



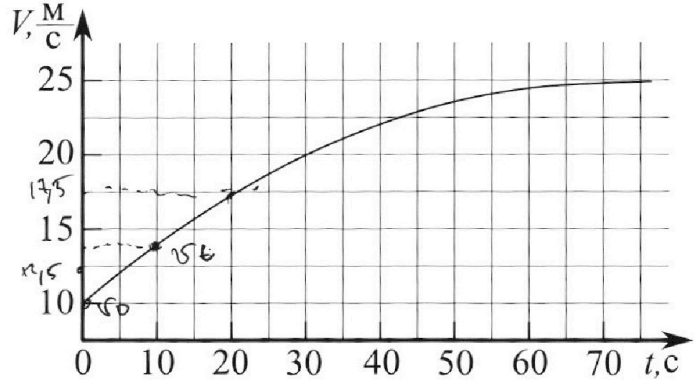
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

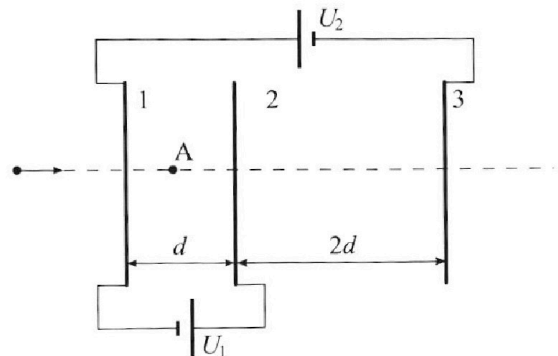
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  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  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpv$ . 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

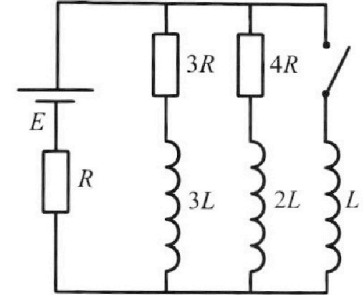


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи 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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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.

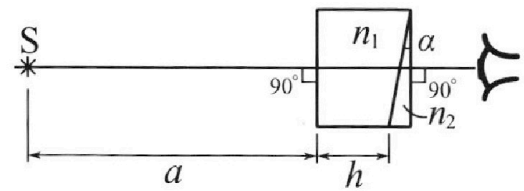


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

№ 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:  $m = 1500 \text{ кг}$ ;  
 $F_k = 600 \text{ Н}$

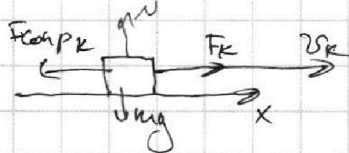
1)  $a_0 = v'(t) \approx \frac{v(t) - v(0)}{t} = \frac{12,5 - 10}{10} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ (м/с}^2\text{)}$

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

Найти:  
1)  $a_0 = ?$   
2)  $F_0 = ?$   
3)  $P_0 = ?$

В конце разгона:  
Второй закон Ньютона:

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



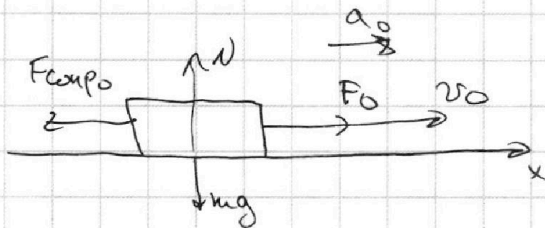
$$0x: F_k - F_{\text{сопр}_k} = 0$$

$$F_k = F_{\text{сопр}_k}$$

$$F_k = k \cdot v_k$$

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

В начале разгона:



Второй закон Ньютона на x:

$$F_0 - F_{\text{сопр}_0} = m a_0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0$$

( $F_0 = m a_0 + k v_0$ )

$$= 1500 \cdot 0,25 + 24 \cdot 10 = 375 + 240 = 615 \text{ (Н)}$$

$$F_0 = 1500 \cdot 0,25 + 24 \cdot 10 = 1500 \cdot 0,25 + 240 = 375 + 240 = 615 \text{ (Н)}$$



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!

№2 (Продолжение)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\left. = \frac{44 + 15}{45} = \frac{59}{45} \right] \text{ Ответ: } 1) \frac{\partial n_e}{\partial x_{O_2}} = 2$$

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$$

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!

2 Продолжение

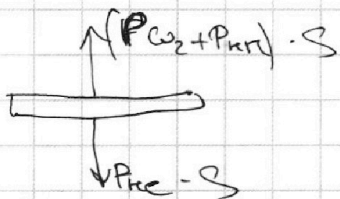
Т.к.  $T = 373\text{ K}$ , то  $p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{атм}} = 2p_0$  - давление насыщенного пара в колбе.

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

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

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  $mg$ ):

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

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

возврат подставим (2) на (1):

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 (Продолжение)

1) Поршень в равновесии; давление газов с обеих  
его поверхностей одинаково и равно  $p_0$ .  
(т.к. поршень невесомый, действием сил тяжести можно пренебречь)  
Уравнение Менделеева-Клапейрона для  $\text{H}_2$  в  
верхней части:

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{H}_2} R T_0 \Rightarrow \nu_{\text{H}_2} = \frac{p_0 V}{2 R T_0}$$

Для неразрешенного  $\text{CO}_2$  в нижней части:

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} R T_0 \quad (\text{давление водяного пара пренебрегаем})$$
$$\left[ \frac{\nu_{\text{H}_2}}{\nu_{\text{CO}_2}} = \frac{\frac{1}{2} p_0 V}{\frac{1}{4} p_0 V} = 2 \right]$$

2) За весь процесс нагревания из ~~жидкости~~ жидкости  
выделится газ  $\text{CO}_2$  в количестве  $\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2} + \nu_{\text{H}_2}$ ,  
где  $\nu_{\text{H}_2} = \frac{V}{4}$ , а  $p = p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$ , т.к. давление водяного  
пара в при комнатной температуре можно пренебречь.

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

Для  $\text{H}_2$  в верхней части сосуда:

$$p_{\text{H}_2} \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{H}_2} R T \quad (1)$$

Для  $\text{CO}_2$  в нижней части

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

~~Поршень в равновесии, значит  $p_{\text{H}_2} = p_{\text{CO}_2}$ :~~

~~$\frac{p_{\text{H}_2} V}{5} = (\nu_{\text{CO}_2} + \nu_{\text{H}_2}) R T$~~

~~$\frac{4 p_{\text{CO}_2} V}{5} - \frac{p_{\text{CO}_2} V}{4} = (\nu_{\text{CO}_2} + \nu_{\text{H}_2}) R T$~~

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!



Задача 2

Дано:

$$U, P_0 = P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{2};$$

$T_0$

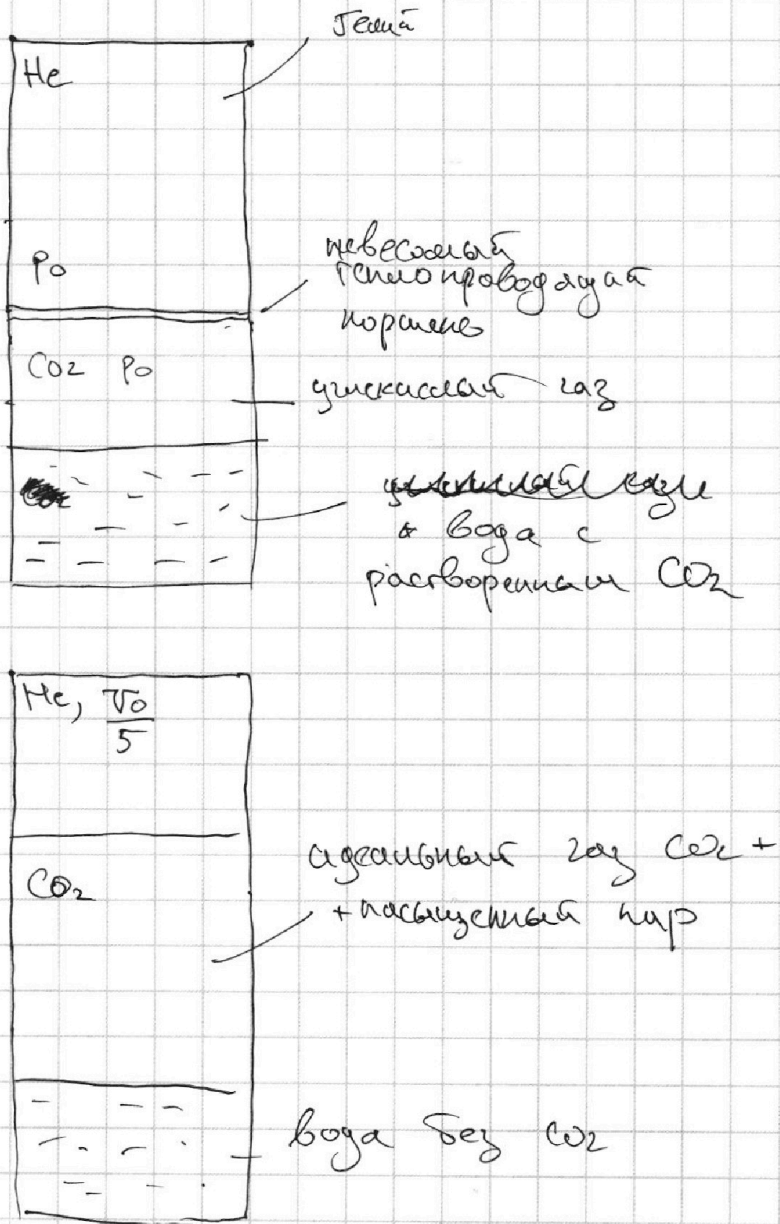
$$U_{\text{пл}} = \frac{U}{4}$$

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

Найти:

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

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



Закон Генри:

$$p = k \cdot c$$

$k = k_p \cdot p$ ,  $p$  - парциальное давление газа

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



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 потенциальная сила  $\vec{F} = -\nabla \varphi$ , значит верен закон сохранения энергии:

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

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

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

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

3) Закон сохранения энергии в точке А:

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

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

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

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

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{3uq}{8}$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{3uq}{4m}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3uq}{4m}}$$

Ответ: 1)  $a_{12} = \frac{uq}{mb}$  2)  $K_1 - K_2 = u \cdot q$  3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3uq}{4m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

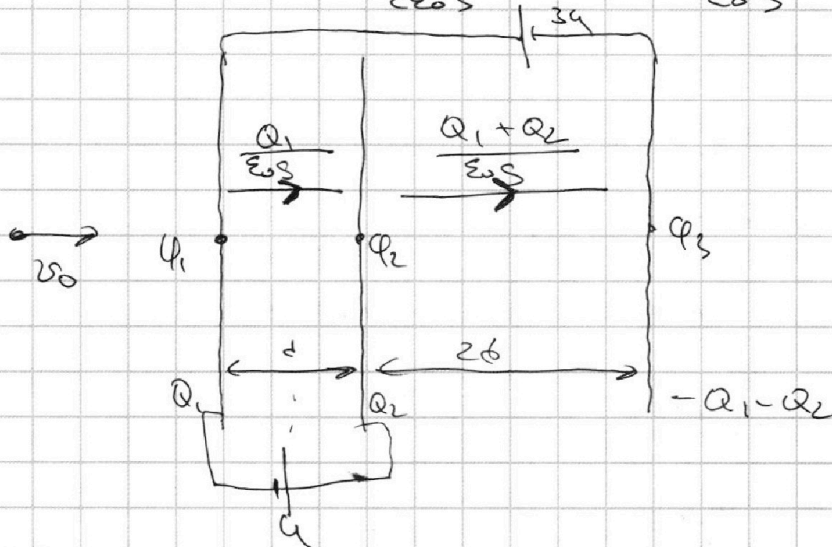
МФТИ

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

№3. (Продолжение)

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

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



$$U = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} E \cdot dl = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S} d$$

Поле направлено от 1 к 2

$$U = \varphi_2 - \varphi_1 = -E d = -\frac{Q_1}{\epsilon_0 S} d \Rightarrow Q_1 < 0, Q_2 < 0, Q_3 < 0$$

и поле между 1 и 2 в действительности направлено влево.

На каску действует  $\vec{F}_{эл} = \vec{E}_2 \cdot q$

Второй закон Ньютона

$$\vec{F}_{эл} = m \vec{a}_2, a_2 \text{ направлено по оси } x, \text{ т.к. } q > 0$$

$$E_2 q = m a_2 \Rightarrow a_{12} = \frac{E_2 q}{m}; U = \varphi_2 - \varphi_1 = E_2 \cdot d \Rightarrow$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



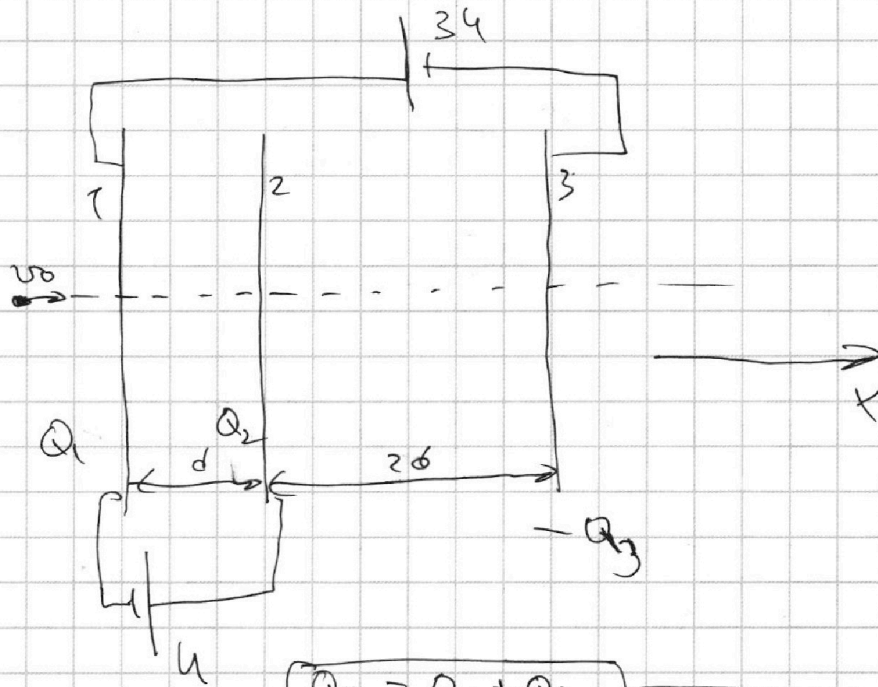
Задача 3.

Дано:

$\epsilon$ ;  $\kappa_1 = \kappa$ ;  $\kappa_2 = 3\kappa$ ;  
 $\kappa$ ;  $q > 0$ ;

Найти:

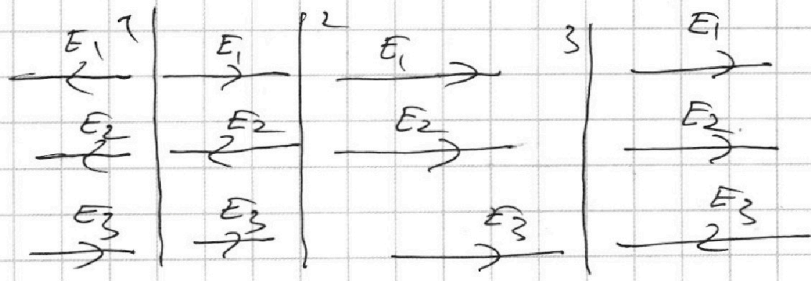
- 1)  $Q_{12} = ?$
- 2)  $\kappa_1 - \kappa_2 = ?$
- 3)  $\sigma_H = ?$



$Q_3 = Q_1 + Q_2$

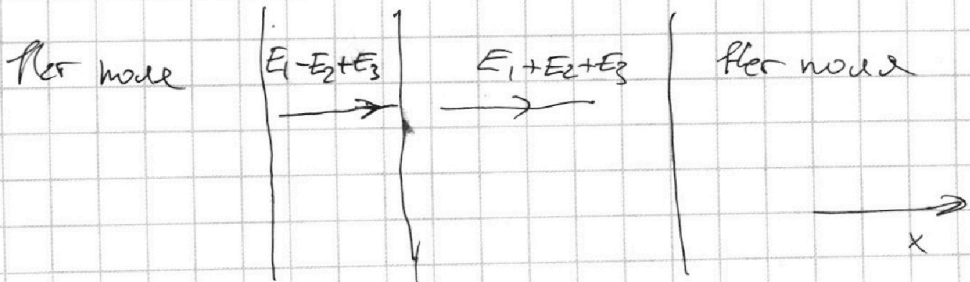
Предположим  $Q_1 > 0$ ,  $Q_2 > 0$  и  $Q_3 > 0$

Тогда  $E_1 = \frac{Q_1}{2\epsilon\kappa d}$ ;  $E_2 = \frac{Q_2}{2\epsilon\kappa d}$ ;  $E_3 = \frac{Q_3}{2\epsilon 3\kappa d}$



Продукты ~~энергии~~ и энергии:

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 Продвижение.

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

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

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

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

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

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!

№4. Продолжение

~~Пусть заряд протекает через конденсатор~~

Пусть  $q(t)$  - заряд, протекающий через конденсатор,  $q_1(t)$  - протекающий через  $2L$ ,  $q_2(t)$  - через  $3L$  и  $q_3(t)$  - через  $4R$

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

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

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

~~Аналогично получим для тока через резистор  $4R$~~

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

Напряжениe на  $L$ :

ИЗМЕНА

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

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

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

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

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

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

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

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

Продолжим решая (\*) от момента замыкания ключа пока установившегося режима:

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

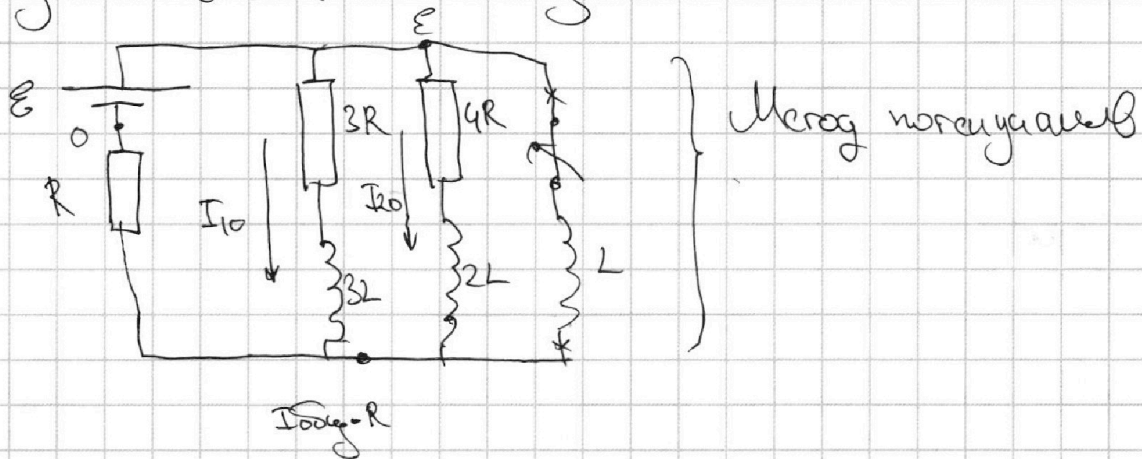
1  2  3  4  5  6  7

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



Уч. Профашине

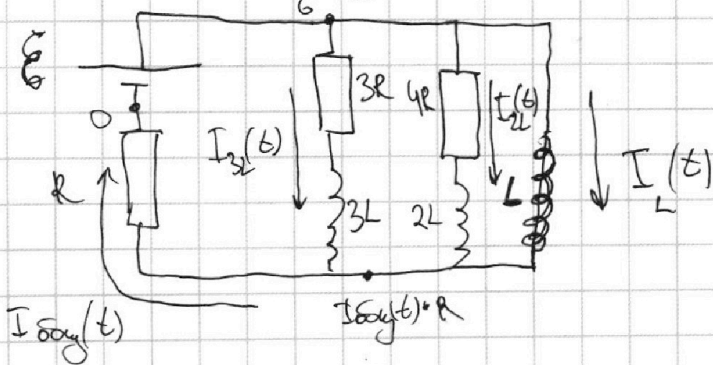
2) В момент замыкания ключа ток через катушку скачка не изменяется:



Ток через  $L$  нет, значит  $I_{\text{общ}} = I_{10} + I_{20} = \frac{7}{4} I_{10} = \frac{7\varepsilon}{13R}$   
Тогда напряжение на катушке  $L$ :  $u_L = \varepsilon - I_{\text{общ}} R = \frac{12\varepsilon}{13}$

$$= \varepsilon - \frac{7\varepsilon}{13R} \cdot R = \frac{12\varepsilon}{13}, \text{ так как } u_L = L I'(t) \Rightarrow [I'(t)] = \frac{u_L}{L} = \frac{12\varepsilon}{13L}$$

3) ~~Для~~ Рассеянная мощность произвольный момент времени от момента замыкания ключа до  $t = \varepsilon RC$  ~~тогда~~



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

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

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

По закону Ома рассмотрим ток на  $3R$ :

$$I_{3L} = \frac{\varepsilon - u_{3L}}{3R} = \frac{\varepsilon - I_{\text{общ}} R - 3L \cdot I'_{3L}}{3R} \Rightarrow I_{3L} \cdot 3R = \varepsilon - I_{\text{общ}} R - 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$$

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:

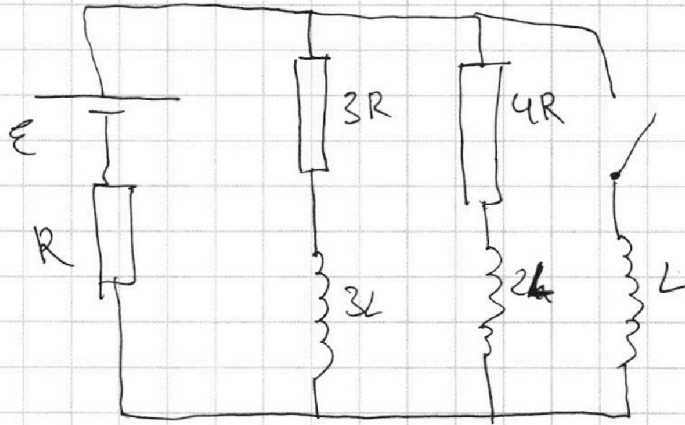
$\mathcal{E}, R, L$

Найти:

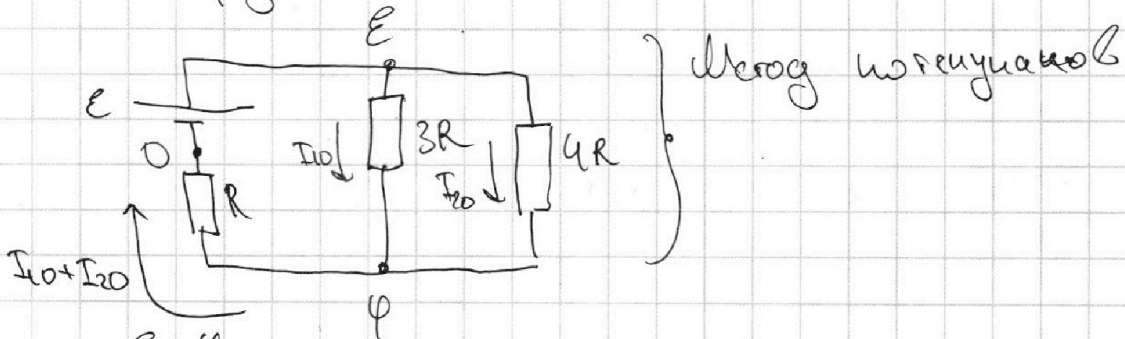
1)  $I_{10} = ?$

2)  $I_L(\mathcal{E}) = ?$

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!



### Задача 3.

Дано:

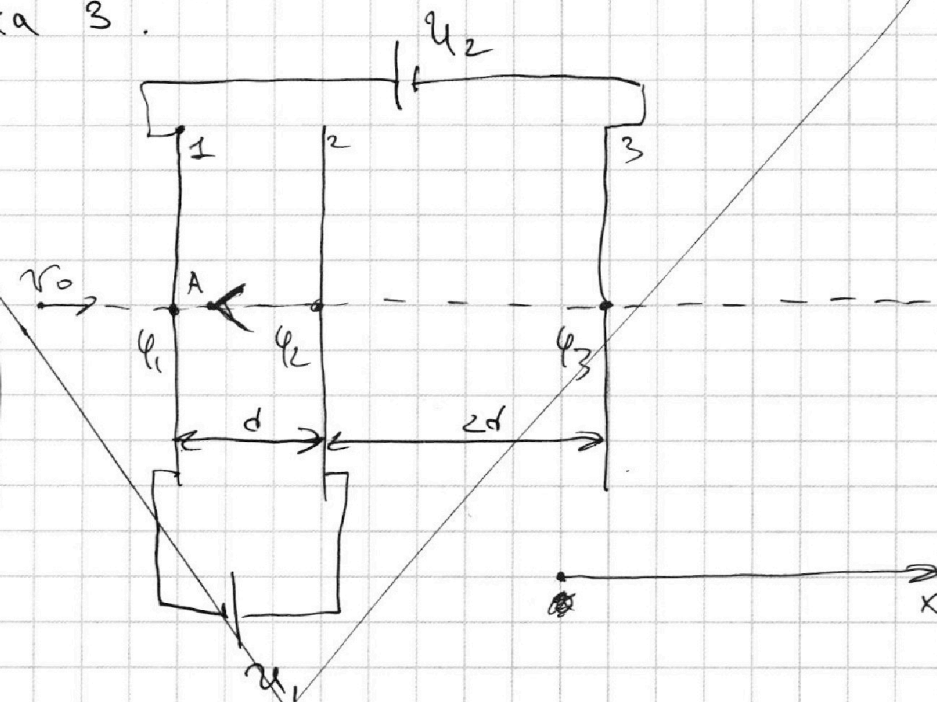
- $d \ll 2d$ ;
- $u_1 = 4$ ;
- $u_2 = 3u_1$ ;
- $m, q > 0$ ;
- $q \ll 4\pi \epsilon_0 d^2$ .

Найти:

1)  $a_{12} = ?$

2)  $K_1 - K_2 = ?$

3)  $v_A = ?$



Предполагаем, что ~~на сетке 1 и 2~~ сетки 1 и 2 и имеют положительный заряд, а сетка 3 — отрицательный.

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

Второй закон Ньютона:

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

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

$$\phi_2 - \phi_1 = E_{12} \cdot d$$

По условию  $\phi_2 - \phi_1 = u_1$ , но при этом  $\phi_2 - \phi_1 = E_{12} \cdot d \Rightarrow E_{12} = \frac{\phi_2 - \phi_1}{d} = \frac{u_1}{d}$ , причем  $\vec{E}_{12}$  направлена от 2 к 1 пластинке, а так  $q > 0$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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)

то  $F_3$  направлена так же от 2 к 1 пластине.

$\vec{a}_k$  сонаправлено с  $\vec{F}_{312}$  и  $\vec{E}_k$ .

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

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

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

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

2) Ка частицу не действуют ~~нет~~ неограниченные силы, значит верен закон сохранения энергии:

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

Запишем этот закон для ~~той~~ пластин, куда частица пролетает сетки 1 и 2:

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



$u = \frac{Q_1 - Q_2}{2\epsilon_0 d}$   
 $u = \frac{(Q_1 - Q_2)d}{2\epsilon_0 d} = \frac{(Q_1 - Q_2)}{2\epsilon_0}$   
 $\frac{Q_1 - Q_2}{2\epsilon_0} = u$   
 $Q_1 - Q_2 = 2\epsilon_0 u$   
 $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$   
 $Q_1 - Q_2 = 2\epsilon_0 u$   
 $Q_1 + Q_2 = -Q_3$   
 $Q_1 - Q_2 = 2\epsilon_0 u$   
 $Q_1 + Q_2 = -Q_3$   
 $2Q_1 = 2\epsilon_0 u - Q_3$   
 $Q_1 = \epsilon_0 u - \frac{Q_3}{2}$   
 $Q_2 = -\epsilon_0 u - \frac{Q_3}{2}$

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

$U = \int E dl = \int_{-a}^a E_1 dz + \int_a^b E_2 dz + \int_b^c E_3 dz$   
 $U = \frac{Q_1}{\epsilon_0} (2a) + \frac{Q_2}{\epsilon_0} (b-a) + \frac{Q_3}{\epsilon_0} (c-b)$   
 $U = \frac{Q_1}{\epsilon_0} (2a) + \frac{Q_2}{\epsilon_0} (b-a) + \frac{Q_3}{\epsilon_0} (c-b)$

$\varphi^* - \varphi = \frac{U}{\epsilon_0} = \frac{Q_1}{\epsilon_0} \frac{d}{2} - \frac{Q_2}{\epsilon_0} \frac{d}{4} - \frac{Q_3}{\epsilon_0} \frac{d}{4}$   
 $\varphi^* - \varphi = \frac{d}{4\epsilon_0} (2Q_1 - Q_2 - Q_3)$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$   
 $2Q_1 - Q_2 - Q_3 = 4\epsilon_0 \frac{U}{d}$   
 $2Q_1 - (-Q_1 - Q_3) - Q_3 = 4\epsilon_0 \frac{U}{d}$   
 $3Q_1 = 4\epsilon_0 \frac{U}{d}$   
 $Q_1 = \frac{4\epsilon_0 U}{3d}$   
 $Q_2 = -\frac{4\epsilon_0 U}{3d}$   
 $Q_3 = 0$

При замыкании  
 ток скачком  
 не меняется

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

$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

$I_{10} = \frac{\mathcal{E} - (I_{10} + I_{20})R}{3R}$   
 $I_{10} = \frac{\mathcal{E} - I_{10}R - I_{20}R}{3R}$   
 $4I_{10} = \mathcal{E} - I_{10}R - I_{20}R$   
 $5I_{10} = \mathcal{E} - I_{20}R$   
 $I_{20} = \frac{\mathcal{E} - 5I_{10}R}{R}$

$I_{10} = \frac{\mathcal{E} - (\frac{\mathcal{E} - 5I_{10}R}{R})R}{3R}$   
 $I_{10} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E} + 5I_{10}R}{3R}$   
 $3I_{10}R = 5I_{10}R$   
 $I_{10} = 0$

$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

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

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!



$E = \frac{U}{d}$   
 $m, q > 0$   
 $v_0$   
 $b \rightarrow A$   
 $q < Q$   
 $|a_{12}| = ?$   
 $k_1 - k_2 = ?$   
 $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + q \cdot \varphi$   
 $q_1 = q$   
 $q_2 = 3q$   
 $U_1 = U$   
 $U_2 = U$   
 $U_3 = U$   
 $U_4 = U$   
 $U_5 = U$   
 $U_6 = U$   
 $U_7 = U$   
 $U_8 = U$   
 $U_9 = U$   
 $U_{10} = U$   
 $U_{11} = U$   
 $U_{12} = U$   
 $U_{13} = U$   
 $U_{14} = U$   
 $U_{15} = U$   
 $U_{16} = U$   
 $U_{17} = U$   
 $U_{18} = U$   
 $U_{19} = U$   
 $U_{20} = U$   
 $U_{21} = U$   
 $U_{22} = U$   
 $U_{23} = U$   
 $U_{24} = U$   
 $U_{25} = U$   
 $U_{26} = U$   
 $U_{27} = U$   
 $U_{28} = U$   
 $U_{29} = U$   
 $U_{30} = U$   
 $U_{31} = U$   
 $U_{32} = U$   
 $U_{33} = U$   
 $U_{34} = U$   
 $U_{35} = U$   
 $U_{36} = U$   
 $U_{37} = U$   
 $U_{38} = U$   
 $U_{39} = U$   
 $U_{40} = U$   
 $U_{41} = U$   
 $U_{42} = U$   
 $U_{43} = U$   
 $U_{44} = U$   
 $U_{45} = U$   
 $U_{46} = U$   
 $U_{47} = U$   
 $U_{48} = U$   
 $U_{49} = U$   
 $U_{50} = U$   
 $U_{51} = U$   
 $U_{52} = U$   
 $U_{53} = U$   
 $U_{54} = U$   
 $U_{55} = U$   
 $U_{56} = U$   
 $U_{57} = U$   
 $U_{58} = U$   
 $U_{59} = U$   
 $U_{60} = U$   
 $U_{61} = U$   
 $U_{62} = U$   
 $U_{63} = U$   
 $U_{64} = U$   
 $U_{65} = U$   
 $U_{66} = U$   
 $U_{67} = U$   
 $U_{68} = U$   
 $U_{69} = U$   
 $U_{70} = U$   
 $U_{71} = U$   
 $U_{72} = U$   
 $U_{73} = U$   
 $U_{74} = U$   
 $U_{75} = U$   
 $U_{76} = U$   
 $U_{77} = U$   
 $U_{78} = U$   
 $U_{79} = U$   
 $U_{80} = U$   
 $U_{81} = U$   
 $U_{82} = U$   
 $U_{83} = U$   
 $U_{84} = U$   
 $U_{85} = U$   
 $U_{86} = U$   
 $U_{87} = U$   
 $U_{88} = U$   
 $U_{89} = U$   
 $U_{90} = U$   
 $U_{91} = U$   
 $U_{92} = U$   
 $U_{93} = U$   
 $U_{94} = U$   
 $U_{95} = U$   
 $U_{96} = U$   
 $U_{97} = U$   
 $U_{98} = U$   
 $U_{99} = U$   
 $U_{100} = U$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

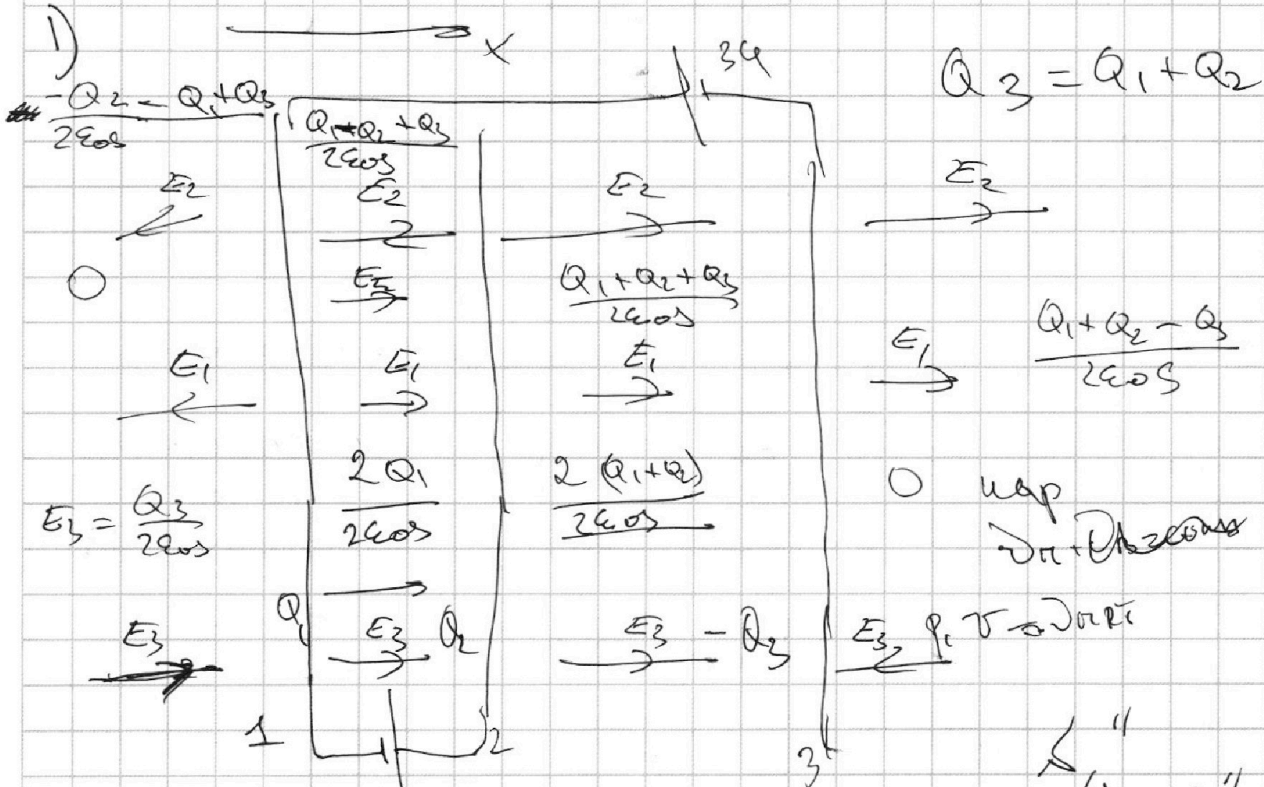
- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------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



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

*Программа*

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$



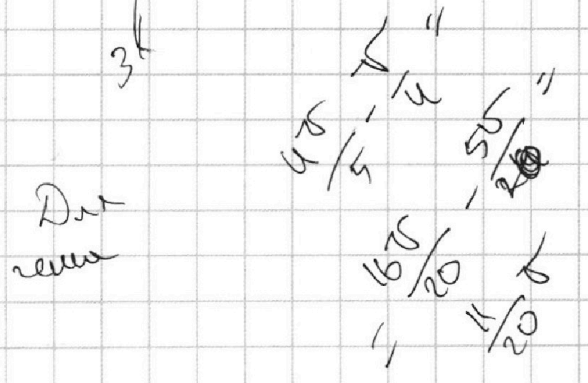
$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

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

$$P_{\text{вс}} = \frac{P_{0T} \cdot 2T}{2 \cdot 2T0} = \frac{P_{0T} \cdot 2T}{4T0}$$

$$P_{\text{вс}} = \left( \frac{P_{0T}}{4T0} + P_{0D} \right) \cdot \frac{20T}{11T}$$

$$P_{\text{вс}} = \frac{P_{0T} \cdot 2T}{2 \cdot 2T0} = \frac{P_{0T} \cdot 2T}{4T0}$$



Дан  
решить

$$\frac{10}{4} \cdot \frac{20}{10} = \frac{5}{1}$$

$$\frac{10}{4} \cdot \frac{20}{10} = \frac{5}{1}$$