

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

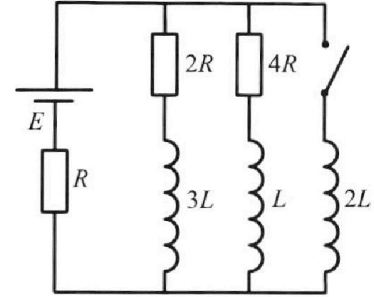
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



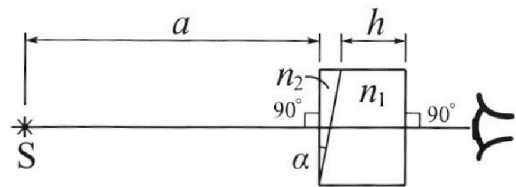
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 даются 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  $a = 100$  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.



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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



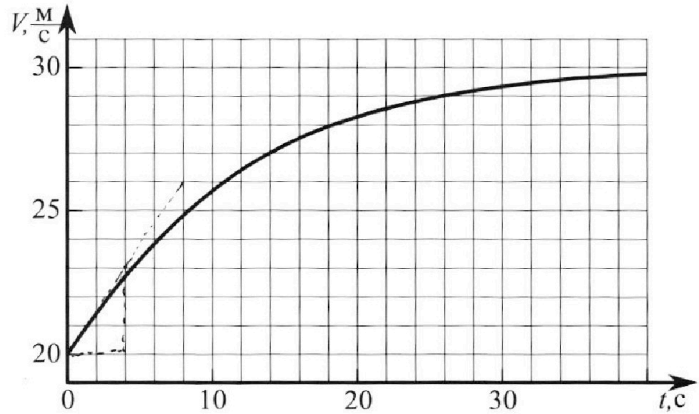
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



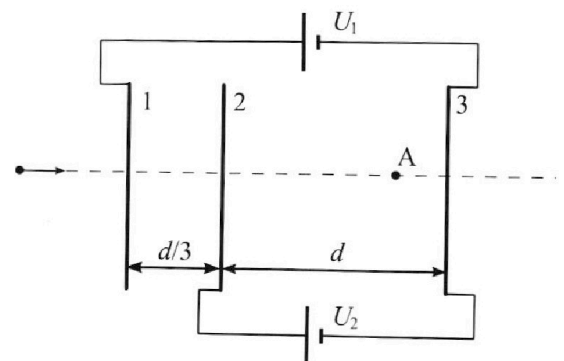
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  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  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите 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 A на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.



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!

Чистовик

N1

Дано:

$m = 240 \text{ кг}$

$F_k = 200 \text{ Н}$

График

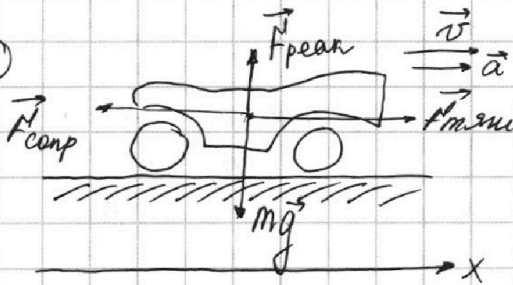
- Найти:
- 1)  $a_0 = ?$
  - 2)  $F_0 = ?$
  - 3)  $K = \frac{\text{Нв.к.}}{\text{м/с}} = ?$

① Нам дан график  $v(t)$ . По движению прямолинейное  $\Rightarrow$  ускорение ~~отвечает~~ ~~танг~~ ~~нет~~ ~~центростремительной~~ ~~составляющей~~, ~~тогда~~ ~~есть~~ ~~только~~ ~~тангенциальная~~, отвечающая за изменение модуля скорости.

$a = \frac{dv}{dt} = v'$   $\rightarrow$  на графике ускорение это тангенс наклона (коэффициент касательной). Найдем тангенс <sup>в какой-то момент</sup> из графика:

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

②



1) Рассмотрим систему "мотоцикл + мотоциклист"; по II ЗН:  $\vec{F}_{\text{реак}} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{сопр}} = m\vec{a}$   
 $\vec{F}_{\text{реак}}$  - сила реакции пов-ти Земли  
 $\vec{F}_{\text{тяги}}$  - сила, создаваемая движ. мотоцикла

на ось  $x$ :  $F_{\text{тяги}} - F_{\text{сопр}} = ma$   $F_{\text{сопр}}$  - сила сопротивления в общем случае.

$F_{\text{тяги}} = \frac{2 \text{ Нв.к.}}{v}$   $\rightarrow$  по определению  $N$  мощность силы = сила  $\times$  скорость  $\rightarrow$  мощность на 2 колеса, но этому суммарная мощность  $N_{\text{тяги}} = 2 \text{ Нв.к.}$   
 $N_{\text{в.к.}}$  - мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо ( $N_{\text{в.к.}} = \text{const}$ )

2) в конце разгона  $F_{\text{сопр}} = F_k = 200 \text{ Н}$ . Из графика видно, что скорость с течением времени приближается к  $v_k = 30 \text{ м/с}$ , где становится постоянной.  $\Rightarrow$  запишем 2 ЗН в проекции как в этот момент.

$$F_{\text{тяги кон}} - F_k = 0 \rightarrow \frac{2 \text{ Нв.к.}}{v_k} = F_k \rightarrow 2 \text{ Нв.к.} = F_k \cdot v_k$$

№3) в начале разгона  $v = v_0 = 20 \text{ м/с}$  (из графика):

$$F_{\text{тяги}} - F_0 = ma \rightarrow F_0 = \frac{2 \text{ Нв.к.}}{v_0} - F_k - ma = \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

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

МФТИ

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

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

ЧИСТОВИК

$N_{F_0}$  (мощность силы сопротивления в начальный момент)

$$N_{F_0} = F_0 \cdot v_0 = 120 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 2400 \text{ Вт}$$

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

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

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



- 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!

N2

Дано:

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

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

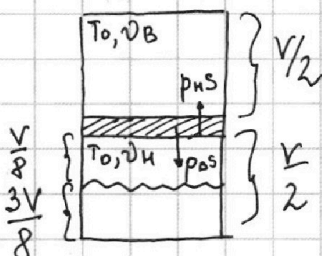
$$K \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

$$\Delta V = K p_0 V$$

Найти: 1)  $\frac{V_B}{V_H} = ?$   
2)  $p_0 = ?$

① Рассмотрим начальное состояние в цилиндре



1) 23Н где поршня:

$$p_B S = p_H S \rightarrow p_B = p_H$$

↳ в любой момент давление в верхнем и нижнем равное между собой т.к. поршня = 0

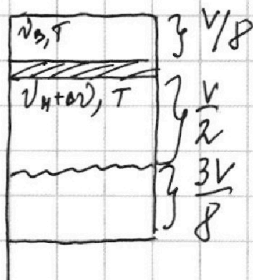
2) где верхнего газа:  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B \cdot R \cdot T_0$

где нижнего газа:  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_H R T_0$

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

3)  $\Delta V = p_0 \cdot K \cdot \frac{3V}{8}$

② Рассмотрим конечное состояние ГАЗА (давление в сосудах  $p_K$ ):



1) где верхнего ГАЗА:  $p_K \cdot \frac{V}{8} = V_B \cdot R \cdot T = V_B R \cdot \frac{4T_0}{3}$

из пункта 1.2.  $p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B R T_0$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{8} p_K V}{\frac{1}{2} p_0 V} = \frac{\frac{4}{3} V_B R T_0}{V_B R T_0} \Rightarrow \frac{p_K}{8 \cdot p_0} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{p_K}{4 p_0} = \frac{4}{3} \Rightarrow p_K = \frac{16}{3} p_0$$

2) где нижнего отсека газа:  $p_K \cdot \frac{V}{2} = p_{H,н} + p_{CO_2}$

$p_{H,н. \text{воздуха}} = p_{атм}$  т.к.  $T = 373^\circ K = 100^\circ C \rightarrow p_K = p_A + p_{CO_2}$

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

$$p_{CO_2} \text{ из (1.2.) } p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_H R T_0 \rightarrow p_0 = \frac{2V_H R T_0}{V} \quad T_0 = \frac{3}{4} T \Rightarrow p_0 = \frac{8V_H R \cdot \frac{3}{4} T}{V}$$

$$\rightarrow p_0 = \frac{6V_H RT}{V} \rightarrow \frac{V_H RT}{V} = \frac{p_0}{6} \rightarrow p_{CO_2} = 2 \cdot \frac{p_0}{6} + \frac{2 \cdot p_0 \cdot K \cdot \frac{3V}{8} RT}{V}$$

$$p_{CO_2} = \frac{p_0}{3} + \frac{2 p_0 K \cdot \frac{3}{8}}{2 p_0 K \cdot \frac{3}{8}} = \frac{p_0}{3} + \frac{3}{4} p_0 K RT$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

$$\Rightarrow p_k = p_{\text{атм}} + p_{\text{CO}_2} \Rightarrow \frac{16}{3} p_0 = p_{\text{атм}} + \frac{p_0}{3} + \frac{3}{4} p_0 KRT \quad \text{ЧИСТОВИК}$$

$$\Rightarrow 5 p_0 = p_{\text{атм}} + \frac{3}{4} p_0 KRT = \cancel{p_{\text{атм}} + \frac{3}{4} p_0} \Rightarrow \left(5 - \frac{3}{4} KRT\right) p_0 = p_{\text{атм}}$$

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

$$\rightarrow p_0 = \frac{20}{73} p_{\text{атм}}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{v_B}{v_H} = 4 \quad 2) p_0 = \frac{20}{73} p_{\text{атм}}$$

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!

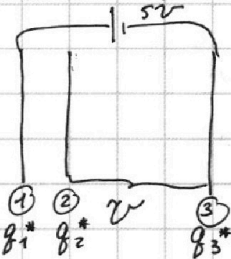
№3

ЧИСТОВИК

1) Рассмотрим отдельно пластинки

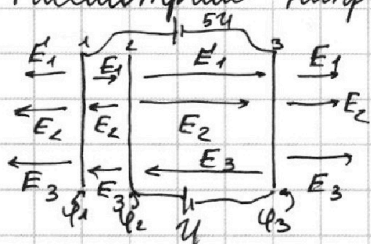


$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



1) т.к.  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$   
по закону сохр. заряда  
 $q_1^* + q_2^* + q_3^* = 0$

2) Рассмотрим напряженности, которые создают пластинки, в предположении, что  $q_1^*, q_2^*, q_3^* > 0$



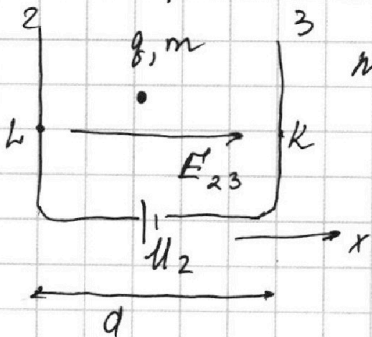
$$E_1 = \frac{q_1^*}{2\epsilon_0 S} \quad E_2 = \frac{q_2^*}{2\epsilon_0 S} \quad E_3 = \frac{q_3^*}{2\epsilon_0 S}$$

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

3)  $E_{12}$  (напряженность <sup>поле</sup> между 1 и 2 пластинкой)  
 $E_{23}$  (напряженность <sup>поле</sup> между 2 и 3 пластинкой)

$$\begin{aligned} \Phi_1 - \Phi_3 &= 5U \\ \Phi_2 - \Phi_3 &= U \Rightarrow \Phi_1 - \Phi_2 = 4U \\ \Rightarrow E_{12} &= \frac{U_{12}}{d/3} = \frac{3U_{12}}{d} = \frac{12U}{d} \\ E_{23} &= \frac{U_{23}}{d} = \frac{U}{d} \end{aligned}$$

2) Рассмотрим частицу в поле между 2 и 3 пластинкой



по 2ЗН:  $\vec{F}_2 = m\vec{a}_{23} \Rightarrow F_2 = ma_{23}; F_3 = E_{23} \cdot q$   
 $F_3 = \frac{U}{d} q \Rightarrow a_{23} = \frac{Uq}{dm}$

ЗСЭ:  $\frac{mv_L^2}{2} + q\Phi_2 = \frac{mv_K^2}{2} + q\Phi_3$

точкам L и K соответствуют  $K_3$  и  $K_2$  (точки входы в обозначениях)

$$K_3 - K_2 = q(\Phi_2 - \Phi_3) = qU$$

5 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 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 П.К. Введем за пределами подстопи  $\vec{E}=0 \Rightarrow$  перелетает  
с той же скоростью, что летит на удашении

1. отрезок в 1-2:  $a_{12} = \frac{F_{212}}{m} = \frac{12Uq}{md}$

из РУД:  $\frac{d}{3} = \frac{v_L^2 - v_0^2}{2a_{12}} \Rightarrow \frac{2d}{3} \cdot \frac{12Uq}{md} = v_L^2 - v_0^2$

$\Rightarrow v_L^2 = v_0^2 + \frac{8Uq}{m}$

2. отрезок в 2-3:  $\frac{3d}{4} = \frac{v_A^2 - v_L^2}{2a_{23}} \Rightarrow \frac{3d}{4} \cdot 2 \cdot \frac{Uq}{md} = v_A^2 - v_L^2$

$\rightarrow v_A^2 = \frac{3Uq}{2m} + v_L^2 = \frac{3Uq}{2m} + \frac{8Uq}{m} + v_0^2 = \frac{19}{2} \frac{Uq}{m} + v_0^2$

$\rightarrow v_A = \sqrt{\frac{19}{2} \frac{Uq}{m} + v_0^2}$

Ответ: 1)  $a_{23} = \frac{Uq}{md}$  2)  $K_3 - K_2 = Uq$

3)  $v_A = \sqrt{\frac{19}{2} \frac{Uq}{m} + v_0^2}$

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!

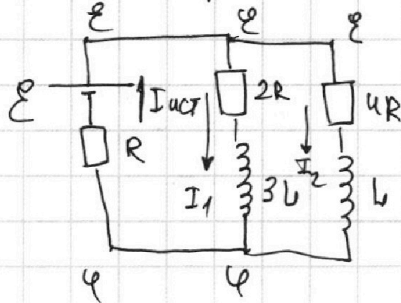


№4

Дано:  $\mathcal{E}, R, L$

Найти:  
1)  $I_{20} = ?$   
2)  $I'_{2L} = ?$   
3)  $\varphi_{4R} = ?$

① Рассмотрим цепь до замыкания ключа



Чисто ВК  
т.к. режим установившийся, то  $\mathcal{U}_{3L} = 0$   $\mathcal{U}_L = 0$

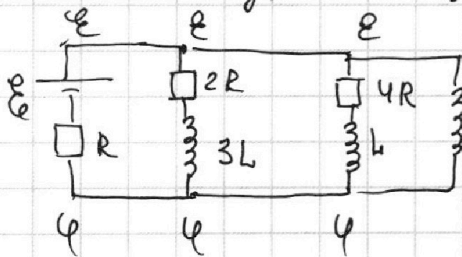
↳ пользуясь методом потенциалов

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

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

$$\rightarrow 3\mathcal{E} = 7\varphi \rightarrow \varphi = \frac{3}{7}\mathcal{E}$$

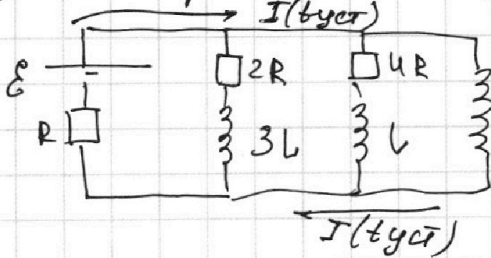
② Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа. Так в катушках скачок не меняется  $\Rightarrow I_{3L} = I_1; I_L = I_2$   $t=0$



метод потенциалов; картина потенциалов не изменилась

$$\mathcal{U}_{2L}(0) = 2L \cdot I'_{2L}(0) \rightarrow I'_{2L}(0) = \frac{\mathcal{U}_{2L}(0)}{2L} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2L} = \frac{4\mathcal{E}}{7 \cdot 2L} = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

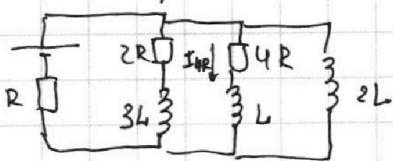
③ Рассмотрим цепь в уст. режиме при замкнутом К ( $t = t_{уст}$ )



$\mathcal{U}_{2L}(t_{уст}) = 0$   
 $\mathcal{U}_L(t_{уст}) = 0$  → тока через катушки L и 3L не будет  
 $\mathcal{U}_{3L}(t_{уст}) = 0$

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

④ Рассмотрим цепь в произвольный момент при замкнутом К.



$$\downarrow I_{2L} \mathcal{U}_{2L} = 4R I_{4R} + \mathcal{U}_L \rightarrow 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 4R \frac{d\varphi_{4R}}{dt} + L \frac{dI_L}{dt}$$

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

просуммирую соотношение (\*) где  $t$ : от  $t=0$  до  $t=t_{уст}$

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

≠ 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!

$$\frac{2LE}{R} + \frac{LE}{7R} = 4Rg_{4R} \rightarrow \frac{15}{7} \frac{LE}{R} = 4Rg_{4R} \rightarrow g_{4R} = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2} \text{ ЧИСТОВИК}$$

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



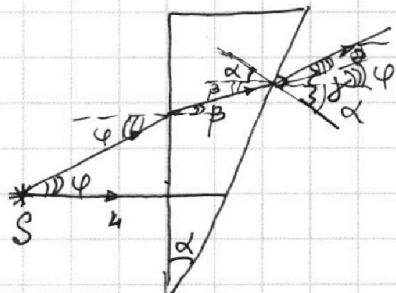
- 1  2  3  4  5  6  7

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

N5

ЧИСТОВИК

Рассмотрим отдельно призму с  $n_2$ . нарисуем параксиальный луч



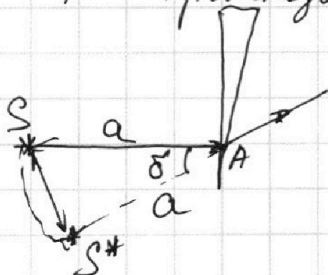
1)  $\sin \varphi = n_2 \cdot \sin \beta$  ( $\varphi$  и  $\beta$  - малые)  
 $\varphi = n_2 \beta$   
 $\alpha$  - малый

2)  $(\beta + \alpha) n_2 = \delta$   
 $\delta = \varphi + \alpha + \delta$

$\frac{\varphi}{n_2} + \alpha n_2 = \varphi + \alpha + \delta \rightarrow \delta = \alpha(n_2 - 1)$

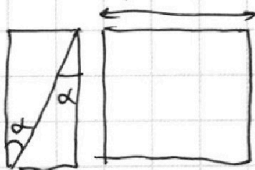
$\delta = \alpha(1,7 - 1) = 0,007 \text{ рад}$

При проходе через линзу лучи не меняют углы отн-но друг друга и ширина кинка мала  $\Rightarrow$  происходит вращение отн-но точки A.



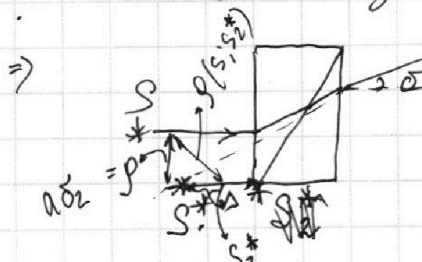
$\Rightarrow \rho(S; S^*) \approx a \cdot \delta = 100 \text{ см} \cdot 0,007 \text{ рад} = 7 \text{ см}$

Рассмотрим снова систему двух клиньев и плоско-параллельной пластинки. Между ними вставим воздушную пленку, чг не касаются шероховатости г.к. ее ширина  $\rightarrow 0$ .



Используя формулу из 1 видим, что в системе двух клиньев  $\delta_2 = (n_2 - n_1)\alpha = 0,03 \text{ рад}$ .

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



$\rho(S; S_2^*) = \sqrt{\rho(S; S_1^*)^2 + \Delta^2}$

$\rho(S; S_2^*) = \sqrt{(a \cdot \delta_2)^2 + \Delta^2}$  страница 9

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!

$$\rho(s; s_2^*) = \sqrt{(100 - 0,03)^2 + \left(14^2 \cdot \frac{2}{7}\right)^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5 \text{ см}$$

↳ расстояние по вертикали  
считаю, как во 2 пункте

Ответ: 1) 0,07 рад  
2) 7 см  
3) 5 см

ЧИСТОВИК

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

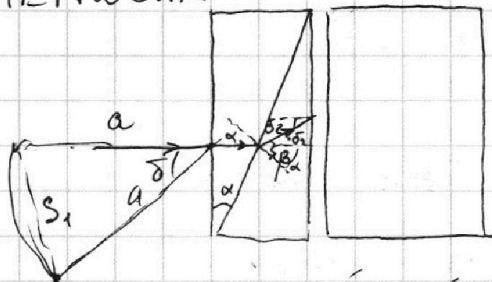
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

ЧЕРНОВИК

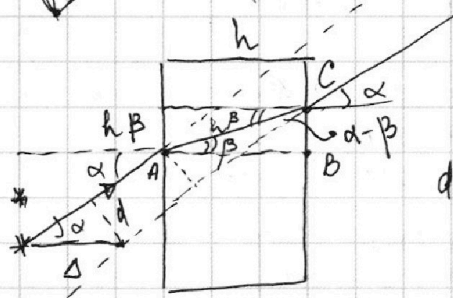


$$n_2 \cdot \alpha = n_1 \cdot \beta \rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

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

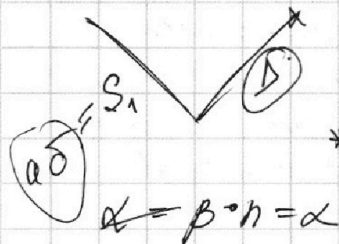
$$\delta_1 \cdot n_1 = \delta \Rightarrow n_1 \left( \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) \alpha = \delta$$

$$\delta = (n_2 - n_1) \alpha$$

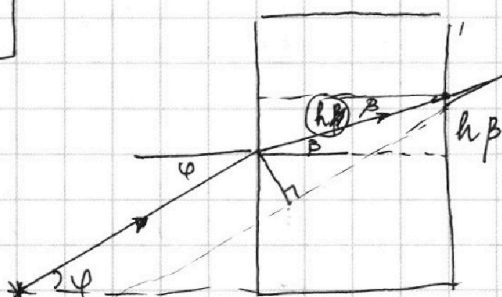


$$d = \Delta \cdot \sin \alpha = \Delta \alpha$$

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



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



$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha = \alpha - \beta$$

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

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

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

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

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

$$\Delta = 14 \text{ cm} \cdot \frac{0,4}{1} = 1,4 \cdot \frac{0,4}{5}$$

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





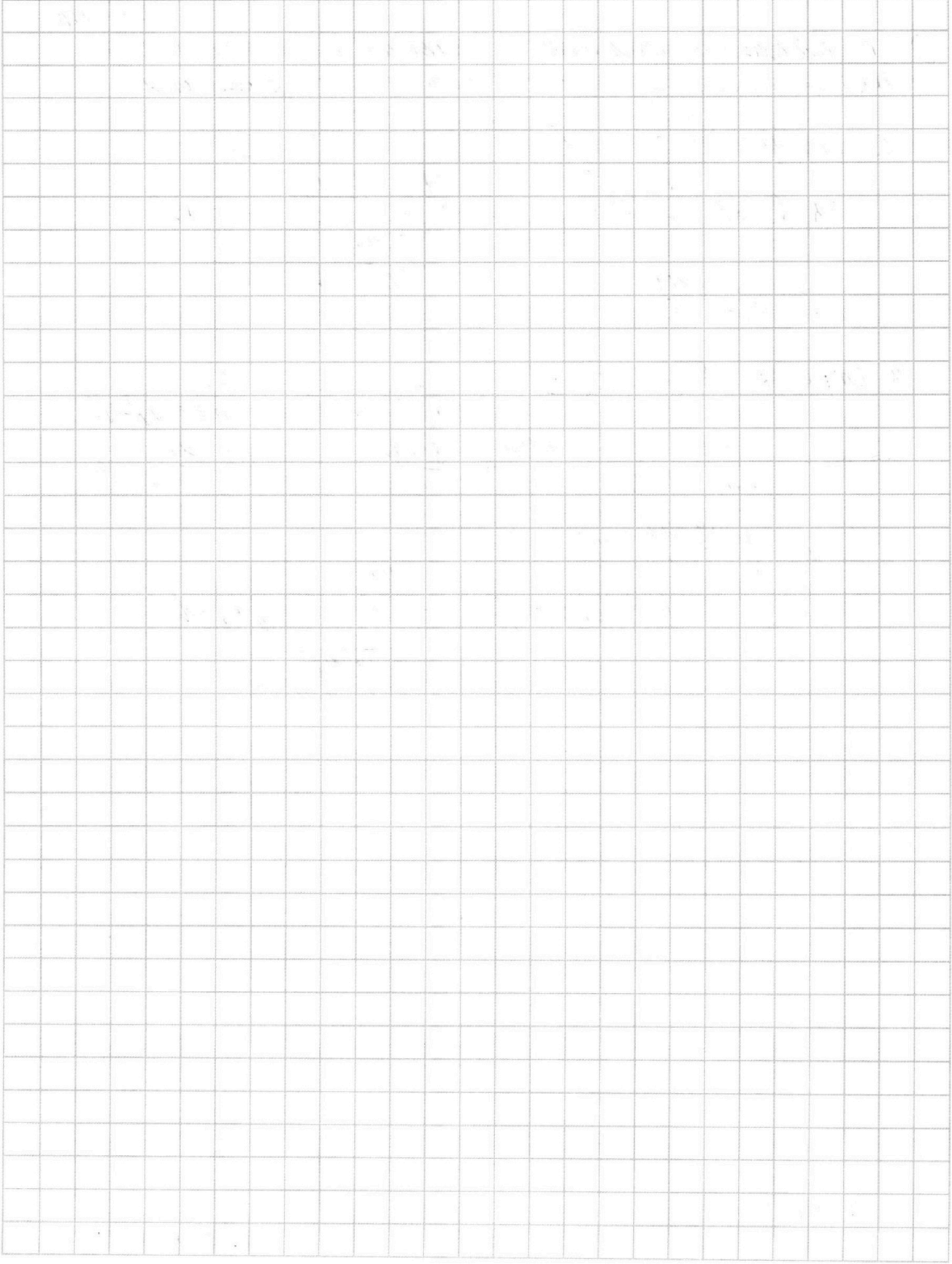
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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



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

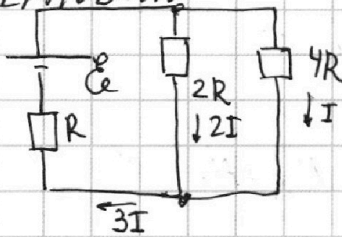
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

ЧЕРНОВИК

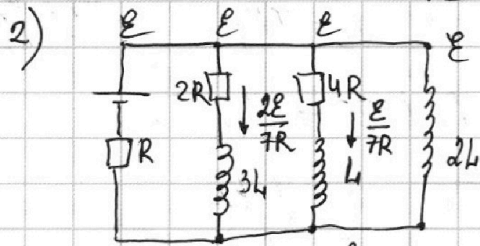


$$R_{\text{сети}} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R \rightarrow \mathcal{E} = \frac{7}{3}R \cdot 3I$$

$$\mathcal{E} = 7RI \rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

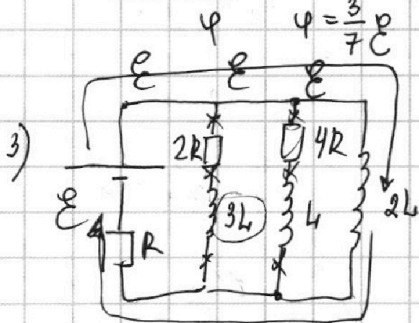
$$I_{\text{сети}} = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$$

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



ток через катушки 3L и L не меняется сдвигом  $\rightarrow I_{3L} =$

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



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

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

$$4R dq + L dI_L = 2L dI_{2L} \quad / \text{суммируем}$$

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

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

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

N5

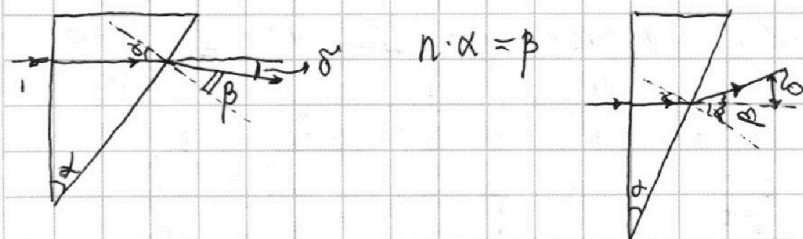
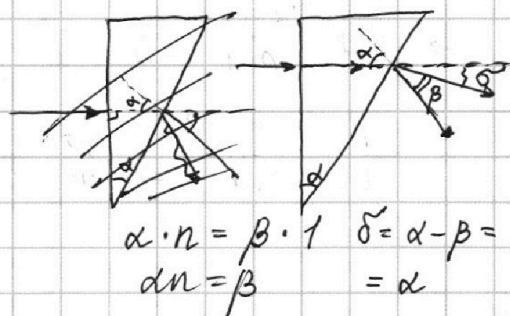
$$\delta = \alpha(n-1)$$

$$\alpha n = \beta$$

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

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

$$\delta = 0,07 \text{ рад}$$

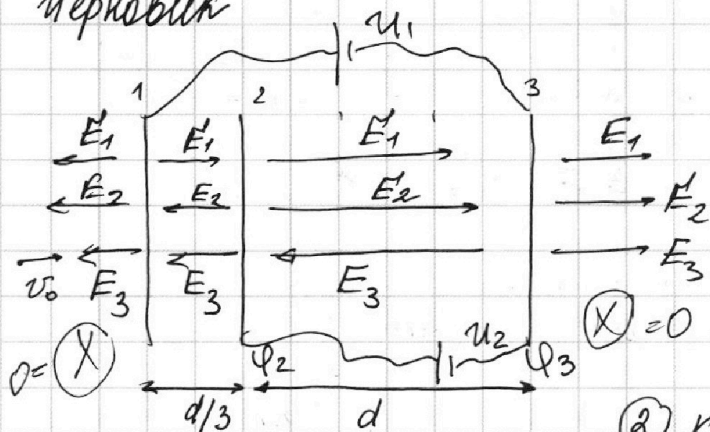


1  2  3  4  5  6  7

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



Черновик



$\rho_1, \rho_2, \rho_3 > 0$

①  $E_1 + E_2 + E_3 = E_{23}$

$\varphi_2 - \varphi_3 = U; \quad a = \frac{Eq}{m} = \frac{uq}{md}$

$E d = U \rightarrow E_{23} = \frac{U}{d}$

②  $K_3 + q\varphi_3 = K_2 + q\varphi_2$

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

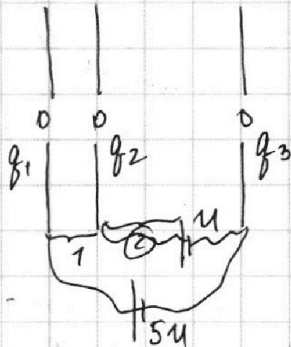
③

① Карманый момент:

оси соединения

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

$E_{12} = \frac{4u}{d/3} = \frac{12u}{d}$



$\varphi_1 - \varphi_2 = ?$

$\varphi_1 - \varphi_3 = 5U$

$\varphi_2 - \varphi_3 = U$

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

$E_{12} = \frac{4U}{d/3} = \frac{12U}{d}$

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

① 1-2:  $\frac{d}{3} = \frac{V_a^2 - V_0^2}{2a} \rightarrow \frac{2d}{3} a = V^2 - V_0^2$

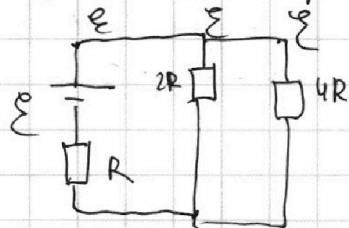
$\frac{2}{3} d \cdot \frac{12uq}{md} = V^2 - V_0^2 \rightarrow \rho \frac{uq}{m} + V_0^2 = V^2$

2-3:  $\frac{3d}{4} = \frac{V_a^2 - V^2}{2a} \Rightarrow \frac{3d}{4} \cdot \frac{uq}{md} = V_a^2 - V^2 \rightarrow \frac{3}{2} \frac{uq}{m} + \rho \frac{uq}{m} + V_0^2 = V_a^2$

$V_a = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{uq}{m} + \frac{13}{2} \frac{uq}{m} + V_0^2}$

N 4

① Карманый p состояние: ринши уса.  $I_{3L} = 0 \quad I_{4L} = 0 \quad U_{3L} = 0 \quad U_{4L} = 0$



$R_{\text{экв}} = R + \frac{8R}{6R} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$

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

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

$3E = 7\varphi \rightarrow \varphi = \frac{3}{7}E$

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

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

$I_{4R} = \frac{\frac{3}{7}E}{4R} = \frac{3E}{28R}$



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

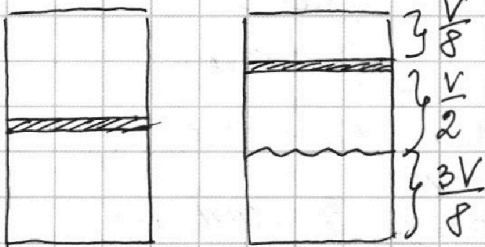
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

Черновик



Для верхнего:  $p_R \cdot \frac{V}{8} = \nu_B RT = 4\nu_H RT$

Для нижнего:  $p_R = p_{ATM} + p_{CO_2 \text{ жид}}$

$p_{CO_2 \text{ жид}} \cdot \frac{V}{2} = (\nu_H + \nu_D) RT = (\nu_H + K \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}) RT$

$p_{CO_2 \text{ жид}} = \frac{2(\nu_H + K p_0 \cdot \frac{3V}{8}) RT}{V}$

$p_R = \frac{V}{8} = 4\nu_H RT$   
 $p_R = \frac{32\nu_H RT}{V}$

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

$p_0 \cdot \frac{V}{8} = \nu_H RT$   
 $p_0 = \frac{8\nu_H RT}{V} \rightarrow \frac{\nu_H RT}{V} = \frac{p_0}{8}$

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

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

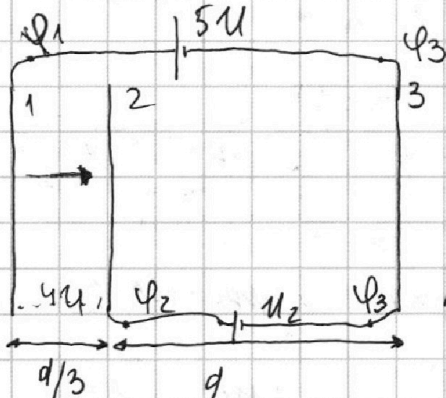
$\frac{15}{4} p_0 - \frac{3}{4} K p_0 RT = p_{ATM} \Rightarrow p_0 \left( \frac{15}{4} - \frac{3}{4} \cdot KRT \right) = p_{ATM}$

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

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

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

N 3



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

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

$F = qE_{23} = ma$   
 $a = \frac{qE_{23}}{m}$

$A_{23} = E_{K1} - E_{K2}$

$E_{23} = qd$

$A = \frac{U}{d} qd = Uq$

$\phi_1 - \phi_3 = 5U$   
 $\phi_2 - \phi_3 = U \Rightarrow \phi_1 - \phi_2 = 4U$

$4 - \frac{9}{20} = \frac{80 - 9}{20} = \frac{71}{20}$   
 $5 - \frac{27}{20} = \frac{100 - 27}{20} = \frac{73}{20}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

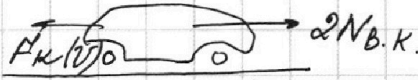
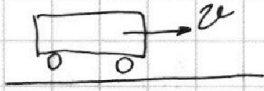


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



ЧЕРНОВИК №1

1)  $a = \frac{dv}{dt} = v' \rightarrow \text{tg}$  *каклона*  
*концы разгона*  
 $a = \frac{3}{4} \text{ м/с}^2$



$P_{\text{тяги}} = 2N.B.K. = \text{const}$

$2N.B.K. = F_k = 200 \text{ Н}$

по 23Н:  $2N.B.K. - F_0 = m \cdot a \rightarrow F_k - F_0 = ma$

$200 - F_0 = 240 \cdot \frac{3}{4} = 180 \text{ Н}$

$N_{F_0} = F_0 \cdot v = F_0 \cdot 200 = 180 \cdot 200 = 36000 \text{ Дж}$

$N = F \cdot v$

$\frac{2N.B.K.}{v_k} = F_k \Rightarrow 2N.B.K. = F_k \cdot v_k = 6000 \text{ Н}$

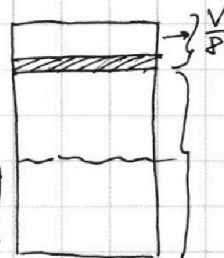
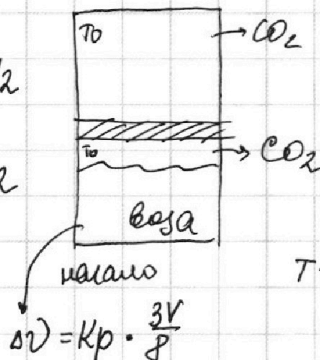
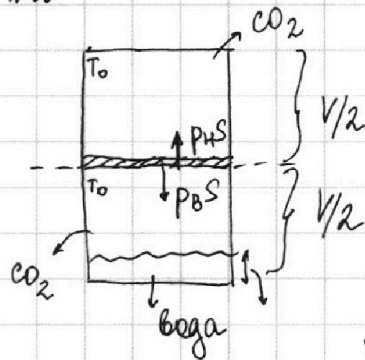
$\frac{2N.B.K.}{v_0} - F_0 = m \cdot a \rightarrow \frac{F_k \cdot v_k}{v_0} - F_0 = ma \rightarrow \frac{6000}{20} - F_0 = 240 \cdot \frac{3}{4}$

$N_{B.K.} = \frac{F_k v_k}{2}$

$\frac{N_{F_0}}{N_{B.K.}} = \frac{2F_0 v_0}{F_k v_k} = \frac{2 \cdot 180 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{7200}{6000} = 1.2 = 120\%$

$N_{F_0} = 1.2 N_{B.K.}$

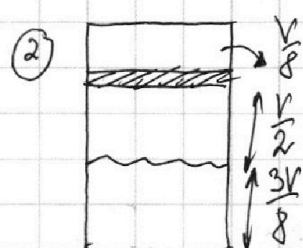
$\frac{2 \cdot 120 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{8}{10} = 0.8 \rightarrow 80\%$



$\frac{7V}{8} \rho_a$   
 $\Delta V = k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}$   
*ч CO2*

①  $p_{вс} = p_{гс} \rightarrow p_{в} = p_{г} = p_0$

$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_B \cdot R \cdot T_0$   
 $p_0 \cdot \frac{V}{8} = \nu_H \cdot R \cdot T_0$   
 $\frac{V/8}{V/2} = \frac{\nu_B}{\nu_H} = 4$



→ 1) процесс, который происходит, был изобарным

$p_k \cdot \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R \cdot T$  ;  $p_{\text{газк}} = p_{\text{атм}} + p_{\text{CO2}}$

$p_{\text{CO2}} \cdot \frac{V}{2} = \nu_H R T$

$p_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{8} = 4 \nu_H R T$   
 $p_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{8} = 4 \nu_H R T$   
 $\frac{p_k}{8} \cdot \frac{V}{8} = 4 \nu_H R T \rightarrow p_k = 16 p_{\text{CO2}}$



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

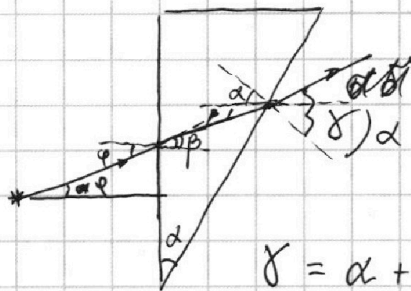
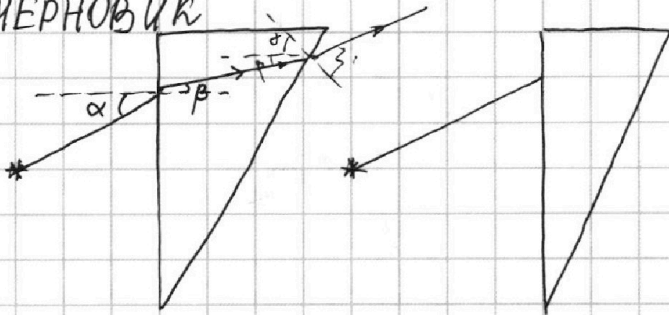
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

ЧЕРНОВИК



$$\varphi = \beta n$$

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

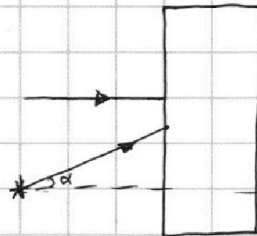
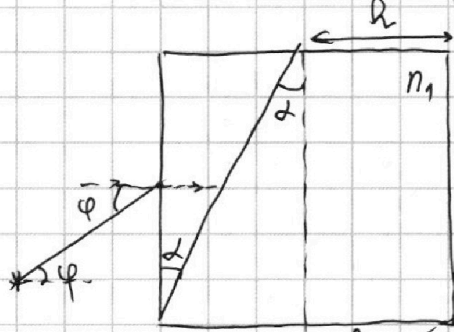
$$(\alpha + \beta) n = \delta \cdot \delta + \alpha \quad \alpha n + \beta n = \delta \cdot \alpha$$

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

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

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

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



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

$$\Delta \cdot \sin \varphi = d$$

$$\Delta \varphi = d$$

$$\frac{x}{h} = \tan \beta$$

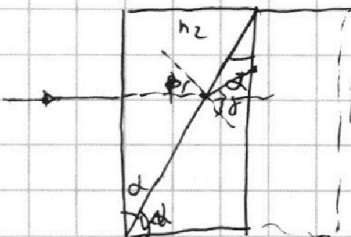
$$x = h \beta$$

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

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

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

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



$$\beta \cdot n_2 = \delta \cdot n_1$$

$$\delta = \frac{\beta n_2}{n_1}$$



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

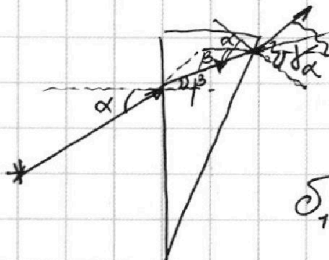
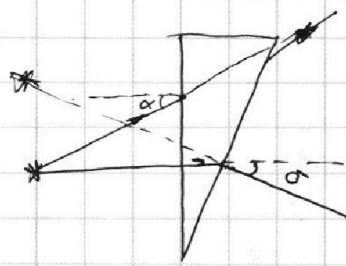
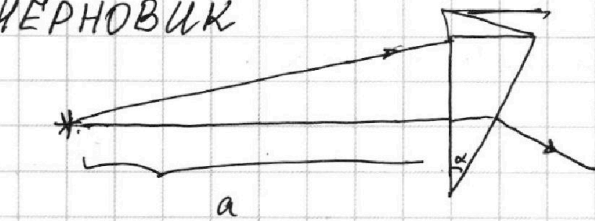
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

**ЧЕРНОВИК**

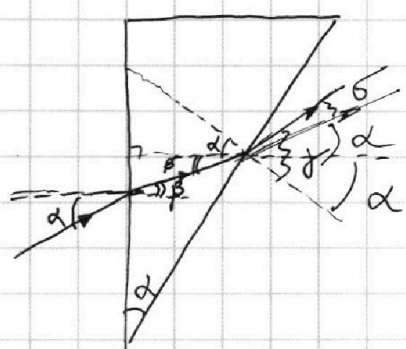


$$\alpha = \beta n$$

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

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

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



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

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

$$\gamma - 2\alpha = \delta$$

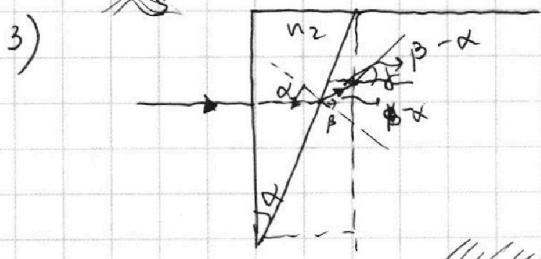
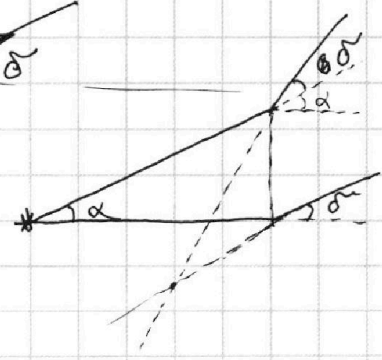
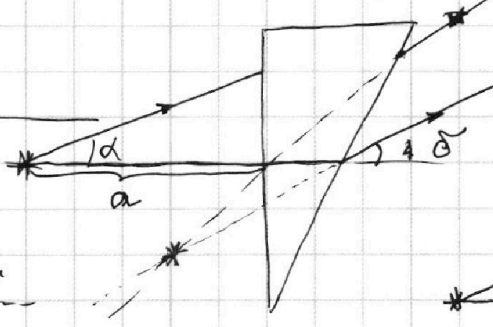
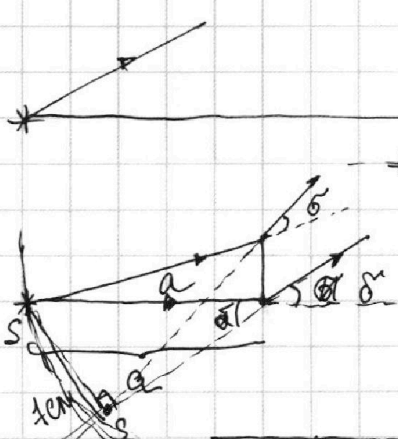
$$\alpha n - 2\alpha + \beta n = \delta$$

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

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

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

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



$$n_1 < n_2$$

$$1,4 < 1,7$$

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

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

$$\delta = \alpha (n_2 - n_1)$$