

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

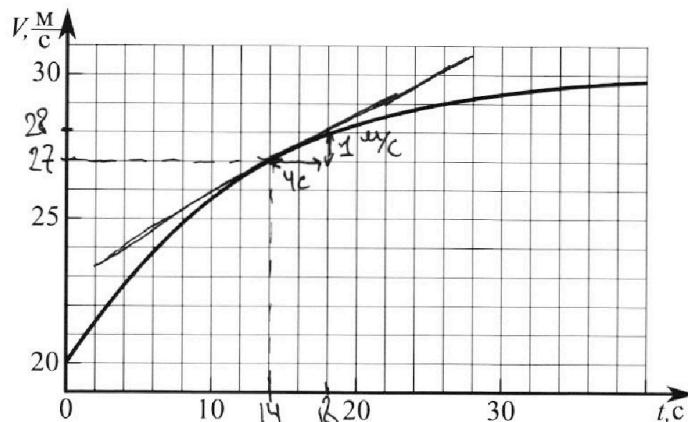
## Вариант 11-02



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%.

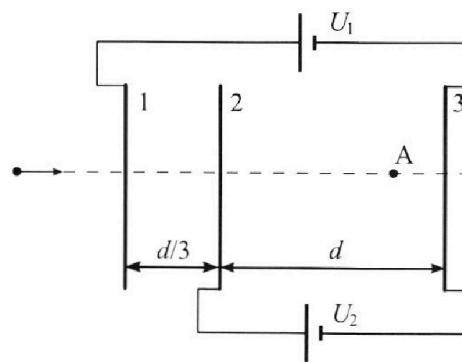
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p w$ . 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 Т углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $R T \approx 3 \cdot 10^3$  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.

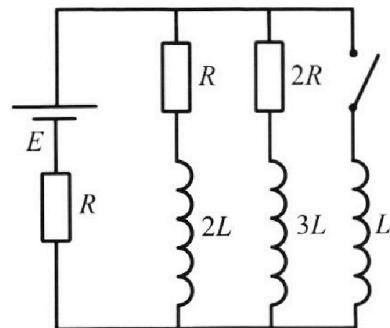
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.

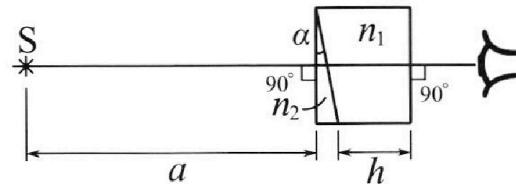
2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.

3) 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  $n_b = 1,0$ . 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.



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

**МФТИ**

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

① По определению ускорения:  $a = \frac{dv}{dt}$ . a, соответствует 9.

Из ур-ка  $v(t)$  можно определить ускорение, как  
тангенс угла наклона касательной к этой траектории.

$$\text{из } a_1 = \frac{1 \text{ м/c}}{\text{ч} \cdot \text{c}} = \frac{1}{4} \text{ м/c}^2 = 0,25 \text{ м/c}^2$$

② ~~Запишем ур-ие II-го з-ва Ньютона для  
момента  $t$ , соответствующее  $\ell = v_i$ .~~

$$m a_1 = F_{\text{груz}} - F_k \quad (1)$$

$$\left| \begin{array}{l} F_{\text{груz}} \cdot v = P - \text{по оп-ию} \\ F_{\text{груz}} \cdot v_i = P \end{array} \right. \quad (2)$$

В усм. решении  $\Rightarrow v = v_{\text{уст}} = \text{const}$

$$\Rightarrow F_{\text{груz}} = F_k ; P = F_{\text{груz}} \cdot v_{\text{уст}} = F_k \cdot v_{\text{уст}}$$

Из ур-ка заметим, что  $v_{\text{уст}} \approx 30 \text{ м/c}$ , поскольку  
кривая приближается касательной линии  $k$   
 $v = 30 \text{ м/c}$ .

Тогда:  $P = F_k \cdot v_{\text{уст}} = 405 \cdot 30 = 12150 \text{ Вт} = 12,15 \text{ кВт}$

$$\text{из (1) и (2): } m a_1 = F_{\text{груz}} - m a_1 = \frac{P}{v_i} - m a_1 = \frac{12150}{27} - 300 \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow F_i = \frac{405 \cdot 30}{27} - \frac{300}{4} = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$$

③ Из (1):  $\frac{mdv}{dt} = F_{\text{груz}} - F_i \cdot v$

$$\frac{mdv}{dt} = F_{\text{груz}} \cdot v - F_i \cdot v = P_{\text{груz}} - P_{\text{вспр}},$$

$$\Rightarrow P = P_{\text{c}} + m v_i a_1$$

$$\Rightarrow I = k + \frac{m v_i a_1}{P} \quad \left| \begin{array}{l} \frac{P_{\text{c}}}{P} = k - \text{часть} \\ \text{мощности} \\ \text{изделия на} \\ \text{предоставление} \\ \text{потребителям} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \boxed{k = I - \frac{m v_i a_1}{P}} = I - \frac{300 \cdot 27 \cdot \frac{1}{4}}{405 \cdot 30} = I - \frac{81}{4583} \quad |$$

$$= I - \frac{1}{6} = \frac{5}{6} \quad //$$



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"/> |

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

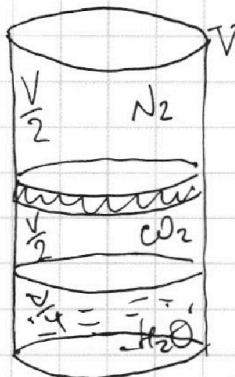
МФТИ

Ответ: 1)  $a_1 = 0,25 \frac{m}{s^2}$ ;

2)  $F_1 = \frac{F_k \cdot v_{уст}}{v_1} - m a_1 = 375 \text{ Н}, \text{ где } v_{уст} = 30 \frac{m}{s}$   
из гр-ка;

3)  $k = 1 - \frac{m a_1}{F_k \cdot v_{уст}} = \frac{5}{6}$ .

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

③ Для наг-го состояния (до нагревания).  
Запишем ур-ие состояния для верхней и нижней частей поршня:

$$\text{для верхней: } P_0 \cdot \frac{V}{2} = \gamma_{N_2} \cdot R T_0 \quad (1)$$

$$\text{для нижней: } P_0 \cdot \frac{V}{2} = (\gamma_{CO_2} + \Delta \gamma_{CO_2}) R T_0 \quad \left. \begin{array}{l} \gamma_{CO_2} - \text{коэф.} \\ \text{газодобр. CO}_2 \\ \Delta \gamma_{CO_2} - \text{коэф.} \\ \text{расмб. CO}_2 \\ \text{в H}_2O \end{array} \right\}$$

$$\text{из ул-ия: } \Delta \gamma_{CO_2} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\Rightarrow P_0 \cdot \frac{V}{2} = \gamma_{CO_2} R T_0 + k P_0 \cdot \frac{V}{4} R T_0 \Rightarrow \gamma_{CO_2} R T_0 = P_0 \cdot \frac{V}{2} - k P_0 \cdot \frac{V}{4} R T_0$$

Тогда:

$$\frac{\gamma_{N_2}}{\gamma_{CO_2}} = \frac{P_0 \cdot \frac{V}{2}}{P_0 \cdot \frac{V}{2} - k P_0 \cdot \frac{V}{4} R T_0} = \frac{1}{1 - \frac{k P_0 R T_0}{4 P_0 V} \cdot 2} = \frac{1}{1 - \frac{k R T_0}{2}}$$

Но ул-ие:

$$\gamma = \frac{R T_0}{3} \Rightarrow R T_0 = \frac{3}{4} R T$$

$$\Rightarrow \frac{\gamma_{N_2}}{\gamma_{CO_2}} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} k R T} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 - \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{8} \cdot 9 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 - \frac{27}{40}} = \frac{40}{13}$$

④ где нижней части,  
где газодобр. CO<sub>2</sub>:

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \gamma_{CO_2} R T_0 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{\gamma_{CO_2}}{\gamma_{N_2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{\gamma_{N_2}}{\gamma_{CO_2}} = 2}$$

② Поскольку в конце CO<sub>2</sub> практически не растворяется в воде, то углекислый газ, который был в начале растворён в воде полностью перешёл газодобр. состоян:

$$\text{но ул-ие } \Delta \gamma_{CO_2} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}.$$

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!

3) Запишем ур-ие состояния нового состояния газов:

$$\text{в верхней части: } P \cdot \frac{V}{6} = P_{N_2} \cdot RT ; \quad (3)$$

$$\text{и имеем: } P' V' = (P_{CO_2} + P_{N_2}) RT ; \quad (4)$$

$$\Rightarrow V' + \frac{V}{6} + \frac{V}{6} = V \Rightarrow V' = \frac{7}{12} V$$

из (1) и (3):

$$P \cdot \frac{V}{6} = \frac{4}{3} P_{N_2} RT_0 = \frac{4}{3} P_0 \frac{V}{2}$$

$$\Rightarrow P = \frac{4}{3} \cdot \frac{8}{7} P_0 \Rightarrow P = \frac{4}{7} P_0$$

$$\text{из (4): } P'_{CO_2} = \frac{\frac{4}{3} P_{CO_2} RT_0 + \Delta P_{CO_2} \frac{4}{3} RT_0}{\frac{7}{12} V} =$$

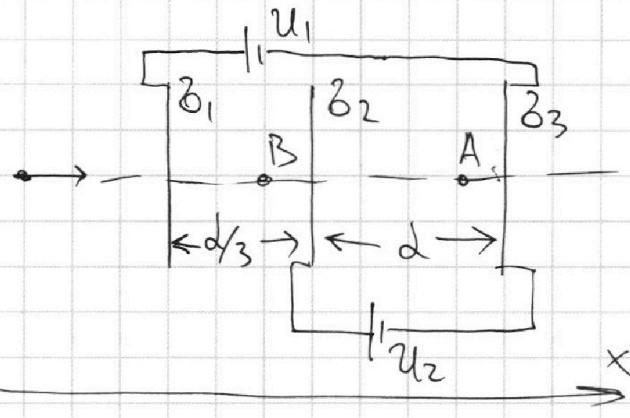
$$= \frac{\frac{4}{3} P_0 \frac{V}{2} + k P_0 \frac{V}{2} \cdot \frac{4}{3} RT_0}{\frac{7}{12} V} = \frac{4}{7} P_0 + \frac{12}{7} k P_0 \frac{1}{8} RT_0 = \frac{4}{7} P_0 + \frac{4}{7} k P_0 RT_0$$

$$P_n = P - P'_{CO_2} - \text{из 3-го Далtona}$$

$$\Rightarrow P_n = \frac{4}{7} P_0 - \frac{4}{7} P_0 - \frac{4}{7} k P_0 RT_0$$

- |                          |   |                          |   |                                     |   |                          |   |                          |   |                          |   |                          |   |
|--------------------------|---|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <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 |
|--------------------------|---|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|

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



① Введём для каждого пластинки параллельно заряда:  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$

Тогда из условия, что в начале симметрии заряды и ЗСЗ:

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$

② Поскольку разности

$$\Rightarrow \delta_3 = -\delta_1 - \delta_2$$

семок этого больше d,

$$E_B = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} = \frac{\delta'_1}{\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{\epsilon_0}$$

$$U_1 = E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{d}{3} = \frac{\delta'_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0}$$

$$U_2 = E_A \cdot \frac{d}{2} = \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0}$$

По условию:  $U_1 = 2U_2$ ;  $U_2 = U$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2U = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} \\ U = \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} + \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} \end{cases}$$

$$\frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = U - \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0}$$

$$2U = \frac{4\delta_1 d}{3\epsilon_0} + U - \frac{\delta_1 d}{\epsilon_0} \Rightarrow U = \frac{\delta_1 d}{3\epsilon_0} \Rightarrow \delta_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_2 d}{\epsilon_0} = U - 3U \Rightarrow \delta_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \delta_3 = -\delta_1 - \delta_2 = -\frac{3U\epsilon_0}{d} + \frac{2U\epsilon_0}{d} = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow \delta_1 = \frac{3U\epsilon_0}{d}; \quad \delta_2 = -\frac{2U\epsilon_0}{d}; \quad \delta_3 = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$



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

(3.) По II-му з-чу Кетомона для заряда в м.А:

$$m|a_1| = q \cdot |E_A| \Rightarrow |a_1| = \frac{q \cdot |E_A|}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{|U + U_0|}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow \frac{q}{m} \cdot \frac{|U + U_0|}{\epsilon_0} = \boxed{\frac{qU}{md} = |a_1|}$$

(4.) Поскольку система электрическо-нейтральна (сущ. заряд 0), то внешнее поле конь и следовательно замкнута подходит к 3-ой пластине с той же ек-ью, что и к 1-й пластине.

~~Замену по теор. 0 каск. энергии:~~

~~$$k_2 - k_0 = A_{3n},$$

$$k_2 - \frac{mV_0^2}{2} = \frac{U}{3}$$

$$\Rightarrow k_2 = \frac{U}{3} + \frac{mV_0^2}{2}$$~~

$$A_{3n} = E_A \cdot \frac{d}{3} = \frac{U + U_0}{\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} = \frac{U}{3}$$

Для перехода от 2-ой пластины к 3-ей:  
по теор. 0 каск. энергии:

~~$$k_3 - k_2 = A_{3n_2}$$

$$\boxed{k_3 - k_2 = \frac{2}{3}U}$$~~

$$A_{3n_2} = E_A \cdot d =$$

$$= \frac{U + U_0}{\epsilon_0} \cdot d = \frac{3U\epsilon_0}{d \cdot \epsilon_0} = \frac{3U}{d}$$

(5.) Для перехода из бек-н. в м.А:

~~$$k_A - k_0 = A_{3n}$$

$$k_A - \frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \frac{7U}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{mV_A^2}{2} = \frac{7U}{3} + \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_A^2 = \frac{14U}{3m} + V_0^2$$~~

$$A_{3n} = E_A \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{2d}{3} =$$

$$= \frac{2U}{\epsilon_0} \cdot \frac{d}{3} + \frac{3U}{\epsilon_0} \cdot \frac{2d}{3} =$$

$$= \frac{U\epsilon_0 d}{d \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{2}{3} + \frac{3U\epsilon_0 d}{d \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{2}{3} =$$

$$= \frac{U}{3} + 2U = \frac{7U}{3}$$

$$\boxed{V_A = \sqrt{\frac{14U}{3m} + V_0^2}}$$

Отвем: 1)  $|a_1| = \frac{qU}{md};$   
2)  $k_3 - k_2 = \frac{U}{d};$   
3)  $V_A = \sqrt{\frac{14U}{3m} + V_0^2}.$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

⑤ Для перехода из десктопа в м.А:

$$k_A - k_0 = A_{31}$$

$$\frac{m \dot{v}_A^2}{2} - \frac{m \dot{v}_0^2}{2} = \frac{5}{3} U$$

$$\frac{m \dot{v}_A^2}{2} = \frac{5}{3} U + \frac{m \dot{v}_0^2}{2}$$

$$\dot{v}_A^2 = \frac{10U}{3m} + \dot{v}_0^2$$

$$\boxed{\dot{v}_A = \sqrt{\frac{10U}{3m} + \dot{v}_0^2}}$$

$$\left. \begin{aligned} A_{31} &= E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{2d}{3} = \\ &= \frac{\delta_1}{\delta_0} \frac{d}{3} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\delta_0} \cdot \frac{2d}{3} = \\ &= \frac{\delta_1}{\delta_0} d + \frac{2(\delta_1 + \delta_2)}{3\delta_0} d = 3U + \frac{2}{3}(-2U) = \\ &= 3U - \frac{4}{3}U = \frac{5}{3}U \end{aligned} \right\}$$

Ответ: 1)  $|a_1| = \frac{9U}{md}$ ;

2)  $k_3 - k_2 = U$ ;

3)  $\dot{v}_A = \sqrt{\frac{10U}{3m} + \dot{v}_0^2}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,

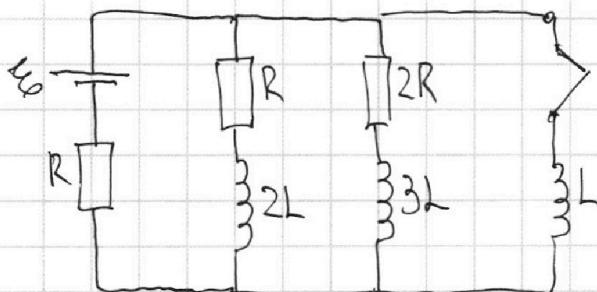
решение которой представлено на странице:



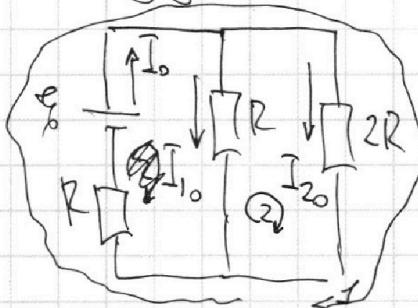
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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



① До замык-ия в уст.  
рассмотрим нап-ие катушек  
рабки 0.  
=> Схему можно заменить  
на следующую:



№ I-мул ар-гу курсографа:

$$I_o = I_{1o} + I_{2o}; \quad (1)$$

№ II-мул ар-гу курсографа:

$$\textcircled{1}: \quad E = I_o R + I_{2o} \cdot 2R$$

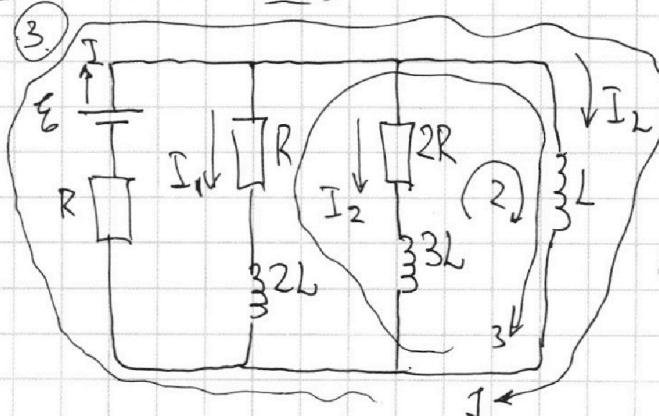
$$\textcircled{2}: \quad E = I_{1o} R + I_{2o} \quad I_{1o} R = I_{2o} \cdot 2R \Rightarrow I_{1o} = 2I_{2o}$$

$$\text{из (1)}: \quad I_o = I_{1o} + I_{2o} = 3I_{2o} \Rightarrow I_o = 3I_{2o}$$

$$\Rightarrow E = 3I_{2o} \cdot R + 2I_{2o} \cdot R = 5I_{2o} \cdot R \Rightarrow I_{2o} = \frac{E}{5R}$$

② сразу после замык-ия по II-мул ар-гу курсографа:

$$\text{токи через катушки } \text{не}\text{изм-ся } \text{сущ-но}\text{в-ко} \Rightarrow I_R = I_{1o} \quad \text{так как } \frac{dI}{dt} = I_{1o} - I_{2o} \quad \Rightarrow \quad L \frac{dI}{dt} = E - I_{1o} R = E - 2I_{2o} R$$



№ I-мул ар-гу курсографа:

$$I = I_1 + I_2 + I_L$$

№ II-мул:

$$\textcircled{1}: \quad E - L \frac{dI_L}{dt} = IR$$

$$\textcircled{2}: \quad -L \frac{dI_L}{dt} + 3L \frac{dI_2}{dt} = -I_2 \cdot 2R$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$(3): -L \frac{dI_L}{dt} + 2L \frac{dI_1}{dt} = -I_1 \cdot R$$

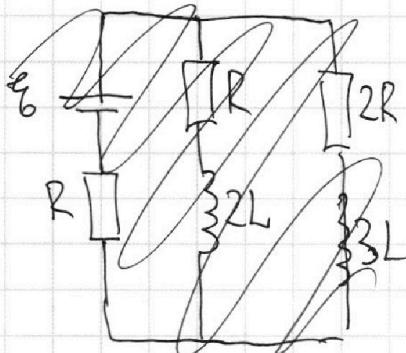
$$\Rightarrow \mathcal{E} = L \frac{dI_L}{dt} + I_1 \cdot R + I_2 \cdot R + I_L \cdot R$$

$$I_2 \cdot 2R = L \frac{dI_L}{dt} - 3L \frac{dI_2}{dt} \Rightarrow 2R \cdot I_2 dt = L dI_L - 3L dI_2$$

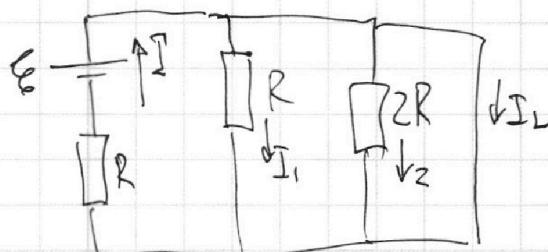
$$I_1 \cdot R = L \frac{dI_L}{dt} - 2L \frac{dI_1}{dt} \quad 2R \cdot dI_2 = L dI_2 - 3L dI_2$$

В ум-ад решение ток через катушки:  $Q_2 = 2I_2$

В ум-ад (4) найдём токи в новое ум. решение:



Аналогично 1-му пункту в ум.  
решение напр-ши катушек равны  
0.



$$I_1 = I_2 = 0$$

$$I_L = I$$

$$\mathcal{E} = IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = 0 ; I_L = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

(5) Уз 3-20  $q_2$  пункт на:

$$2R \int_0^{q_2} dq_2 = L \int_0^{I_2} dI_2 - 3L \int_0^{I_{20}} dI_2$$

$$\Rightarrow 2R q_2 = L \cdot I_2 - 3L(0 - I_{20}) = L \frac{\mathcal{E}}{R} + 3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$\Rightarrow 2R q_2 = \frac{8L\mathcal{E}}{5R} \Rightarrow q_2 = \frac{4L\mathcal{E}}{5R^2}$$

$$\text{Очевидно: 1) } I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R} ; 2) \dot{I}_2|_{t=0} = \frac{3\mathcal{E}}{5L} ; 3) q_2 = \frac{4L\mathcal{E}}{5R^2} .$$

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

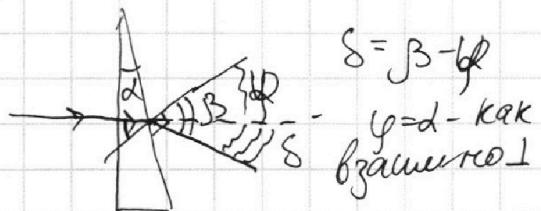


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

① Рассмотрим ход луча излучающей перпендикулярно левой грани:



излучающей перпендикулярно левой грани:



Призма из 3-ка Стекла:

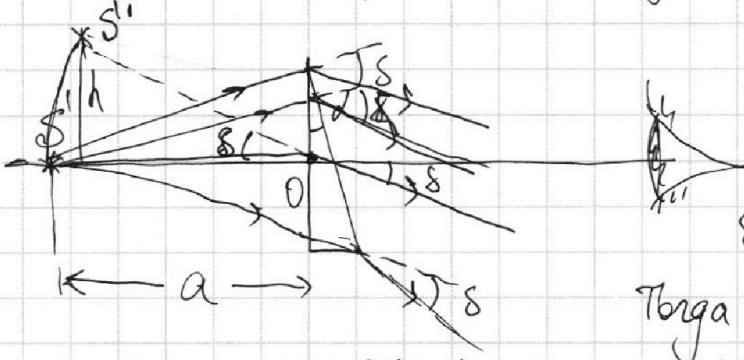
$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_B \cdot \sin \beta$$

т.к. поскольку углы малы:

$$n_2 \cdot \alpha = \beta \Rightarrow \delta = \beta - \alpha = (n_2 - 1) \alpha$$

$$\boxed{\delta = \alpha (n_2 - 1)} = 0,05 \cdot (1,6 - 1) = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ rad}$$

② Все лучи формирующие изображение падают под малыми углами на призму. Следовательно все лучи повернутся на угол и тот же угол  $\delta$



Следовательно изображение будет казаться, что источник повернулся на угол относительно m.O

для этого истинное

изображение и его изображение:

$$r \approx h = a \cdot \tan \delta \approx a \cdot \delta \Rightarrow h = a \delta = 200 \cdot 0,03 = 6 \text{ см}$$

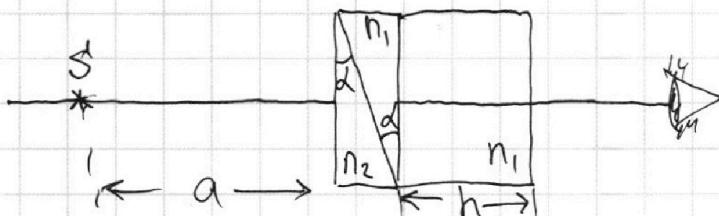
$$\boxed{h \approx 6 \text{ см}} \quad \text{в силу малости угла } \delta.$$

③ Представим призму систему как две прозрачные пластинки толщиной  $h$ .

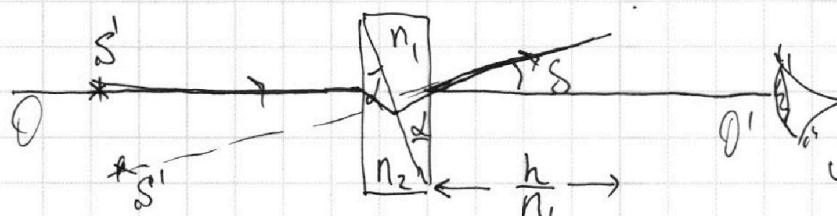
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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



Пластиинку можно заменить на воздух  
 $d = \frac{h}{n_1}$

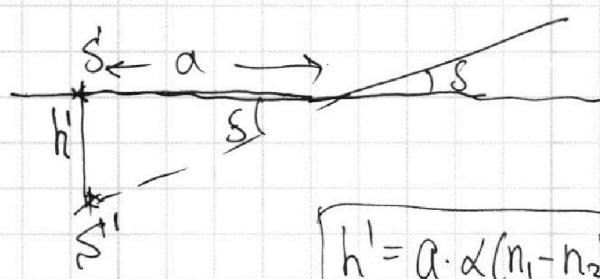


Далее проследим за лучом который выходит вдоль ОО' из источника S.

Пройдя через первый призму он повернётся вниз на  $S_2 = d(n_2 - 1)$  вниз, затем пройдя через вторую он повернётся на  $S_1 = d(n_1 - 1)$  вверх. Тогда сущесвенно вверх путь повернётся на

$$S = S_1 - S_2 = \alpha(n_1 - 1) - \alpha(n_2 - 1) = \alpha(n_1 - n_2) = 0,05 \cdot (1,8 - 1,6) =$$

$$= 0,05 \cdot 0,12 = 0,01 \text{ rad}$$



В таком случае короткое расстояние между каудрой и источником

$$h' = a \cdot \tan S \approx a \cdot S$$

$$h' = a \cdot \alpha(n_1 - n_2) = 200 \cdot 0,01 = 2 \text{ cm}.$$

- Очевидно:
- 1)  $S = \alpha(n_2 - 1) = 0,03 \text{ rad}$ ;
  - 2)  $h = \alpha \cdot S = \alpha \alpha(n_2 - 1) = 6 \text{ cm}$ ;
  - 3)  $h' = a \alpha(n_1 - n_2) = 2 \text{ cm}$ .

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"/> |

МФТИ

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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!

$$P_{CO_2} = P_{r_{CO_2}} + \alpha P_{CO_2} = \frac{P_0 V}{2RT_0}$$

$$P_{CO_2} V^{-1} = P_{CO_2} RT$$

$$V' + \frac{V}{4} + \frac{V}{6} = V$$

$$P_{CO_2} \frac{7}{4} V = \frac{P_0 V}{2RT_0} \cdot \frac{4}{3} R T_0$$

$$\Rightarrow V' = V \left( 1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right)$$

$$P_{CO_2} = \frac{8}{7} P_0$$

$$= \sqrt{\frac{24 - 4 - 6}{24}} = \frac{14}{24} V = \frac{V}{12}$$

$$P_{ATM} = 4P_0 - \frac{8}{7} P_0 = \frac{20}{7} P_0 = P_{ATM}$$

$$\Rightarrow P = 4P_0 = \frac{7}{5} P_{ATM}$$

$$P_0 = \frac{7}{20} P_{ATM}$$

$$P_{ATM} \boxed{\quad} \quad T = 100^\circ C$$

$$P_{ATM}$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = P_{CO_2} RT_0$$

$$\frac{P_{CO_2}}{P_{N_2}} = 2$$

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!

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

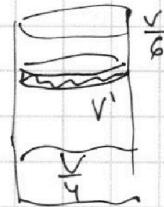
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P \cdot \frac{5V}{6} = (\nu_{CO_2}^1 + \Delta \nu^1) RT$$

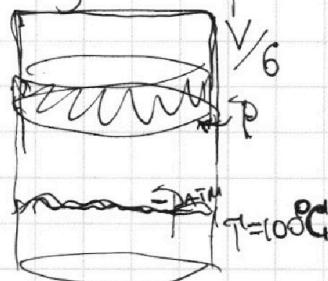
$$\Delta \nu^1 = k P \frac{V}{4}$$

$$P \cdot \frac{5V}{6} = \nu_{CO_2}^1 RT + k P \frac{V}{4} RT$$



$$\begin{aligned} V' + \frac{V}{6} + \frac{V}{4} &= V \\ V' &= V \left( 1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{4} \right) = \\ &= V \frac{24 - 4 - 6}{24} = \frac{14}{24} V = \\ &= \frac{7}{12} V \end{aligned}$$

Газ не растворяется  $\Rightarrow \nu_{CO_2}^1 = \text{const}$



$$\nu_{CO_2}^1 + \Delta \nu^1 = \nu_{CO_2}^1 + \nu^1$$

$$P_{CO_2}^1 = P_{CO_2}^1 RT$$

$$\nu_{N_2} =$$

$$P_{ATM} = P_0 \quad \nu_{N_2} = \frac{P_0}{\rho} \quad P_{ATM} = \frac{\rho}{\mu} RT_0$$

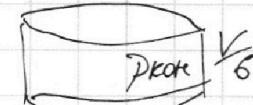
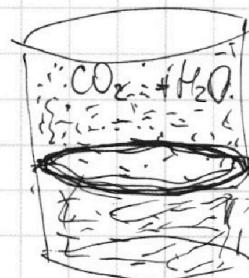
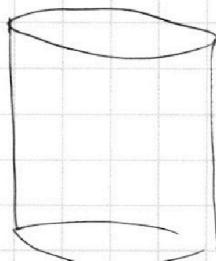
$$P \cdot \frac{V}{6} = \frac{4}{3} \nu_{N_2} RT_0$$

$$P \cdot \frac{V}{\frac{7}{12} V} = \frac{24}{8} P_0 \frac{V}{2}$$

$$P = 4P_0$$

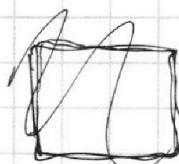
$$P V' = \nu_{CO_2}^1 RT$$

$$P \cdot \frac{7}{12} V =$$



$$V - \frac{V}{6} = \frac{5V}{6}$$

$$\frac{5}{6} = \frac{1}{2} \frac{4}{3}$$



$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} \frac{4}{3} RT_0$$

$$P \cdot \frac{V}{\frac{7}{12} V} = \nu_{N_2} R T_0 = P_0 \frac{V}{2}$$

$\Rightarrow$

$$P = \frac{P_0}{2}$$

$$P = 4P_0$$

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

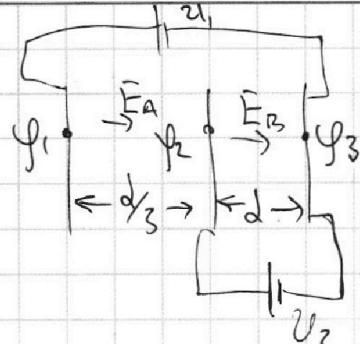
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = E_A \cdot \frac{d}{3} + E_B \cdot d$$

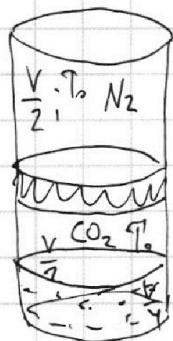
$$\varphi_2 - \varphi_3 = E_B \cdot d$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{\delta_1 d}{E_0}$$

$$2U = \frac{5}{3} \frac{\delta_1 d}{E_0}$$

$$3 \frac{\delta_1 d}{E_0} = \frac{5}{3} \frac{\delta_1 d}{E_0} \Rightarrow \delta_1 = 0 \quad \delta_2 = 0 \quad \delta_3 = 0$$

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$



V

$$\Delta P = k \rho w$$

$$P_0 \frac{V}{2} = \rho_{N_2} R T_0 \Rightarrow \rho_{N_2} R T_0 = P_0 \frac{V}{2}$$

$$\Delta P_0 = P_0 \cdot k \frac{V}{4}$$

$$P_0 \frac{V}{2} = (\rho_{CO_2} + \Delta \rho_{CO_2}) R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{2} = \rho_{CO_2} R T_0 + \Delta \rho_{CO_2} R T_0 = \rho_{CO_2} R T_0 + k P_0 \frac{V}{4} R T_0$$

$$\rho_{CO_2} R T_0 = P_0 \frac{V}{2} - k P_0 \frac{V}{4} R T_0$$

$$RT \approx 3 \cdot 10 \frac{3 \Delta \rho}{\mu_{CO_2} n}$$

$$R \frac{4 T_0}{3} \approx 3 \cdot 10 \frac{3 \Delta \rho}{\mu_{CO_2} n}$$

$$RT_0 = \frac{3}{4} RT$$

$$\frac{\rho_{CO_2}}{\rho_{air}} = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{2} - k P_0 \frac{V}{4} R T_0} = \frac{1}{1 - \frac{k P_0 V R T_0}{2 P_0 V}} =$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{k R T_0}{2}} = \cancel{\frac{1}{1 - \frac{1}{2}}} \cancel{\frac{1}{1 - \frac{9.6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10}}} = \frac{1}{1 - \frac{27}{80}} = \frac{40}{13} = 3.07$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{3k}{8} RT} = \frac{1}{1 - \frac{3}{8} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0.08 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 - \frac{27}{80}} = \frac{40}{13} = 3.07$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

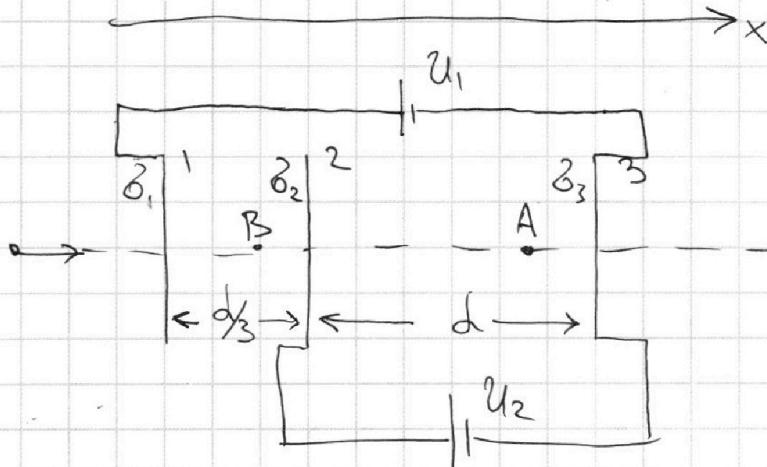
- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------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

$$U_1 = 2U$$

$$U_2 = U$$



① Введём поверхностью нл-ми заряда на  
кане ящики сечки  $\delta_1, \delta_2$  и  $\delta_3$ .

$$\text{Уз 3C3: } \delta_1 + \delta_3 = 0 \Rightarrow \delta_3 = -\delta_1 \Rightarrow \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0$$
$$\delta_2 + \delta_3 = 0 \Rightarrow \delta_1 = \delta_2$$

Роне ом сечки представим как роне ом  
беск. па-ми  $E = \frac{\delta}{2\epsilon_0}$ . Тогда:

$$U_1 = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} d + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0}$$

$U_1 = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} d$  найдем поле в м А и В:

$$\text{Оx: } E_B = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{\delta_1}{2\epsilon_0} + \frac{\delta_2}{2\epsilon_0} - \frac{\delta_3}{2\epsilon_0} = \frac{3\delta_1}{2\epsilon_0}$$

② Тогда по II-му з-ку Мотона для участка

$$\delta \text{ м.А: } \text{Оx: } m a_x = E_A \cdot q \Rightarrow q_1 = \frac{E_A q}{m}$$

③ Поскольку к пластинам подключены батареи:

$$U_1 = E_B \cdot \frac{d}{3} + E_A \cdot \frac{d}{2}; \quad U_2 = E_A \cdot \frac{d}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$\Rightarrow U_1 = \frac{3_1}{2\varepsilon_0} \frac{d}{3} + \frac{3_1}{2\varepsilon_0} d = \frac{3_1 d}{6\varepsilon_0} + \frac{3_1 d}{2\varepsilon_0} = \frac{10_1 d}{6\varepsilon_0}$$

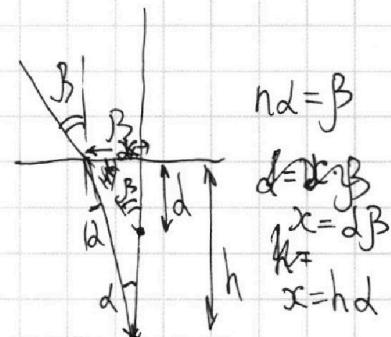
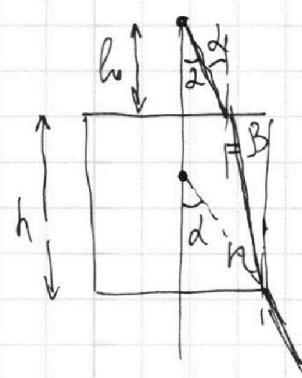
$$= \frac{5}{3} \frac{3_1 d}{\varepsilon_0}$$

$$U_2 = \frac{3_2 d}{2\varepsilon_0}$$

$$1 - \frac{m_1 Q_1}{P} = 1 - \frac{\frac{45}{400} \cdot \frac{3_1}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{485 \cdot 30}{4883}} = 1 - \frac{1}{6}$$

$$q_2 = \int I_{2k} dt$$

$$I_{2k} =$$



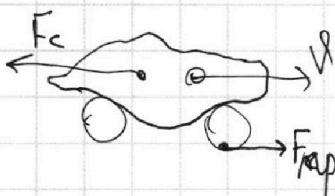
$$\Rightarrow d\beta = h \alpha \beta \Rightarrow d = h \frac{\alpha}{\beta}$$

$$F_{gbuz} = \frac{md\vartheta}{dt} + F_c$$

$$P_{gbuz} = \frac{mv^2}{2} + P_c$$

$$F_{mp} - F_c = m \frac{d\vartheta}{dt}$$

$$F_{mp} \cdot dt - F_c \cdot dt = md\vartheta$$



$$P = F \cdot \vartheta = \text{const}$$

$$\frac{md\vartheta \cdot \vartheta}{dt} = \text{const} = m\vartheta \cdot \vartheta = P$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{P}{m\vartheta}$$

$$\frac{10}{450} \cdot \frac{10}{75} = \frac{10}{375}$$

$$ma = F_{gbuz} - F_{con} \Rightarrow F_{con} = \frac{P}{\vartheta} - ma$$

$$a =$$

$$\frac{10}{12150} \cdot \frac{30}{45}$$

$$F_{gbuz} = F_k$$

$$\frac{405}{36} \cdot \frac{9}{45}$$

$$f_{yem} = F_k = P$$

$$\frac{300}{280} \cdot \frac{4}{75}$$

$$\vartheta \cdot F_c = P$$