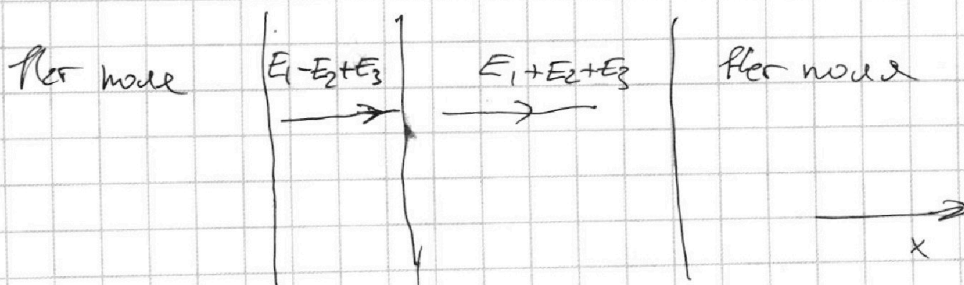
Предположим $Q_1 > 0$, $Q_2 > 0$ и $Q_3 > 0$

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



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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

№4 Продолжение.

$$\varphi_3 = \frac{L}{3R} (I_L(t_{\text{уст}}) - 0) - \frac{L}{R} (0 - I_{10})$$

$$\varphi_3 = \frac{L}{3R} I_L(t_{\text{уст}}) + \frac{L}{R} I_{10}$$

$$I_L(t_{\text{уст}}) = \frac{\mathcal{E}}{R} - \text{закон Ома для установившегося режима, когда тока через } 3R \text{ и } 4R \text{ нет } (U_L = 0)$$

$$\varphi_3 = \frac{L}{3R} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{L}{R} \cdot \frac{4\mathcal{E}}{19R} = \frac{8L}{3R^2} + \frac{48L}{19R^2} = \frac{198L + 128L}{57R^2} =$$

$$= \frac{318L}{57R^2}$$

Ответ:

- 1) $I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$
- 2) $I'(t) = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$
- 3) $\varphi_3 = \frac{318L}{57R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ

№4. Прогнозирование

~~Пуск заряд проецирующей системы~~

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

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

$$I_{3L} \cdot 3R = \mathcal{E} - I_{0\text{дг}} \cdot R - 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

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

~~Умножив на 4R получим для тока через резистор 4R~~

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

Напряжения на L :

~~ММММ~~

$$\mathcal{E} - I_{0\text{дг}} \cdot R = L \cdot \frac{\Delta I_L}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

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

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

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

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

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

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

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

Просуммируем (*) от момента замыкания ключа до установившегося режима:

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

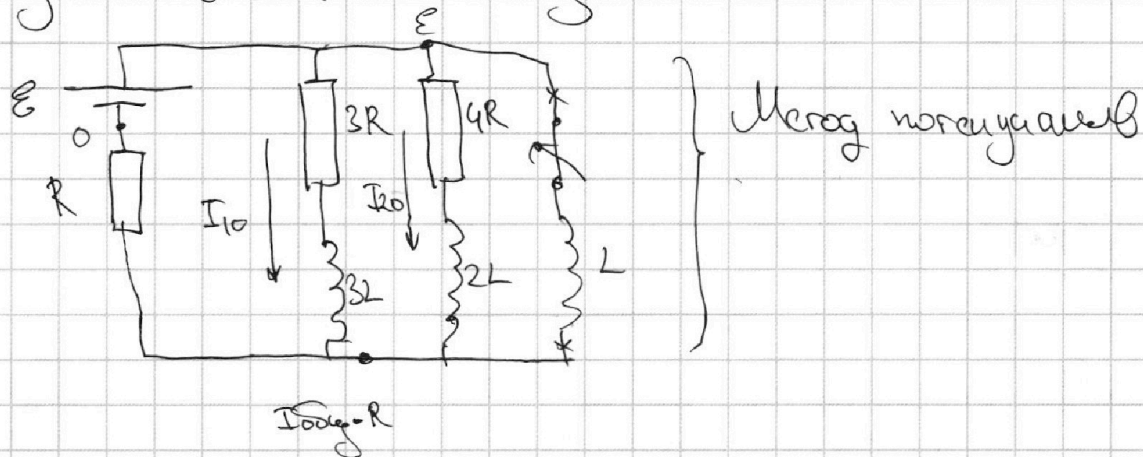
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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



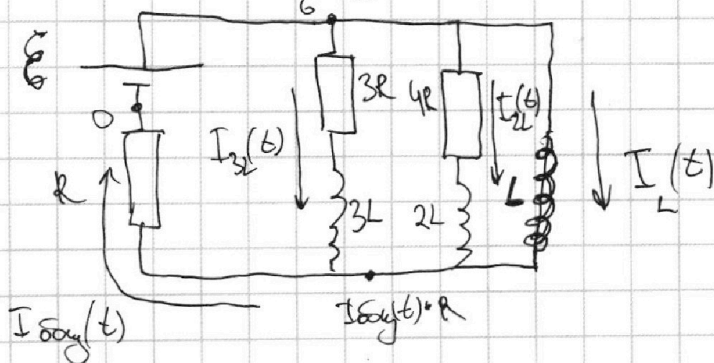
Уч. Программирование

- 2) В момент замыкания выключателя ток через катушку скачка не изменяется:



Ток через L нет, значит $I_{0\text{дв}} = I_0 + I_0 = \frac{7}{4} I_0 = \frac{7\varepsilon}{13R}$
 Тогда напряжение на катушке L : $U_L = \varepsilon - I_{0\text{дв}} \cdot R =$
 $= \varepsilon - \frac{7\varepsilon}{13R} \cdot R = \frac{12\varepsilon}{13}$, так как $U_L = L \cdot I'(t) \Rightarrow [I'(t) = \frac{U_L}{L} =$
 $= \frac{12\varepsilon}{13L}]$

- 3) ~~Рассмотрим~~ Рассмотрим процесс установившегося режима в момент времени $t = \varepsilon / R$ ~~после~~



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

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

$$U_L = L \cdot I'_L(t)$$

По закону Ома рассмотрим ток на $3R$:

$$I_{3L} = \frac{\varepsilon - U_{3L}}{3R} = \frac{\varepsilon - I_{0\text{дв}} \cdot R - 3L \cdot I'_{3L}}{3R} \Rightarrow I_{3L} \cdot 3R = \varepsilon - I_{0\text{дв}} \cdot R - 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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:

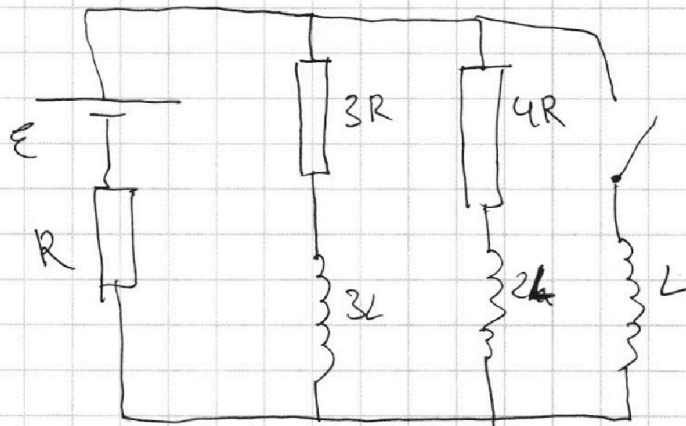
$\mathcal{E}, R, L$

Найти:

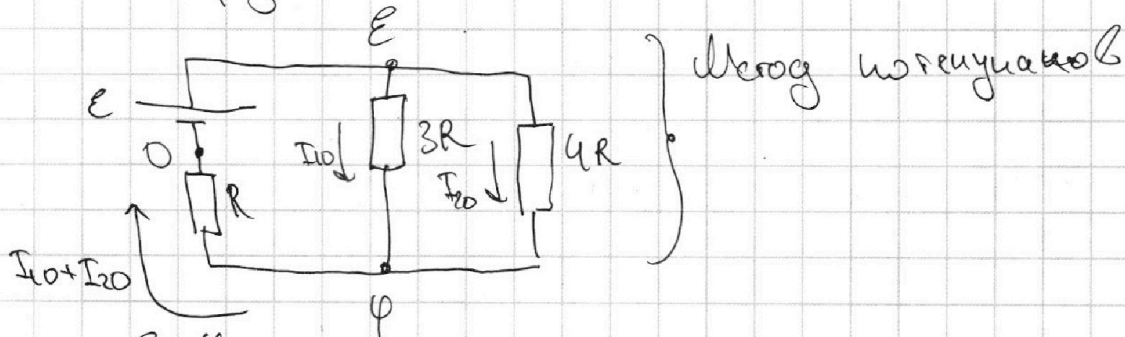
1) $I_{10} = ?$

2) $I_L(t) = ?$

3) $Q_{3R} = ?$



1) До замыкания ключа, в установившемся режиме, ток через катушки не течет и цепь можно представить следующим образом:



$$I_{10} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{3R} \quad \text{— Закон Ома}$$

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

Задача 3.

Дано:

$d, 2d;$
 $u_1 = u;$
 $u_2 = 3u;$
 $m; q > 0;$
 $q \ll q_0.$

Найти:

1) $a_{12} = ?$

2) $K_1 - K_2 = ?$

3) $v_A = ?$

Предполагается, что ~~плоскости~~ сетки 1 и 2 и имеют положительный заряд, а сетка 3 — отрицательный.

На частицу действует $\vec{F}_{12} = \vec{E}_{12} \cdot q$ (между пластинами 1 и 2)

Второй закон Ньютона:

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

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

$$\varphi^* - \varphi_1 = E_{12} \cdot \frac{d}{u}$$

По условию $\varphi_2 - \varphi_1 = u_1$, но при этом $\varphi_2 - \varphi_1 = E_{12} \cdot d \Rightarrow E_{12} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d} = \frac{u_1}{d}$, причем $\vec{E}_{12}$ направлена от 2 к 1 и ~~направлена~~, а т.к. $q > 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

√ 3 (Продолжение)

то F_z направлена так же от 2 к 1 пластине.

$\vec{a}_k$ сонаправлено с $\vec{F}_{z12}$ и $\vec{E}_k$.

$$E_{12} q = ma_{12}$$

$$\frac{U_1}{d} q = ma_{12}$$

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

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

2) На частицу не действуют внешние неоднородные силы, значит верен закон сохранения энергии:

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

Запишем этот закон для ~~тех~~ моментов, когда частица пролетает сетки 1 и 2:

$$K_1 + \varphi_1 q = K_2 + \varphi_2 q$$

$$K_1 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_1) q; \text{ по условию } \varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$K_1 - K_2 = U_1 q = U q$$

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!



$$E = \frac{u}{d}$$

$$m, q > 0$$

$$U_0$$

$$v \rightarrow A$$

$$q < Q$$

$$|a_{12}| = ?$$

$$k_1 - k_2 = ?$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \varphi$$

$$q_1 = q$$

$$q_2 = 3q$$

$$q(\varphi_1 - \varphi_2^*) = -E_2 q$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = u_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = u_2$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$$

$$307: \frac{mv^2}{2} = k_1 + q_1 \varphi = k_2 + q_2 \varphi$$

$$k_1 - k_2 = q_2 \varphi - q_1 \varphi =$$

$$-E_3 + E_1 + E_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) =$$

$$= q(u_1 - u_2)$$

$$E_{2A}$$

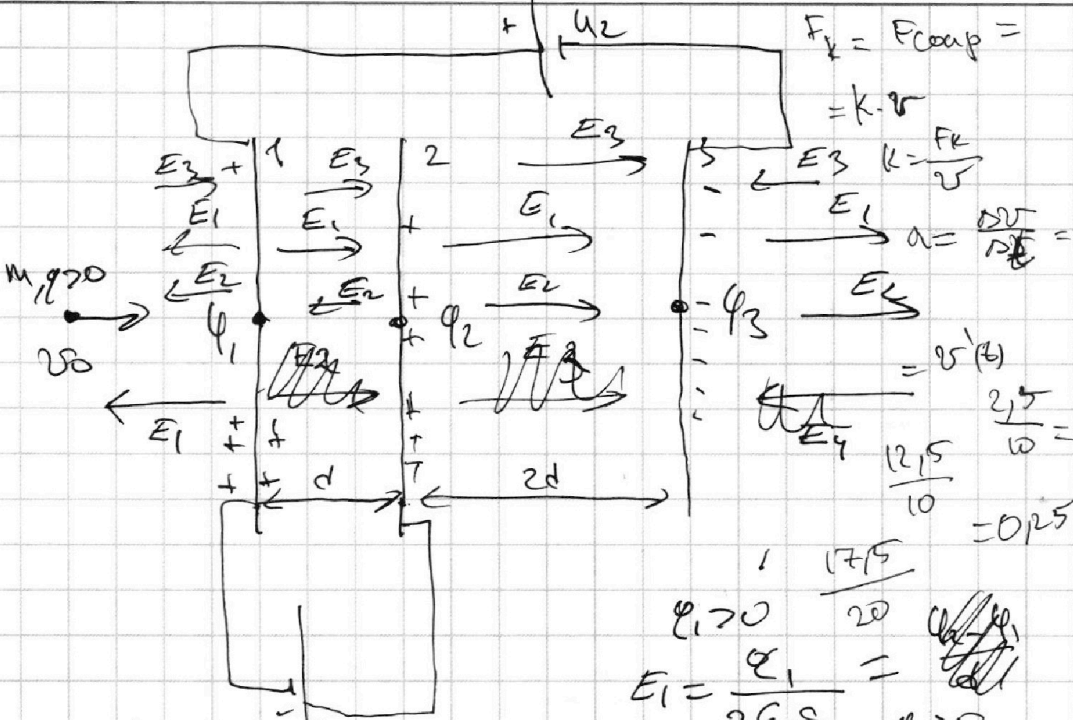
$$\varphi_2 - \varphi_1 = E_{2A} \cdot d$$

$$E_{2A} \frac{q_2 - q_1}{d} = \frac{u_1}{d}$$

$$F_{2A} = E_{2A} q$$

$$E_{2A} q = ma$$

$$375$$



$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{E_{2A} q}{m} = \frac{u^2}{m d}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

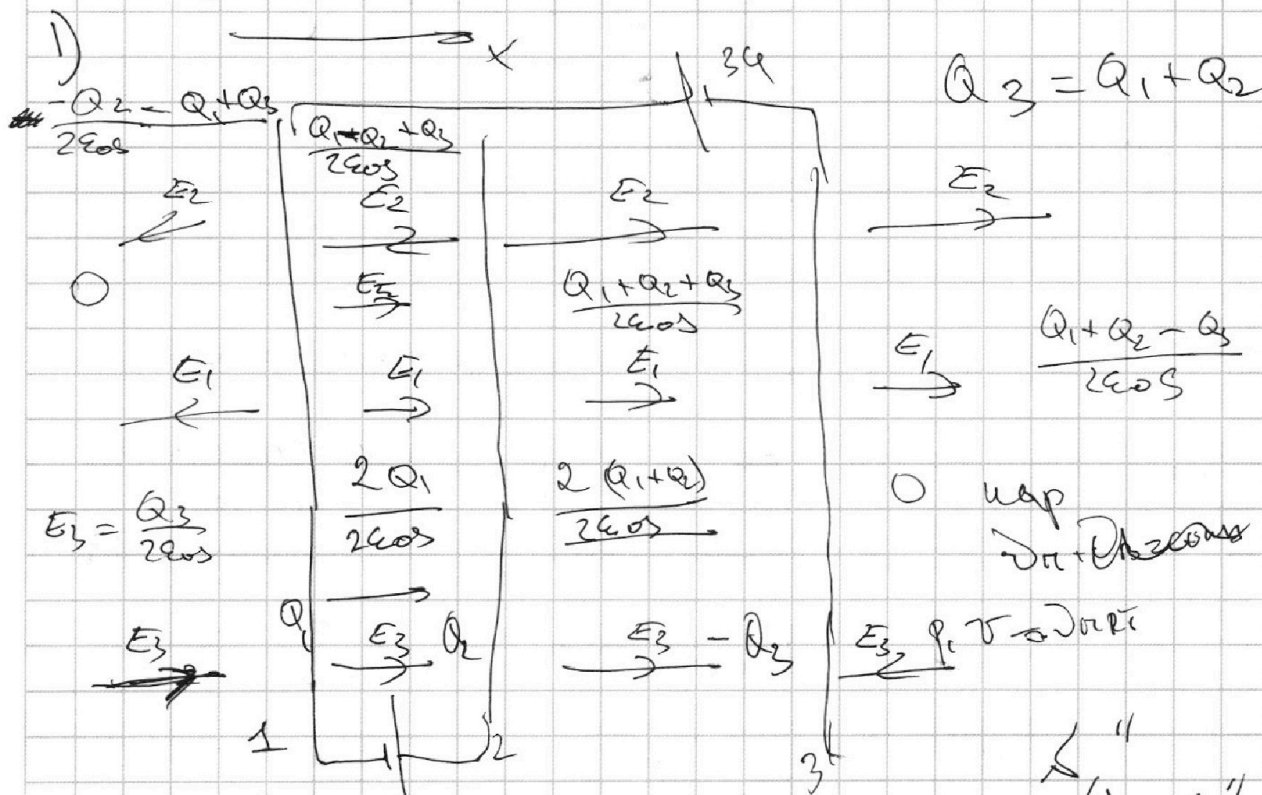
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

МФТИ

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

Решение

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$



$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{1}{20} = \left(\frac{10}{20} + \frac{10}{20} \right) \cdot \frac{1}{20}$$

$$P_{\text{ср}} = \left(\frac{10}{20} + \frac{10}{20} \right) \cdot \frac{1}{20} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

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

$$P_{\text{ср}} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{10}{20} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$