

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

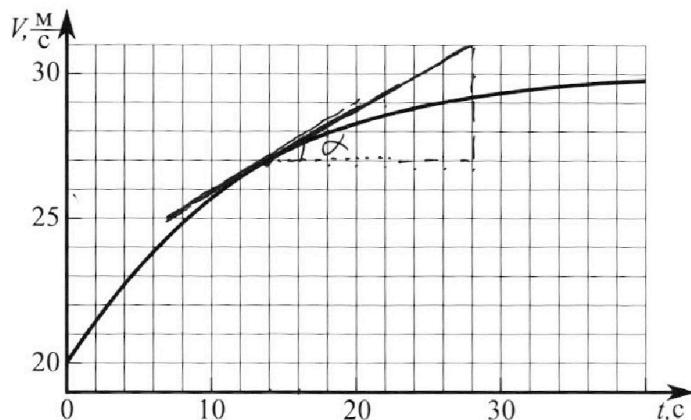
1. Мотоциclist массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан 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  $w$  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  $T$  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.

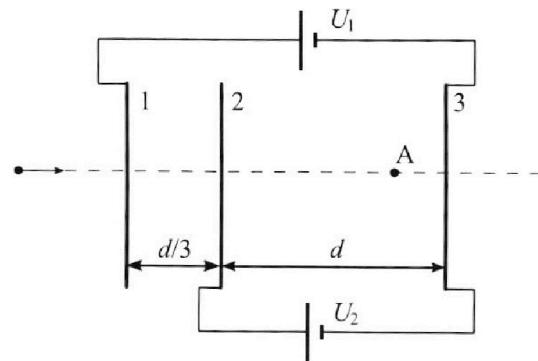
2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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.

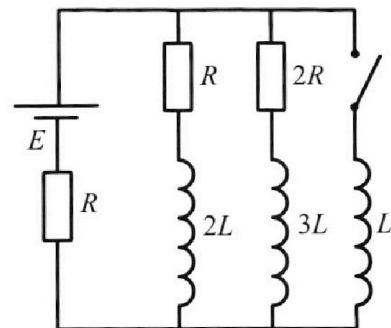
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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.

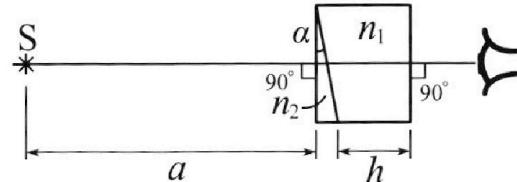
3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

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.





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

N1

Дано:

$$m = 300 \text{ кг}$$

~~$F_T = 24 \text{ кН}$~~

$F_K = 405 \text{ Н}$

$\omega_1 = 24 \text{ рад/с}$

Найти:

$a_1$

$F_1$

$\frac{P_1}{P}$

$$1) P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F_T \cdot \omega$$

Также  $F_T$  - сила тяги от двигателя;

$P = \text{const} \Rightarrow F \omega = \text{const.}$

( $P$  - мощность двигателя)

2)  $a = \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow$  чтобы найти  $a$ , надо построить касательную к графику  $\omega(t)$ .

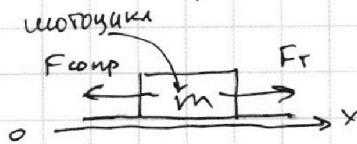
$\alpha$  - угол наклона этой касательной  $\Rightarrow$   
 $\tan \alpha = \frac{d\omega}{dt} = a$ .

Построим касательную к графику, касающуюся графика в  $T$ , где  $\omega_1 = 24 \text{ рад/с}$ .

$$\tan \alpha \approx \frac{d\omega}{dt} \approx \frac{4}{4} \text{ рад/с}^2$$

$$a_1 \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$$

4) В конце разгона  $a = 0$ .



По закону Запону Ньютона:

$$ma = F_T - F_{\text{comp}}$$

(в произвольный момент времени)

В конце разгона:  $F_{\text{comp}} = F_T$

$$F_K = F_{T_K} \quad (F_{T_K} - конечная F_T)$$

$$F_K = \frac{P}{\omega_K} \quad (\omega_K - конечная \omega)$$

Из графика видно, что  $\omega_K \approx 30 \text{ рад/с} \Rightarrow P = F_K \cdot \omega_K$

5) При скорости  $\omega_1$ :  $ma_1 = F_{T_1} - F_1$

~~$F_1 = F_T - ma_1$~~

$$F_1 = F_{T_1} - ma_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

N1 (продолжение)

$$F_1 = F_{T_1} - ma_1 = \frac{P}{w_1} - ma_1 = \left[ \frac{F_k w_k}{w_1} - ma_1 \right] \approx$$
$$\approx \frac{405 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{4}{7} =$$

$$\approx 45 \cdot 10 - \frac{300 \cdot 4}{7} \approx 450 - \frac{1200}{7} \approx 450 - 141 \frac{3}{7} \approx$$
$$\approx 248 \frac{4}{7} \approx [248,5 \text{ H}]$$

6) ~~Кинематика~~

$$\frac{p_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\text{comp}} + P_T} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_{\text{comp}} + F_T} = \frac{F}{F_1 + F_{T_1}}$$

$$\frac{p_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_T} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_T - F_{\text{comp}}} = \frac{F_1}{F_{T_1} - F_1}$$

$$\frac{p_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_T} = \frac{F_{\text{comp}} w_1}{F_T w_1} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_T} = \frac{F_1}{F_{T_1}} =$$
$$= \frac{F_1 \cdot w_1}{P} = \frac{F_1 \cdot w_1}{F_k \cdot w_k} \approx \frac{248,5 \cdot 248,5}{405 \cdot 30} = \frac{248,5}{450} \approx \left[ \frac{2}{3} \right]$$

Ответ:  $a_1 \approx \frac{4}{7} \text{ m/c}^2$

$$F_1 \approx 248,5 \text{ H}$$

$$\frac{p_1}{P} \approx \frac{2}{3}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1    2    3    4    5    6    7

**МФТИ**

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

N<sub>2</sub>

Дано:

V

T<sub>0</sub>

$$T = \frac{4T_0}{3} = 343\text{ K}$$

$$\Delta V = k p w$$

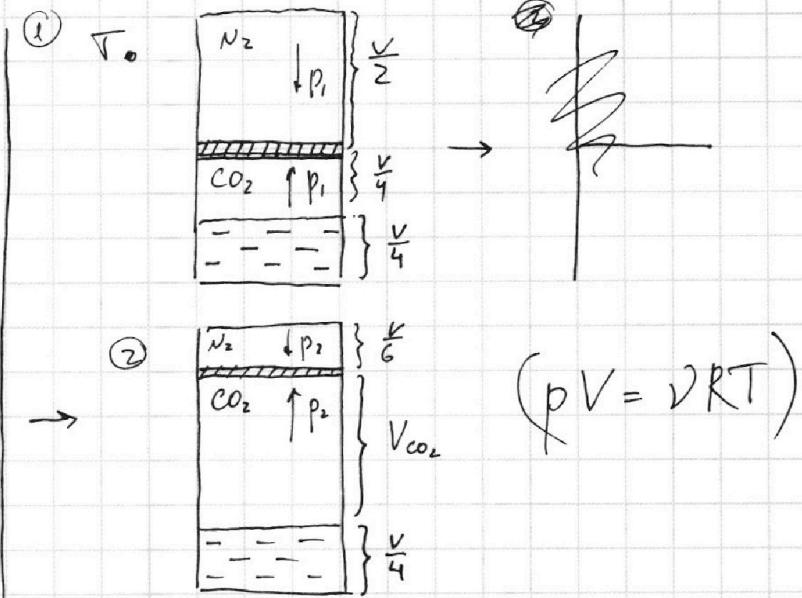
$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

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

Найти:

$$\frac{V_{N_2}}{V_{CO_2}}$$

P



1) При T уменьшении газ практически не растворяется.

При T:

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_2$$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{6} = \frac{3}{4}V - \frac{V}{6} = \frac{18}{24}V - \frac{4}{24}V = \frac{14}{24}V = \frac{7}{12}V$$

$$\frac{\sqrt{N_2 RT}}{\left(\frac{V}{6}\right)} = \frac{\sqrt{CO_2 RT}}{\left(\frac{7}{12}V\right)} \Leftrightarrow 6\sqrt{N_2} = \frac{12}{4}\sqrt{CO_2}$$

( $\sqrt{CO_2}$  - общее кон-ко умн. газа).  $\sqrt{N_2} = \frac{2}{4}\sqrt{CO_2}$  ( $\sqrt{CO_2} = \frac{4}{2}\sqrt{N_2}$ )

2) При T<sub>0</sub>:

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_1$$

$$\frac{\sqrt{N_2 R T_0}}{\left(\frac{V}{2}\right)} = \frac{\sqrt{CO_2 R T_0}}{\left(\frac{V}{4}\right)}$$

$$2\sqrt{N_2} = 4\sqrt{CO_2} \Rightarrow \sqrt{N_2} = 2\sqrt{CO_2} \quad (\sqrt{CO_2} = \frac{1}{2}\sqrt{N_2})$$

$$\frac{\sqrt{N_2}}{\sqrt{CO_2}} = \frac{2\sqrt{CO_2}}{\sqrt{CO_2}} = \boxed{2}$$

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 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!

N 2 (продолжение) ( $V_{N_2}$  не меньше втрети всего баланса)

$$3) \Delta V = V_{CO_2} - V_{CO_2} = \frac{4}{2} V_{N_2} - \frac{1}{2} V_{N_2} = \frac{3}{2} V_{N_2} = 3 V_{N_2}$$

Найдём  $p_1$  (давление при нагревании):

$$\Delta V = k p \omega$$

$$p_1 = \frac{\Delta V}{k \omega} = \frac{3 V_{N_2} \cdot 4}{k V} = \frac{12 V_{N_2}}{k V}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_{N_2} R T_0 \cdot 2 \cdot V}{V \cdot V_{N_2} R T \cdot 6} = \frac{T_0}{T \cdot 3} = \frac{T_0 \cdot 3}{4 T_0 \cdot 3} = \frac{1}{4}$$

$$p_1 = \frac{1}{4} p_2 \rightarrow p_2 = 4 p_1 = p$$

Также:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 = \frac{V_{N_2} R T_0}{(\frac{V}{2})} = \frac{2 V_{N_2} R T_0}{V} \\ p_1 = \frac{12 V_{N_2}}{k V} \Rightarrow \left( \frac{V_{N_2}}{V} \right) = \end{array} \right.$$

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!

N3

Рано:

d

$$U_1 = 2U$$

$$U_2 = U$$

m

$$q > 0$$

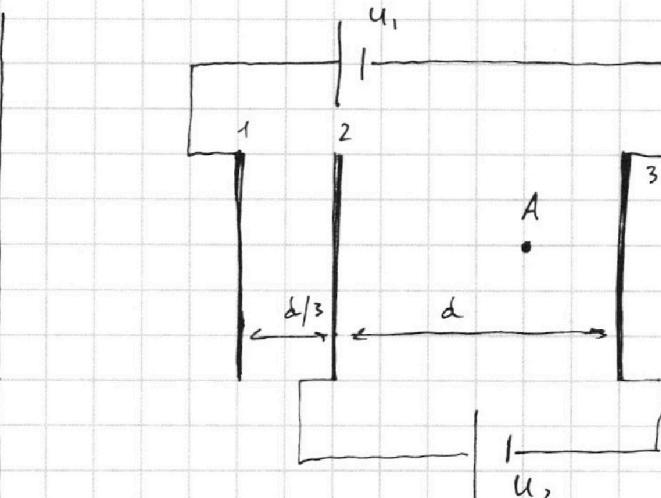
$$\mu_0$$

Найти:

|a)

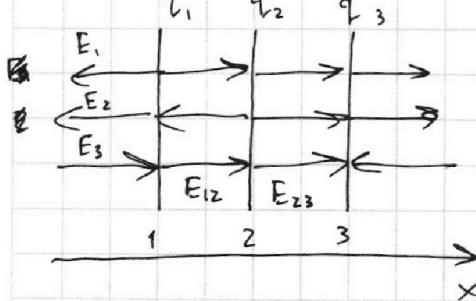
$$K_3 - K_2$$

$$\psi_A$$



(S - ищущая  
сеть)

1) Пусть  $q_1, q_2, q_3$  - заряды на пластинках 1, 2, 3 соответственно.



направление E

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{23} \cdot d = U_2 = U \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d} \\ E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot d = U_1 = 2U \end{array} \right.$$

$$E_{12} \cdot \frac{d}{3} = U_1 - U_2 = 2U - U = U$$

$$E_{12} = \frac{|q_1|}{2\epsilon_0 S} - \frac{|q_2|}{2\epsilon_0 S} + \frac{|q_3|}{2\epsilon_0 S} = \frac{|q_1| - |q_2| + |q_3|}{2\epsilon_0 S}$$

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

$$\text{No 3C3: } q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

Пусть  $q_1 = q'$ , тогда  $q_3 = -q' - q_2$

$$q_2 = Q, \text{ тогда } q_3 = -Q - q' \quad (q', Q > 0)$$

(Проверка:  $q_1 + q_2 + q_3 = q' + Q - Q - q' = 0$ )

$$E_{12} = \frac{q' - Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{q'}{\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{q' + Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2(q' + Q)}{2\epsilon_0 S} = \frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

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!

2) № 2ому замечу Июнинса:

$$ma = F_{kA}$$

$$ma = q \cdot E_{23}$$

$$ma = q \cdot \frac{u}{d}$$

$$\boxed{a = \frac{q u}{md}}$$

$$(4) \cdot \frac{m v_0^2}{2} = U_A + \frac{m v_A^2}{2}$$

$$m v_0^2 - 2U_A = m v_A^2$$

$$\boxed{v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2U_A}{m}}}$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{q u}{md}$$

$$A = U_A$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2U_A}{m}}$$

$$3) K_3 - K_2 = A$$

згде  $A$  - работа поля  $E_{23}$  по перемещению заряда  $q$ .

$$A = E_{23} \cdot d \cdot q = \frac{u}{d} \cdot d q = \boxed{U_A}$$

4) № 3СЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \Delta W + \frac{m v_A^2}{2} \quad (\text{згде } \Delta W \text{- изменение потенциальной энергии заряда } q).$$

$$\Delta W = W_A - W_0$$

$$W_0 = 0$$

изменение в р. А

$$W_A = \varphi_A \cdot q$$

$$\varphi_A = E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_2 \cdot \frac{2d}{3} + E_3 \cdot \frac{d}{3} =$$

$$= E_1 \cdot \frac{d}{3} + 2E_2 \cdot \frac{d}{3} + E_3 \cdot \frac{d}{3} = \frac{d}{3} \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{1.2Q}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} + \frac{q_1 + Q}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} \right) =$$

$$= d \left( \frac{3q_1 + 2Q + q_1 + Q}{6\epsilon_0 S} \right) = d \left( \frac{4q_1 + 3Q}{6\epsilon_0 S} \right) =$$

$$= d \left( \frac{4 \cdot 3U_{\epsilon_0 S}}{d} - \frac{3 \cdot 2U_{\epsilon_0 S}}{d} \right) = \frac{12U - 6U}{6} = U$$

$$W_A = U_A$$



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

№4

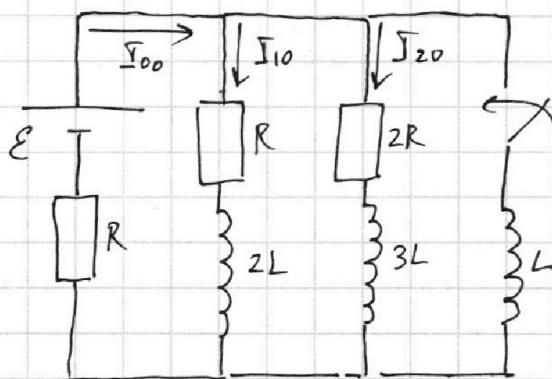
Найти:

$I_{20}$

$i_L$

$q_{2R}$

( $i_L$  - скорость возрастания тока в катушке с индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа;  
 $q_{2R}$  - заряд, прошедший через резистор  $2R$  при замыкании ключа)



1) При разомкнутом ключе в цепи установившийся режим  $\Rightarrow$  разность потенциалов на концах катушек равна нулю.

Рассставим токи, как показано на рисунке.

По правилу Кирхгофа:

$$\begin{cases} E = I_{10}R + I_{00}R \\ E = 2I_{20}R + I_{00}R \\ I_{00} = I_{10} + I_{20} \\ E = 2I_{20}R + R(I_{10} + I_{20}) \\ E = 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = E - 3I_{20}R \\ E = E - 3I_{20}R + I_{00}R \end{cases}$$

$$3I_{20} = I_{00}$$

$$E = 2I_{20}R + 3I_{20}R$$

$$5I_{20}R = E$$

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку  $2L$ ,  $3L$  и  $L$  не изменится, следовательно, через все резисторы будут текут те же токи, что и перед замыканием ключа. (а также разность потенциалов на концах катушек  $2L$  и  $3L$  будет равна нулю сразу после замыкания ключа.)

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!

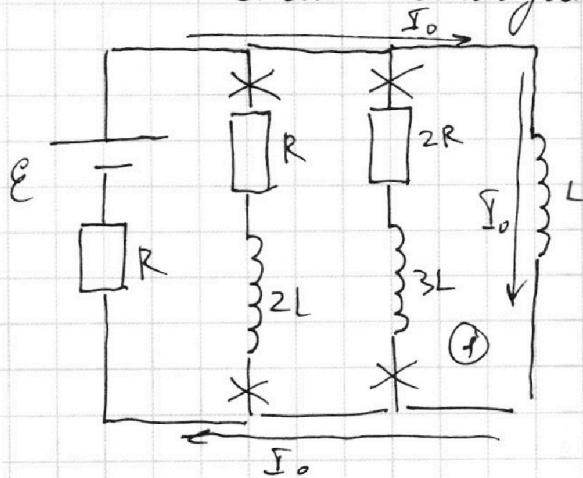
По правилу Кирхгофа:

$$2\int_{20} R = \mathcal{E}_{iL}$$

$$2\int_{20} R = \dot{\mathcal{I}}_L L$$

$$\dot{\mathcal{I}}_L = \frac{2\int_{20} R}{L} = \frac{2\mathcal{E} R}{5RL} = \boxed{\frac{2\mathcal{E}}{5L}}$$

3) После замыкания цепи наступает установившийся режим: разность потенциалов на концах катушки  $L$  будет равна нулю, а значит, что напряжение на об участках с сопротивлениями  $R$  (один участок  $2L$ ) и  $2R$  (т. к. на участках, параллельных катушке  $L$ ) будет равно нулю  $\rightarrow$  ток через резисторы  $R$  и  $2R$  не течет  $\rightarrow$  схема вынуждена так:



По правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = \int_{20} R$$

$$\int_{20} = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

( $\int_{20}$  - ток в цепи, как показано на рисунке)

Всем в методе моментов времена (по правилу Кирхгофа для контура 1)

$$-2R\int_{2R} + \mathcal{E}_{i3L} - \mathcal{E}_{iL} = 0 \quad (\int_{2R} - ток через р.  $2R$ ,$$

$$2R\int_{2R} - \mathcal{E}_{i3L} = \mathcal{E}_{iL}$$

$$2R \frac{dq_2}{dt} + \frac{d\int_{2R}}{dt} \cdot 3L = \frac{d\int_{2R} L}{dt} \cdot dt$$

$$\text{или } 2R \frac{dq_2}{dt} = d\int_{2R} L - d\int_{2R} \cdot 3L \quad q_2 - \text{заряд через } 2R.$$

$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot d\int_{2R} - \frac{3L}{2R} \cdot d\int_{2R}$$

$\mathcal{E}_{i3L}$  - ток через ЭДС индукции на  $3L$ ;  
 $\mathcal{E}_{iL}$  - ЭДС индукции на  $\int_{2R}$  - ток через  $L$

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!

$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot dI_L - \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

$$\int dq_2 = \int_0^{\frac{I_0}{2}} \frac{L}{2R} dI_L - \int_0^{\frac{I_{20}}{2}} \frac{3L}{2R} dI_{2R}$$

( $I_L$  меняется от 0 до  $\frac{I_0}{2}$ ,  $I_{2R}$  меняется от  $\frac{I_{20}}{2}$  до 0 после замыкания цепи)

$$\int q_2 = \frac{L}{2R} \int_0^{\frac{I_0}{2}} dI_L - \cancel{\frac{3L}{2R} \int_{\frac{I_{20}}{2}}^0 dI_{2R}}$$

$$q_2 = \frac{L}{2R} \cdot I_0 - 0 - \left( 0 - \frac{3L}{2R} \cdot \frac{I_{20}}{2} \right) =$$

$$= \frac{L \frac{I_0}{2}}{2R} + \frac{3L \frac{I_{20}}{2}}{2R} = \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L \cdot E}{2R \cdot 5R} =$$

$$= \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{5L E}{10R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{8L E}{10R^2} = \boxed{\frac{4L E}{5R^2}}$$

Ответ:

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

$$I_L = \frac{2E}{5L}$$

$$q_{2R} = \frac{4L E}{5R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

N5

Дано:

$$n_6 = 1,0$$

$$a = 200 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,05 \text{ rad}$$

$$h = 9 \text{ см}$$

1-2)  $n_1 = n_6 = 1,0, n_2 = 1,6$

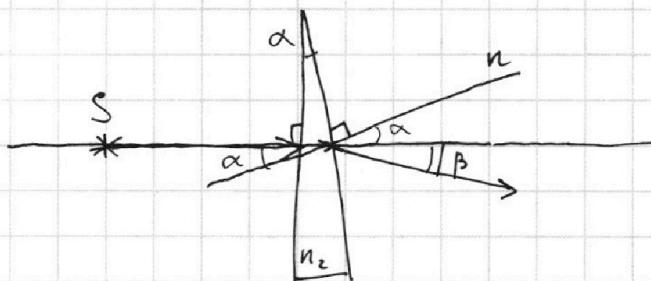
3)  $n_1 = 1,8, n_2 = 1,6$

Найти:

β

$L_1$

$L_2$



( $\beta$  - угол отклонения,  
 $L_1$  - расстояние между ~~S~~ и  $S'$   
при  $n_1 = 1,0$ ;  $L_2$  расстояние между  
 $S$  и  $S'$  при  $n_1 = 1,8$ )

1) При  $n_1 = 1,0$  лучи, исходящие  
из источника в призме с  $n_1$   
никак преломиться не будет, т.к.  
 $n_1 = n_6 \rightarrow$  её существование  
препятствует преломлению в штифтах 1 и 2 (она не  
изменит ход лучей)

По закону Снеллиуса:

~~Нормально~~

(т.к. луч перпендикулярен  
границе, он преломится  
только на выходе из  
призмы)

$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_6 \sin(\alpha + \beta)$$

$$\alpha \text{ и } \beta - малые углы \Rightarrow n_2 \alpha = n_6 (\alpha + \beta)$$

$$n_2 \alpha = n_6 \alpha + n_6 \beta$$

$$n_6 \beta = \alpha (n_2 - n_6)$$

$$\beta = \frac{\alpha (n_2 - n_6)}{n_6} = \frac{0,05(1,6 - 1)}{1} =$$

$$= 0,05 \cdot 0,6 = \boxed{0,03 \text{ rad}}$$

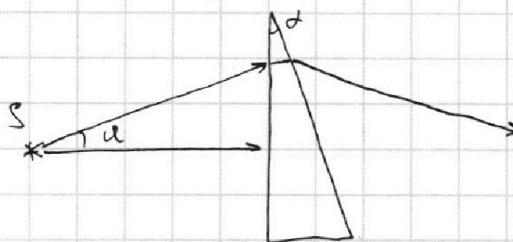
- |                          |   |                          |   |                          |   |                          |   |                                     |   |                          |   |                          |   |
|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|-------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



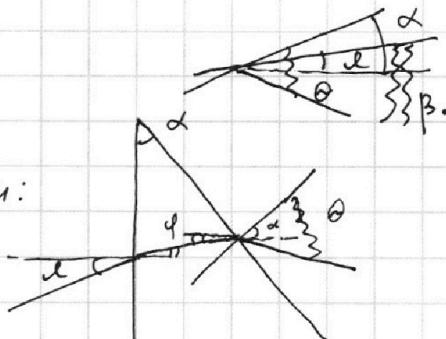
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### N5 (продолжение)

2)



Воды:



Возьмем произвольный луч, направившийся под углом  $\alpha$  в горизонт.

$$\text{1ое проинчение: } n_2 \alpha = n_1 \varphi$$

$$\text{2ое : } n_1 (\alpha - \varphi) = n_2 \beta_0$$

$$\text{Угол отклонения: } \beta_0 = \beta - \alpha + \alpha =$$

$$= \frac{n_2(\alpha - \varphi)}{n_1} - \alpha + \frac{n_1 \varphi}{n_2} =$$

$$= \frac{n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha n_1 + n_1 \varphi}{n_1} = \frac{\alpha(n_2 - n_1)}{n_1} \Rightarrow$$

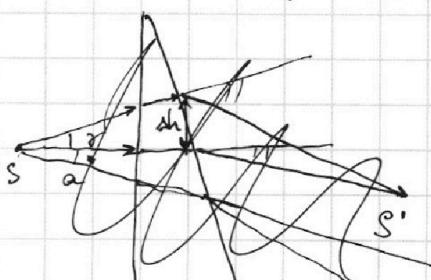
$\Rightarrow$  Угол отклонения луча от первоначального направления не зависит!

$$\beta_0 = \beta = 0,03 \text{ rad.}$$

Рассмотрим все лучи: первоначальный свет вправо и выходящий из узла  $\alpha$ .

(sketch)

Чем больше от ~~угла~~ горизонтали отклонен выходящий луч, тем больше отклонен выходящий  $\Rightarrow$  изображение истинное.





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

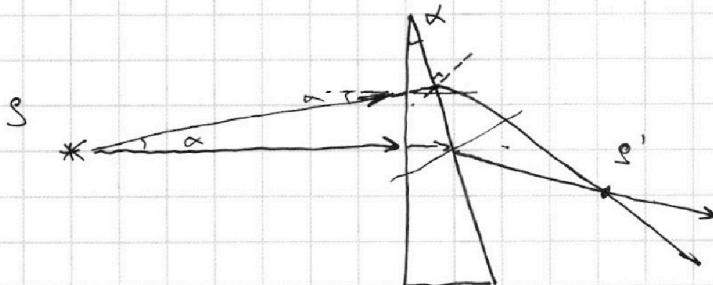
- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------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

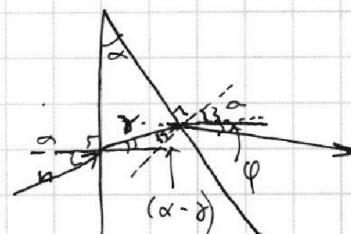
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 (продолжение)

2)



В близи:



Рассмотрим луч, вышедший из шестигранника  
под углом  $\alpha$ :

Первое предположение:

$$n_2 \alpha = n_2 \gamma$$

~~или~~

Второе предположение:

$$n_2 (\alpha - \gamma) = n_2 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_2 \gamma = n_2 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_2 \alpha = n_2 \varphi$$

$$\varphi = \frac{\alpha (n_2 - n_1)}{n_2}$$

Учтём отрицательное значение угла выхода луча

$$\frac{225}{225} \times \frac{5}{5}$$

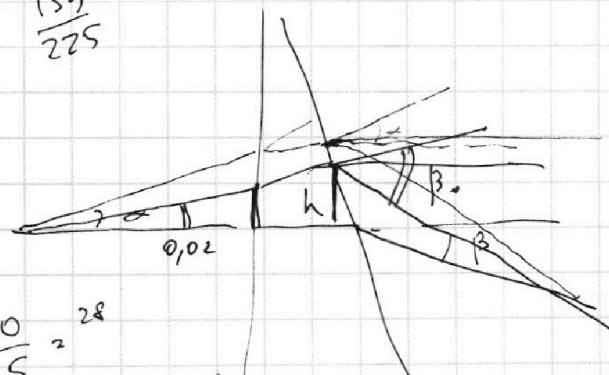
$$\textcircled{2} = n_2(\alpha - \varphi) - \alpha + n_2 \varphi = \\ = n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha + n_2 \varphi = \alpha(n_2 - 1)$$

$$\frac{278}{450} = \frac{139}{225}$$

$$= \frac{139}{225} \cdot \frac{a}{3m} = h$$

h

$$\begin{aligned} & 278 \times \frac{2}{5} \\ & \frac{278}{450} = \frac{140}{225} = \frac{28}{45} \\ & \frac{28}{45} \times \frac{3}{45} = \frac{2}{3} \\ & 110 \times \frac{2}{5} = \frac{140}{225} = \frac{28}{45} \end{aligned}$$



$$278 \times \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 278,5 \\ + 278,5 \\ \hline 554,0 \end{array}$$

2



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

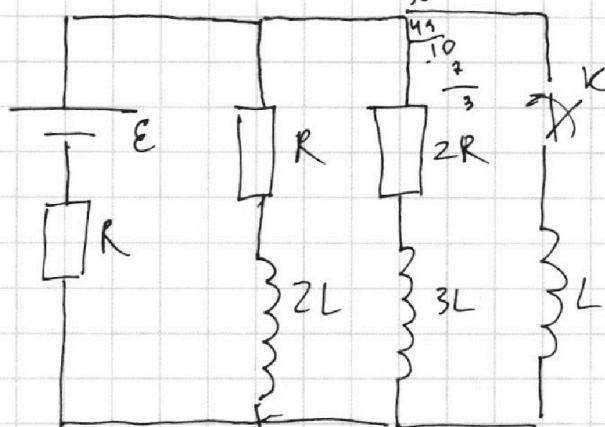
№

Найти:

$\Sigma_{20}$

$I_L$

$\Psi_{2R}$



$$\frac{1200}{\frac{4}{5} \frac{1}{1+1}} = \frac{4}{5} \frac{1}{1+1}$$

$$\frac{405 \cdot 30}{24} = \frac{405 \cdot 10}{9}$$

$$V = \sqrt{E + 20}$$

$$40 = \sqrt{V}$$

$$24 = \sqrt{12} + 20$$

$$24 = 2\sqrt{3} + 20$$

~~$$\sqrt{3} = \sqrt{4}$$~~

~~$$\sqrt{3} = \sqrt{2}$$~~

$$24 = \sqrt{V}$$

$$24 = \sqrt{14} + 20$$

~~$$24 = \sqrt{14} < \sqrt{16}$$~~

$$24 = \sqrt{16} + 20$$

$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$

$$40 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$\log \log_{10} (28 - 20)$$~~

~~$$\log_{10} t$$~~

$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$\log \log_{10} (28 - 20)$$~~

~~$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$~~

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$~~

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$~~

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$28 = 3\sqrt{2} + 20$$~~

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

~~$$28 = t^{\frac{1}{3}} + 20$$~~

$$\frac{1200}{\frac{4}{5} \frac{1}{1+1}} = \frac{4}{5} \frac{1}{1+1}$$

В этом случае  $\rightarrow$  найдем - ч упрощен.

3) По правилу Кирхгофа:

$$E = -I_{10}R + \Sigma_{00}R$$

$$E = 2I_{20}R + \Sigma_{00}R$$

$$\Sigma_{00} = I_{10} + I_{20}$$

$$E = 2I_{20}R + I_{10}R + I_{20}R$$

$$E = 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = E - 3I_{20}R$$

$$E = E - 3I_{20}R + \Sigma_{00}R \quad (\Sigma_{10}R = E - \frac{3}{5}ER)$$

$$3I_{20}L = -\Sigma_{00}R$$

$$38 \cdot 20 = t^{\frac{3}{4}} + 20$$

$$24 = 14^{\frac{3}{4}} + 20$$

$$24 = \sqrt[4]{14^3} + 20$$

$$6 = t^{\frac{3}{4}}$$

$$x \cdot$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{10} - \frac{3}{5} I_{20} = \frac{1}{3} \Sigma_{00}; \quad \Sigma_{00} = 3I_{20}$$

$$\frac{2}{5} I_{20} = \frac{1}{3} \Sigma_{00}$$

$$I_{20} = \frac{5}{6} \Sigma_{00}$$

$$I_{20} = \frac{5}{6} \cdot 3I_{20}$$

2) Графически заменим ишо:

ток через катушку не помешал  $\rightarrow$

$\Rightarrow$  все токи оставшиеся токами не как в н. 1

по правилу Кирхгофа:  $E + E_i = \Sigma_{00}R$ .

$$E - \Sigma_{00}R = L \cdot I_L$$

$$E - \frac{3E}{5} = L \cdot I_L$$

$$\frac{2}{5} E = L \cdot I_L$$

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!

$$N = \frac{A}{t} \quad \cancel{\int_2 + \epsilon_i}$$

$$N = \frac{F \cdot s}{t} \quad \cancel{\int_2 - \epsilon_3 = -\epsilon_{i_1}}$$

$$N = F \cdot v$$

$$-\int_2 \cdot 2R + \epsilon_{i_3} - \epsilon_{i_1} = 0$$

$$E_{12}$$

$$E_{23} = q' + Q \cdot d = U$$

$$\frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{u}{d}$$

$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} = u$$

$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} = \frac{3u}{d}$$

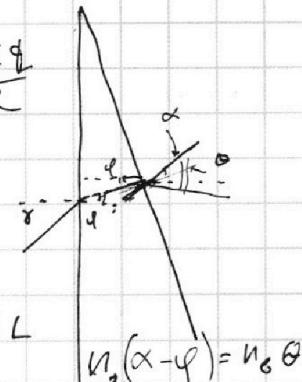
$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{u}{d}$$

$$\frac{3u}{d} - \frac{Q}{\epsilon_0 S} = -\frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = -\frac{2u}{d}$$

$$U = \frac{k q_1 q_2}{r} \quad w = Ed$$

$$E = \frac{k q_1}{r^2} \quad \varphi = \frac{k q}{R}$$



$$-\epsilon_{i_1} = \int_2 \cdot 2R - \epsilon_{i_3}$$

$$\int_L L = \int_2 \cdot 2R + \int_2 \cdot 3L$$

$$\therefore \int_L L = \dot{q}_2 \cdot 2R$$

$$\int_L L = \dot{q}_2 \cdot 3L = \dot{q}_2 \cdot 2R$$

$$\frac{d \int_L L}{dt} - \frac{d \int_2 \cdot 3L}{dt} = \frac{d \dot{q}_2 \cdot 2R}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$\int_L L - \int_2 \cdot 3L = d \dot{q}_2 \cdot 2R \quad | : 2R$$

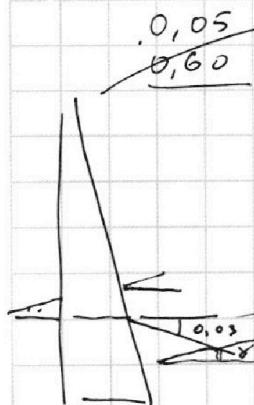
$$\int_L L = \int_2 \cdot \frac{L}{2R} - \int_2 \cdot \frac{3L}{2R} \quad \dot{q}_2$$

$$w = \dot{q}_2$$

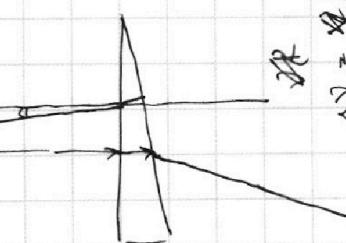
$$q_{2R} = \frac{e}{R} \cdot \frac{L}{2R} - \left( 0 - \frac{e \cdot 3L}{5R \cdot 2R} \right) = \boxed{\dot{q}_2 = Ed}$$

$$= \frac{eL}{2R^2} + \frac{3eL}{10R^2} = \frac{5eL}{10R^2} + \frac{3eL}{10R^2} = \frac{8eL}{10R^2}$$

$$= \boxed{\frac{4eL}{5R^2}}$$



$$\frac{0.05}{0.60}$$



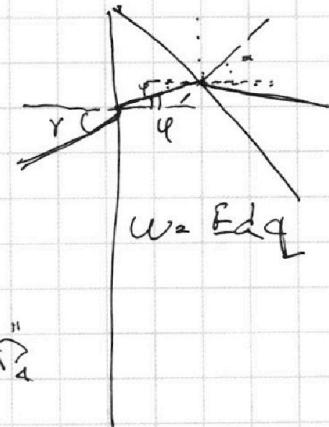
$$n_2 \alpha - h_2 \varphi = \Theta$$

$$n_2 \alpha - \gamma = \Theta$$

$$n_2 \alpha = \Theta + \gamma$$

$$\gamma = n_2 \varphi$$

$$\gamma = n_2 \varphi$$



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

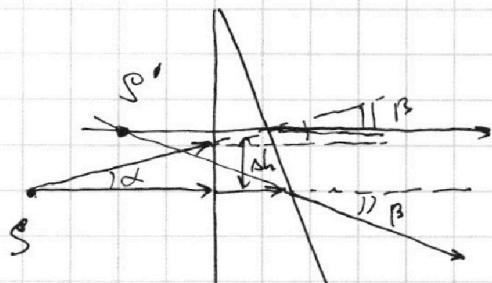
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

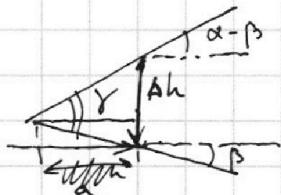
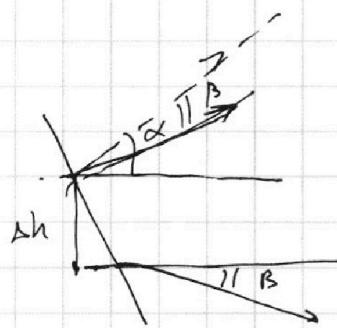


Призма тонкая  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  пренебрежим  
 $\Delta h$  не входит и не  
выходит

Рассмотрим лучи под углом  
 $0^\circ$  ~~и~~ и  $\alpha$  к горизонту.

$$\alpha - \beta = 0,02 \text{ rad}$$

$$\Delta h = \alpha \sin \alpha = \alpha \alpha$$



$$\gamma = \alpha - \beta + \beta = \alpha$$



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!

