

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



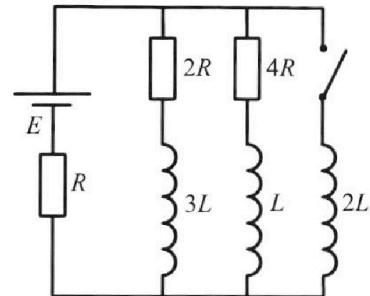
Вариант 11-04

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.

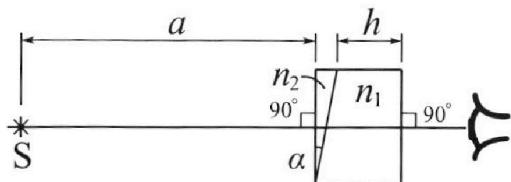
- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ 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 $h = 14$ 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.





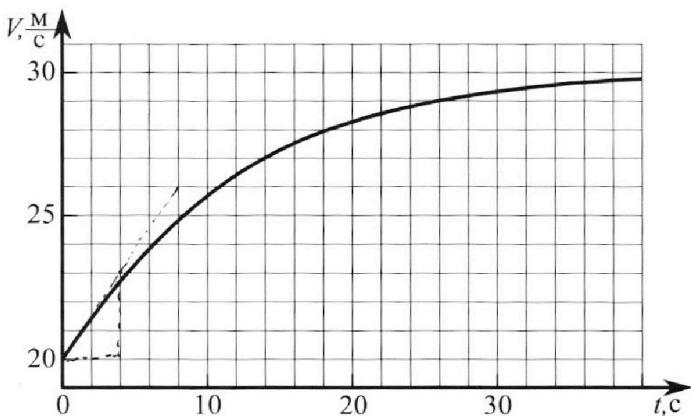
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ 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 $F_k = 200$ Н.



- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?

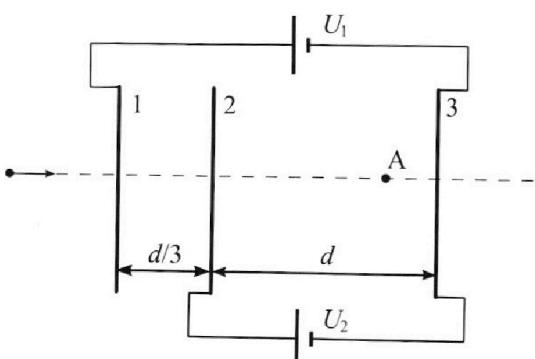
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv 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/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ 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 $3d/4$ от сетки 2.



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

Часто вспоминаемое**N1****Дано:**

$m = 240 \text{ кг}$

$F_k = 200 \text{ Н}$

График**Найти:** 1) $a_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

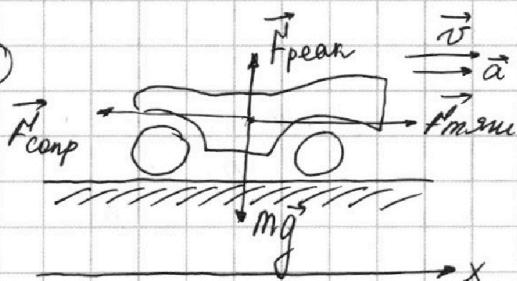
3) $k = ?$

① Кажется дан график $v(t)$. Но о движении прямолинейном \Rightarrow ускорение соответствует тому же что центростремительное составляющее. Тогда есть только тангенциальное, отвечающее за изменение текущей скорости.

$a = \frac{dv}{dt} = v''$ \rightarrow на графике ускорение это тангенс касательной (коэффициент касательной). Найдем тангенс из наклона графика:

$$a_0 = \tan \varphi_0 = \frac{23 \text{ м/с} - 20 \text{ м/с}}{4\text{с} - 0\text{с}} = \frac{3}{4} \text{ м/с}^2$$

②

на ось x : $F_{\text{тре}} - F_{\text{сопр}} = ma$

$$F_{\text{тре}} = \frac{2N_{\text{в.к.}}}{V} \rightarrow$$

по определению A мощность силы = сила \times скорость
У мотоцикла получается мощность на 2 колеса,
но эта же суммарная мощность $\# N_{\text{в.к.}} = 2N_{\text{в.к.}}$
 $N_{\text{в.к.}}$ - мощность, передаваемая от двигателя
на ведущие колеса ($N_{\text{в.к.}} = \text{const}$)

2) в конце разгона $F_{\text{сопр}} = F_k = 200 \text{ Н}$. Из графика видно, что
скорость с течением времени приближается к $V_k = 30 \text{ м/с}$,
то есть становится постоянной. \Rightarrow заменим a ЗН в проекции как
в этом моменте.

$$\frac{F_{\text{тре}} - F_k}{m} = 0 \rightarrow \frac{2N_{\text{в.к.}}}{V_k} = F_k \rightarrow 2N_{\text{в.к.}} = F_k \cdot V_k$$

№3) в начале разгона $V = V_0 = 20 \text{ м/с}$ (из графика):

$$\frac{2N_{\text{в.к.}}}{V_0} - F_0 = ma \rightarrow F_0 = \frac{F_k V_k}{V_0} - ma = \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot \frac{3}{4} \text{ м/с}^2$$

$$\Rightarrow F_0 = 300 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 120 \text{ Н}$$

1 страница



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

$$3) N_{B.K.} = \frac{F_k v_k}{2} = \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{2} = 3000 \text{ Вт}$$

ЧЕРНОВИК

N_{F_0} (мощность силы сопротивления в начальном момент)

$$N_{F_0} = F_0 \cdot v_0 = 180 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 3600 \text{ Вт}$$

$$K = \frac{N_{F_0}}{N_{B.K.}} = \frac{2400 \text{ Вт}}{3000 \text{ Вт}} = \frac{8}{10} = 0,8 = 80\%$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{3}{4} \text{ м/с}^2$ 2) $F_0 = 120 \text{ Н}$

$$3) K = \frac{N_{F_0}}{N_{B.K.}} = 80\%$$

2 страница



- 1 2 3 4 5 6 7

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

№2

Дано:

$$V_B = \frac{3V}{8}; \frac{V}{8}$$

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

$$K \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{M^3 \cdot \text{Л}^4}$$

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

$$\Delta V = K P \Delta V$$

$$\text{Найти: 1) } \frac{V_B}{V_H} = ?$$

$$2) P_0 = ?$$

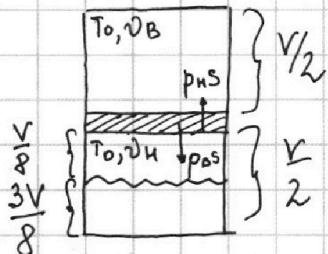
$$3) \Delta V = P_0 \cdot K \cdot \frac{3V}{8}$$

① Рассмотрим начальное состояние в усилителе

1) Для поршня:

$$P_B \cdot S = P_H \cdot S \rightarrow P_B = P_H \quad \text{или}$$

2) в любой момент давление в верхнем и нижнем равны и между собой $\Delta P = 0$

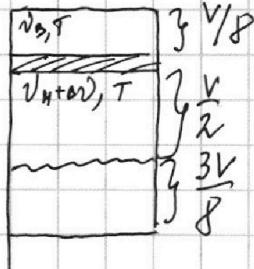


$$2) \text{ для верхнего газа: } P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B \cdot R \cdot T_0$$

$$\text{для нижнего газа: } P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_H \cdot R \cdot T_0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{1} = \frac{V_B}{V_H} \Rightarrow \frac{V_B}{V_H} = 4$$

② Рассмотрим конечное состояние газа (давление в сосудах P_K)



$$1) \text{ для верхнего газа: } P_K \cdot \frac{V}{8} = V_B \cdot R \cdot T = V_B R \cdot \frac{4T_0}{3}$$

$$\text{из пункта 1.2. } P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{8} P_K V}{2 P_0 V} = \frac{\frac{4}{3} V_B R T_0}{V_B R T_0} \Rightarrow \frac{P_K}{8} \cdot \frac{2}{P_0} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{P_K}{4 P_0} = \frac{4}{3} \Rightarrow P_K = \frac{16}{3} P_0$$

$$2) \text{ для нижнего газа: } P_K \cdot \frac{V}{2} = P_{H,n} + P_{CO_2}$$

$$\text{П.н. в баллоне} = P_{ATM} \text{ т.к. } T = 373^\circ K = 100^\circ C \rightarrow P_K = P_A + P_{CO_2}$$

$$P_{CO_2} \cdot \frac{V}{2} = (V_H + \Delta V) RT \rightarrow P_{CO_2} = \frac{2(V_H + \Delta V) RT}{V} = \frac{2V_H RT}{V} + \frac{2\Delta V RT}{V}$$

$$P_{CO_2} \text{ из (1.2.) } P_0 \cdot \frac{V}{8} = V_H R T_0 \rightarrow P_0 = \frac{8V_H R T_0}{V} \quad T_0 = \frac{3}{4} T \Rightarrow P_0 = \frac{8V_H R \cdot \frac{3}{4} T}{V}$$

$$\rightarrow P_0 = \frac{6V_H RT}{V} \rightarrow \frac{V_H RT}{V} = \frac{P_0}{6} \rightarrow P_{CO_2} = \frac{P_0}{2} \cdot \frac{P_0}{6} + \frac{2 \cdot P_0 K \cdot \frac{3V}{8} RT}{V}$$

$$P_{CO_2} = \frac{P_0}{3} + \frac{2P_0 K}{2P_0 K \cdot \frac{3}{8} V} = \frac{P_0}{3} + \frac{3}{4} P_0 K RT$$



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!

$$\Rightarrow P_K = P_{ATM} + P_{CO_2} \Rightarrow \frac{16}{3} p_0 = P_{ATM} + \frac{p_0}{3} + \frac{3}{4} p_0 KRT \quad \text{ЧИСТОВЫК}$$

$$\Rightarrow 5 p_0 = P_{ATM} + \frac{3}{4} p_0 KRT = P_{ATM} + \frac{3}{4} p_0 \Rightarrow \left(5 - \frac{3}{4} KRT\right) p_0 = P_{ATM}$$

$$\left(5 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3\right) = 5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3 = 5 - \frac{27}{20} = \frac{100 - 27}{20} = \frac{73}{20}$$

$$\rightarrow P_0 = \frac{20}{73} P_{ATM}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{V_B}{V_H} = 4 \quad 2) P_0 = \frac{20}{73} P_{ATM}$$



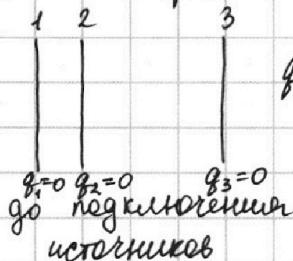
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ

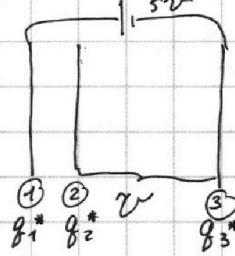
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3

(1) Рассмотрим отдельно пластинки

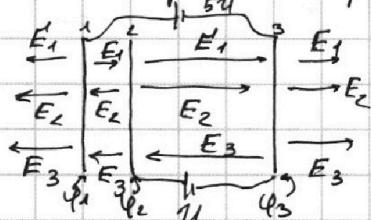


$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



$$\begin{aligned} \text{1) т.к. } q_1 + q_2 + q_3 &= 0 \\ \text{по Закону сокр. заряда} \\ q_1^* + q_2^* + q_3^* &= 0 \end{aligned}$$

2) Рассмотрим напряженности, которые создают пластинки,

в предположении, что $q_1^*, q_2^*, q_3^* > 0$ 

$$E_1 = \frac{q_1^*}{2\varepsilon_0 S}, \quad E_2 = \frac{q_2^*}{2\varepsilon_0 S}, \quad E_3 = \frac{q_3^*}{2\varepsilon_0 S}$$

т.к. $q_1^* + q_2^* + q_3^* = 0$, то в областях
слева от 1 пластины и справа от
второй $E_2 = 0$

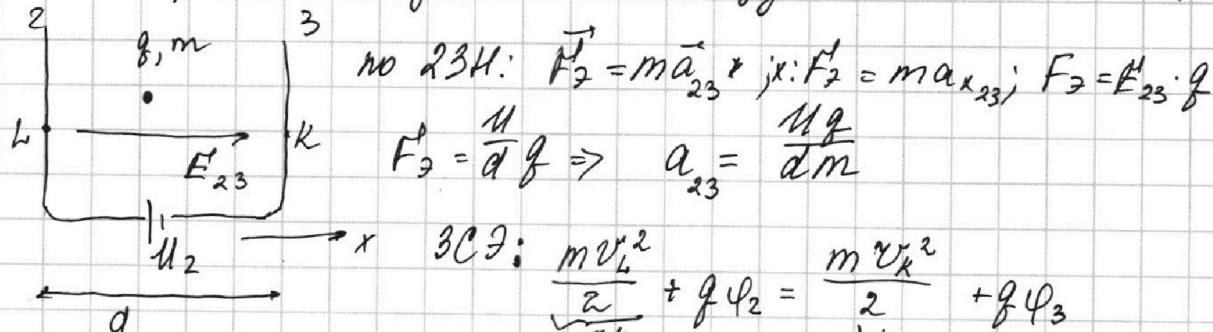
3) E_{12} (напряженность между 1 и 2 пластинами)
 E_{23} (напряженность поля между 2 и 3 пластинами)

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 5U \\ \varphi_2 - \varphi_3 = U \end{cases} \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 4U$$

$$\Rightarrow E_{12} = \frac{U_{12}}{d/3} = \frac{3U_{12}}{d} = \frac{12U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{U_{23}}{d} = \frac{U}{d}$$

(2) Рассмотрим частицу в поле между 2 и 3 пластинами



$$F_2 = \frac{U}{d} q \Rightarrow a_{23} = \frac{Uq}{dm}$$

$$\frac{mV_L^2}{\frac{d}{2}} + q\varphi_2 = \frac{mV_K^2}{\frac{d}{2}} + q\varphi_3$$

точкам L и K

соответствуют K_3 и K_2
(точки в которых имеются обозначения)

$$K_3 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_3) = qU$$

5 страница



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

ЧИСТОВИК

③ Т.к. ~~была~~ за пределами пластина $E=0 \Rightarrow$ поддается с той же скоростью, что летит на удалении

$$1. \text{ отрезок } b-1-2: \quad a_{12} = \frac{F_{212}}{m} = \frac{12 \text{ Н} \cdot \text{м}}{md^4}$$

$$\text{из РУД: } \frac{d}{3} = \frac{V_0^2 - V_L^2}{2a_{12}} \Rightarrow \frac{2d}{3} \cdot a \cdot \frac{12 \text{ Н} \cdot \text{м}}{md^4} = V_L^2 - V_0^2 \\ \frac{8 \text{ Н} \cdot \text{м}}{m} = V_L^2 - V_0^2$$

$$\Rightarrow V_L^2 = V_0^2 + \frac{8 \text{ Н} \cdot \text{м}}{m}$$

$$2. \text{ отрезок } b-2-3: \quad \frac{3d}{4} = \frac{V_A^2 - V_L^2}{2a_{23}} \Rightarrow \frac{3d}{4} \cdot 2 \cdot \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{md^4} = V_A^2 - V_L^2$$

$$\rightarrow V_A^2 = \frac{3 \text{ Н} \cdot \text{м}}{2m} + V_L^2 = \frac{3 \text{ Н} \cdot \text{м}}{2m} + \frac{8 \text{ Н} \cdot \text{м}}{m} + V_0^2 = \frac{19}{2} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{m} + V_0^2$$

$$\rightarrow V_A = \sqrt{\frac{19}{2} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{m} + V_0^2}$$

Ответ: 1) $a_{23} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{md^4}$ 2) $K_3 - K_2 = 11d$

$$3) \quad V_A = \sqrt{\frac{19}{2} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{m} + V_0^2}$$



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!

№4

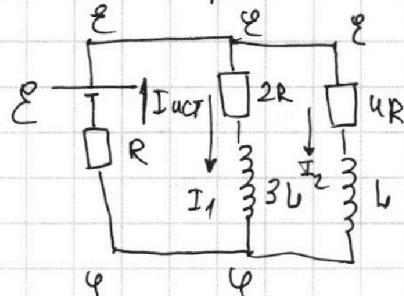
Дано: ① Рассмотрим цепь до замыкания катушки
 \mathcal{E}, R, L

Найти:

$$1) I_{20} = ?$$

$$2) I'_{2L} = ?$$

$$3) \varphi_{4R} = ?$$



Чисто ВИК

т.к. решения установившись, то $U_{3L} = 0$ $I_L = 0$

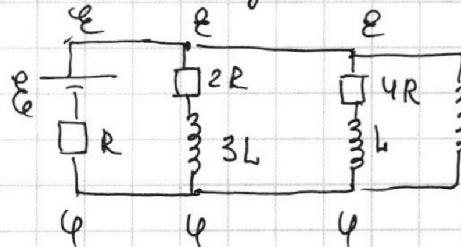
→ пользуюсь методом потенциал-

$$I_1 = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2R} \quad I_2 = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{4R} \quad I_3 = \frac{\varphi}{R}$$

$$\rightarrow I_{20} = I_2 = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{4R} = \frac{\mathcal{E}}{7R} \quad \rightarrow \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2R} + \frac{\mathcal{E} - \varphi}{4R} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} \rightarrow 2\mathcal{E} - 2\varphi + \mathcal{E} - \varphi = 4\varphi \\ \rightarrow 3\mathcal{E} = 7\varphi \rightarrow \varphi = \frac{3}{7}\mathcal{E}$$

② Рассмотрим цепь сразу после замыкания катушки.

Ток в катушках скажем не меняется $\Rightarrow I_{3L} = I_1; I_L = I_2$

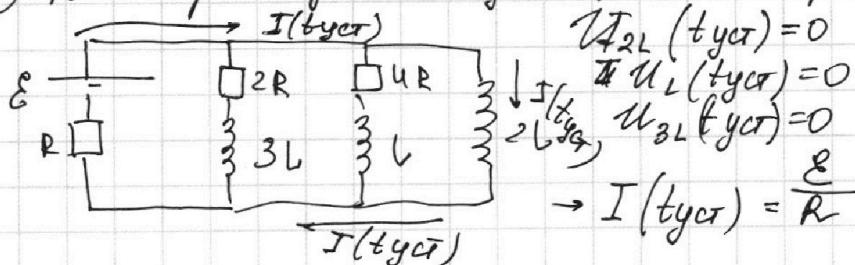


$t=0$

метод потенциалов; катушка
потекла не изменилась

$$U_{2L}(0) = 2L \cdot I_{2L}(0) \rightarrow I_{2L}(0) = \frac{U_{2L}(0)}{2L} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2L} \\ \rightarrow I_{2L}(0) = \frac{4\mathcal{E}}{7 \cdot 2 \cdot 2L} = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{2L}$$

③ Рассмотрим цепь в уст. решении при замыкании $R(t=t_{\text{уст}})$

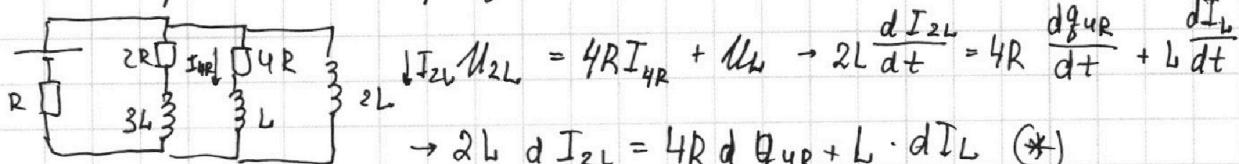


$$U_{2L}(t_{\text{уст}}) = 0$$

$I_{2L}(t_{\text{уст}}) = 0 \rightarrow$ тока через катушку
 L и $3L$ не будет

$$\rightarrow I(t_{\text{уст}}) = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

④ Рассмотрю цепь в произвольной момент при замыкании R .



$$I_{2L} U_{2L} = 4RI_4R + U_L \rightarrow 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 4R \frac{d\varphi_{4R}}{dt} + L \cdot dI_L$$

$$\rightarrow 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 4R d\varphi_{4R} + L \cdot dI_L \quad (*)$$

Предполагаю соотношение (*) для t : от $t=0$ до $t=t_{\text{уст}}$

$$2L \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) = 4R \varphi_{4R} + L \left(\frac{\mathcal{E}}{7R} \right)$$

* страница



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!

$$\frac{2L\varrho}{R} + \frac{L\varrho}{7R} = 4Rg_{4R} \rightarrow \frac{15}{7} \frac{L\varrho}{R} = 4Rg_{4R} \rightarrow g_{4R} = \frac{15}{28} \frac{L\varrho}{R^2} \text{ ЧИСТОВЫК}$$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{\varrho}{7R}$ 2) $I'_{2L}(0) = \frac{2\varrho}{7L}$
3) $g_{4R} = \frac{15}{28} \frac{L\varrho}{R^2}$



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

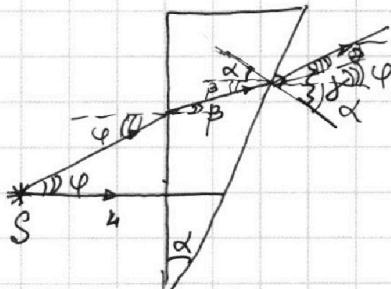
МФТИ

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

№5

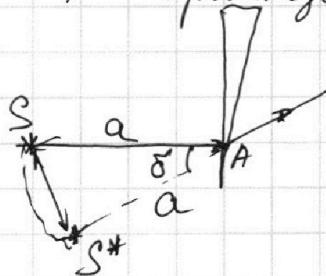
ЧИСТОВЫК

Задача ① Рассмотрим отдельно призму с n_2 .
нарисуем параллельный луч



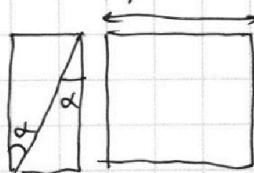
$$\begin{aligned} 1) \quad & \varphi \sin \varphi = n_2 \cdot \sin \beta \quad (\text{Чир - малые}) \\ & \varphi = n_2 \beta \quad \alpha - \text{малые} \\ 2) \quad & (\beta + \alpha) n_2 = \delta \\ & \beta + \alpha \quad \delta = \varphi + \alpha + \delta \\ & n_2 \frac{\varphi}{\varphi} + \alpha n_2 = \varphi + \alpha + \delta \rightarrow \delta = \alpha(n_2 - 1) \\ & \delta = \alpha(1,7 - 1) = 0,07 \text{ раз} \end{aligned}$$

Задача ② При прохождении через линзу лучи не меняют угол
отношения друг друга и ширину киска меняет
 \Rightarrow происходит брачение отрицательной линзы A.



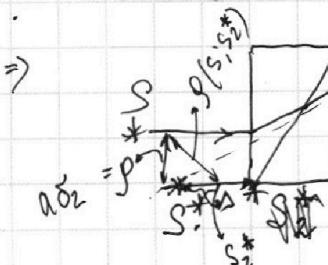
$$\Rightarrow P(S; S^*) = a \cdot \delta = 100 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ раз} = 7 \text{ см}$$

Задача ③ Рассмотрим склонную систему двух кисков и
плоско-параллельной пластинки. Киски между собой
ставили воздушную прокладку, из
не склоняющую ничего Г.К.
ее ширина $\rightarrow 0$.



Пользуясь формулой из 1 визии,
звук кисков $\delta_1 = (n_2 - n_1) \alpha = 0,03 \text{ раз}$.

ППП склоняет изображение на $\Delta = h \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} \right) = 14 \cdot \frac{0,4}{1,4}$



$$P(S; S_2^*) = \sqrt{\frac{\text{расстояние по вертикали}}{D(S, S_2^*) + D^2}}$$

$$P(S; S_2^*) = \sqrt{(a \cdot \delta_2)^2 + \Delta^2}$$

стремится к



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$p(S; S_2^*) = \sqrt{(100 \cdot 0,03)^2 + (14 \cdot \frac{2}{7})^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5 \text{ см}$$

расстояние по вертикали
считают, как во 2 пункте

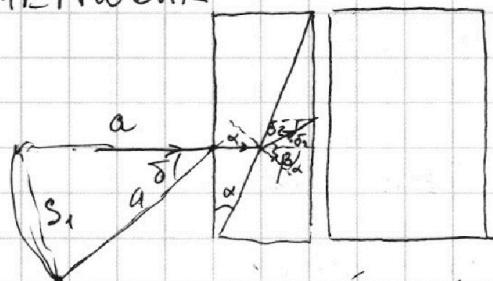
Ответ: 1) 0,07 раз
2) 7 см
3) 5 см

Чистовик

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



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

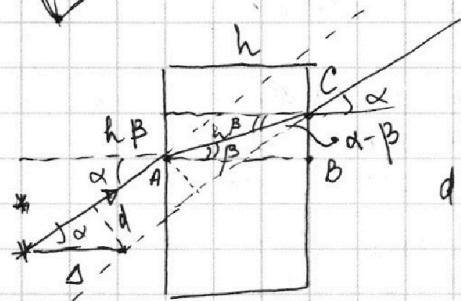
ЧЕРНОВИК

$$n_2 \cdot \alpha = n_1 \cdot \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$\delta_1 = \beta - \alpha = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \alpha = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \alpha$$

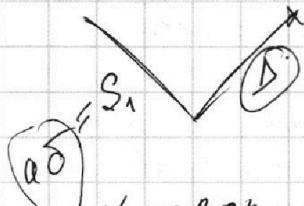
$$\delta_1 \cdot n_1 = \delta \Rightarrow n_1 \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) \alpha = \delta$$

$$\underline{\delta = (n_2 - n_1) \alpha}$$



$$d = \Delta \cdot \sin \alpha = \Delta \alpha$$

$$\Delta = \left(1 - \frac{f}{n} \right) h$$



$$\alpha = \beta \cdot n = \alpha$$

$$d = h \beta \cdot \sin(\alpha - \beta) = h \beta (\alpha - \beta)$$

$$d = h \cdot \sin \frac{\alpha}{n} \left(\alpha - \frac{\alpha}{n} \right) \quad d = h (\alpha - \beta)$$

$$d = h \cdot \frac{\alpha^2}{n} \left(1 - \frac{f}{n} \right)$$

$$\Delta \cdot \alpha = \phi$$

$$\Delta = h \left(\alpha - \frac{\alpha}{n} \right) \rightarrow \Delta = h \left(1 - \frac{f}{n} \right)$$

$$S = \frac{a \delta^2}{\sqrt{a \cdot \delta^2 + \Delta^2}}$$

$$\Delta = h \left(\frac{n-1}{n} \right)$$

$$\Delta = 14 \text{ cm} \cdot \frac{0.4}{1} = 14 \cdot \frac{0.4}{5}$$



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 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!

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

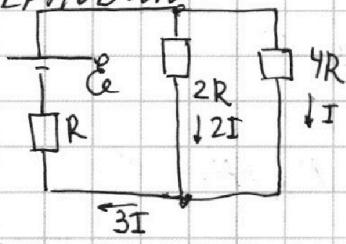


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

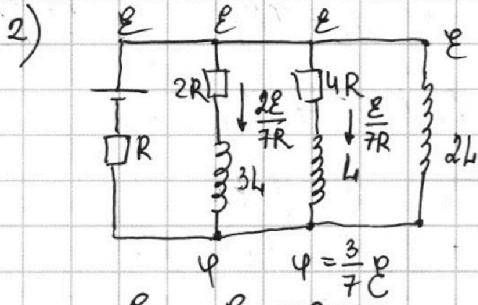
ЧЕРНОВИК



$$R_{\text{сети}} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R \rightarrow E = \frac{7}{3}R \cdot 3I \rightarrow E = 7RI \rightarrow I = \frac{E}{7R}$$

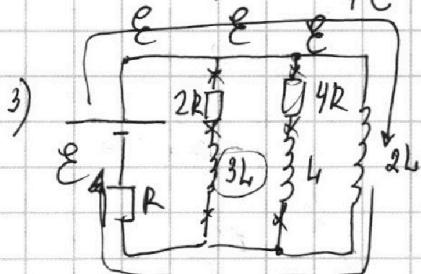
$$I_{\text{сети}} = \frac{3E}{7R}$$

$$U = E - \frac{3}{7}E = \frac{4}{7}E$$



ток через катушку $3L$ и L не меняется
при скачке $\rightarrow I_{3L} =$

$$U_{2L} = 2L \cdot I' \rightarrow I' = \frac{U_{2L}}{2L} = \frac{\frac{4}{7}E}{2L} = \frac{2E}{7L}$$



$$4RI + U_L = U_{2L}$$

$$4R \cdot \frac{dq}{dt} + L \cdot \frac{dI}{dt} = 2L \frac{dI}{dt}$$

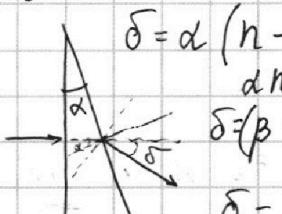
$$4R dq + L dI_L = 2L dI_{2L} \quad | \text{ суммирую.}$$

$$4R q_{4R} = \frac{15}{7} \frac{L \varphi}{R} \rightarrow q_{4R} = \frac{15 L \varphi}{28 R^2}$$

$$4R q_{4R} + L \left(\frac{\varphi}{R} \cdot 0 - \frac{E}{7R} \right) = 2L \left(\frac{E}{R} \cdot 0 \right)$$

$$4R q_{4R} + L \frac{E}{7R} = 2L \frac{E}{R}$$

№5



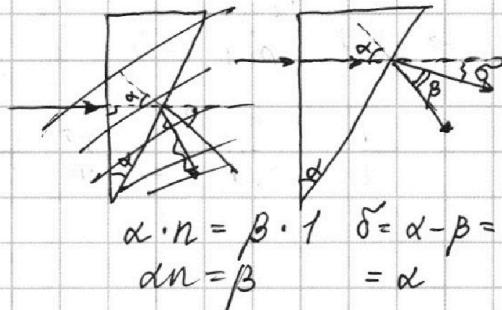
$$\delta = \alpha \cdot (n-1)$$

$$\alpha n = \beta \cdot 1$$

$$\delta = \alpha \cdot 0,1 \cdot (1,7 - 1)$$

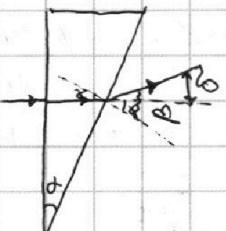
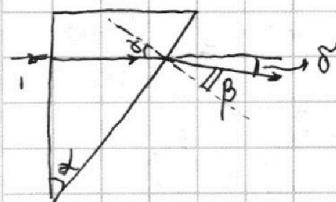
$$\delta = 0,07 \text{ rad}$$

$$n \cdot \alpha = \beta$$



$$\alpha \cdot n = \beta \cdot 1$$

$$\delta = \alpha - \beta = \alpha$$



$$\delta = \beta - \alpha$$

$$\beta = \alpha n \quad \delta = \alpha n - \alpha = \alpha(n-1)$$

$$\delta = 0,07 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 p$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

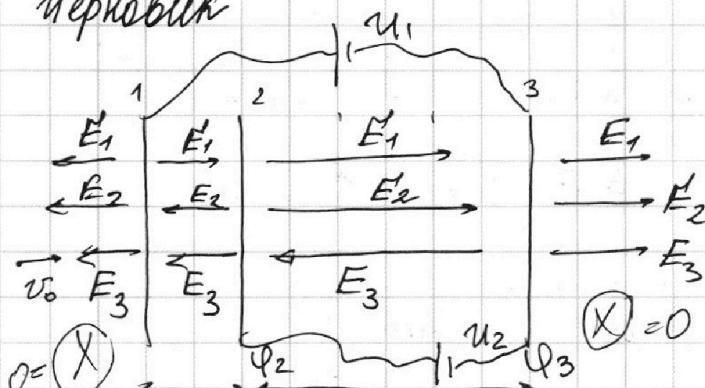


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

Черновик



$$g_1, g_2, g_3 > 0$$

$$\textcircled{1} \quad E'_1 + E'_2 + E'_3 = E'_{23}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = V; \quad a = \frac{Fg}{m} = \frac{gq}{md}$$

$$Ed = V \rightarrow E'_{23} = \frac{V}{d}$$

$$\textcircled{2} \quad k_3 + g\varphi_3 = k_2 + g\varphi_2$$

$$k_3 - k_2 = g(\varphi_2 - \varphi_3) = gV$$

(3)

① Касательный момент:

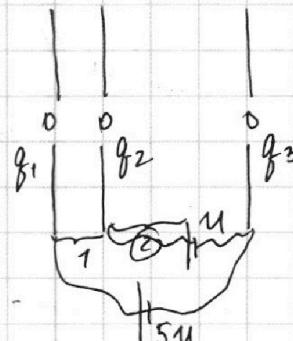
насече соединения

$$E'_1 = \frac{g_1}{2\cos 30}, \quad E'_2 = \frac{g_2}{2\cos 30}, \quad E'_3 = \frac{g_3}{2\cos 30}$$

$$E'_{12} = \frac{4U}{d/3} = \frac{12U}{d}$$

$$\hookrightarrow \frac{2}{3}d \cdot \frac{12Uq}{md} = V^2 - V_0^2$$

$$2-3: \frac{3d}{4} = \frac{V_A^2 - V^2}{2a} \Rightarrow \frac{3d}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{12q}{md} = V_A^2 - V^2 \rightarrow \frac{3}{2} \frac{12q}{m} + 8 \frac{12q}{m} + V_0^2 = V_A^2$$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = ?$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = 5U$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U$$

$$M_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = 4U$$

$$E'_{12} = \frac{M_{12}}{d/3} = \frac{12U}{d}$$

$$a_{12} = \frac{12Uq}{md}$$

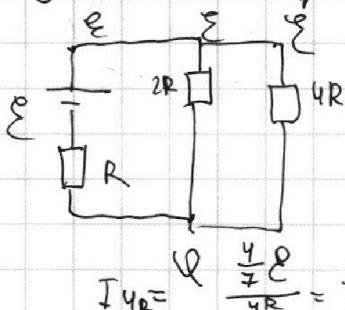
$$\textcircled{1} \quad 1-2: M_{12} \frac{d}{3} = \frac{V_A^2 - V_0^2}{2a} \rightarrow \frac{2}{3} \frac{d}{3} da = V^2 - V_0^2$$

$$\hookrightarrow 8 \frac{12q}{m} + V_0^2 = V^2$$

$$V_A = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{12q}{m} + \frac{1}{2} V_0^2}$$

N 4

② Касательная p сопротивление: решения уст. $I_{3L}=0, I_4=0, M_1=0, M_{3L}=0$



$$R_{ЭКВ} = R + \frac{8R^2}{6R} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$$

$$I = \frac{3E}{7R}$$

$$V_{4R} = 4R \cdot I \cdot \frac{3}{7}$$

$$\frac{E - 4\varphi}{2R} + \frac{E - 4\varphi}{4R} = \frac{I}{R} \cdot 4R$$

$$2E - 8\varphi + E - 4\varphi = 4\varphi$$

$$3E = 12\varphi \rightarrow \varphi = \frac{3}{4} \frac{E}{12}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

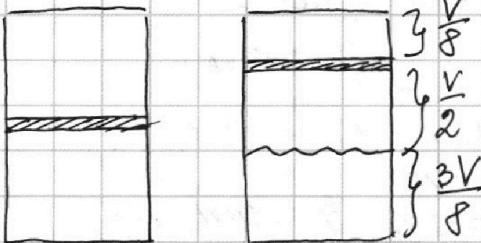


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

Черновик



$$\text{Для Верснеко: } p_k \cdot \frac{V}{8} = 2V_H RT = 4V_H RT$$

$$\text{Для Нильсена: } p_k = p_{\text{ATM}} + p_{\text{CO}_2 \text{ изж}}$$

$$p_{\text{CO}_2 \text{ изж}} \cdot \frac{V}{2} = (V_H + \Delta V) RT = (V_H + K \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}) RT$$

$$p_{\text{CO}_2 \text{ изж}} = \frac{2(V_H + K p_0 \cdot \frac{3V}{8}) RT}{V}$$

$$p_k = \frac{V}{8} = 4V_H RT$$

$$p_k = \frac{32V_H RT}{V}$$

$$\frac{32V_H RT}{V} = \frac{2V_H RT}{V} + \frac{2K p_0 \cdot \frac{3V}{8} RT}{V} + p_{\text{ATM}}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{8} = V_H RT$$

$$p_0 = \frac{8V_H RT}{V} \rightarrow \frac{V_H RT}{V} = \frac{p_0}{8}$$

$$32 \cdot \frac{p_0}{8} = 2 \cdot \frac{p_0}{8} + \frac{3}{4} K p_0 RT + p_{\text{ATM}}$$

$$4p_0 = \frac{1}{4} p_0 + \frac{3}{4} K p_0 RT + p_{\text{ATM}}$$

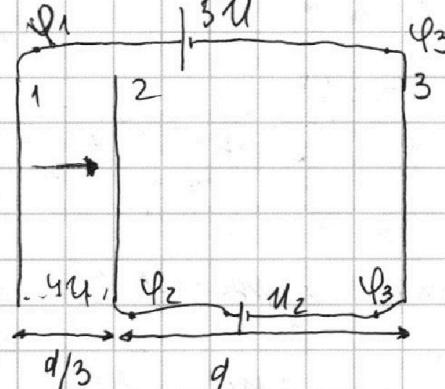
$$\frac{15}{4} p_0 - \frac{3}{4} K p_0 RT = p_{\text{ATM}} \Rightarrow p_0 \left(\frac{15}{4} - \frac{3}{4} \cdot K RT \right) = p_{\text{ATM}}$$

$$\hookrightarrow p_0 = p_{\text{ATM}} / \left(\frac{15}{4} - \frac{3}{4} K RT \right) \rightarrow \frac{15}{4} - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 =$$

$$\hookrightarrow \frac{15}{4} - \frac{27}{20} = \frac{75 - 27}{20} = \frac{48}{20} = \frac{12}{5} = \frac{15}{4} - \frac{9}{20} \cdot 3 = \frac{15}{4} - \frac{27}{20} =$$

$$p_0 \cdot \frac{6}{5} = p_{\text{ATM}} \rightarrow p_0 = \frac{5}{6} p_{\text{ATM}}$$

№ 3



$$F = q E_{23} = ma$$

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

$$A_{3n,n} = E_{k1} - E_{k2}$$

$$(E_{23} q d)$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$F = q \frac{U}{d} = ma \rightarrow a = \frac{U}{md}$$

$$A = \frac{U}{d} q d = U q$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = 5U$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 4U$$

$$4 - \frac{27}{20} \quad 5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{10} \cdot 3 = \frac{97}{20}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



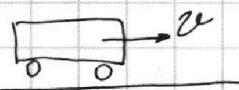
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ.

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

ЧЕРНОВИК №1

$$1) a = \frac{dv}{dt} = v' \rightarrow \text{tg наклона конца рельса}$$



$$a = \frac{v^2}{R} \text{ m/s}^2$$

F_K тормоз → 2N_{B.K.}

$$P_{\text{силы}} = \frac{2N_{B.K.}}{m} = \text{const} \quad 2N_{B.K.} = F_K = 200 \text{ N}$$

$$\text{но } 23\text{H}: 2N_{B.K.} - F_0 = m \cdot a \rightarrow F_K - F_0 = ma \\ 200 - F_0 = 240 \cdot \frac{3}{60} = 20 \text{ H}$$

$$N_{B.K.} = F_0 \cdot v = F_0 \cdot 220 = 20 \text{ H} \cdot 20 \text{ m/s} = 400 \text{ W}$$

$$N = F \cdot v$$

$$\frac{2N_{B.K.}}{v_0} = F_K \Rightarrow 2N_{B.K.} = F_K \cdot v_0 = 200 \cdot 30 \text{ m/s} = 6000 \text{ N}$$

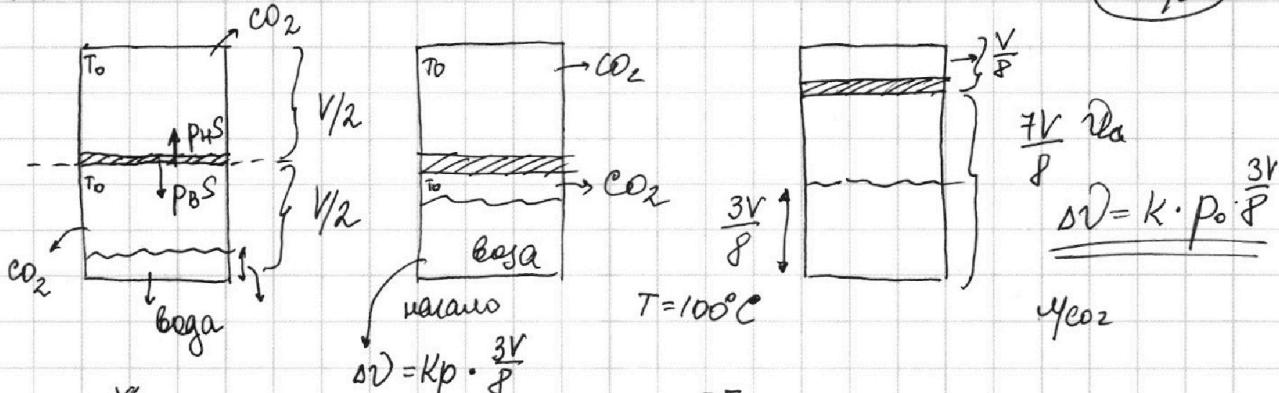
$$\frac{2N_{B.K.}}{v_0} - F_0 = m \cdot a \rightarrow \frac{F_K \cdot v_0}{v_0} - F_0 = ma \rightarrow \frac{6000}{20} - F_0 = 240 \cdot \frac{3}{4} \\ 300 - F_0 = 180$$

$$N_{B.K.} = \frac{F_K v_0}{2}$$

$$\rightarrow \frac{N_{F_0}}{N_{B.K.}} = \frac{2F_0 v_0}{F_K v_0} = \frac{2 \cdot 120 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{2 \cdot 120}{10} = \frac{8}{10} = 0,8$$

$$N_{F_0} = \frac{F_0}{N_{B.K.}} F_0 v_0$$

✓

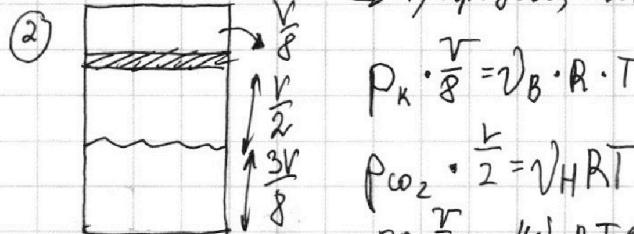


$$\Delta V = k \cdot P_0 \cdot \frac{3V}{8}$$

$$\textcircled{1} \quad p_{BS} = p_{HS} \rightarrow p_B = p_H = p_0$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B \cdot R \cdot T_0 \quad \frac{V}{2} \cdot \frac{8}{V} = \frac{V_B}{V_H} \cdot R \cdot T_0 \quad \frac{V}{2} \cdot \frac{8}{V} = 4$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{8} = V_H \cdot R \cdot T_0$$



→ 1) процесс, который происходит, был изобарный

$$p_k \cdot \frac{V}{8} = V_B \cdot R \cdot T ; \quad P_{atm,k} = P_{atm} + P_{CO_2}$$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{V}{2} = V_H \cdot R \cdot T$$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{V}{8} = 4V_H \cdot R \cdot T$$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{V}{2} = V_H \cdot R \cdot T$$

$$\frac{p_k \cdot \frac{V}{8}}{p_{CO_2} \cdot \frac{V}{2}} = \frac{V_H \cdot R \cdot T}{V_H \cdot R \cdot T} \rightarrow p_k = 16 p_{CO_2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

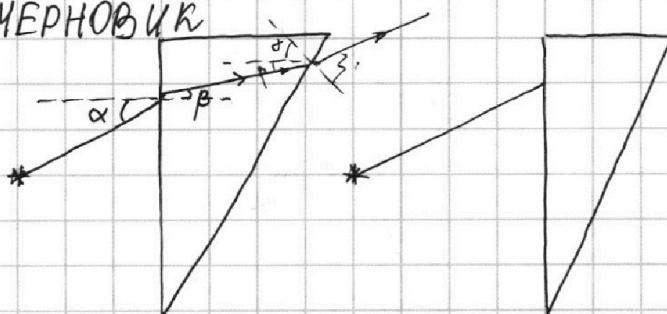


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

ЧЕРНОВИК



$$\varphi = \beta n$$

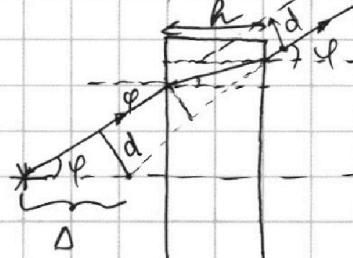
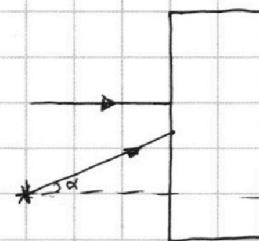
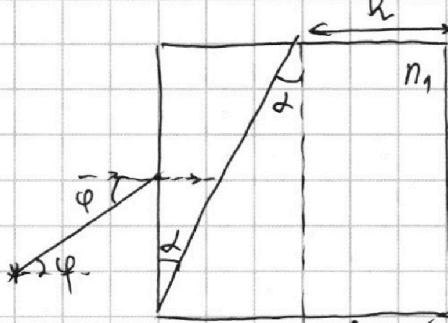
$$\begin{aligned} (\alpha + \beta) n &= \gamma \\ (\alpha + \beta) n &= \delta - \alpha + \alpha \end{aligned}$$

$$\gamma = \alpha + \varphi + \delta = (\alpha + \beta) n$$

$$\alpha + \varphi + \delta = \alpha n + \beta n = \alpha n + \varphi$$

$$\alpha + \delta = \alpha n \rightarrow \delta = \alpha(n-1)$$

$$\Delta = h \left(\frac{n-1}{n} \right) \alpha$$



$$\varphi = \beta \cdot n$$

$$\begin{aligned} \Delta \cdot \sin \varphi &= d \\ \Delta \varphi &= d \end{aligned}$$

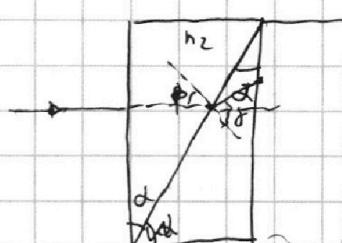
$$\begin{aligned} \frac{d}{h} &= \tan \beta \\ x &= h \beta \end{aligned}$$

$$\Delta = h - h \beta \varphi$$

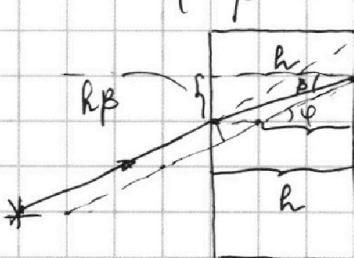
$$\Delta = h - h \frac{\varphi}{n} \varphi$$

$$\Delta = h \left(1 - \frac{\varphi^2}{n^2} \right)$$

$$\Delta = h \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$



$$\begin{aligned} \beta \cdot n_2 &= \gamma \cdot n_1 \\ \gamma &= \frac{\beta n_2}{n_1} \end{aligned}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

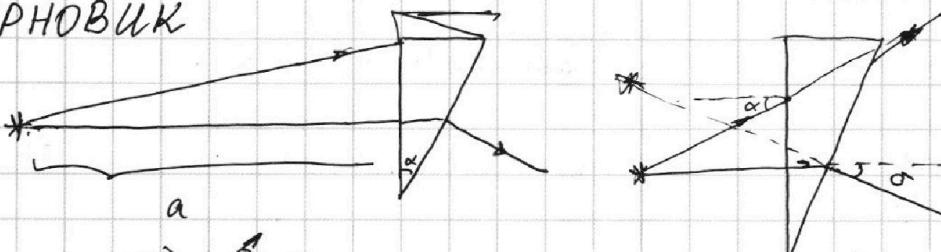


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

ЧЕРНОВИК



$$\alpha = \beta n$$

$$(\alpha + \beta)n = \gamma \rightarrow n(\alpha + \frac{\beta}{n}) = \gamma$$

$$\delta_1 = \alpha - \beta = \alpha - \frac{\beta}{n} = \alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad n\alpha \left(1 + \frac{n-1}{n}\right) = \gamma$$

$$\delta = \gamma - 2\alpha = n\alpha \left(\frac{n+1}{n}\right) - 2\alpha = \alpha \left(n - \frac{1}{n}\right)$$

$$\delta = (n-1)\alpha$$

$$\alpha = \beta \cdot n$$

$$(\alpha + \beta)n = \gamma \quad \gamma - 2\alpha = \delta$$

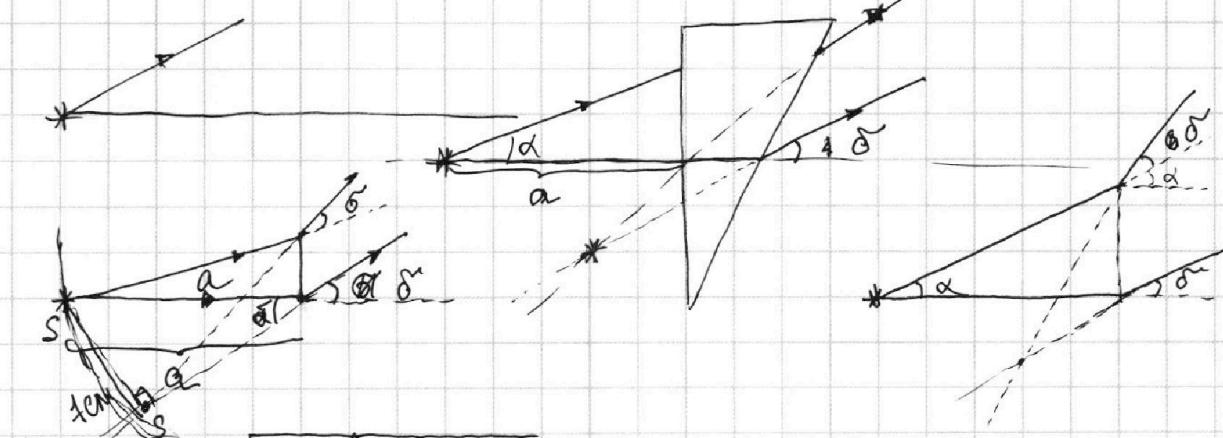
$$\gamma = 2\alpha + \delta$$

$$\alpha(n-2) + \alpha = \delta$$

$$\alpha n - 2\alpha + \alpha = \delta$$

$$\alpha n - \alpha = \delta$$

$$\delta = (\alpha - 1)n$$



3)

$$n_1 < n_2 \quad n_2 \cdot d = n_1 \cdot \beta \quad \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$1,4 < 1,7$$

$$n_1 \cdot (\beta - \alpha) = \gamma$$

$$n_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \alpha - \alpha\right) = \gamma \rightarrow n_1 \alpha \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1}\right) = \gamma$$

$$\gamma = \delta$$