

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

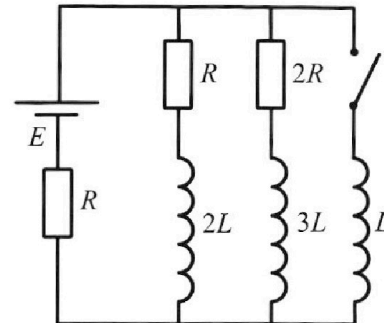
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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.

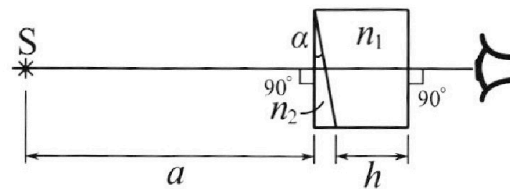


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



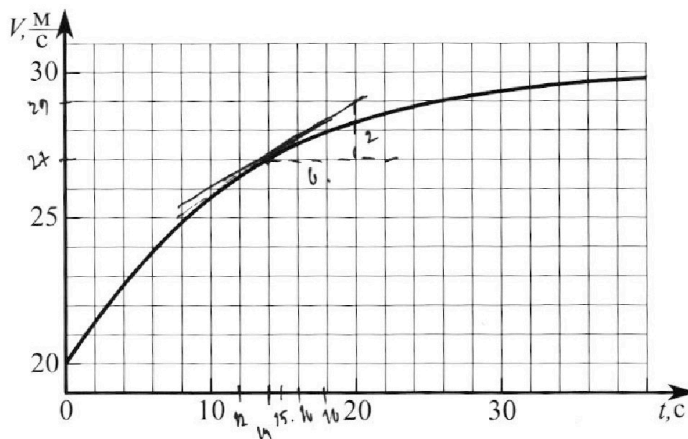
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?

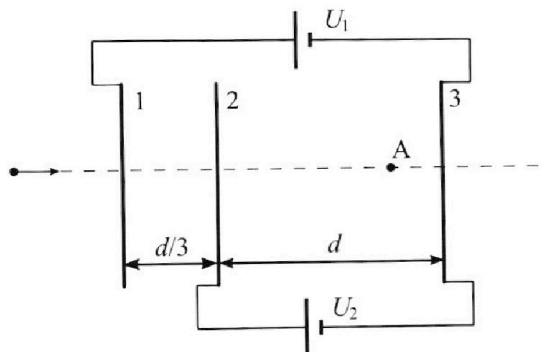
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объем  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объем его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объеме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объем жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объема 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 конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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



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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

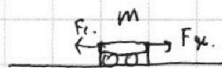


1)  $m = 300 \text{ кг}$  (с лотком);  $N = \text{const}$  (горизонтально)

$F_{с.к} = 405 \text{ Н}$ . 1)  $a_1 = ?$  ( $U_1 = 27 \text{ м/с}$ ).

2)  $F_1 = ?$  ( $U_1 = 27 \text{ м/с}$ )

$N_0 = ?$  ( $U_1 = 27 \text{ м/с}$ ).



$F_c$  — сила сопротивления

$a = \frac{dU}{dt}$  ← кас.-д.  $U(t)$ .

$N = \frac{dA}{dt} = F_{сп} \cdot U = \text{const} \rightarrow F_{сп} = \frac{\text{const}}{U}$  ⊖

⊖  $\frac{N}{U} = F_{сп}$

$F_{сп} - F_c = m a$ .

1) Определим  $a(U_1)$  через касательную:

$a(U_1) \approx \frac{27}{30-27} = \frac{27}{3} = 9 \text{ м/с}^2$

23Н:

2)  $F_c = F_{сп} - m a$ .

Положа скорость постоянную  $U = \text{const} \rightarrow a = 0$ .  
 $\Rightarrow F_{сп(0)} = F_c(0)$ .

( $F_{сп}$  — сила Телл).

$U(0) = 20 \text{ м/с}$  (из графика) ← она же координ.  $U$  при  $U = \text{const}$ .  
 Но также  $N_{сп}$  не изменяется (по графику) ( $N_{сп(0)} = N_{сп}$ ).

$\Rightarrow F_{сп} \cdot U(0) = N_{сп}$ .

$\frac{N_{сп}}{U(0)} = F_c(U)$ .

~~$F_c = \frac{N_{сп}}{U}$~~   ~~$F_c(U_1) = \frac{N_{сп}}{U_1}$~~   ~~$m a(U_1) = \frac{F_c(0) \cdot U(0)}{U_1} - m a(U_1)$~~

4 концы пружины:  $U$  графика:  $U \rightarrow \text{const} = 30 \text{ м/с} \rightarrow a \rightarrow 0$ .

$\Rightarrow F_{спк} \approx F_{ck} = \frac{N_{сп}}{U_2}$  ( $U_2 = 30 \text{ м/с}$ )

$\Rightarrow \boxed{N_{сп} = F_{ck} \cdot U_2} \Rightarrow F_c(U_1) = \frac{F_{с.к} \cdot U_2}{U_1} - m a(U_1)$  ⊖

⊖  $\frac{405 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{3} = 450 - 100 = 350 \text{ (Н)}$ .

3) При скорости  $U_1 = 27 \text{ м/с}$ :  $N_{сп} = 405 \cdot 30$  (Н·с);  $F_c(U_1) = 350 \text{ Н}$ ;  
 $a(U_1) = \frac{1}{3} \text{ м/с}^2$ .

$N_{сп} = F_{сп} \cdot U_1 = (m a + F_c) U_1$

$\rightarrow N_{сп} = N_c + m a U_1$

$\rightarrow \frac{N_c}{N_{сп}} = 1 - \frac{m a U_1}{N_{сп}} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{1}{3} \cdot 27}{45 \cdot 405 \cdot 30} =$



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!

кочашеше №1)

$$= 1 - \frac{10}{45} = \frac{35}{45} = \frac{7}{9}$$

Ответ: 1)  $\frac{1}{3}$   $4/c^2$ ; 2) 350 и; 3)  $\frac{7}{9}$ .



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)

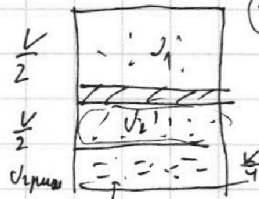
1) До нагрева:

$$P_1 = P_2$$

$$P_1 \frac{V}{2} = U_1 R T_0$$

$$P_2 \frac{V}{4} = U_2 R T_0$$

$$U_2 \text{ паров.} = \kappa P_2 \cdot \frac{V}{4}$$



$$\frac{U_1}{U_2} = ? = \frac{U_1}{U_2}$$

$U_1$  - кол-во  $U_2$

$U_2$  - кол-во при исп. пара (где  $U_1'$  - все исп.;  $U_2$  паров - все)

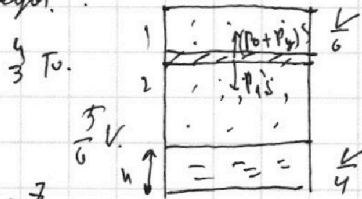
$$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{P_1 V}{2 R T_0}}{\frac{P_1 V}{4 R T_0} + \kappa R \frac{V}{4}} = \frac{2 R T_0}{\frac{1}{4 R T_0} + \frac{\kappa}{4}}$$

$$\parallel R T = \frac{1}{3} R T_0 \rightarrow R T_0 \approx \frac{9 \cdot 10^3}{4} \text{ мкс}$$

$$\frac{9}{4} = \frac{6}{10} = \frac{3}{20}$$

$$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1 \cdot 4^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^3}}{\frac{\kappa}{4 \cdot 9 \cdot 10^3} + \frac{96 \cdot 10^{-3}}{4}} = \frac{\frac{2}{9 \cdot 10^3}}{\frac{1}{9 \cdot 10^3} + \frac{0.6 \cdot 10^{-3}}{4}} = \frac{\frac{2}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{3}{20}} = \frac{2}{1 + \frac{27}{20}} = \frac{40}{47}$$

2) после нагрева: все  $U_2$  все испарится; количество  $P_0$  от насыщ. паров воды:



$$\text{ищем: } P_1' = P_0 + P_y$$

$$\frac{140}{93}$$

$$\frac{5}{6} - \frac{7}{12} =$$

$$= \frac{10}{12} - \frac{7}{12} = \frac{3}{12}$$

$$P_1' \frac{V}{6} = U_1 R \frac{4}{3} T_0$$

$$P_y \cdot \frac{7}{12} V = U_2 R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\parallel P = P_{\text{пары}} + P_0 + P_y \parallel ;$$

$$\Rightarrow \frac{P_1'}{P_y} \frac{1}{7/12} = \frac{U_1}{U_2} \rightarrow \frac{P_1'}{P_y} = \frac{7}{12} \cdot \frac{40}{47} = \frac{7 \cdot 40}{12 \cdot 47} = \frac{140}{93}$$

$$\rightarrow \frac{140}{47} P_y = P_0 + P_y \rightarrow P_y = \frac{P_0}{\frac{140}{47} - 1} = \frac{47 P_0}{93}$$

$$P_{\text{пары}} = \frac{P_0}{5} \cdot \frac{V}{4} \cdot 9 = \frac{V}{4} \cdot \frac{9 P_0}{5} \quad P_0 = \frac{P_0}{1} \cdot R \frac{4}{3} T_0$$

$$\Rightarrow P = \frac{47}{93} P_0 + P_0 = \frac{140}{93} P_0$$

Ответ: 1)  $\frac{40}{47}$  2)  $\frac{140}{93}$  Па.

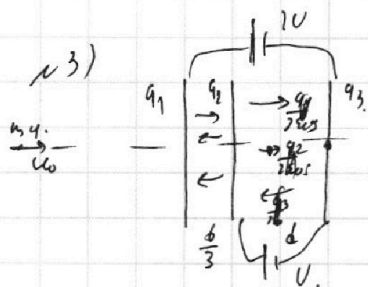
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) Пусть  $q_1, q_2, q_3 > 0$   $U = E \cdot d$

~~$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} + U = 0$$~~  
~~$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$~~

нале однородно

Т.к  $q \ll \lambda$  зарядов слоев  $\rightarrow$  не имеет на краях;  $d \ll \sqrt{S} \Rightarrow$  не имеет неоднородности (т.е. не перенасыт.)  $u \approx \frac{q}{2\epsilon_0 S}$

и картину линий зарядов:

$E_z \cdot q = \sigma \cdot a \rightarrow q = \frac{E \cdot a}{m}$

$E_z \cdot d = U \Rightarrow$

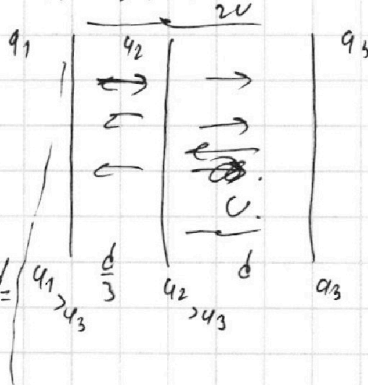
$q = \frac{U \cdot a}{m \cdot d}$

2).  $K_3 - K_2 = ?$

Найдем заряды на сегментах:

ЗСЗ:  $K_0 = K_2 + K_3$

$q_1 - q_2 + q_2 - q_3 = 2U$



$$\frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} + \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

$$\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

$$(q_1 - q_2 - q_3) \frac{d}{6\epsilon_0 S} + (q_1 + q_2 - q_3) \frac{d}{2\epsilon_0 S} = 2U$$

$$q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U}{d}$$

$$(q_1 - q_2 - q_3) + 3(q_1 + q_2 - q_3) = \frac{2U}{d} \cdot 6\epsilon_0 S$$

$$q_1 - q_2 - q_3 + 3q_1 + 3q_2 - 3q_3 = \frac{12U\epsilon_0 S}{d}$$

ЗСЗ:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$$4q_1 - 2q_2 - 4q_3 = \frac{12U\epsilon_0 S}{d}$$

$$\begin{cases} 2q_1 - q_2 - 2q_3 = \frac{6U\epsilon_0 S}{d} \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases}$$

$$3(q_1 - q_3) = \frac{8U\epsilon_0 S}{d}$$

$$2(q_1 + q_2) = \frac{2U\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_1 + \frac{U\epsilon_0 S}{d} - q_1 - \frac{8U\epsilon_0 S}{3d} + q_1 = 0$$

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!

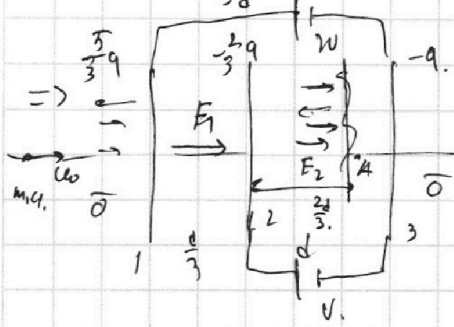


Прочитайте условие №3)

$$q_1 = \frac{8V\epsilon_0 S}{3d} - \frac{V\epsilon_0 S}{d} = \frac{5V\epsilon_0 S}{3d} = \frac{5V\alpha}{3} = \frac{5}{3} q \quad (q = U\alpha)$$

$$q_2 = \frac{V\epsilon_0 S}{d} - \frac{5V\epsilon_0 S}{3d} = -\frac{2V\epsilon_0 S}{3d} = -\frac{2U\alpha}{3} = -\frac{2}{3} q$$

$$q_3 = -\frac{8V\epsilon_0 S}{3d} + q_1 = -\frac{V\epsilon_0 S}{d} = -U\alpha = -q$$



$$E_1 = \frac{\frac{5}{3}q + \frac{2}{3}q + q}{2\epsilon_0 S} = \frac{\frac{5}{3} \cdot \frac{5}{3}q}{2\epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \cdot \frac{q}{\epsilon_0 S} =$$

$$= \frac{5}{3} \cdot \frac{V \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}}{\epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \frac{V}{d} = E_1$$

$$E_2 = \frac{\frac{5}{3}q + q - \frac{2}{3}q}{2\epsilon_0 S} = \frac{2 \cdot \frac{q}{3}}{2\epsilon_0 S} = \frac{V \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}}{\epsilon_0 S} = \frac{V}{d}$$

3)  $K_3 - K_2$ ; В области 12 пучок:

~~3)  $K_3 - K_2 = Uq$~~   $F_{эл} = \frac{5V}{3d} q = m a_{12} \rightarrow a_{12} = \frac{5Vq}{3md}$

$\frac{d}{3} = \frac{U_2^2 - U_0^2}{2a_{12}}$ ; Аналогично в 23:  $d = \frac{U_3^2 - U_2^2}{2a_{23}}$ ;  $a_{23} = \frac{Uq}{md}$

$$U_3^2 - U_2^2 = 2a_{23}d = \frac{2Uq}{m}$$

$\rightarrow K_3 - K_2 = Uq$

4)  $\frac{2d}{3} = \frac{U_u^2 - U_2^2}{2a_{23}}$   $U_u = ? \quad | \frac{2d}{3} |$   
 $U_2^2 = \frac{2a_{12}d}{3} + U_0^2$

$$\rightarrow U_u^2 = \frac{4a_{23}d}{3} + \frac{2a_{12}d}{3} + U_0^2 =$$

$$U_u = \sqrt{\frac{4}{3}d \cdot \frac{Uq}{m} + \frac{2}{3}d \cdot \frac{5Uq}{3m} + U_0^2} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{Uq}{m} + \frac{10}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{22}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2}$$

Ответ: 1)  $\frac{Uq}{md}$  2)  $Uq$  3)  $\sqrt{\frac{22}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

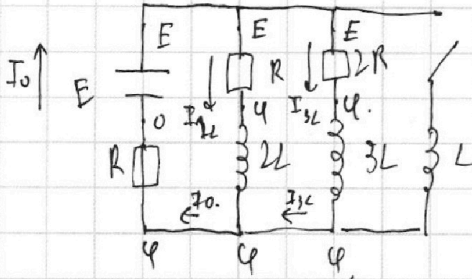
1  2  3  4  5  6  7



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



№ 4) рис. 1.



1)  $I_{2L} = ?$  | разомкн. К.

2)  $I_L$  | сразу после замк. К.

3)  $q_{2R} = ?$  | замк. К.

1)  $\neq$  чтобы при разомкн. ключе в уст. сост.:  $I_{2L} = \text{const}$ ;  $I_{3L} = \text{const}$

$\rightarrow V_{2L} = V_{3L} = 0$ ; расставлю потенциалы (на рис. 1).  
и ток

$$E - \varphi = I_{2L} R.$$

$$E - \varphi = I_{3L} \cdot 2R.$$

$$\varphi = I_0 R.$$

$$\text{ЗСЗ: } I_{2L} + I_{3L} = I_0$$

$$\frac{E - \varphi}{R} + \frac{E - \varphi}{2R} = \frac{\varphi}{R}.$$

$$E - \varphi + \frac{E}{2} - \frac{\varphi}{2} = \varphi.$$

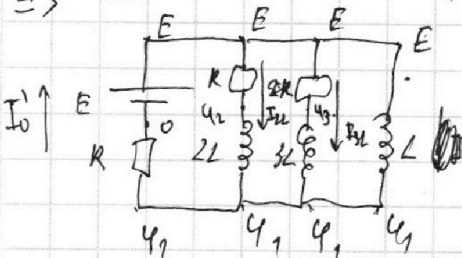
$$\frac{3}{2}E = 2\varphi + \frac{\varphi}{2} = \frac{5}{2}\varphi \rightarrow \varphi = \frac{3}{5}E.$$

$$\Rightarrow I_{3L} = \frac{E - \frac{3}{5}E}{2R} = \frac{\frac{2}{5}E}{2R} = \frac{E}{5R}.$$

2) сразу после замк. К на катушках ток не успеет измен.

$\Rightarrow$   $I_{2L}$  и  $I_{3L}$  остаются;

$I_{2L} = 0$  (шунт, на  $L$  не было тока).



$$V_L = L \dot{I}_L \rightarrow \dot{I}_L = \frac{V_L}{L} = \frac{E - \varphi_1}{L}.$$

$$\text{ЗСЗ: } I_0' = I_{2L} + I_{3L} = I_0.$$

$\Rightarrow$   ~~$\varphi_1 = \varphi$~~  аналогично расставлю потенциалы

$$E - \varphi_1 = I_{2L} \cdot R.$$

$$I_0 = \frac{\varphi}{R} = \frac{3E}{5R} \rightarrow \varphi_1 = \frac{3}{5}E = \varphi.$$

$$E - \varphi_1 = I_{3L} \cdot 2R.$$

$$\Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{\frac{2}{5}E}{L} = \frac{2E}{5L}.$$

$$\varphi_1 = I_0 R.$$

3)  $\neq$  чтобы в первый момент после замк. К.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

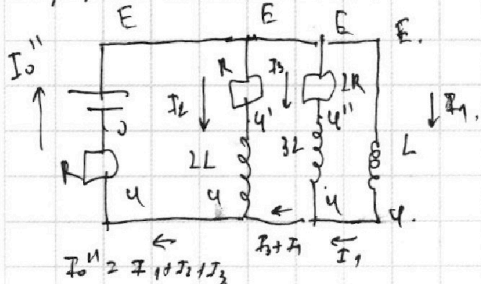
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Кратчайшие пути



$$E - \varphi'' = I_3 \cdot 2R.$$

$$\varphi'' - \varphi = V_{3L} = 3L \frac{dI_3}{dt}.$$

$$\varphi = (I_1 + I_2 + I_3) R.$$

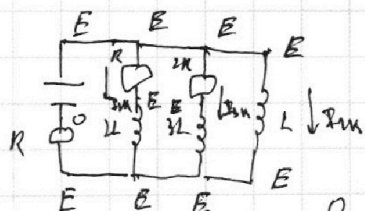
$$E - \varphi' = I_2 R.$$

$$\Rightarrow \frac{\varphi}{R} = I_1 + \frac{E - \varphi'}{R} + \frac{E - \varphi''}{2R} \Rightarrow 2I_3 R + V_{3L} = V_L = E - \varphi.$$

$$\rightarrow 2I_3 R + 3L \frac{dI_3}{dt} = L \frac{dI_1}{dt} \cdot dt$$

$$\Rightarrow 2R dq_3 + 3L dI_3 = L dI_1$$

Учитывая условия:  $I_2 = I_3 = I_1 \rightarrow \text{const} \rightarrow V_L = V_{3L} = V_2 = 0.$



$V_R = V_{2R} = 0 \rightarrow I_R = I_{1K} = 0.$  (в уст. сост.)

$$I_{1K} = \frac{E}{R}.$$

$$2R \int dq_3 + 3L \int dI_3 = L \int dI_1, \quad \left( \text{где } I_{3L} = \frac{E - \frac{2}{5}E}{2R} = \frac{\frac{2}{5}E}{2R} = \frac{E}{5R} \right)$$

$$\rightarrow 2R q_3 - 3L \frac{E}{5R} = L \cdot \frac{E}{R}.$$

$$q_3 = \frac{1}{2R} \left( \frac{LE}{R} + \frac{3}{5} \frac{LE}{R} \right) = \frac{8}{5} \frac{LE}{R} \cdot \frac{1}{2R} = \frac{8}{10} \frac{LE}{R^2}.$$

Ответ: 1)  $\frac{E}{5R}$  2)  $\frac{2E}{5L}$  3)  $\frac{4}{5} \frac{LE}{R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

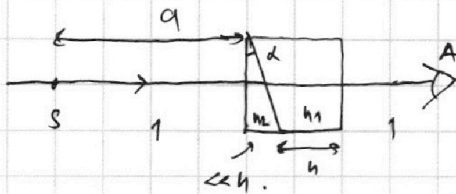
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

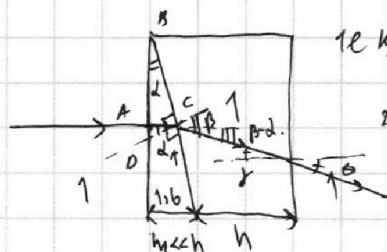
№ 5)

$a = 200 \text{ м}; h = 9 \text{ м}; d = 0,05 \text{ рад} \leftarrow \text{мал.}$



- 1)  $n_1 = n_2 = 1; n_3 = 1,6; \beta = ?$
- 2)  $n_1 = n_2 = 1; n_3 = 1,6; \text{дет. } \angle = ?$
- 3)

1)  $\times$  1й лучей: луч  $\perp$  поверхности: этот луч идет прямо вдоль SA. (Т.к S - точечный ист.).



1е условие:  $n_2 \sin \alpha = \sin \beta$ .

2е условие:  $\sin \gamma = \sin \theta \rightarrow \gamma = \theta$  (Т.к если  $\gamma = \theta = 90^\circ - \theta$ !?)  
будет перпендикулярно к ст.

$\alpha = d$ .

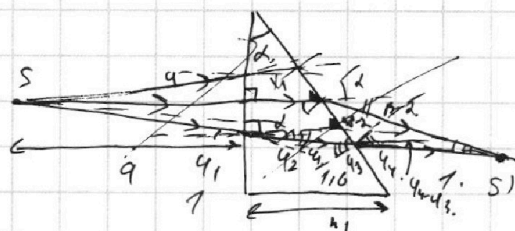
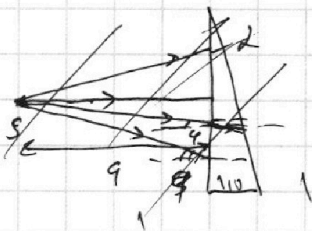
( $\angle AKB = 90^\circ - d; \angle BCD = 90^\circ$ ).

$\Rightarrow \sin \beta = n_2 \sin d \approx n_2 d = 1,6 \cdot 0,05 = \frac{80}{1000} = 0,08$   $\frac{16}{80}$

$\rightarrow \beta \approx 0,08 \text{ рад.}$

$\gamma = \beta - d = 0,03 \text{ рад.}$  ( $\gamma$  является углом отклонения).

2) Т.к.  $n_1 = n_2$ , то преломления  $n_1$  не имеет на ход.



$SS' = ?$

$d \rightarrow 0!$

$\times$  преломлениями луч.

$90^\circ - \angle = \varphi_2 + 90^\circ - \varphi_3$

$\rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = d$

$\sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$

$n_2 \sin \varphi_3 = \sin \varphi_4$

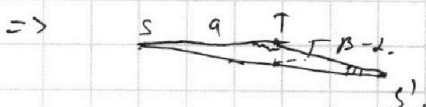
$\rightarrow \varphi_1 = n_2 \varphi_2$

$n_2 d + \varphi_1 = \varphi_4$

$\varphi_1 = n_2 \varphi_2$  ①

$n_2 d + n_2 \varphi_2 = \varphi_4$

$a \gg h \gg h_1$



(Т.к. вводим "выступ" преломления преломл.)  
 $\Rightarrow \angle TSS' = \varphi_4 - \varphi_3 = \varphi_4 - d - \varphi_2$

$\varphi_4 - \varphi_2 =$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

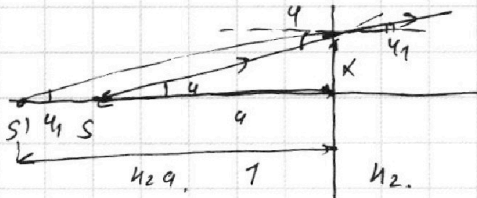


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) *Криволинейное движение*

4) *лог лучей: Лучи только на ПП поверхности про формулы длины  $S'$ .*



$$\sin \varphi = n_2 \sin \varphi_1$$

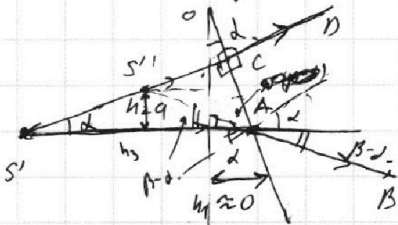
*лучи в паралл. лучах.*

$$\rightarrow \varphi \approx n_2 \varphi_1$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{x}{a} ; \text{tg } \varphi_1 = \frac{x}{a_1} \rightarrow \varphi a = \varphi_1 a_1$$

$$\rightarrow a_1 = \frac{\varphi}{\varphi_1} a = n_2 a$$

Далее:  $S'$  *лучи накл-н пов-и источ.*



$$\beta = 0,08 \text{ рад (из пункта 1)}$$

4) *луч, ко торый падает  $\perp$  пов-и. (углы без вычисления)*

$\rightarrow S''$  - *и на пересек AB и CD.*

$$\angle S''AS' = \beta - \alpha ; \angle S''AO = 90^\circ - \alpha - \beta + \alpha = 90^\circ - \beta$$

$$\rightarrow \angle CS''A = \beta \text{ (отсюда } \angle S''AS' = \beta - \alpha \Rightarrow \angle S'S''A = 180^\circ - \beta)$$

$$T. \sin: \frac{n_2 a + h_1}{\sin \beta} = \frac{S'S''}{\sin(\beta - \alpha)} \quad (n_2 a > a > h \gg h_1)$$

$$\Rightarrow \frac{n_2 a}{\beta} = \frac{S'S''}{\beta - \alpha} \rightarrow S'S'' = \frac{0,03}{0,08} \cdot 1,6 \cdot a = \frac{3}{8} \cdot \frac{16}{10} \cdot \frac{20}{100} =$$

$$= 120 \text{ (см)}$$

$$3) n_1 = 1,8 ; n_2 = 1,6 ; \angle S''S'A = 180^\circ - \beta + \alpha - 180^\circ + \beta = \alpha$$

$$\alpha = \frac{h_3}{S'S''} \rightarrow h_3 = \alpha \cdot S'S'' \text{ (} h_3 \text{ - высота } S'' \text{ над } O_1 \text{)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

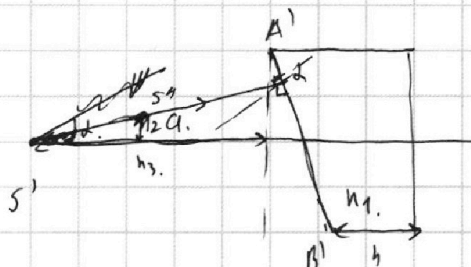
1  2  3  4  5  6  7



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

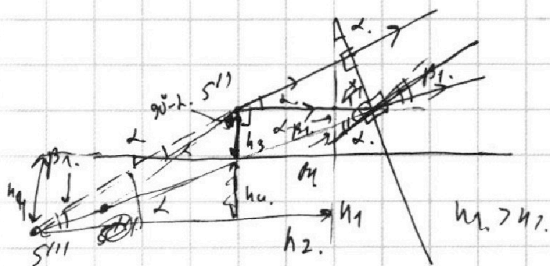
2e. Криволинейное движение.

Т.к.  $n_2 = 1,6$ , то аналогично пункту 2:



Теперь  $S''$  — источник для  $n_1$ :

× процесс хода лучей из  $S''$  на  $A'B'$  ( $n_2 \rightarrow n_1$ ).  
 $\vec{u}_2$      $\vec{v}$ .

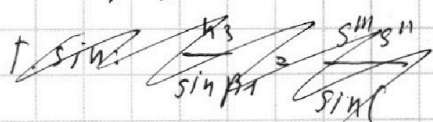


× ход луча  $\perp$  пов-и и границ.

$$n_2 \cdot d = n_1 \cdot \beta_1$$

$$\beta_1 = \frac{n_2}{n_1} d = \frac{1,6}{1,8} d = \frac{8}{9} \cdot 0,05 \text{ м.}$$

$\Rightarrow$  образует  $S'''$ .

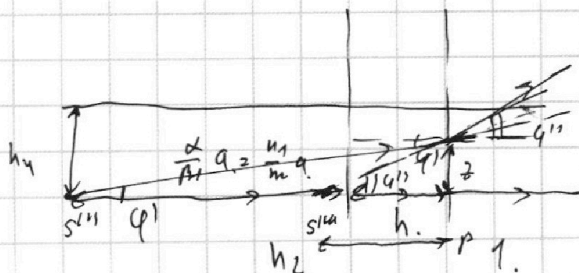


$$S''K = n_2 a - S'S'' \cdot \cos \alpha =$$

$$= \frac{1,6 \cdot 200}{320} - 120 = 200 \text{ см.} = a$$

Т. sin:  $\frac{S''K + x_1}{\sin \beta_1} = \frac{S'''S''}{\sin(\alpha + \beta_1)} \rightarrow S'''S'' = \frac{\alpha - \beta_1}{\beta_1} S''K$

Теперь  $S'''$  — источник для свет пов-и  $n_1$  ( $n_1 \rightarrow \text{воз.}$ ).



~~$$S''K = S'''S'' \cos \alpha +$$~~

$$S'''K = \frac{\alpha - \beta_1}{\beta_1} a + a =$$

$$= a \left( \frac{\alpha}{\beta_1} \right) = \frac{n_1}{n_2} a.$$

$$n_1 \varphi' = \varphi'' \quad \varphi'' = \frac{z}{\sin \beta_1} \quad \varphi' = \frac{z}{\frac{n_1}{n_2} a + h}$$

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!

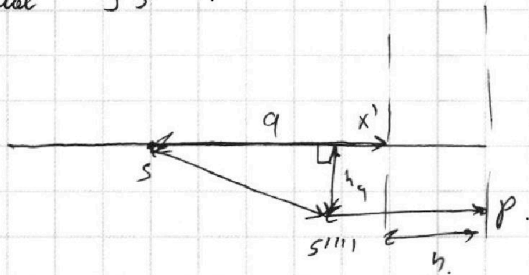


3в продолжение к 5).

$$\Rightarrow s'''' p - q'' = \left( \frac{n_1}{n_2} a + h \right) q$$

$$s'''' p \cdot n_1 = \frac{n_1}{n_2} a + h \rightarrow s'''' p = \frac{\frac{n_1}{n_2} a + h}{n_1}$$

Итак  $s s''''$ .



$$s s'''' = \sqrt{(a - x')^2 + h_4^2}$$

$$x' = s'''' p - h$$

$$h_3 + h_4 = s'''' s'' \cdot d \rightarrow h_4 = \frac{d - \beta_1}{\beta_1} a \cdot d - d \cdot s'' s''$$

$$\Rightarrow s s'''' = \sqrt{\left( a - \left( \frac{\frac{n_1}{n_2} a + h}{n_1} - h \right) \right)^2 + \left( \frac{d - \beta_1}{\beta_1} \cdot a \cdot d - d \cdot 120 \text{ см} \right)^2}$$

где  $n_1 = 1,8$ ;  $n_2 = 1,6$ ;  $a = 700 \text{ см}$ ;  $h = 9 \text{ см}$ ;  $\beta_1 = \frac{6}{9} \cdot 0,05 \text{ рад}$

Ответ: 1) 0,03 рад 2) 120 см 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



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

н2)  $T_0$  (Максимум тока).  $i = 5$ .  $K_{ли}: T_0$ ;  $боды \frac{K}{4}$

Закон Генри:  $\Delta U_{раств} = K \cdot \rho_{раств} \cdot V_{ли}$  (раств. & боды.  $V_{ли} \approx const.$ )

$T = \frac{4}{3} T_0 = 373 K (100^\circ C)$

$RT \approx 9 \cdot 10^3 \frac{Дж}{моль}$

$K$  при  $T_0$ :  $K = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{моль}{м^3 \cdot Па}$ ;  $\left[ \text{при } T = \frac{4}{3} T_0 \quad \Delta U_{раств} \approx 0 \right]$

Парам боды, упрощ.  $\xi$  (при  $T_0$ );  $V_{ли} \approx const$  (век упр.)  
 $\rho_{ли}(T) = 70^5 \text{ Па}$

1) до упрощения  $\frac{U_{ли}}{V_{ли}} = ?$  (уменьш. в раз.!).

1) до упрощения:  $P_{ли} S = P_{ли} S$  (поверх. сечения) ( $P_{ли}$  не учит. (по упр.)).

$P_{ли} \cdot \frac{l}{2} = U_{ли} R T_0$   $\Rightarrow \frac{U_{ли}}{V_{ли}} = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{l}{4}} = 2 \cdot 2 = 4$  (упр.)

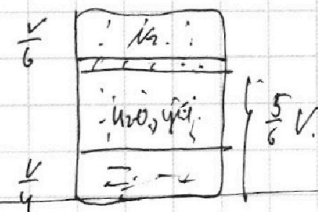
$P_{ли} \frac{l}{4} = U_{ли} R T_0$

2)  $P_{ли} = ?$  (выраж. через  $A_{ли}(T, P_0)$ ).

Поиск упрощения:

Поверх. в равновесии  $\rightarrow P_{ли} = P_{ли} = P_{ли}$

$P_{ли} = P_{ли} + P_0 = P_{ли}(100^\circ C)$



до упрощения:  $U_{раств} = P_{ли} \cdot K \cdot \frac{l}{4}$  ( $P_{ли}$  ← упрощ. учит.?)

$P_{ли} = P_{ли}$  (упр.)  $P_{ли} \cdot \frac{l}{2} = U_{ли} R T_0$

$P_{ли} \frac{l}{2} = (U_{раств} + U_{раств}) R T_0$

ищем:  $P_{ли} \frac{l}{6} = U_{ли} R T$   $P_{раств} =$

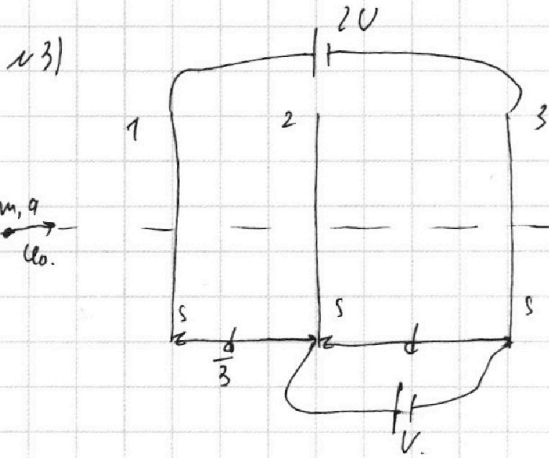
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



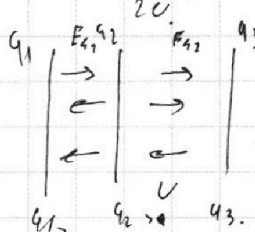
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$d \ll \sqrt{s}$ ;  $U_{пл.}$  сетки не зазем.

$U_0$  на  $\infty$ .

1)  $\alpha_{23} = ?$



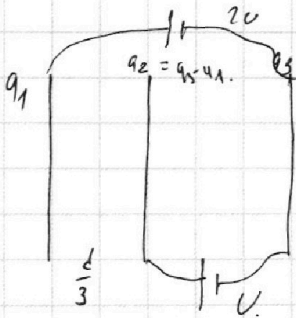
$$E_{11} \frac{d}{3} + E_{22} d = 2U.$$

$$\frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 s} \frac{d}{3} +$$

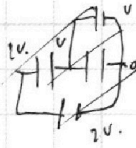
$$+ \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 s} d = 2U.$$

$$(q_1 - q_2) + q_2 - q_3 = 2U.$$

1) Пусть на сетках образ заряды  $q_1, q_2, q_3$ .



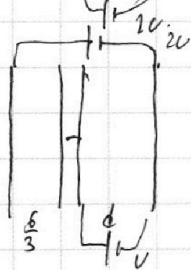
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0.$$



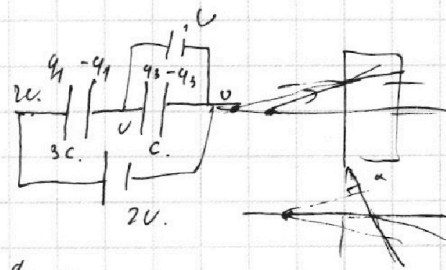
Пусть:  $C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$

Система эквив:

( $\Rightarrow$ )



( $\Rightarrow$ )



$$q_1 = 6q_3.$$

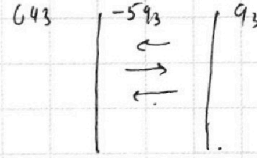
$$q_1 = 3C \cdot 2U.$$

$$q_3 = C \cdot U \rightarrow \frac{q_1}{q_3} = 6.$$

$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 s} + \frac{q_3 - q_1}{2\epsilon_0 s}$$

$$\frac{q_3}{2\epsilon_0 s} d = U$$

$$q_3 = \frac{2\epsilon_0 s U}{d}$$





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 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!

