



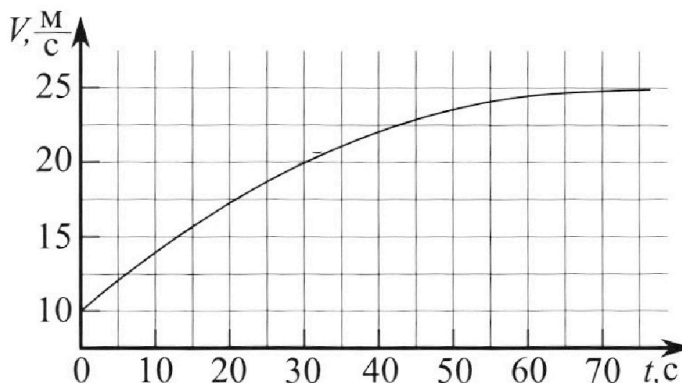
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $v_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $v_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $v_1$ ?

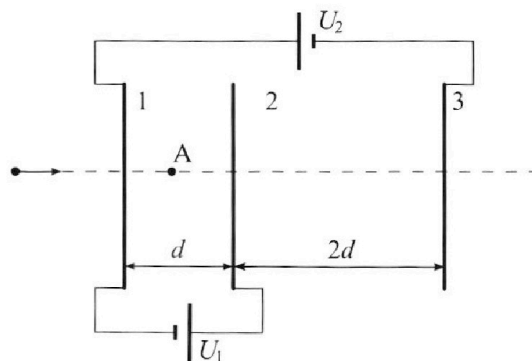
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

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

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



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

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

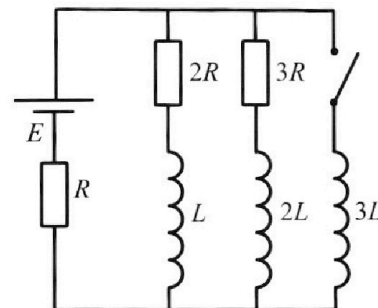
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 194$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

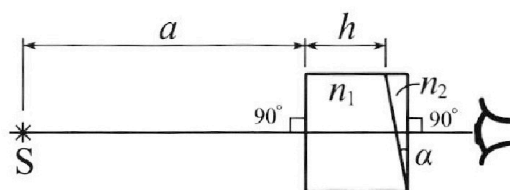


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

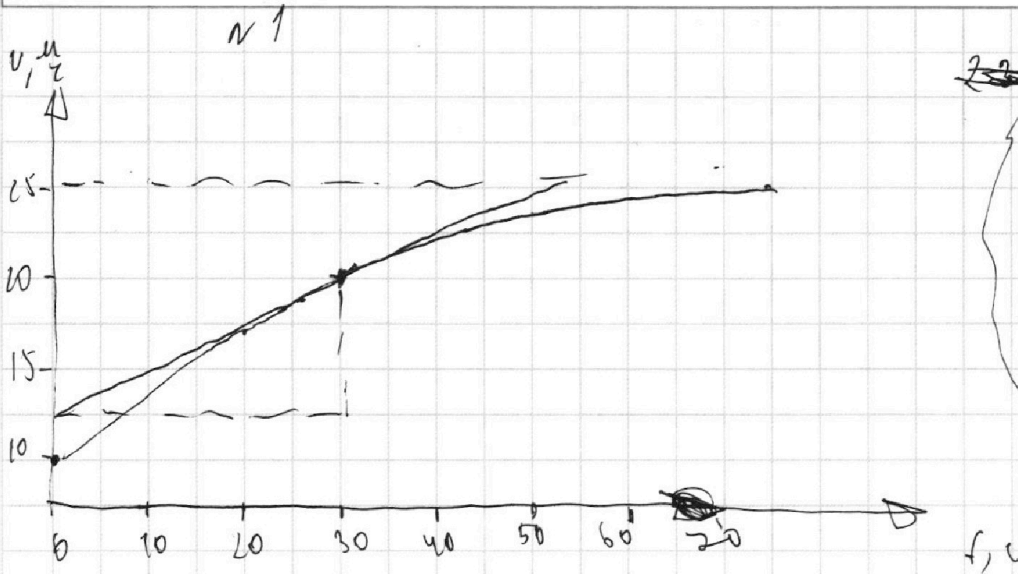
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

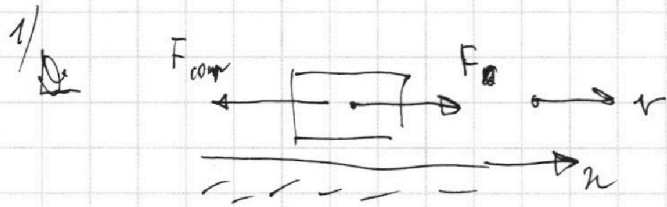
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

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



~~2, 24~~  
 Ответ:  
 1)  $a_1 = 0,25 \frac{m}{c^2}$   
 2)  $F_1 = 850 \text{ H}$   
 3)  $P_1 = 17 \text{ кВт}$



23H Ор:

$$F_0 - F_{comp} = m a_x$$

$$F - 2v = m a_x$$

В конце разгона автомобиля движение с постоянной скоростью  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow F_k = d v \Rightarrow d = \frac{F_k}{v} = \frac{500 \text{ H}}{25 \frac{m}{c}} = 20 \left( \frac{H}{c} \right)$

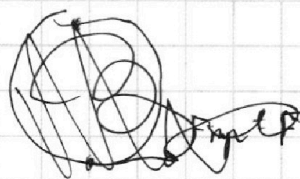
~~Катающиеся к колесу~~ коэф. трения катящейся к колесу  
 тогда ускорения равно ускорения автомобиля.

Планим образон три скорости  $v_1 = 20 \frac{m}{c} \cdot a_1 = \frac{dv_1}{dt} = \frac{25}{30} =$   
 ~~$= \frac{25}{30} \cdot \frac{25}{60} = \frac{5}{12} \frac{m}{c^2}$~~   $\frac{25}{30} = 0,25 \frac{m}{c^2}$

2)  $F_1 - 2v_1 = m a_1 \Rightarrow F_1 = 2v_1 + m a_1 \Rightarrow F_1 = 20 \cdot 20 + 1100 \cdot 0,25 =$   
 $= 400 + 450 = 850 \text{ H}$

3) ~~Работа силы трения:~~

~~Сила трения направлена  
 влево и противоположна  
 скорости движения  
 колеса~~



По определению.

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot ds}{dt}$$

$= F v$ . Планим образон  
 $P_1 = F_1 v_1 = 850 \cdot 20 = 17 \text{ кВт}$

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!



12 (продолжение)

$$V_2 = V_{20} + \Delta V_0 - \Delta V = V_{20} + k p_0 \frac{V}{4} - k p_2 \frac{V}{4} = V_{20} + k \frac{V}{4} (p_0 - p_2)$$

Плотность воздуха

$$p_2 = p - \rho_{\text{амм}} \tau \Rightarrow V_2 = V_{20} + k \frac{V}{4} (p_0 - p + \rho_{\text{амм}} \tau) = V_{20} + k \frac{V}{4} \left( -\frac{17}{8} p_0 + \rho_{\text{амм}} \tau \right)$$

$$\left( \frac{25}{8} p_0 - \rho_{\text{амм}} \tau \right) \cdot \frac{11}{20} V = \left( V_{20} + k \frac{V}{4} \left( \rho_{\text{амм}} \tau - \frac{17}{8} p_0 \right) \right) k T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \rho_{\text{амм}} V = V_{20} k T + \frac{k V}{4} \rho_{\text{амм}} \tau k T - \frac{k V}{4} \rho_{\text{амм}} \tau k T$$

$$- \frac{17}{8} \frac{p_0 V}{4} k T$$

По условию  $k T = 1 \Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \rho_{\text{амм}} V = V_{20} k T + \frac{\rho_{\text{амм}} V}{4} - \frac{17}{32} p_0 V$

$$V_{20} k T = \frac{5}{4} V_{20} k T_0 = \frac{5}{76} p_0 V \quad (\text{из (3)}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \rho_{\text{амм}} V = \frac{5}{76} p_0 V + \frac{\rho_{\text{амм}} V}{4} - \frac{17}{32} p_0 V =$$

$$\Rightarrow \frac{35}{32} p_0 V - \frac{10}{32} p_0 V + \frac{17}{32} p_0 V = \frac{11}{20} \rho_{\text{амм}} V + \frac{5 \rho_{\text{амм}} V}{20} =$$

$$\Rightarrow \frac{31}{16} \frac{62}{32} p_0 V = \frac{415}{520} \rho_{\text{амм}} V \Rightarrow \frac{31}{76} p_0 = \frac{4}{5} \rho_{\text{амм}} \Rightarrow p_0 = \frac{64 \rho_{\text{амм}}}{155}$$

Ответ:  ~~$p_0 = \frac{64 \rho_{\text{амм}}}{155}$~~  1)  $\alpha = 2$

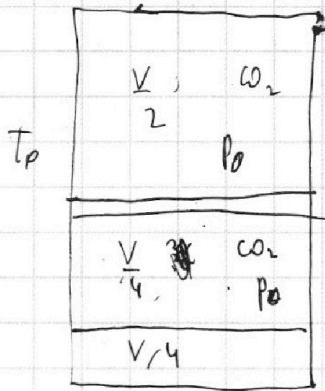
2)  $p_0 = \frac{64}{155} \rho_{\text{амм}}$

- 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 (часть)



Для газа три комнаты температуры:  $T_0$   
 Так как нормально в равновесии, то давление одну и другую равны:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_{10} k T_0 \quad (1)$$

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_{20} k T_0 \quad (3)$$

$$\frac{\nu_{10}}{\nu_{20}} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

$$\frac{3\nu - \nu}{4} = \frac{11\nu}{5}$$

После нагревания

Давление общее кол-во ун газа в каждой части объема равно  $\nu$ :

$$\nu = \nu_{20} + \Delta \nu_0 = \nu_{20} + \Delta \nu = \nu_{10} k T = \frac{p_0}{2} \nu_{10} k T$$

По закону Гейсса  $\Delta \nu_0 = k p_0 \frac{V}{4}$

$$\Delta \nu = k p_0 \frac{V}{4}$$

$$p \frac{V}{5} = \nu_{10} R \cdot \frac{5}{4} T_0 \quad (2)$$

Поделим (2) на (1):  $\frac{pV/5}{p_0 V/2} = \frac{5 \nu_{10} k T_0}{\nu_{10} k T_0} = \frac{2p}{5p_0} = \frac{5}{4} \Rightarrow p = \frac{25}{8} p_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta p = \frac{25}{8} p_0 - p_0 = \frac{17}{8} p_0$$

По нормам идеального газа при  $100^\circ C \Rightarrow p_{в.н} = p_{атм}$

Нормы в равновесии  $\Rightarrow p_2 + p_{атм} = p = \frac{25}{8} p_0$

Для ун. газа по нормам:  $p_2 V_2 = \nu_2 k T$

$$\nu_2 = \nu_{20} + \Delta \nu_0 = \nu_{20} + \frac{17}{32} k p_0 \frac{V}{4} \Rightarrow \nu_2 = \nu_{20} + \frac{17}{32} \frac{p_0 V}{4 k T} = \frac{11}{10} \nu_{20} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 \frac{11}{20} V = \left( \nu_{20} + \frac{17}{32} \frac{p_0 V}{4 k T} \right) k T = \nu_{20} k T + \frac{17}{32} p_0 V \cdot \frac{k T}{4 k T}$$

$$\nu_{20} k T + \frac{5}{4} \nu_{20} R \cdot T_0 =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

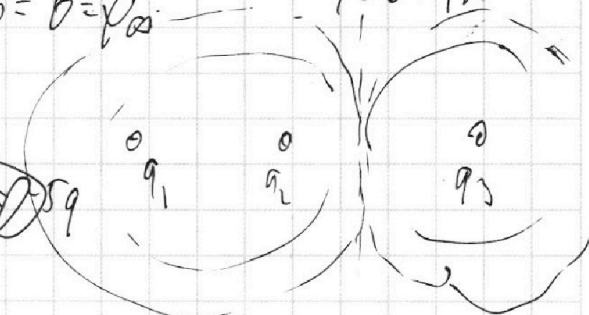
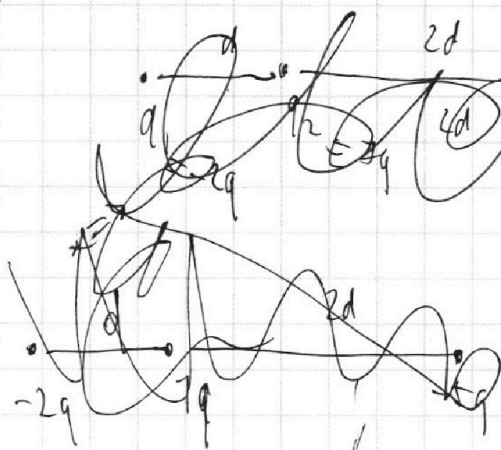
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

№3 (продолжение)

не расстояния  $\rightarrow$  размеров сток, сетки всевозможные потенциалы зарядов:  $\varphi = 0 = \varphi_{\infty}$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_4$$

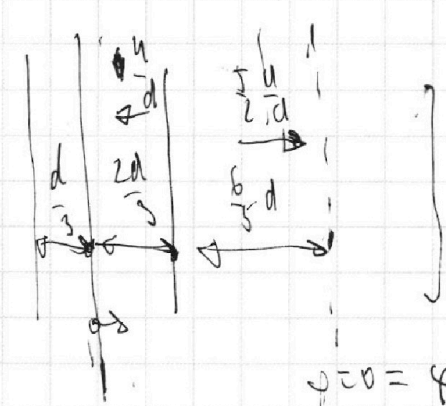
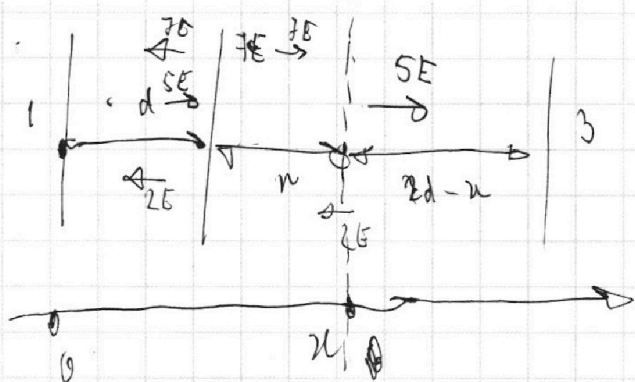
$$-4E \cdot d + 10E \cdot x = 10E(2d - x)$$

$$-4E \cdot d + 10E \cdot x = 20E \cdot d - 10E \cdot x$$

$$24E \cdot d = 20E \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{6}{5} d$$

- координата равна 0:



3) где  $v = v_0$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$= q \left( -\frac{4}{d} \cdot \frac{2d}{3} + \frac{5}{2} \frac{4}{d} \cdot \frac{6}{5} d \right) =$$

$$= -q \left( -\frac{8}{3} + 4 \right) = \frac{4}{3} qU$$

$$v^2 - v_0^2 = \frac{4}{3} \frac{qU}{m}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{4}{3} \frac{qU}{m}}$$

- Ответы:
- 1)  $a = \frac{Uq}{md}$
  - 2)  $k_1 - k_2 = qU$
  - 3)  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{4}{3} \frac{qU}{m}}$

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

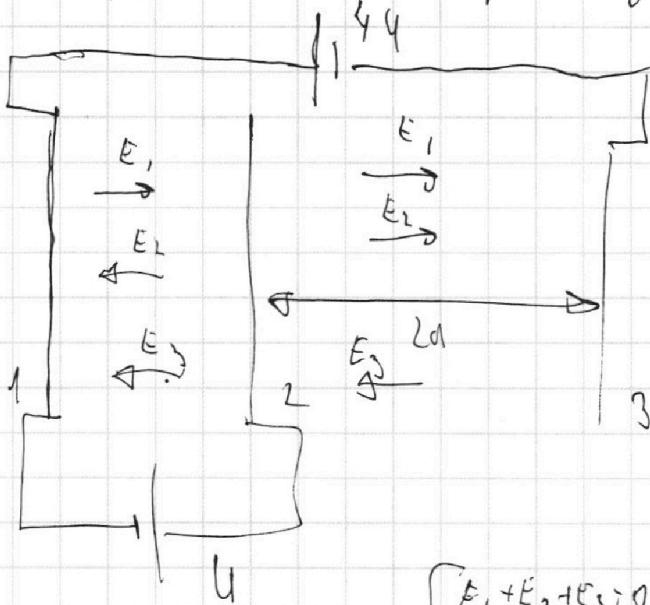
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Размер сетки  $\gg d \gg$  компетентность коле, создаваемые сеткой ~~потенциал~~ не зависят от расстояния до сетки (при малых) и пренебрежительно малы.



Электрический заряд сеток равен нулю, т.к. используем лишь разрывы зарядов, а не создаем их. Также обрывают

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \\ 5U = (E_1 + E_2 - E_3)2d \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 & (1) \\ \frac{U}{d} = E_3 + E_2 - E_1 & (2) \\ \frac{5U}{2d} = E_1 + E_2 - E_3 & (3) \end{cases}$$

(3) - (1):  $5U - 0 = -(E_3 - E_1)2d \Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}$

$\Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}$

Сложим (2) и (1):  $\frac{7U}{2d} = 2E_2 \Rightarrow E_2 = \frac{7U}{4d} \Rightarrow E_1 - E_2 - E_3 = -\frac{7U}{4d} + \frac{5U}{2d} = -\frac{U}{2d}$

1) 234 где разность:  $(E_2 + E_3 - E_1)q = ma \Rightarrow a = \frac{U}{d} q = ma \Rightarrow a = \frac{Uq}{md}$

2) 307 где разность:  $k_2 - k_1 = \Delta x \cdot \text{напряж} = (E_1 - E_2 - E_3)qd = -\frac{U}{d} qd = -Uq$   
 $\Rightarrow k_1 - k_2 = qU$

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!

н 4 (продолжение)  
Две катушки А: ~ прав. катушка:

$$-L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_3}{dt} = 2I_1 R \quad (-dt) \Rightarrow -L dI_1 + 3L dI_3 = 2I_1 R$$

Продифференцируем по времени dt:  $\Rightarrow -L \Delta I_1 + 3L \Delta I_3 = 2q_1 R =$

$$\Rightarrow -L (I_{1K} - I_{10}) + 3L (I_{3K} - 0) = 2q_1 R.$$

В установившемся режиме ток не меняется и  $dI/dt = 0 \Rightarrow U_{3L} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{2K} = 0, I_{1K} = 0$ ; весь ток циркулирует по внешней катушке

и равен  $I_K = I_{3K} = \frac{E}{R} \Rightarrow -L (0 - I_{10}) + 3L \frac{E}{R} = 2q_1 R \Rightarrow LI_{10} + 3LE = 2q_1 R \Rightarrow$

$$\Rightarrow L \frac{3E}{11R} + 3 \frac{LE}{R} = 2q_1 R \Rightarrow \frac{3LE}{11R} + \frac{33LE}{11R} = 2q_1 R \Rightarrow \frac{36LE}{11R} = 2q_1 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$$

- Ответ:
- 1)  $I_{10} = \frac{3E}{11R}$
  - 2)  $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11RL}$
  - 3)  $q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

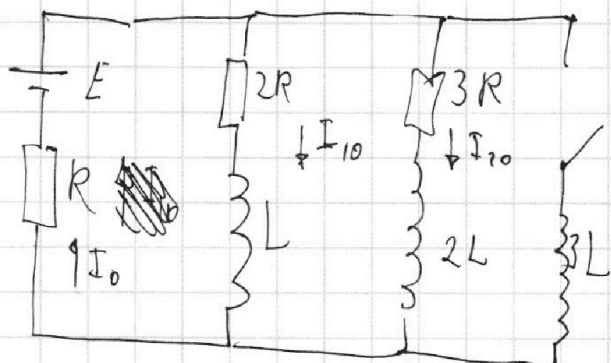
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

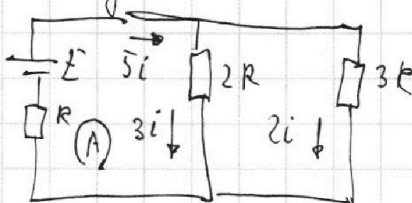


№4 (назад)



1) Если ключ разомкнут:

Решим угадайки =>  
=> ток во всех ветках не меняется => на катушках не падает напряжение

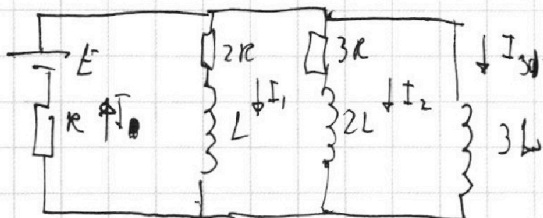


Рассмотрим ток обратно  
поперек сопротивлений // ветки ветвей

2 прав. контура где катушка (A):  $E = 5iR + 6iR \Rightarrow i = \frac{E}{11R}$

$I_{10} = 3i = \frac{3E}{11R}$ ; Через резистор R:  $I_0 = 5i = \frac{5E}{11R}$ ; через 3R:  $I_{20} = \frac{2E}{11R}$

2) сразу после замыкания ключа:



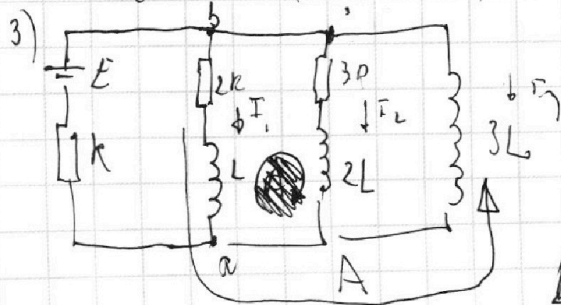
Ввиду того, что

$I = I_1 + I_2 + I_3$   
 $I_1 = I_{10}$ , т.к. катушка не поворачивается  
~~поэтому ток необходимо поделить~~

Аналогично  $I_2 = I_{20}$ ;  $I_3 = 0 \Rightarrow$  замкнем 2 прав. контура где выделено катушка.

$$E - 3L \frac{dI_3}{dt} = I R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - I_0 R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - \frac{5E}{11R} = \frac{6E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11R \cdot 3L} = \frac{2E}{11RL}$$



2 прав. контура где катушка (A):

$$L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (-d)$$

$$L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (\Sigma)$$

пропорционально по всем dt:  
 $L \Delta I_1 - 2L \Delta I_2 = 3a_2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

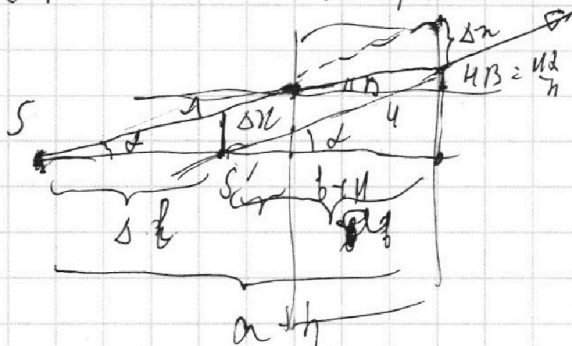
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Изобразим  $n_1$  (продолжим)  $\delta$  многократными пластинками



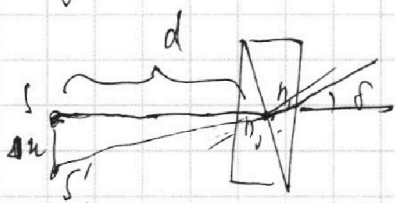
$$\delta l = \frac{\Delta n}{2} d; \Delta n = (n_2 - n_1) d$$

$$- (n_2 - n_1) d; \beta = \frac{d}{h}$$

$$(n_2 - n_1) d = \frac{d}{h} \delta l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) = \delta l \Rightarrow \delta l = h \frac{(n_2 - n_1)}{n_1}$$

Изобразим  $\delta$  совмещенными экраном.



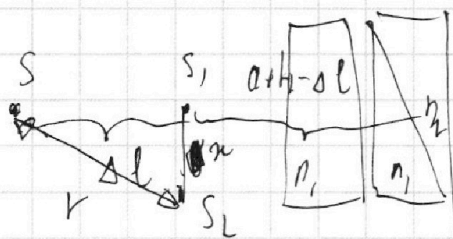
Анализировать можно так:

$$n_1 d = n_2 \delta \Rightarrow \delta = \frac{n_1 d}{n_2} \Rightarrow \delta = d - \frac{h}{n_2}$$

$$n_2 \delta = \delta \Rightarrow \delta = (n_2 - n_1) d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{суммарный путь разности } \kappa = d \delta = d (n_2 - n_1) \delta = (a+h) (n_2 - n_1) \delta = 200 \cdot 0,02 = 0,1 = 400 \text{ нм}$$

3) у нас имеется бы многократными пластинками и два экрана  $S_1$  - изображение  $S$  в пластинках,  $S_2$  - изображение  $S_1$  в экране



$$\kappa = \sqrt{(\delta l)^2 + \kappa^2} = \sqrt{h^2 \frac{(n_2 - n_1)^2}{n_1^2} + ((a+h-delta)(n_2 - n_1) \delta)^2}$$

$$S_1 \text{ - изображение } \Rightarrow r = \sqrt{(\delta l)^2 + (\delta)^2} =$$

$$= \sqrt{(\delta l)^2 + ((a+h-delta)(n_2 - n_1) \delta)^2} =$$

$$= \sqrt{h^2 \frac{(n_2 - n_1)^2}{n_1^2} + ((a+h-delta)(n_2 - n_1) \delta)^2} = \sqrt{h^2 \frac{(n_2 - n_1)^2}{n_1^2} + (a+h-delta)^2 (n_2 - n_1)^2 \delta^2}$$

$$= \sqrt{9^2 \cdot \left(\frac{1,5 - 1}{1,5}\right)^2 + \left(194 + \frac{9}{1,5}\right)^2 \cdot (0,2)^2 \cdot (0,1)^2} = \sqrt{1 + (200 \cdot 0,02)^2} =$$

$$= \sqrt{17} \text{ см}$$

Ответ: 1) ~~17 см~~ 0,01 рад

2) 19,2 см

3)  $\sqrt{17}$  см

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

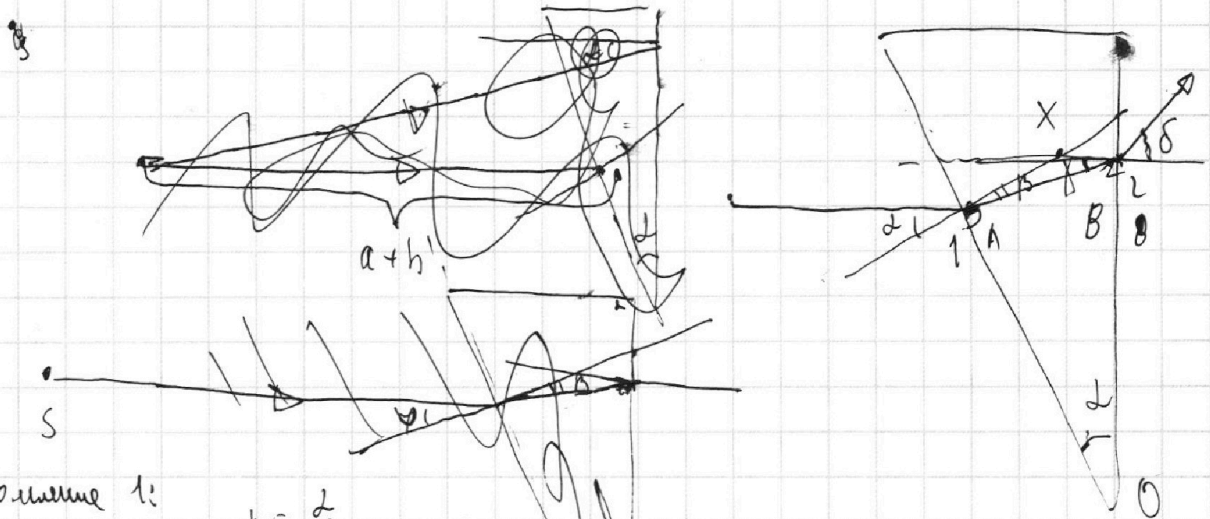
**МФТИ**

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



№5 (карандаш)

1) Если  $n_1 = n_2$ , то толщину кристалла можно вообще убрать.  
Рассмотрим преломление лучей, идущих под углом  $\alpha$  к  $GO$ .



1) Преломление 1:

$$\alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

Преломление 2:  $n_2 \gamma = \delta$

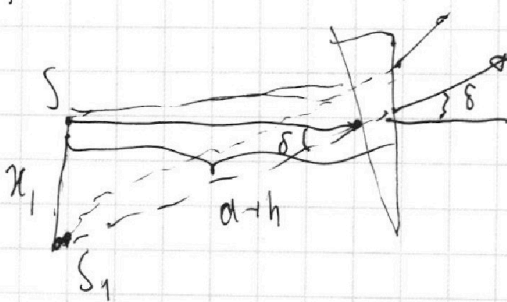
Четырехугольник  $OAXB$  - вписанный  $\Rightarrow \angle AXB = 180^\circ - \alpha$

В  $\triangle AXB$ :  $180^\circ = \beta + \gamma + (180^\circ - \alpha) \Rightarrow \beta + \gamma = \alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta = \alpha - \frac{\alpha}{n_2} \Rightarrow \delta = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1)\alpha =$$

$$= 0,07 \text{ рад}$$

2)



Лучи с малым углом "исходят" картинку  $LOX$ , но "всплывают", т.е.  $n_1 > n_2$ .

$$\begin{aligned} x_1 &= (a+h) \tan \delta \approx (a+h) \delta = \\ &= (a+h) (n_2 - 1) \alpha = 203,0,07 \approx \\ &\approx 14,2 \text{ см} \end{aligned}$$



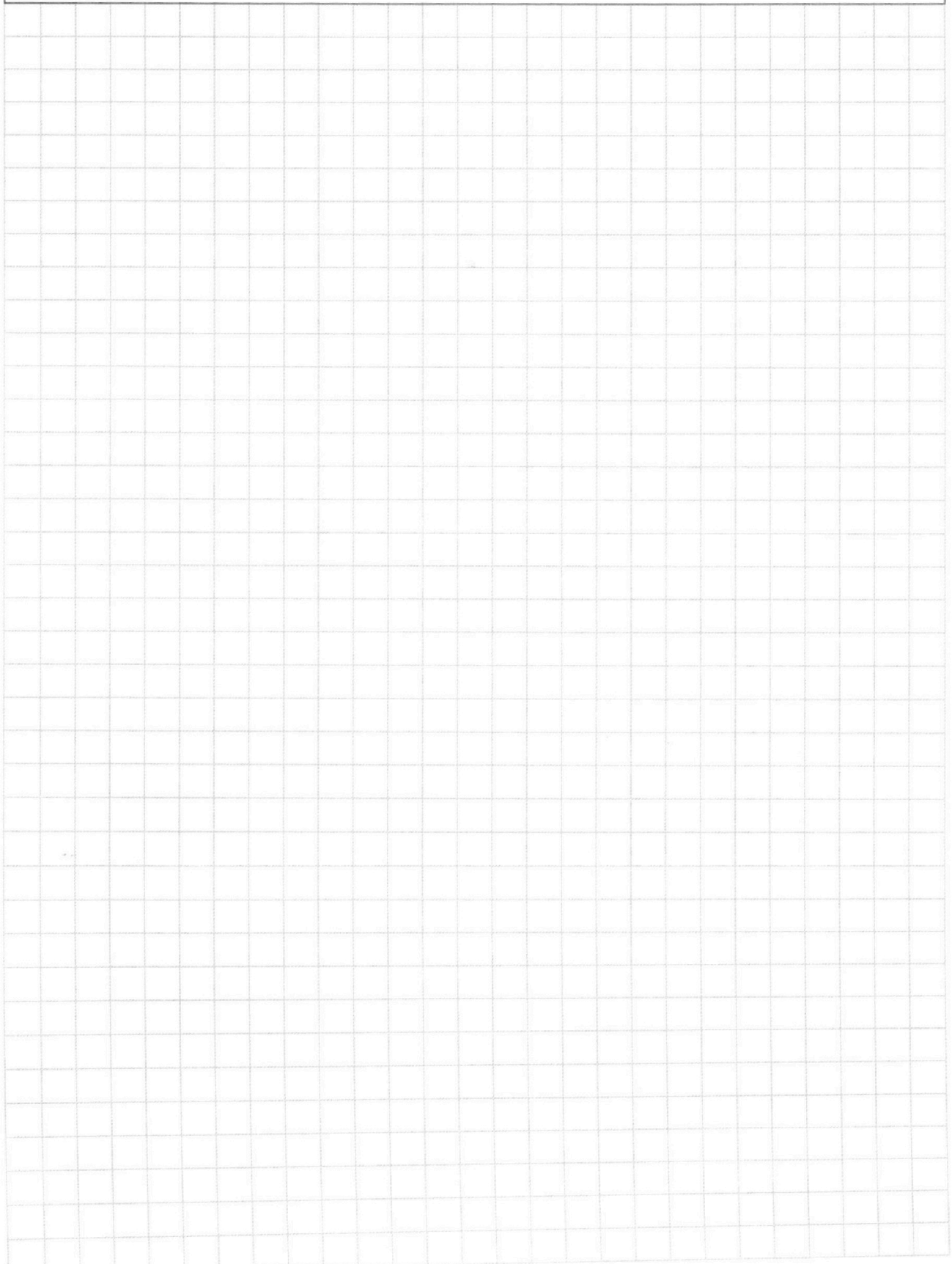
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!



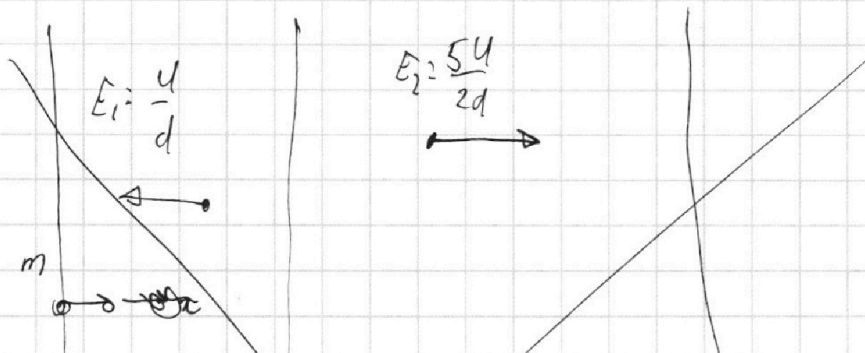
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) 2 34 ~~was ~~something~~ que ~~something~~~~

$$E, q = ma \Rightarrow a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{U q}{d m}$$

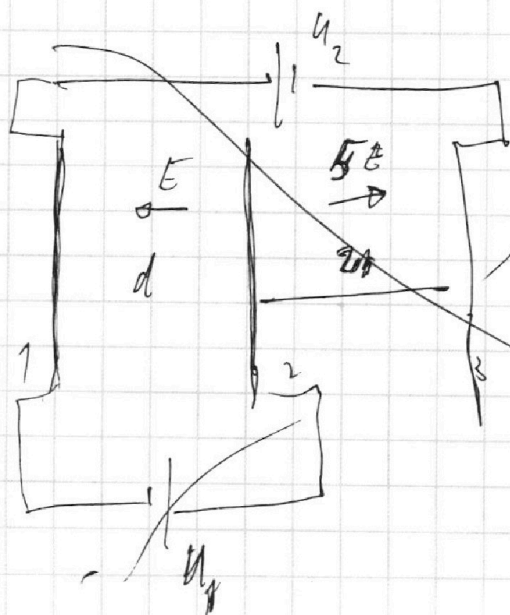
2) 3 6 7 que ~~something~~:  $k_2 - k_1 = \Delta_{something} 1 \rightarrow 2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow k_2 - k_1 = -E_1 q d \Rightarrow k_2 - k_1 = E_1 d = U q$$

3) 3 6 7 que ~~something~~:

$$k_{1/3} - k_1 = -E_1 q \frac{d}{3} \Rightarrow \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{U q}{3} \Rightarrow \frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{U q}{3}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 U q}{3 m}} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 U q}{3 m}}$$



$$v_2 = v_1 + E_2 \cdot 2d$$

$$E_2 = \frac{5U}{2d}$$

$$E_1 = \frac{U}{d}$$

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

$$E = k q, \quad E_1 = k q_1, \quad E_2 = k q_2$$

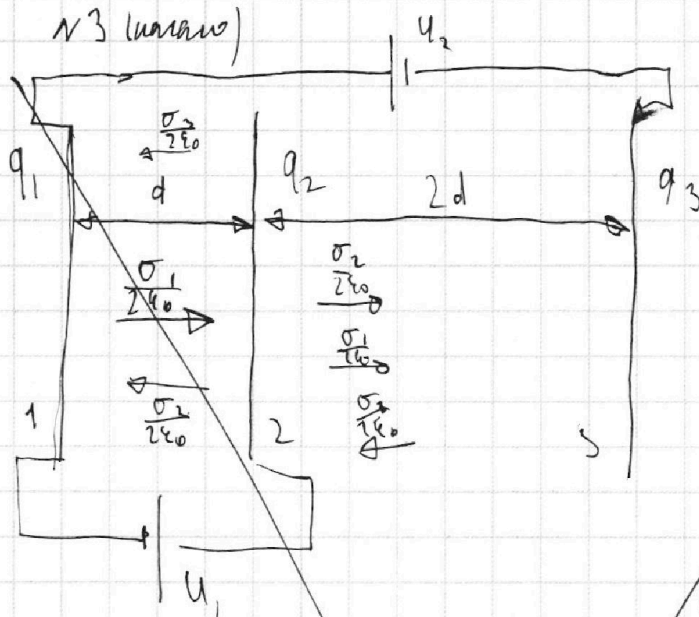
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Заметим, что  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ , т.е. используем закон сохранения заряда. Так как  $s \gg d$ , то конденсатор можно считать плоским.

$$\epsilon_i E_i = \frac{q_i}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_i}{2\epsilon_0}$$

$$U_1 = \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} = U$$

$$U_2 = \frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} = -U$$

$$+ \frac{\sigma_2 \cdot 2d}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1 \cdot 2d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3 \cdot 2d}{2\epsilon_0} = 4U$$

Получаем систему:

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 & (1) \\ U = \frac{d}{2\epsilon_0} (\sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3) & (2) \\ 5U = \frac{d}{\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3) & (3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 & (1) \\ 2\epsilon_0 U = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3 & (2) \\ 5U \epsilon_0 = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 & (3) \end{cases}$$

Вычитая из (1) (3):  $0 - 5U \epsilon_0 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2 + \sigma_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sigma_3 = -\frac{5U \epsilon_0}{2d}$$

Вставим (2) и (3):  $\frac{7U \epsilon_0}{d} = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{7U \epsilon_0}{2d}$$

$$\sigma_1 = -\sigma_2 - \sigma_3 = -\frac{7U \epsilon_0}{2d} + \frac{5U \epsilon_0}{2d} = -\frac{2U \epsilon_0}{2d} = -\frac{U \epsilon_0}{d}$$

Напряженность между пластинами  $E_1 = \frac{U_1}{d}$