



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

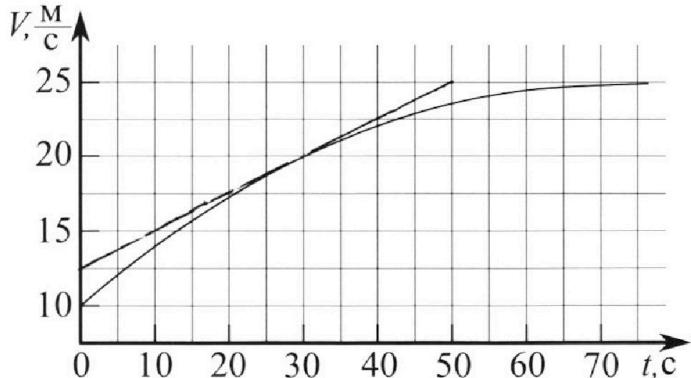


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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%.

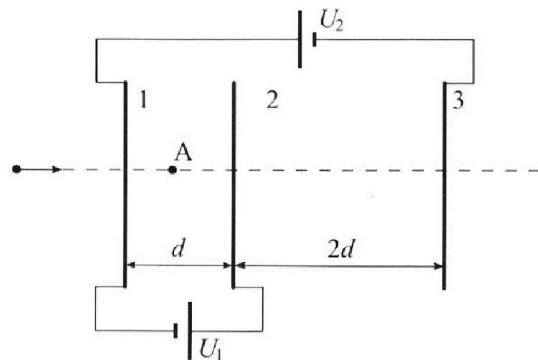


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагревали 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 и пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp\omega$ . 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. Всё 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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

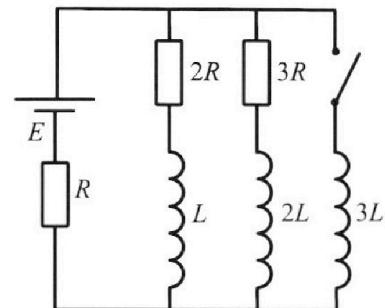


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

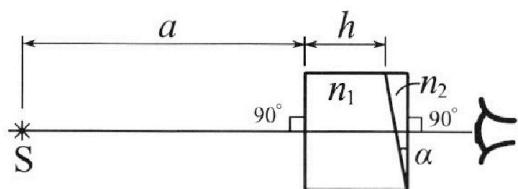
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числами и 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  $a = 194$  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.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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"/> |

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

**МФТИ**

## Задача №1

$$m = 1800 \text{ кг}; F_k = 500 \text{ Н}$$

$F_{\text{сопр}} = k v$ , где - коэффициент пропорциональности между силой сопротивления движения и скоростью.

1) Запишем второй закон Ньютона для автомобиля в процессе разгона.

$$ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = F_{\text{трог}} - F_{\text{сопр}} = F_{\text{трог}} - kv$$

Конец разгона, т.е. момент, когда

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0$  ускорение равно нулю, наступает при скорости равной  $v_k = 25 \text{ м/с}$

Второй закон Ньютона в конце разгона записывается так:

$$m \cdot 0 = 0 = F_k - kv_k$$

Значение  $v_k$   
мы нашли с  
помощью уравнения

$$k = \frac{F_k}{v_k} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}} = 20 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}} = 20 \text{ кН/с}$$

Ускорение автомобиля при скорости  $v_1$  найдем графически.

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"/> |

**МФТИ**

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

Проведём касательную к точке  
траектории, где  $v = v_1 = 20 \text{ м/с}$  и определим  
её козерогущую наклони  $\frac{dv}{dt} = a_1$ ,

$$a_1 = \frac{dv}{dt} = \frac{20 - 17,5}{30 - 0} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{2,5}{30} \text{ м/с}^2 = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$$

2) Второй закон Ньютона при  $v = v_1$ :

$$ma_1 = F_{\text{норм}} - F_g = F_1 - kV_1$$

$$\begin{aligned} F_1 - kV_1 &= ma_1 \\ F_1 - k(1800 \cdot 0,25 + 20 \cdot 20) &= (1800 \cdot 0,25 + 20 \cdot 20) H \\ (150 + 400) H &= 850 H \end{aligned}$$

$$3) P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot dx}{dt} = F \cdot V$$

Мощность  $P_1$ , равна произведению силы  
тяги  $F_1$  на скорость  $V_1$ :

$$P_1 = F_1 \cdot V_1 = (850 \cdot 20) B_1 = 17000 B_1 = 17 \text{ кВт}$$

Ответ: 1)  $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$   
2)  $F_1 = 850 \text{ Н}$   
3)  $P_1 = 17 \text{ кВт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

$$\begin{array}{r} 296 \\ - 298,4 \\ \hline 1,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 373 \\ - 298,4 \\ \hline 74,6 \end{array}$$

Задача №2.

1) V - общий сосуд;  $\text{CO}_2$  - многоатомный газ

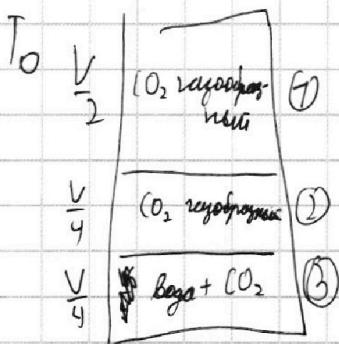
$\frac{V}{4}$  - vol. общей воды;

$$T = \frac{5 T_0}{4} = 373 \text{ K}; T_0 = \frac{4}{5} T \approx \frac{4}{5} \cdot 373 \text{ K} = 298,4 \text{ K}$$

$\frac{V}{5}$  - устн. общий верхней части

$$\Delta V = k p W, \text{ где } k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \text{ моль/м}^3 \cdot \text{Па при } T_0$$

$$p T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ ДПа/моль}$$



Поскольку система находится  
давления газов в газодиффузии  
состоятии (в сечениях 1 и 2 на  
расчёте) равны  $p_0$   
значения ур-ния состояния идеального  
газа.

$$p_0 \frac{V}{2} = J_1 R T_0, \text{ где } J_1 - \text{коэф.}$$

$\text{CO}_2$  в верхней части цилиндра

$$p_0 \frac{V}{4} = J_2 R T_0 \quad (\text{мы преобразуем$$

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{p_0 \frac{V}{2}}{p_0 \frac{V}{4}} = \frac{2}{\approx}$$

давление верхних  
паров при константной  
температуре)

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

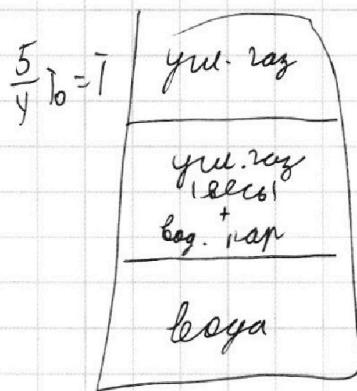
- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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) ~~н~~ Зарисуйте как будет выглядеть система  
после нагревания:



$\frac{V}{5} \textcircled{1}$  Найдём общий занимаемый  
уменьшенному газом в  
нижней части после  
нагревания в установленном  
режиме:

$$\frac{V}{4} \textcircled{2}$$

$$V' = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{20V - 5V - 4V}{20} = \frac{11}{20} V$$

(но предполагаем изм. одн. воды  
в ходе нагревания)

$J' = J_2 + s J = J_2 + k \rho_0 \frac{V}{4} - \text{коэф.}$   
умноженного газа в нижней ежеч. после  
нагревания (всё растворившийся газ покинул  
воду). Найдём давление водяного пара  
в вод.пар. Жидк. как масса находится в  
установившемся режиме и между остатком  
воды пар выделяется пальчевиной, при  
макс. температуре  $T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$  его давление  
равно атмосферному  $p_{\text{атм}} = p_{\text{ам}}$

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"/> |

МФТИ

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

Давление  $\text{CO}_2$  в верхней части -  $p_1$ .

$$p_1 = p_{\text{атм}} + p_2 = p_{\text{атм}} + p_2 - \text{давление}$$

в верхней части равно сумме парциальных давлений  $\text{CO}_2$  и воздуха между ними.

$$p_1 \frac{V}{5} = J_1 RT - \text{удельный вес воздуха}$$

$\text{для } \text{CO}_2 \text{ в верхней части}$

$$p_2 \frac{V}{5} = p_2 \frac{17}{20} V = (J_2 + sV) RT$$

$$\frac{J_1 RT}{J_2 RT} = \frac{p_1 \frac{V}{5}}{\frac{17}{20} p_2 V - sV} = 2; \quad sV = k p_0 \frac{V}{4}$$

$$\frac{p_1 V}{5} = \frac{17}{10} p_2 V - 2sV RT = \frac{17}{10} (p_1 - p_{\text{атм}}) V - 2sV RT$$

$$\frac{17}{10} p_{\text{атм}} V + 2k p_0 \frac{V}{4} RT = \frac{17}{10} p_1 V - \frac{p_1 V}{5} = \left( \frac{17}{10} - \frac{2}{5} \right) p_1 V$$

$$\frac{17}{10} p_{\text{атм}} + \frac{p_0 k RT}{2} = \frac{9}{10} p_1$$

$$\frac{p_1 \frac{V}{5}}{p_0 \frac{V}{2}} = \frac{J_1 RT}{J_2 RT} ; \quad p_1 \frac{V}{5} = p_0 \frac{V}{2} \frac{5}{4}$$
$$p_1 = \frac{25}{8} p_0$$

$$\frac{17}{10} p_{\text{атм}} + p_0 \frac{k RT}{2} = 2p_1 = \frac{9.25}{8} p_0$$



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 checked="" 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!

$$\frac{17}{70} \text{ рати} + \frac{p_0 k R T}{2} = \frac{g}{70 p_1} = \frac{9 \cdot 25}{70 \cdot g} p_0 = \frac{45}{16} p_0$$

$$88 \text{ рати} + 110 p_0 k R T = 225 p_0$$

$$p_{\text{rat}} p_0 = \frac{88}{225 - 40 k R T} \text{ рати}$$

$$k R T = 3 \cdot 70^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 70^{-3} \frac{\text{Дж} \cdot \text{моль}}{\text{моль} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{К}} = 1$$

$$p_0 = \frac{88}{225 - 40} \text{ рати} = \frac{88}{185} \text{ рати}$$

Ответ: 1)  $\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} = 2$

2)  $p_0 = \frac{88}{185} \text{ рати}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

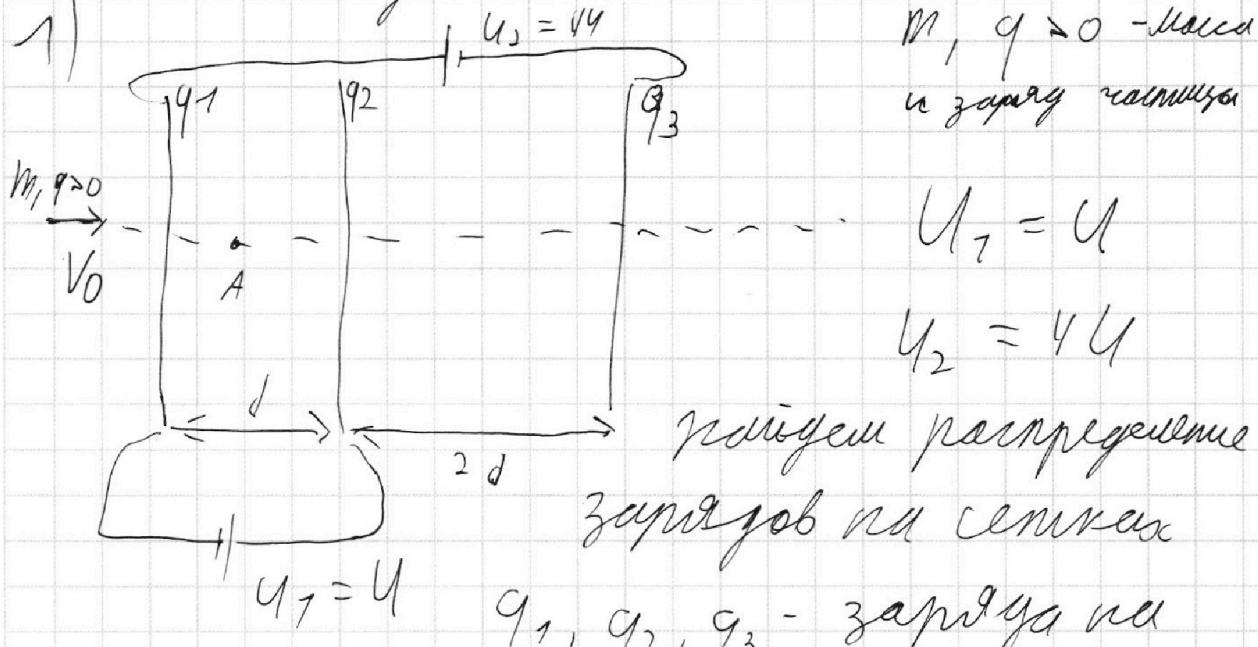
- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

1)

### Задача №3.



$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - potentials on the segments. Let's assume that the potential difference between the outer surface of the inner cylinder and the outer surface of the outer cylinder is  $U$ . Then the potential difference between the outer surface of the inner cylinder and the outer surface of the middle cylinder is  $UU$ . The potential difference between the outer surface of the middle cylinder and the outer surface of the outer cylinder is  $U$ . The potential difference between the outer surface of the inner cylinder and the outer surface of the outer cylinder is  $U$ . The potential difference between the outer surface of the inner cylinder and the outer surface of the middle cylinder is  $U$ . The potential difference between the outer surface of the middle cylinder and the outer surface of the outer cylinder is  $U$ . The potential difference between the outer surface of the inner cylinder and the outer surface of the outer cylinder is  $U$ .

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_2 = UU;$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U;$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 - \text{закон сохранения заряда}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{q_2}{S \cdot 2 \epsilon_0} d + \frac{q_3 d}{S \cdot 2 \epsilon_0} - \frac{q_1 d}{2 S \epsilon_0} = U$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = -U = \frac{(q_2 + q_3 - q_1) d}{2 S \epsilon_0} + \frac{(q_3 - q_2 - q_1) \cdot 2 d}{2 S \epsilon_0}$$

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

$$-4U \cdot \frac{2 S \epsilon_0}{d} = q_2 + q_3 - q_1 + 2q_3 - 2q_2 - 2q_1 = 3q_3 - q_2 - 3q_1$$

$$) - 4q_2 - 4q_3 + 4q_1 = 3q_3 - q_2 - 3q_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 7q_1 = 3q_2 + 7q_3 \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 7(q_1 - q_3) = 3q_2 \\ q_1 + q_3 + \frac{7}{3}q_1 - \frac{7}{3}q_3 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{7}{3}(q_1 - q_3) = q_2 \\ \frac{10}{3}q_1 = \frac{4}{3}q_3 \end{array} \right.$$

$$) q_3 = \frac{10}{4}q_1 = 2,5q_1$$

$$) q_2 = \frac{7}{3}(q_1 - 2,5q_1) = -\frac{7}{3} \cdot 2,5q_1 = -\frac{7}{2}q_1 = -3,5q_1$$

Пусть  $q_1 = q'$ , тогда  $q_2 = 3,5q'$ ,  $q_3 = -2,5q'$

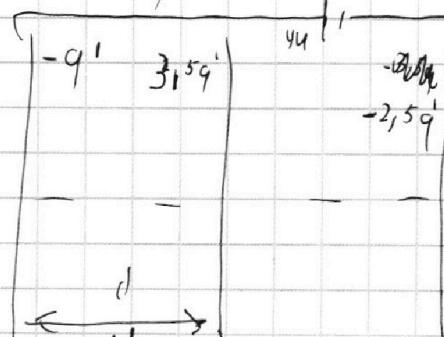
$$\left| \begin{array}{cc} -q' & 3,5q' \\ 1 & 1 \end{array} \right| \xrightarrow{y_u} \left| \begin{array}{cc} -q' & 3,5q' \\ -2,5q' & 1 \end{array} \right| \quad U = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{q_2 + q_3 - q_1}{2 S \epsilon_0}$$

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

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

$$q' = \frac{\epsilon_0 S U}{d} > 0$$

$v_0$   
 $q > 0, M$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

наибольшее значение ускорения на участке

1 - 2 .

$$m \ddot{a}_{12} = \bar{F}_{k_1} + \bar{E}_k + \bar{F}_k$$

$$m \ddot{a}_{12} = \bar{F}_{k_1} + \bar{F}_{k_2} + \bar{F}_{k_3}$$

$$m \ddot{a}_{12} = (E_1 + E_2 + E_3) q =$$

$$= m \left( \frac{q_1}{2S\epsilon_0} - \frac{q_2}{2S\epsilon_0} - \frac{q_3}{2S\epsilon_0} \right) q = \frac{q}{2S\epsilon_0} (-q' - 3,5q' + 2,5q') =$$

$$= - \frac{2q q'}{2S\epsilon_0} = - \frac{q}{S\epsilon_0} \cdot \frac{\epsilon_0 S U}{d} = - \frac{qU}{d}$$

$$|a_{12}| = \frac{qU}{md} - \text{ускорение } a_{12} \text{ направлено  
против нач. скорости } v_0$$

2) Потенциал эл. поля на бесконечности  
равен 0.  $\varphi_1 = 0$ , т. к. заряды симметрически  
расположены (суммарный заряд равен нулю)

$$\varphi_2 = U + \varphi_1 = U - \text{потенциал второй сферы}$$

3 СЭ для частицы:

$$K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2 = K_0 = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$3) K_1 + q\varphi_1 = K_1 = K_0 = \frac{m v_0^2}{2}$$

находим начальную точку A  $\varphi_A$ :

$$\begin{aligned} \varphi_A - \varphi_1 &= \varphi_A - 0 = \varphi_A = \left( \frac{q_2 + q_3 - q_1}{2S\epsilon_0} \right) \frac{d}{3} = \\ &= \frac{3,5q' - 2,5q' + q'}{2S\epsilon_0} \frac{d}{3} = \frac{2q'd}{2S\epsilon_0 \cdot 3} = \frac{Ud}{d \cdot 3} = \frac{U}{3} \end{aligned}$$

Запишем 3С для частицы

$$K_1 + q\varphi_1 = K_0 = K_A + q\varphi_A$$

$$K_A = K_0 - q\varphi_A, \quad \frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - q\frac{U}{3}$$

$$V_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$$

Ответ: 1)  $|a_{12}| = \frac{qU}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = U$

3)  $V_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

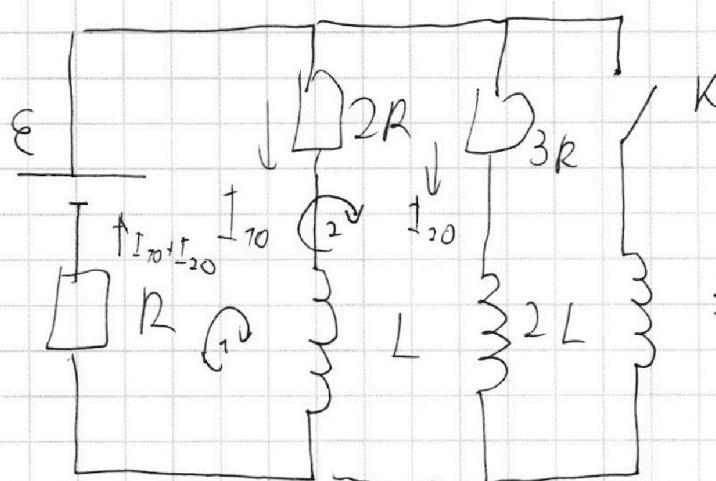
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

Задача №4.

1)  $\mathcal{E} = E - \text{ЭДС датчиков}$



K - обозначение  
кнопки на схеме

1)  $I_{10}$  - ток  
через резистор  
 $2R$  при разомкнутом  
мостике при установившемся  
режиме

$I_{20}$  - ток через  $3R$  при разомкнутом  
мостике установившемся, т.е. токи не  
изменяются  $\Rightarrow$  на катушках не падает  
напряжение.

Задание правила хирографа для конкурсов 1 а 2'.

$$\begin{cases} \mathcal{E} = 2R \cdot I_{10} + (I_{10} + I_{20})k \\ \mathcal{E} = 3R I_{20} + (I_{10} + I_{20})k \end{cases} \quad \begin{aligned} \mathcal{E} &= 3I_{10}k + I_{20}k \\ 2I_{10} &= 3I_{20} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} I_{20} = \frac{2}{3} I_{10} \\ \mathcal{E} = 3I_{10}R + \frac{2}{3} I_{10}k \end{cases}$$

$$I_{10}R \cdot \frac{11}{3} = \mathcal{E}$$

$$I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

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

2) сразу после замыкания  
поток <sup>чрез катушки</sup> ~~и~~ получается  
поток через катушки не пошагового  
типовенно, т.е. токи, идущие  
чрез катушки максимум не пошагового

Пусть  $\dot{I}_{30}$  - скорость изменения  
тока в катушке 3 L сразу после замыкания  
Поток через L равен  $I_{10}$ , через 2L равен

$$I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}, \text{ а через } 3L \text{ ток равен } 0.$$

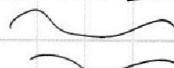
запишем правило Кулона для данного контура:

$$\mathcal{E} = 3L \cdot \dot{I}_{30} + (I_{10} + I_{20}) R$$

$$3L \dot{I}_{30} = \mathcal{E} - \left(1 + \frac{2}{3}\right) \frac{3\mathcal{E}}{11R} R = \mathcal{E} - \frac{5 \cdot 3}{3 \cdot 11} \mathcal{E} =$$

$$= \frac{6}{71} \mathcal{E},$$

$$\dot{I}_{30} = \frac{6}{71 \cdot 3} \frac{\mathcal{E}}{L} = \frac{2}{71} \frac{\mathcal{E}}{L}$$



3) Теперь находим токи в цепи в  
установившемся режиме при замыкании  
контакта.

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!

$$\tilde{I} = \frac{3L}{R}; \quad \Delta I_3 = I_{3k-0} = \frac{\epsilon}{R}$$

$$\Delta I_7 = I_{7k} - I_{70} = -\frac{3}{77} \frac{\epsilon}{R}; \quad \Delta I_2 = I_{2k} - I_{20} = -\frac{2}{77} \frac{\epsilon}{R}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{3L}{R}\epsilon = (\Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3) \varnothing + 3 \frac{\epsilon}{R} L \\ \frac{3L}{R}\epsilon = (3\Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3) \varnothing - \frac{3}{77} \frac{\epsilon L}{R} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{3L}{R}\epsilon = (\Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3) \varnothing - \frac{4}{77} \frac{\epsilon L}{R} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3 = 0 \\ 3\Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_2 = \frac{\epsilon L}{R^2} \left( 3 + \frac{3}{77} \right) \\ \Delta q_1 + 4\Delta q_2 + \Delta q_3 = \frac{\epsilon L}{R^2} \left( 3 + \frac{4}{77} \right) \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3 = 0 \\ 2\Delta q_1 = \frac{\epsilon L}{R^2} \frac{36}{77} \\ 3\Delta q_2 = \frac{37}{77} \frac{\epsilon L}{R^2} \end{array} \right\}$$

$$\Delta q_1 = \frac{18}{77} \frac{\epsilon L}{R^2}$$

Ответы:

- 1)  $I_{70} = \frac{3}{77} \frac{\epsilon}{R}$
- 2)  $I_{30} = \frac{2}{77} \frac{\epsilon}{L}$
- 3)  $\Delta q_1 = \frac{18}{77} \frac{\epsilon L}{R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

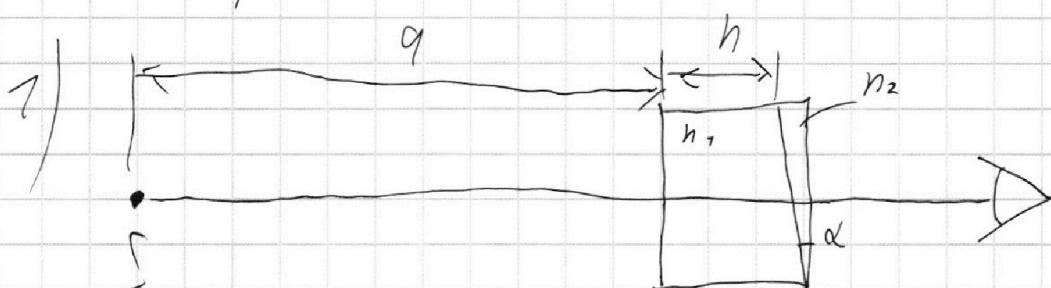


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### Задача №5.

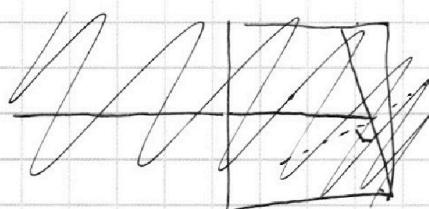
$$n_b = 1,0, \quad a = 794 \text{ см}; \quad h = 9 \text{ см}$$

$$d = 0,1$$

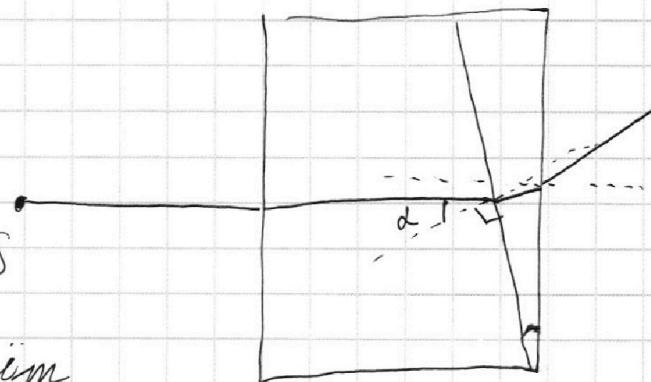


Чтобы найти наибольшую толщину второй  
призмы  $n_2 =$

$$n_1 = n_b = 1,0; \quad n_2 = ?$$



Луч без предыдущего  
влияния пройдет



Через первую призму. Чем между  
перпендикульно левой грани второй призмы  
и лучом равен  $d$ .

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

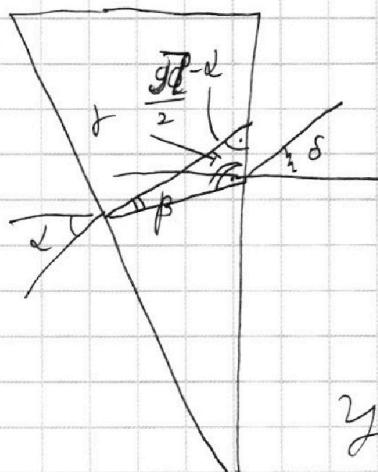
**МФТИ**

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

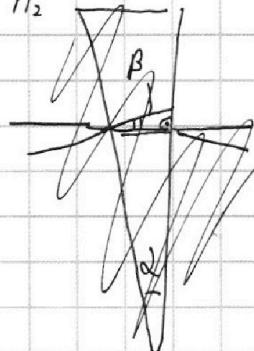
Поскольку углы шестиугольника  
преломления заменены на:

$$n_1 d = n_2 d = d = n_2 \beta \Rightarrow \beta < d$$

$$( \sin d \approx d, \sin \beta \approx \beta ) ; \beta = \frac{d}{n_2}$$



$$\begin{aligned} \text{Угол } \delta &= 180^\circ - \beta - \alpha \\ \text{Угол } \delta &= \\ &= \pi - \frac{\pi}{2} + \alpha - \beta = \\ &= \frac{\pi}{2} + \alpha - \beta \end{aligned}$$



Угол  $\delta - \frac{\pi}{2} = \alpha - \beta$  - преломленный  
угол шестиугольника шестиугольник  
угла шестиугольника шестиугольника  
угла шестиугольника шестиугольника

$\delta$  - угол двойного преломления шестиугольника шестиугольника  
шестиугольника шестиугольника (т.е. угол отклонения в шестиугольнике)

$$\delta \cdot n_2 = n_2 (\alpha - \beta) - \text{угол шестиугольника}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{n_2 (\alpha - \beta)}{n_2} = n_2 \left( 1 - \frac{\alpha}{n_2} \right) = d (n_2 - 1) = \\ &= 0,07 \text{ rad} \end{aligned}$$



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

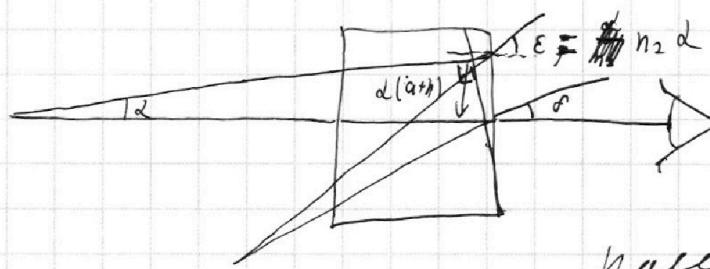
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

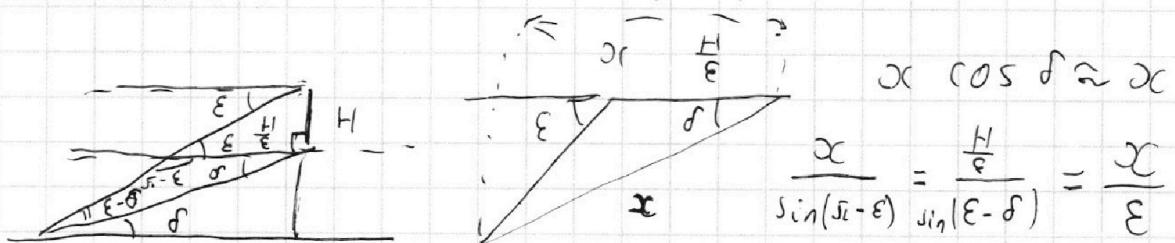
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2) Гусеницы два муши из источника  
(один под углом  $\delta$  к прямой  
источник - "муз", второй ровно по ней)



Музы, гусеницы  
под углом  $\delta$   
выйдут из  
муши на  
расстоянии  $H = d(a+h)$  от

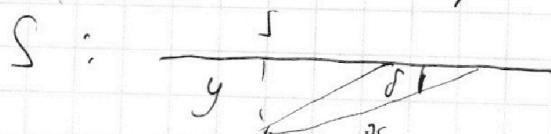
прямой под углом  $\epsilon = n_2 \cdot \delta$ , второй  
найдем положение изображения.



$$\frac{x}{\epsilon(\epsilon-\delta)} = \frac{d(a+h)}{n_2 d(n_2 \cdot \delta - (n_2 - 1)d)} = \frac{(a+h)(\epsilon - n_2 \cdot \delta)}{n_2 \cdot \delta}$$

$$x = \frac{\epsilon}{\epsilon(\epsilon-\delta)} = \frac{d(a+h)}{(n_2 d - n_2 \cdot \delta + d)} = a + h$$

Изображение будет приверто под источниками



$$\frac{y}{x} = f g \delta = \delta = d(n_2 - 1)$$



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!

$$y = \alpha \Delta (n_2 - 1) = (a + b) \Delta (n_2 - 1) =$$
$$= (203 \cdot 0,1 \cdot 0,7 / \text{cm} = 14,21 \text{ см}$$

3)

Ответ: 1)  $\delta = \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

$$2) y = 14,21 \text{ см}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$\frac{11}{70} \text{ рабочих} + p_0 \frac{KRT}{2} = \frac{225}{8} p_0$$

$$KRT = 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль} \cdot \text{Дж}}{17 \cdot 10^{-3} \text{ моль}} = 1$$

~~11/70 рабочих~~

$$\frac{11}{5} \text{ рабочих} + p_0 KRT = \frac{225}{4} p_0$$

$$\text{рабочие} \approx p_0 = \frac{11}{5} \text{ рабочих} + \left( \frac{225}{4} - KRT \right)$$

$$= \frac{11}{5 \cdot \left( \frac{225}{4} - KRT \right)} \text{ рабочих}$$

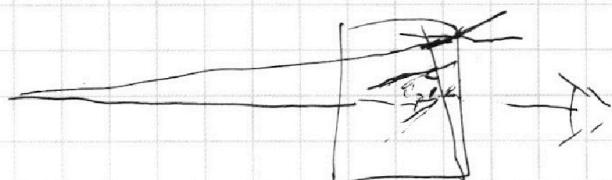
$$KRT = 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль} \cdot \text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{Па} \cdot \text{м}^3} = 1$$

$$p_0 = \frac{11}{5 \left( \frac{225}{4} - 1 \right)} \text{ рабочих} = \frac{44}{5 \cdot 221} = \frac{44}{1105} \text{ рабочий}$$

Ответ: 1)  $\frac{V_1}{V_2} = 2$ ;

2)  $p_0 = \frac{44}{1105} \text{ рабочий}$

90°



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!

$I_{7k}, I_{2k}, I_{3k}$  - токи через  $L, R$  и  $3L$   
соответственно

$$\left. \begin{array}{l} \mathcal{E} = (I_{7k} + I_{2k} + I_{3k})R \\ \mathcal{E} = (I_{7k} + I_{2k} + I_{3k})R + 2R I_{7k} \\ \mathcal{E} = (I_{7k} + I_{2k} + I_{3k})R + 3R I_{2k} \\ 2R I_{7k} = 0 \\ 3R I_{2k} = 0 \\ I_7 + I_2 + I_{3k} = \frac{\mathcal{E}}{R} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{7k} = 0 \\ I_{2k} = 0 \\ I_{3k} = \frac{\mathcal{E}}{R} \end{array} \right.$$

При первом решении мы при упрощении, но  
может в какой-то момент ошибиться  
в процессе упрощения токов.

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!

Запишем те же уравнения, ~~но в~~ ~~в~~ ~~в~~ ~~в~~ ~~в~~ ~~в~~ ~~в~~

только в какой-то случайной момент

Установившее равновесия (тоже в цепи

$I_1, I_2$  и  $I_3$  через  $L, 2L$  и  $3L$  соответственно)

$$\left. \begin{array}{l} \mathcal{E} = (I_1 + I_2 + I_3)R + I_3 3L = \left( \frac{dq_1}{dt} + \frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_3}{dt} \right) R + \frac{dI_3}{dt} 3L \end{array} \right\}$$

$$\mathcal{E} = (I_1 + I_2 + I_3)R + I_2 2L + I_1 L = \frac{dq_1}{dt} R + \frac{dq_2}{dt} 2L + \frac{dq_3}{dt} L$$

$$\mathcal{E} = (I_1 + I_2 + I_3)R + I_2 \cdot 3R + I_2 \cdot 2L$$

$$\left. \begin{array}{l} \int \mathcal{E} dt = \left( \int dq_1 + \int dq_2 + \int dq_3 \right) R + \int dI_3 \cdot 3L \end{array} \right\}$$

$$\int \mathcal{E} dt = \left( \int dq_1 + \int dq_2 + \int dq_3 \right) R + 2R \int dq_1 + \int L dI_1$$

$$\int \mathcal{E} dt = \left( \int dq_1 + \int dq_2 + \int dq_3 \right) R + 3R \int dq_2 + 2L \int dI_2$$

$$\left. \begin{array}{l} \mathcal{E} \tilde{t} = (dq_1 + dq_2 + dq_3) R + I_3 3L \end{array} \right\}$$

$$\mathcal{E} \tilde{t} = (dq_1 + dq_2 + dq_3) R + I_1 L + 2dq_1 R$$

$$\mathcal{E} \tilde{t} = (dq_1 + dq_2 + dq_3) R + I_2 2L + 2dq_2 R$$

$\tilde{t}$  - характерное время установления равновесия

$dq_1, dq_2, dq_3$  - заряды промежутие через  $2L, 3R$  и

$3L$  соответственно,  $dI_1, dI_2, dI_3$  - изм. тока за время  $\tilde{t}$