



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02

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



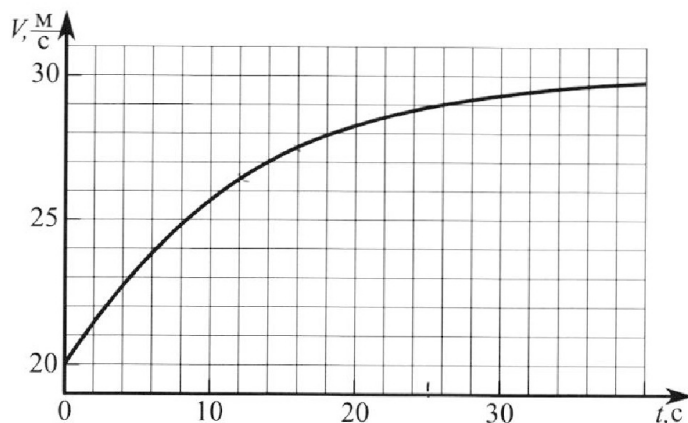
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан 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 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 азот, 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  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpw$ . Объём 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 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.

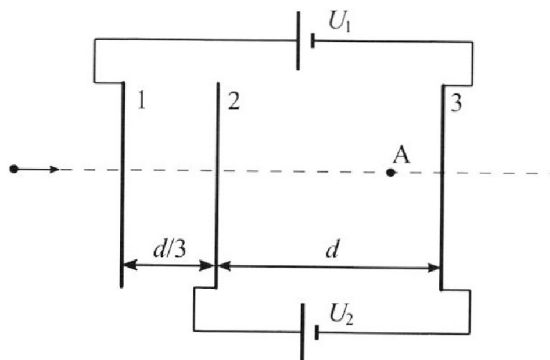
2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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.

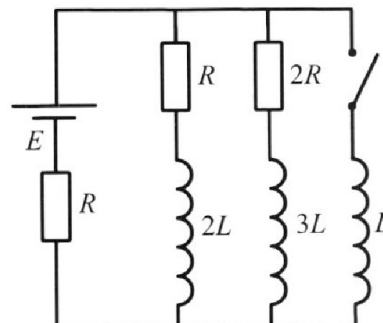
3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.



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) Как ой 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  $a = 200$  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.

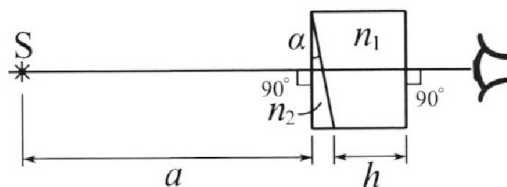


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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.

|                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

Страница 7.

Дано:  $m = 300 \text{ кг}$

$P = \text{const}$

$F_k = 405 \text{ Н}$

1)  $a_0 = v'(t_1)$ , где  $t_1 = 14 \text{ с}$  при  $v_1$

Рассмотрим участок графика от  $t = 12 \text{ с}$

1)  $a_1 = ?$

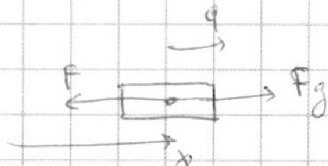
2)  $F_2 = ?$

3)  $\alpha = ?$

до  $t = 16 \text{ с}$ . Проверим касательную в

точку  $(v_1; t_1)$ .  $a_1 = \frac{v(16 \text{ с}) - v(12 \text{ с})}{16 \text{ с} - 12 \text{ с}} =$   
 $= \frac{27.5 \text{ м/с} - 26.5 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = 0.25 \text{ м/с}^2$

2) Рассмотрим динамику звмения мотоциклиста.



23 Н для мотоциклиста в произволь-  
ный момент  $t$ .  
 $x: m \frac{dv}{dt} = F_g - F$

$P = \frac{\delta A g}{\delta t} = \frac{F_g(t) \delta S}{\delta t} = F_g(t) v(t) = \text{const}$

23 Н в момент времени  $t = t_1$ :  $ma_1 = \frac{P}{v_1} - F_1$

в момент времени  $t = t_k$ :  $0 = \frac{P}{v_k} - F_k \Rightarrow$

$a_k = 0, v_k = 30 \text{ м/с}$

$\Rightarrow P = v_k F_k = (30 \cdot 405) \text{ Вт}$

$F_2 = \frac{P}{v_1} - ma_1 = \frac{v_k F_k}{v_1} - ma_1 = \frac{30 \cdot 405}{27} - 300 \cdot \frac{1}{9} =$

$= 375 \text{ Н}$

3)  $\alpha = \frac{A \cos \theta}{A g} = \frac{P \cos \theta}{P} = \frac{F_2 v_1}{P} = \frac{375 \cdot 27}{30 \cdot 405} = \frac{5}{6}$

Ответ: 1)  $0.25 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $375 \text{ Н}$ ; 3)  $\frac{5}{6}$ .

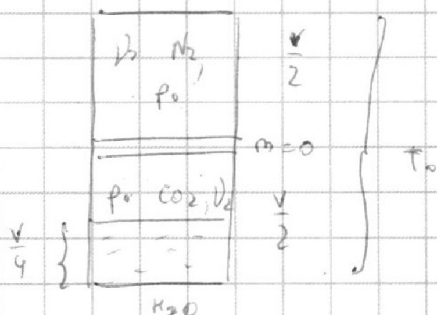
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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



Страница 1.

1) В колбе:



$$T = \frac{4T_0}{3} = 373 \text{ K}$$

$$\Delta V = \kappa p \Delta W$$

Закон Менделеева - Клапейрона для  $N_2$ :  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0$  (1)

После поршня увеличился, то давления  $N_2$  и  $CO_2$  равны  $4p_0$ .

Закон Менделеева - Клапейрона для растворенного  $CO_2$ :  
Поскольку давление паров при  $T_0$  пренебрежимо, то давление  $CO_2$  во всем объеме  $p_0$ .

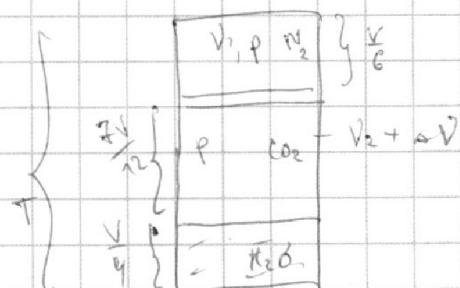
$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0$$
 (2),  $\nu_2$  - количество растворенного  $CO_2$

$$\Delta V = \kappa p_0 \cdot \frac{V}{4} \text{ - кол-во растворенного } CO_2$$

(1) поделим на (2)

$$\frac{2}{1} = \frac{\nu_1}{\nu_2} \Rightarrow \nu_1 = 2\nu_2$$

2) После казевания



Закон Менделеева - Клапейрона для  $N_2$

$$p \cdot \frac{V}{6} = \nu_1 RT$$
 (3)

(1) поделим на (3)

$$\frac{3p_0}{p} = \frac{2}{1} \Rightarrow p = \frac{3}{2} p_0$$

$$\frac{p_0 \cdot 6}{2p} = \frac{T_0}{T}$$

Закон Менделеева - Клапейрона для газобразного  $CO_2$ :

$$p \left( V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} \right) = (\nu_2 + \Delta \nu) RT$$
 (4)

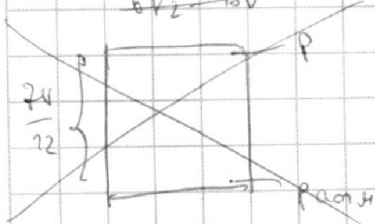
(4) поделим на (3):

$$\frac{7 \cdot 8}{222} = \frac{\nu_2 + \Delta \nu}{\nu_2}$$

$$\frac{V_2 + \Delta V}{V_2}$$

$$7 \cdot 8 = 2 \nu_2 + 2 \Delta \nu$$

$$14 \nu_2 = 2 \nu_2 + 2 \Delta \nu$$



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!

Страница 2

При  $T = 373\text{K}$  давление насыщенного водяного пара равно

$p_{\text{co}_2}$  - давление  $\text{CO}_2$  при  $T$ .

$$\text{из } 23\text{K для паров} \Rightarrow pS = p_{\text{co}_2}S + p_{\text{атм}}S$$

$$\frac{7p_{\text{co}_2}V}{12} = (V_2 + \Delta V)RT = \frac{4T_0}{3R(V_2 + \Delta V)} \left( p = p_{\text{co}_2} + p_{\text{атм}} \right)$$

$$\Delta V = \frac{kp_0V}{4}, \quad V_2 = \frac{p_0V}{4RT_0}, \quad p = 4p_0 = ?$$

$$k = 96 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

$$\frac{7p_{\text{co}_2}V}{12} = \frac{p_0V}{3} + \frac{T_0 R kp_0V}{3}$$

$$\frac{4T_0}{3R} = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{\text{моль}}$$

$$p_{\text{co}_2} = \frac{1}{7} (4p_0 + 4T_0 k p_0 R) = \frac{4p_0(1 + T_0 k R)}{7}$$

$$T_0 R = \frac{9}{4} \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{\text{моль}}$$

$$4p_0 = \frac{4p_0(1 + T_0 k R)}{7} + p_{\text{атм}}$$

$$4p_0 \left( 1 - \frac{1 + T_0 k R}{7} \right) = p_{\text{атм}}$$

$$4p_0 \left( \frac{6 - T_0 k R}{7} \right) = p_{\text{атм}} \Rightarrow 4p_0 = \frac{7p_{\text{атм}}}{6 - T_0 k R} = p$$

$$p = \frac{7 p_{\text{атм}}}{6 - \frac{9}{4} \cdot 10^3 \cdot \frac{3}{5} \cdot 10^{-3}} = \frac{7 p_{\text{атм}} \cdot 20}{120 - 27} = \frac{140 p_{\text{атм}}}{93}$$

$$= 1 \frac{47}{93} p_{\text{атм}}$$

$$\text{ответ: } 1) \quad 2) \quad \frac{140}{93} p_{\text{атм}},$$

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!



Страница 7.

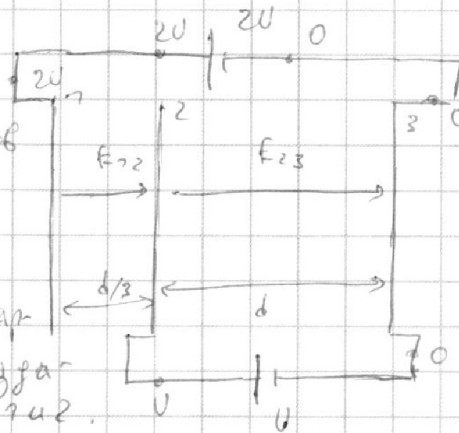
$U_1 = 2U, U_2 = U, m, q > 0, U_0$

$\Phi = ?$

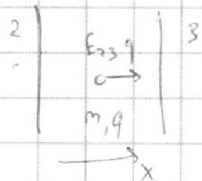
1) Используем метод потенциалов

$\varphi_1 = 2U, \varphi_2 = U, \varphi_3 = 0$

$E_{12}$  - напряженность суммарного электрического поля, создаваемого зарядами облаками 1 и 2.



$E_{23}$  - напряженность суммарного <sup>электр.</sup> электрического поля, создаваемого <sup>наес-</sup> облаками 2, 3 между обкладками 2 и 3.



ЗЗК для пластины m:  $x: m q = E_{23} q$

$$E_{23} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{E_{23} q}{m} = \frac{U q}{m d}$$

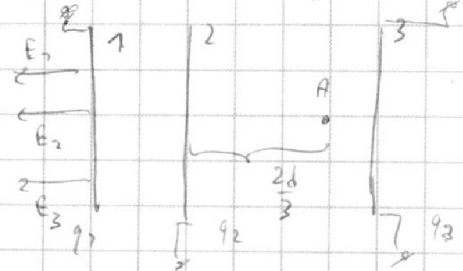
2) П.и. кинетическая энергия, то верек ЗСЭ. в точках 2 и 3.

$E_2 = E_3$

$$K_2 + \varphi_2 q = K_3 + \varphi_3 q$$

$$K_3 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_3) q = E_{23} d q = U q$$

3) ЗСЭ



ЗСЭ будем:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

Пусть  $q_1 > 0, q_2 > 0, q_3 > 0$

$$E_4 = E_1 + E_2 + E_3 =$$

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

$$= 0$$

~~ее скорость  $U_0$~~

~~Застава застает через обкладку~~

$$\text{ЗСЭ} \text{ от } E_2 \text{ до } A: \frac{m U_0^2}{2} + 0 = \frac{m U_A^2}{2} + q_A q$$

$$\frac{m U_A^2}{2} =$$

$$\frac{m U_0^2}{2} - q_A q$$

$$\frac{m U_A^2}{2} =$$

$$\frac{m U_0^2}{2} +$$

$$(0 - \varphi_1) q +$$

$$(\varphi_1 - \varphi_2) q +$$

$$(\varphi_2 - \varphi_A) q$$

П.и.  $E_4 = 0$ , то  $(0 - \varphi_1) q = 0$

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

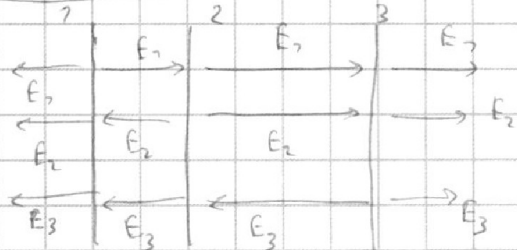
**МФТИ**

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



$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + E_{12} \frac{d}{3} q + E_{23} \frac{2d}{3} q$$

Страница 2



5-плоскостные пластины  
Пренебрежем краевыми эффектами и будем считать поле однородным

$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}, E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}, E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{12} = E_1 - E_2 - E_3 = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d} \Rightarrow q_1 - q_2 - q_3 = \frac{6\epsilon_0 S U}{d}$$

$$E_{23} = E_1 + E_2 - E_3 = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{U}{d} \Rightarrow q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U}{d}$$

$$\frac{q_1 - q_2 - q_3}{q_1 + q_2 - q_3} = 3$$

$$3q_1 + 3q_2 - 3q_3 = q_1 - q_2 - q_3$$

$$2q_1 + 4q_2 - 2q_3 = 0$$

$$2q_2 = q_3 - q_1$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_3 + \frac{q_3 - q_1}{2} = 0$$

$$2q_1 + 2q_3 + q_3 - q_1 = 0$$

$$-3q_3 = q_1 \Rightarrow \text{Положим } q_3 = Q$$

$$q_1 = -3Q$$

$$Q_2 = \frac{Q + 3Q}{2} = 2Q$$

$$-3Q - 2Q - Q = \frac{6\epsilon_0 S U}{d}$$

$$-6Q = \frac{6\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow Q = -\frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$E_{12} = \frac{U}{d} \quad E_{23} = \frac{3U}{d} = \frac{(q_1 - q_2)3}{d}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{3U}{d} \frac{d}{3} q + \frac{U}{d} \frac{2d}{3} q, \quad \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + Uq + \frac{2Uq}{3}$$

$$v_A^2 = \frac{2}{m} \left( \frac{m v_0^2}{2} + \frac{5Uq}{3} \right) = v_0^2 + \frac{10Uq}{3m}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10Uq}{3m}}$$

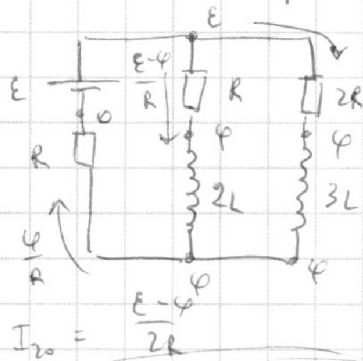
Ответы: 1)  $\frac{Uq}{md}$ ; 2)  $Uq$ ; 3)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{10Uq}{3m}}$

|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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

Страница 7.

1) Рассмотрим цепь до замыкания К. Цепь в установившемся состоянии. Напряжения на катушках равны 0.



Используем метод потенциалов.

Из следствия ЗСЗ:  $\frac{E-\varphi}{R} + \frac{E-\varphi}{2R} = \frac{\varphi}{R}$

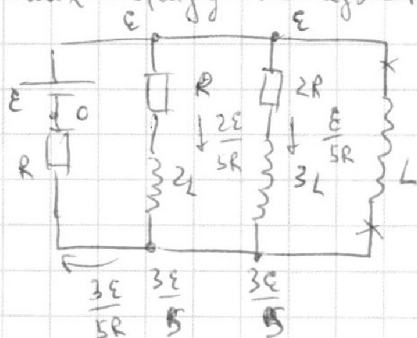
$$2E - 2\varphi + E - \varphi = 2\varphi$$

$$3E = 5\varphi \Rightarrow \varphi = \frac{3E}{5}$$

$$I_0 = \frac{E-\varphi}{2R}$$

$$I_0 = \frac{2E}{5 \cdot 2R} = \frac{E}{5R}$$

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания К.  $t=0$ . Токи на катушках сразу не изменяются.  $I_L(0) = 0$ ,  $I_{2L}(0) = \frac{2E}{5R}$ ,  $I_{3L}(0) = \frac{E}{5R}$



$$I_L'(0) = I_{3L}'(0) = ?$$

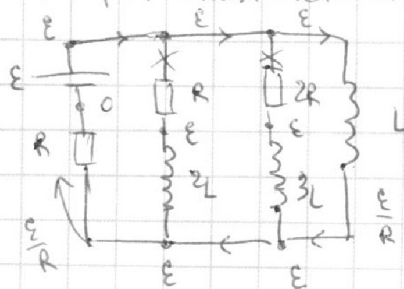
Используем метод потенциалов.

$$U_L(0) = I_L'(0)L \Rightarrow I_L'(0) = \frac{U_L(0)}{L}$$

$$U_L(0) = E - \frac{3E}{5} = \frac{2E}{5}$$

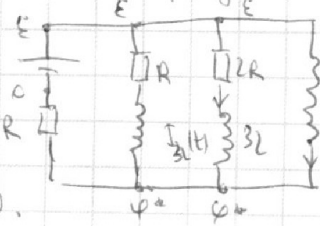
$$I_L'(0) = \frac{2E}{5L}$$

3) Рассмотрим установившееся состояние цепи при  $\rightarrow \infty$ . Напряжения на катушках нет.



$$I_L(t_{уст}) = \frac{E}{R}, \quad I_{3L}(t_{уст}) = 0.$$

4) Рассмотрим промежуточное состояние (произвольный момент).



$$E - \varphi^* = I_L'(t)L = 2R I_{3L}(t) + 3L I_{3L}'(t)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



Справка 2

$$\dot{I}_L L = 2R I_{3L} + 3L \dot{I}_{3L}$$

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta t} L = 2R I_{3L} + 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \quad / \cdot \Delta t$$

$$\Delta I_L L = 2R \Delta q + 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \quad (*)$$

Пропустим пункт (\*) от  $t=0$  до  $t=t_{ycm}$ :

$$(I_L(t_{ycm}) - I_L(0))L = 2R q + 3L(I_{3L}(t_{ycm}) - I_{3L}(0))$$

$$\left(\frac{\varepsilon}{R} - 0\right)L = 2R q + 3L\left(0 - \frac{\varepsilon}{5R}\right)$$

$$\frac{\varepsilon L}{R} = 2R q - \frac{3\varepsilon L}{5R} \quad 2R q = \frac{8\varepsilon L}{5R}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\varepsilon}{5R}; 2) \frac{2\varepsilon}{5L}; 3) \frac{4\varepsilon L}{5R^2} \quad q = \frac{4\varepsilon L}{5R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

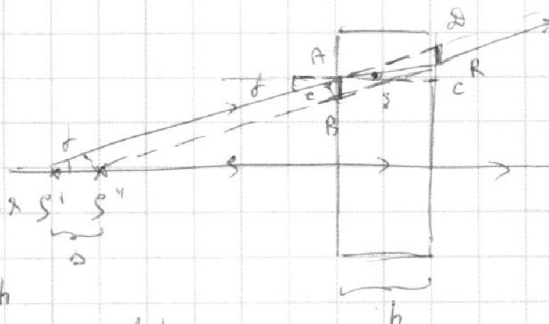


Страница 3.

Вывод  $\Delta$ :

$\delta$  - угол падения

$\xi$  - угол преломления  $S_1 S_2$



$$CD = h \tan \delta - \delta h$$

$$CR = h \tan \xi = h \xi = \frac{h \delta}{n_2}$$

по закону Снеллиуса:  $\sin \delta = \sin \xi \cdot n_1$   $\delta = \xi \cdot n_1$

$$AB = CR = AC - CR = \delta h - \frac{h \delta}{n_2} = h \delta \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \quad \xi = \frac{\delta}{n_2}$$

$$AB \sim CB = h \delta \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

$$d = \frac{CB}{\sin \delta} = \frac{CB}{\delta} = h \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

Ответ: 1) 403 мкм; 2) 6 см; 3) 255 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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!

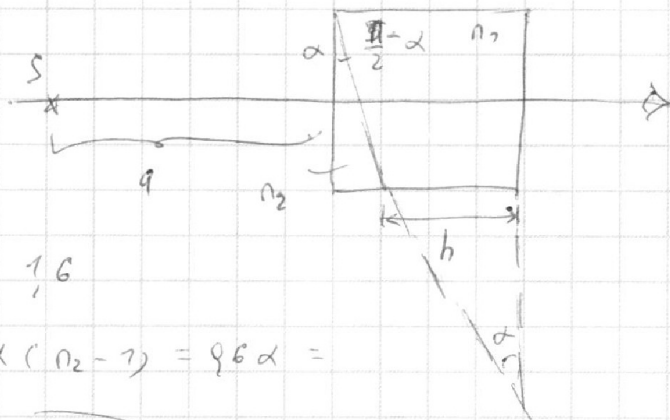
Страница 7.

$$n_1 = 1,2$$

$$a = 2 \text{ м}$$

$$\alpha = 90,5 \text{ рад}$$

$$h = 0,03 \text{ м}$$



$$1) n_1 = n_2 = 1, n_2 = 1,6$$

$$\varphi^* = ? \quad (\varphi^* = \alpha (n_2 - 1) = 90,5 \alpha =$$

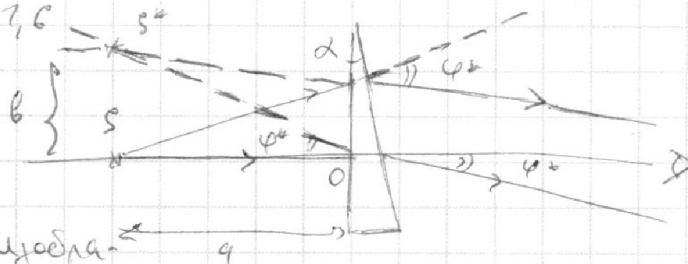
$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{100} = 9,03 \text{ рад})$$

(Используем готовую формулу для

определения угла отклонения луча, проходящего через призму)

Призма с показателем  $n_1$  выходя не дает.

$$2) n_1 = n_2, n_2 = 1,6$$



$S^*$  - искомое изображение

объекта  $S$  в системе призмы

$$b = ? \quad \text{Рас-ие } \triangle OSS^* : \quad b = \tan \varphi^* a = \varphi^* a, \text{ м.к.}$$

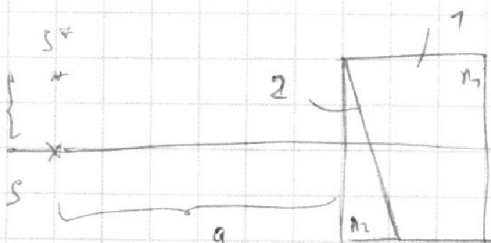
$\varphi^*$  - малый угол

$$b = 9,03 \cdot 200 \text{ см} = 6 \text{ см}$$

$$3) n_1 = 1,8, n_2 = 1,6$$

Положим между призмой

1 и призмой 2 плоско-параллельную



мельчайшую пластинку с бесконечно малой толщиной

с показателем преломления  $n_2$ , она не изменит направления

луча.

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

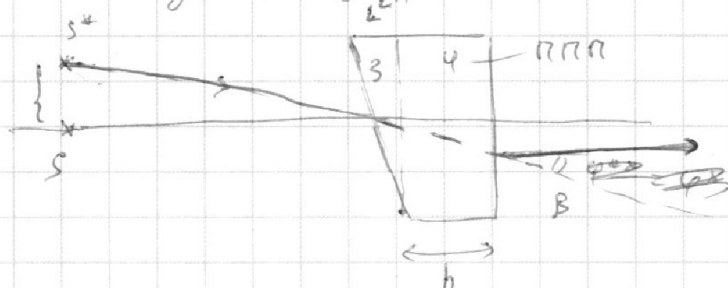
**МФТИ**

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

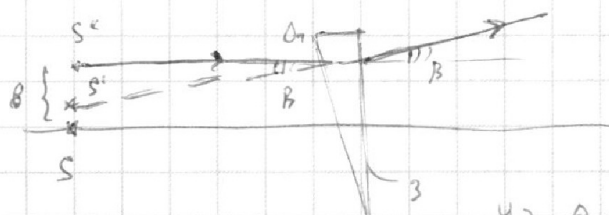


Страница 2.

$S^*$  - действительный предмет для призмы 1 на расстоянии  $a$  от нее.  
 $\beta = \alpha(n - 1) = 4 \cdot 0.5 = 5 \cdot \frac{5}{100} = 0.04$  рад - угол отклонения лучей, исходящих от  $S^*$ .



Разрежем призму 1 на плоскопараллельную пластину толщиной  $h$  и призму с углом  $\alpha$  при вершине. Поместим между ними ППП с показателем преломления  $n$ .



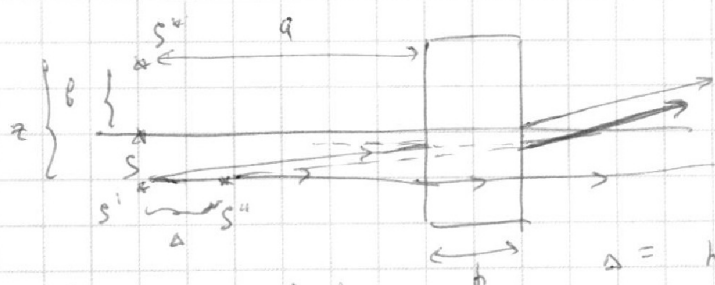
$S'$  - виртуальное изображение предмета  $S^*$  в призме 3.

$z$  - расстояние от  $S^*$  до  $S'$ .

из  $\triangle S^*O_1S'$ :  $z = \tan \beta a = \beta a$

$z = 0.04 \cdot 200 = 8 \text{ см} > 8 \rightarrow S'$  ниже  $S$ .

$S'$  - действительный предмет для ППП.



ППП параллельно смещает падающий луч.  $\Delta$  - смещение между  $S'$  и изображением  $S''$  в ППП.

$\Delta = h(1 - \frac{1}{n})$  (Используем эту

формулу) вывод будет ниже на стр. 3)

$$\Delta = 3 \text{ см} (1 - \frac{1}{1.5}) = 3 \text{ см} (1 - \frac{2}{3}) = 3 \text{ см} (\frac{1}{3}) = 1 \text{ см}$$

$SS''$  - расстояние от источника до изображения  
 ответ на стр. 3.

$$SS'' = \sqrt{(2-8)^2 + \Delta^2} = \sqrt{36 + 1} = \sqrt{37} \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

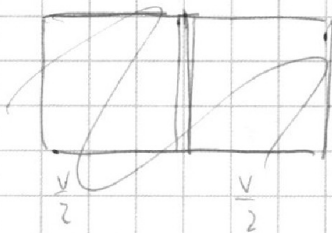
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------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

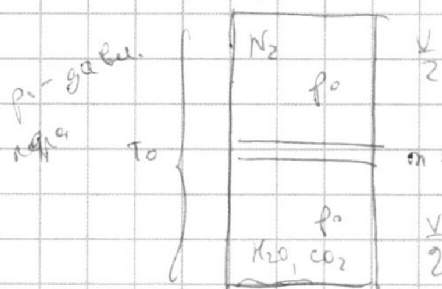


$\mu = 0$

$$\frac{375 \cdot 25}{30 \cdot 405} = \frac{5}{6}$$

✓

Корпус:

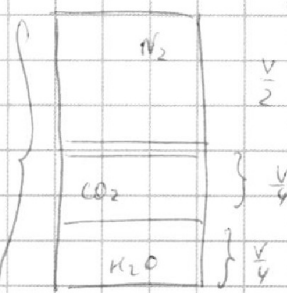


$$375 \cdot \frac{5}{75}$$

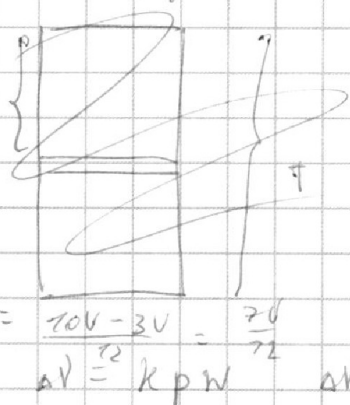
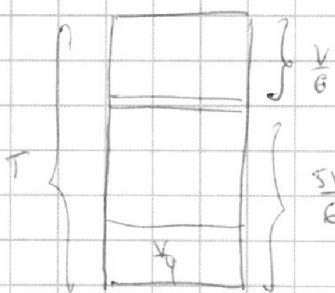
$$405 \cdot \frac{3}{45}$$

$p_0$  - газы.  
 $\mu = 0$

$\mu = 0$  теплопровод.



$$T = \frac{4T_0}{3} = 373K$$



$$\frac{5V}{6} - \frac{V}{6} = \frac{10V - 3V}{12} = \frac{7V}{12}$$

$\Delta V$  - кол-во  
раствор.  
газа  
 $\mu = 0$  - обд.  
мис.

$$\mu = 96 \cdot 10^{-3} \text{ моль/м}^3 R_0 (T_0)$$

$$\mu = 0 \text{ (при } T_0)$$

обд. мис.  $\mu = 0$

$$p_0 \cdot \frac{V}{6} = p_0 \cdot \frac{V}{6}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_1 R T_0$$

$$V_1 = \text{const}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_2 R T_0$$

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

$$\frac{p_0 \cdot V}{2} = V_1 R T_0$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 2$$

песне мисрв,

$$p \cdot \frac{V}{12} = (V_2 + V_1) R T$$

$$p \cdot \frac{V}{6} = V_1 R T$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

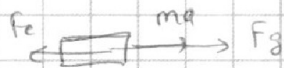


N7.  $F_k = 405 \text{ Н}$

$v_1 = 27 \text{ м/с}$

1)  $a_1 = \frac{dv}{dt} = v'(t)$

$v_1 = 27 \text{ м/с} \quad t = 14 \text{ с}$



~~$F_g = \text{const}$~~

$P = \frac{dA}{dt} = F_g v = \text{const}$

$\frac{m dv}{dt} = F_g - kv^2$

$450 - 3 \cdot 25$

$a_1 = \frac{dv}{dt} = \frac{27,5 - 26,5}{4 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2$

$\frac{450}{26}$   
 $\frac{375}{26}$

$\frac{405}{36}$   
 $\frac{45}{45}$

$0 = \frac{P}{v_k} - F_k$

$P = N \cdot F_k = 30 \cdot 405 \quad 85$

$ma_1 = \frac{P}{v_1} - F_1$

$\Rightarrow F_1 = \frac{P}{v_1} - ma_1$

$\frac{30 \cdot 405}{27}$

$= \frac{30 \cdot 405}{27} - 300 \cdot \frac{1}{4}$

$= 450 - 3 \cdot 25 = 375 \text{ Н}$

$\frac{F_1 v_1}{P} =$

$\frac{27 \cdot 375}{30 \cdot 405}$

$= \frac{27 \cdot 375}{30 \cdot 405} = \frac{5}{6}$

$\frac{375}{30}$   
 $\frac{125}{125}$

N2

(N3)

Пуск 43 = 9

$q_2 = -49$

$q_1 = 39$

$\frac{2 \epsilon_0 S U}{d} =$

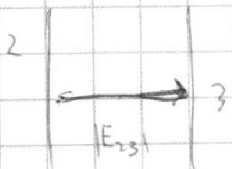
$9 - 39 + 49 = 29$

$q = \frac{\epsilon_0 S U}{d}$

$E_{23} = \frac{39 - 49 - 9}{2 \epsilon_0 S} = - \frac{9}{\epsilon_0 S}$

$E_{12} = \frac{39 + 49 - 9}{2 \epsilon_0 S} = \frac{39}{\epsilon_0 S}$

$|E_{23}| = \frac{\epsilon_0 S U}{d \epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$



$ma = \frac{E_{23} Q}{d}$

$q = \frac{U Q}{d m}$

$\frac{375}{35}$   
 $\frac{25}{25}$

$\frac{375}{90}$   
 $\frac{125}{125}$

$\frac{375}{90 \cdot 405} = \frac{3}{405}$

$\frac{375}{26}$   
 $\frac{125}{125}$

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"/> |

**МФТИ**

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



№ 3, указ. не задан

$$U_1 = 2U, U_2 = U$$

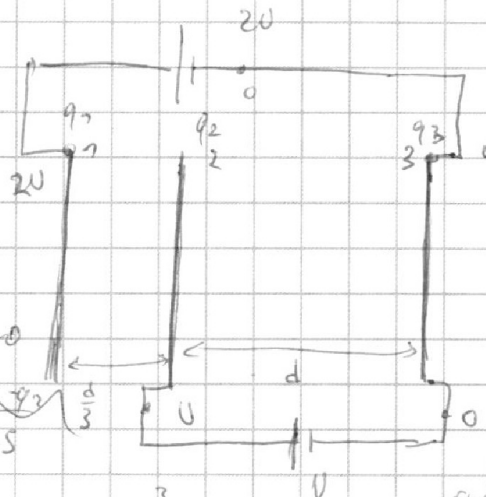
(м),  $Q > 0$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0, q_1 \geq 0, q_2 \geq 0, q_3 \geq 0$$

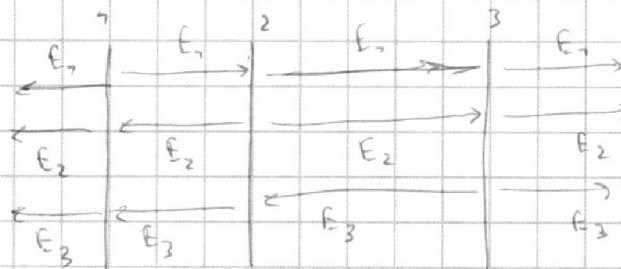
$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{21} = E_1 + E_2 + E_3 = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0$$

$$E_{22} = -E_2 + E_3 - E_1 = -\frac{q_2 - q_3 + q_1}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3}$$



$$E_{23} = -\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S}$$

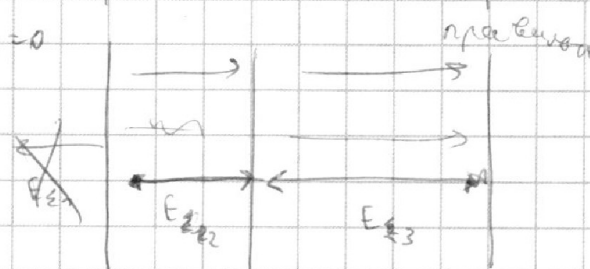


$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$2q_3 - 2q_1 + q_1 + q_3 = 0$$

$$3q_3 - q_1 = 0$$

$$q_1 = 3q_3$$



$$E_{22} = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{23} = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = E_{22} \cdot \frac{d}{3} = \frac{(q_1 - q_2 - q_3) d}{6\epsilon_0 S}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U = -E_{23} d = \frac{(q_3 - q_1 - q_2) d}{2\epsilon_0 S}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\frac{6\epsilon_0 S U}{d} = q_1 - q_2 - q_3 \quad 3 = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{q_3 - q_1 - q_2}$$

$$4q_3 - 4q_1 - 2q_2 = 0$$

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

$$2(q_3 - q_1) = q_2$$

$$q_2 = 2(q_3 - 3q_3) = -4q_3$$

$$2q_3 = 2q_1 = 4q_2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\frac{7z^2}{8 \cdot 7} = \frac{V_1}{V_2 + \Delta V}$$

$$2V_2 + 2\Delta V = 7V_1 \quad V_1 = 2V_2$$

$$2V_2 + 2\Delta V = 14V_2 \quad 72V_2 = 2\Delta V$$

$$6V_2 = \Delta V$$

$$V_2 = \frac{\Delta V}{6}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2}$$

~~Всё~~

$$\Delta V_2 = p_0 K \frac{V}{4}$$

$$\frac{p_0 V}{2} = V_1 RT_0$$

$$3V_1 = \Delta V = p_0 K \frac{V}{4}$$

$$V_1 = \frac{p_0 K V}{12}$$

$$\frac{\Delta V}{6RT} = p_0 K \frac{V}{4}$$

$$\frac{pV}{6} = V_1 RT$$

$$\frac{p_0 6}{2p} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{3p_0}{p} = \frac{T_0 3}{4T_0} = \frac{3}{4}$$

$$p_0 = \frac{p}{4}$$

$$\frac{p_0 V}{2} = \frac{p_0 K V}{12} RT$$

$$p_0 = \frac{4V_2 RT_0}{V}$$

$$V \frac{p_0 V}{2} = V_1 RT_0$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 2$$

$$V \neq p$$

$$\frac{p_0 V}{4} = V_2 RT_0$$

$$\frac{pV 7}{12} = (V_2 + \Delta V) RT$$

$$\Delta V = \frac{p_0 K V}{4}$$

раств.

$$\frac{pV}{6} = V_1 RT$$

$$p_0 = \frac{p}{4}$$

$$\frac{7pV}{12} =$$

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!

**МФТИ**



2)  $K_1 = \frac{m V_0^2}{2}$   $E = \text{const}$

$$E_3 - E_2 = 0$$

$$\cancel{m V_0^2} K_3 + \varphi_3 Q - K_2 - \cancel{\varphi_2} Q = 0$$

$$K_3 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_3) Q = UQ$$

$$E_1 - E_A = 0$$

$$\frac{m V_0^2}{2} + \varphi_1 Q - \varphi_A Q - \frac{m V_A^2}{2} = 0$$

$$\frac{m V_A^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} = (\varphi_1 - \varphi_A) Q = (E_{12} \frac{d}{3} + E_{23} \frac{2d}{3})$$

4. Найти разность потенциалов у ст. рез.

поу через кату. = 0

$$\frac{\varepsilon - \varphi}{R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} = \frac{\varphi}{R}$$

$$2\varepsilon - 2\varphi + \varepsilon - \varphi = 2\varphi$$

$$3\varepsilon = 5\varphi \quad \varphi = \frac{3\varepsilon}{5}$$

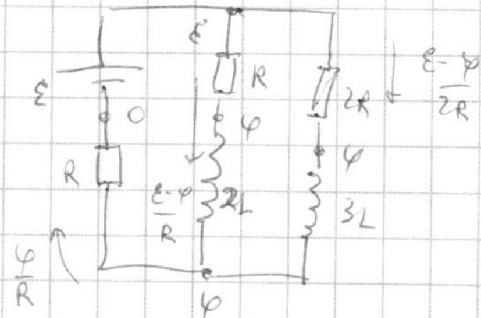
$$I_{20} = \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} = \frac{2\varepsilon}{5R} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

сразу после замыкания К.

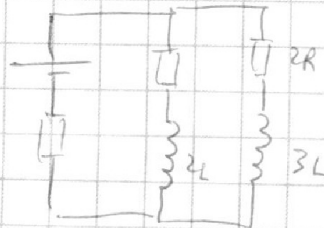
$$I_{20}(0) = \frac{\varepsilon - \varphi}{R} = \frac{2\varepsilon}{5R}$$

$$I_{3L}(0) = \frac{\varepsilon}{5R}$$

$$I_{1L}(0) = 0$$



$$\frac{12 - 2 - 3}{12} V =$$





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"/> |

**МФТИ**

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

$$G_{12} = \sigma V$$

$$\sigma V = k p_0 \frac{V}{4}$$

$$G_{12} = \frac{k p_0 V}{4}$$

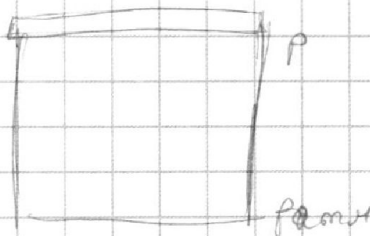
$$Q = 0$$

$$p_0$$

$$A_{\text{free}} = 0$$

$$\Sigma p_{\text{ex}} V = \frac{5}{2} ($$

$$p = p_{\text{coll}} + p_{\text{ex}} V$$



$$\begin{array}{r} 120 \\ 27 \\ \hline 93 \\ 7 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ 27 \\ \hline 93 \\ 7 \end{array}$$

$$d\alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$