

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

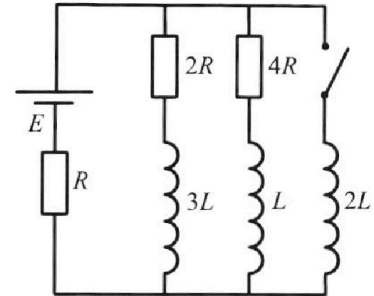
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



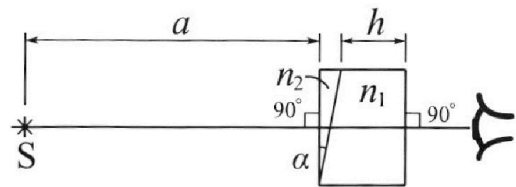
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



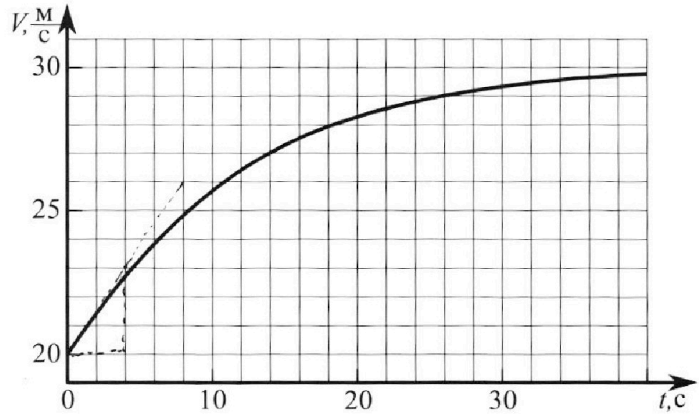
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



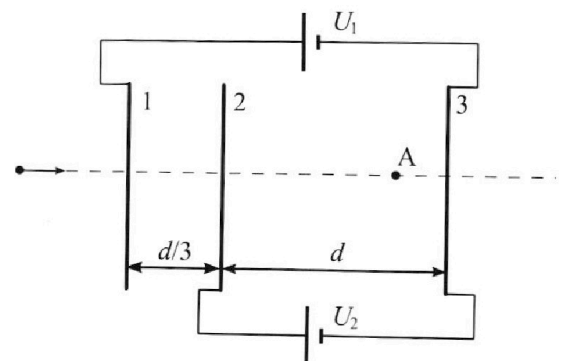
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос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

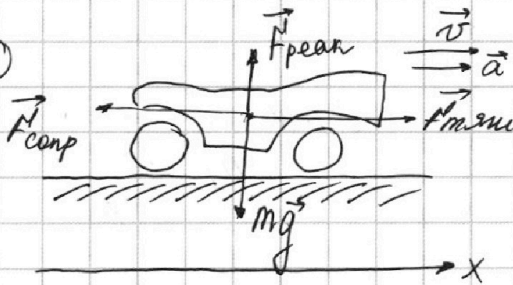
3) $R = \frac{N \cdot \text{в.к.}}{?}$

① Нам дан график $v(t)$. По движению прямолинейное \Rightarrow ускорение ~~отвечает~~ ~~тангенс~~ ~~угла~~ ~~касательной~~ ~~к~~ ~~графика~~ ~~в~~ ~~данном~~ ~~момент~~ ~~времени~~. ~~Тогда~~ ~~есть~~ ~~только~~ ~~тангенциальная~~ ~~отвечающая~~ ~~за~~ ~~изменение~~ ~~модуля~~ ~~скорости~~.

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

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

②



1) Рассмотрим систему "мотоцикл + мотоциклист"; по II ЗН: $F_{\text{реак}} + mg + F_{\text{тяги}} + F_{\text{сопр}} = ma$
 $F_{\text{реак}}$ - сила реакции пов-ти Земли
 $F_{\text{тяги}}$ - сила, создаваемая двиг. мотоцикла

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

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

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.

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

№3) в начале разгона $v = v_0 = 20 \text{ м/с}$ (из графика):
 $\frac{2N \cdot \text{в.к.}}{v_0} - F_0 = ma \rightarrow F_0 = \frac{F_k v_k}{v_0} - ma = \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot 3 \text{ м/с}^2$

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

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!

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

ЧИСТОБЛИК

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:

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

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

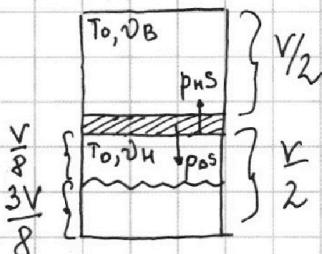
$$K \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

$$\Delta V = K p_0 V$$

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

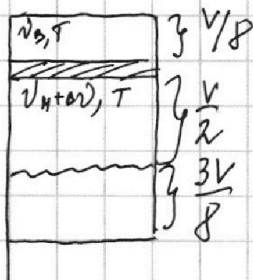
2) где верхнего газа: $p_0 \cdot \frac{V}{2} = V_B \cdot R \cdot T_0$

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: $p_K \cdot \frac{V}{2} = p_{H,н} + p_{CO_2}$

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

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

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

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

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

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!

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

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

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

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

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

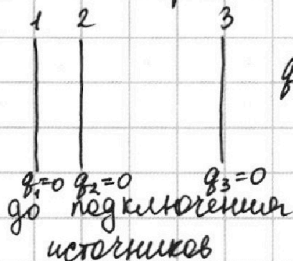
1 2 3 4 5 6 7

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

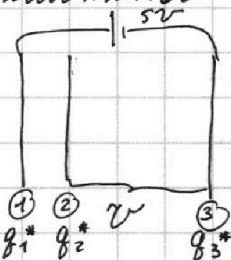
№3

ЧИСТОВИК

1) Рассмотрим отдельно пластинки

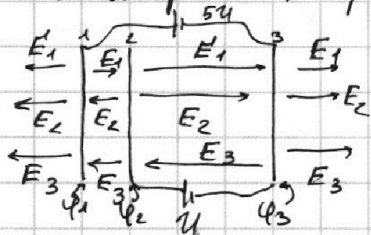


$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



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 $q_1^*, q_2^*, q_3^* > 0$

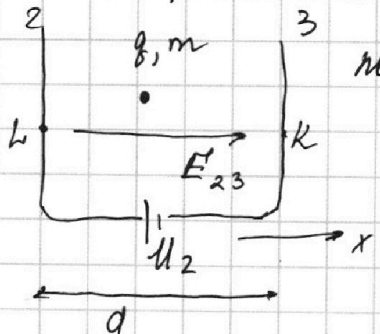
$$E_1 = \frac{q_1^*}{2\epsilon_0 S} \quad E_2 = \frac{q_2^*}{2\epsilon_0 S} \quad E_3 = \frac{q_3^*}{2\epsilon_0 S}$$

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 ^{поле} между 1 и 2 пластинкой)
 E_{23} (напряженность поле между 2 и 3 пластинкой)

$$\begin{aligned} \varphi_1 - \varphi_3 &= 5U \\ \varphi_2 - \varphi_3 &= U \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 4U \\ \Rightarrow E_{12} &= \frac{U_{12}}{d/3} = \frac{3U_{12}}{d} = \frac{12U}{d} \\ E_{23} &= \frac{U_{23}}{d} = \frac{U}{d} \end{aligned}$$

2) Рассмотрим частицу в поле между 2 и 3 пластинкой



по 23Н: $\vec{F}_2 = m\vec{a}_{23} \Rightarrow F_2 = ma_{23}; F_3 = E_{23} \cdot q$

$$F_3 = \frac{U}{d} q \Rightarrow a_{23} = \frac{Uq}{dm}$$

ЗСЭ: $\frac{mv_L^2}{2} + q\varphi_2 = \frac{mv_K^2}{2} + q\varphi_3$

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

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

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!

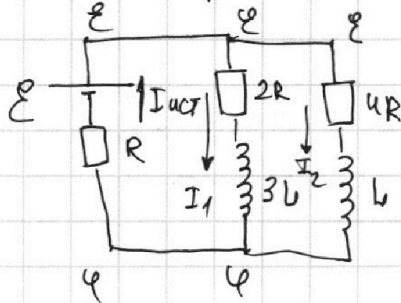


№4

Дано: \mathcal{E}, R, L

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

① Рассмотрим цепь до замыкания ключа



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

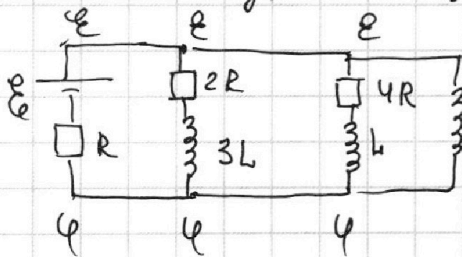
→ пользуясь методом потенциалов

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

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

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

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

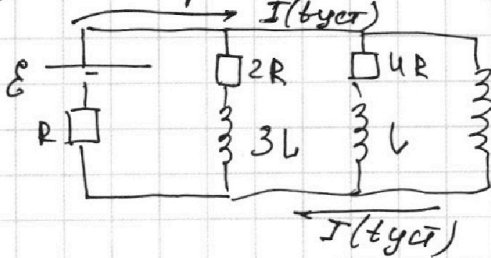


метод потенциалов; картина потенциалов не изменилась

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

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

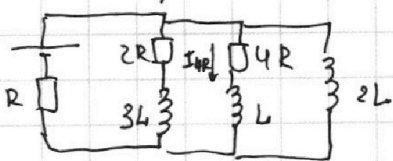
③ Рассмотрим цепь в уст. режиме при замкнутом К ($t = t_{уст}$)



$\mathcal{U}_{2L}(t_{уст}) = 0$
 $\mathcal{U}_L(t_{уст}) = 0$ → 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.



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

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

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

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

7 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

 МФТИ

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

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

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

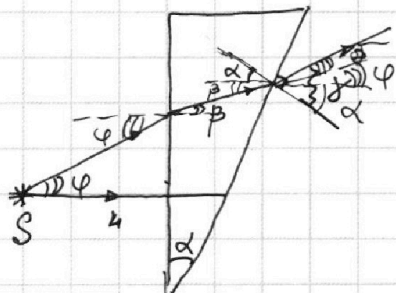
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N5

ЧИСТОВИК

Рассмотрим отдельно призму с n_2 . нарисуем параксиальный луч



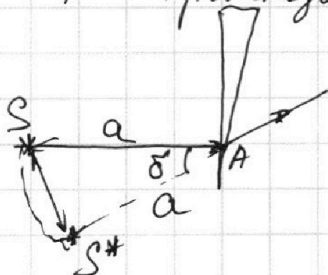
1) $\sin \varphi = n_2 \cdot \sin \beta$ (φ и β - малые)
 $\varphi = n_2 \beta$
 α - малый

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

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

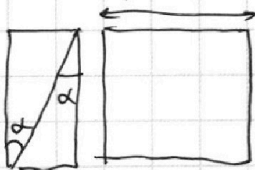
$\delta = \alpha(1,7 - 1) = 0,007 \text{ рад}$

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



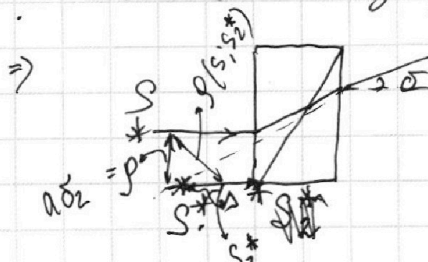
$\rho(S; S^*) \approx a \cdot \delta = 100 \text{ см} \cdot 0,007 \text{ рад} = 7 \text{ см}$

Рассмотрим снова систему двух клиньев и плоско-параллельной пластинки. Между ними вставим воздушную пленку, чг не касаются поверхностей клиньев т.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 $\Delta = h \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} \right) = 14 \cdot \frac{0,4}{1,4}$



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

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

ЧИСТОВУК

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

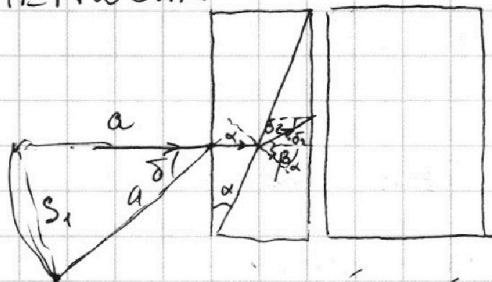
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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

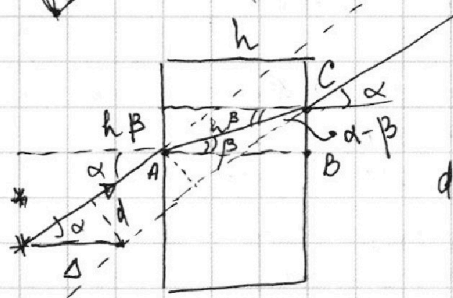


$$n_2 \cdot \alpha = n_1 \cdot \beta \rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

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

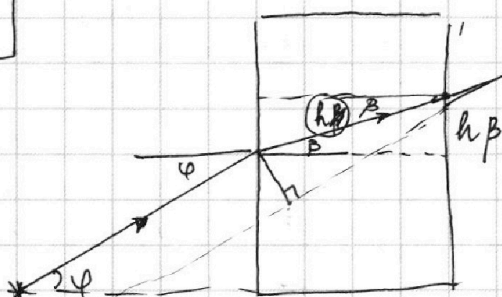
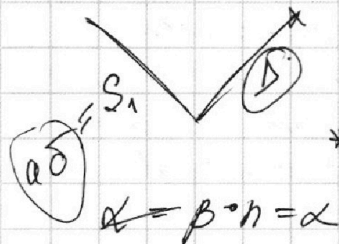
$$\delta_1 \cdot n_1 = \delta \Rightarrow n_1 \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) \alpha = \delta$$

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



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

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



$$\begin{aligned} \sin(\alpha - \beta) &= \sin \alpha \cos \beta - \\ &- \sin \beta \cos \alpha = \\ &= \alpha - \beta \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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



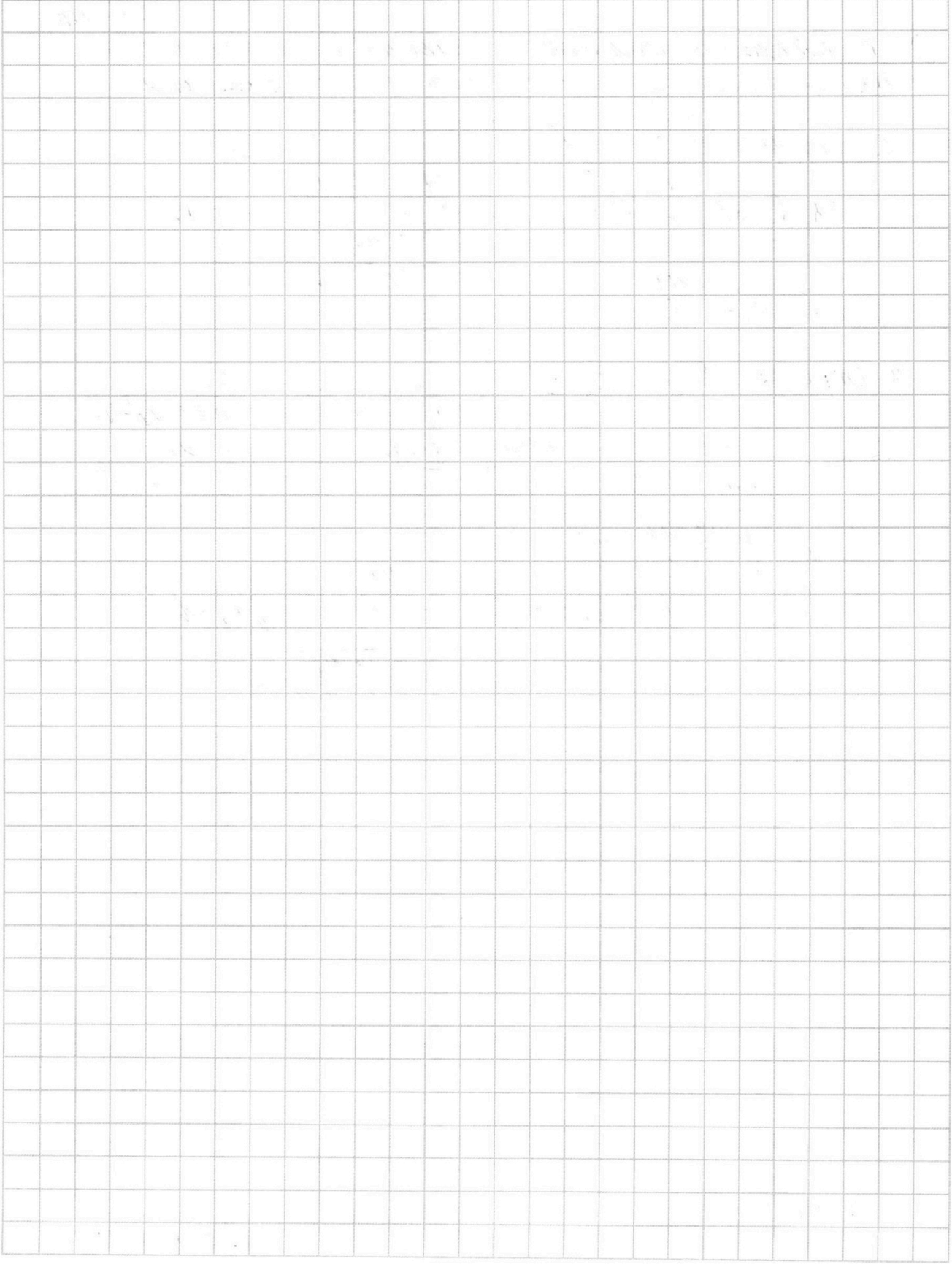
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>



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

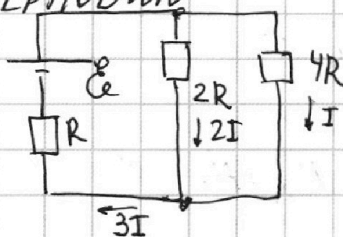


1 2 3 4 5 6 7

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



ЧЕРНОВИК

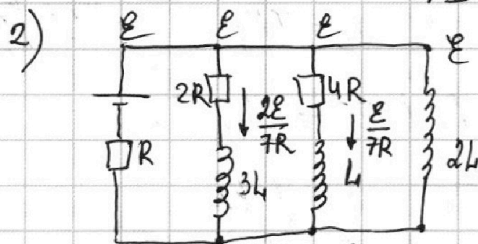


$$R_{\text{сети}} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R \rightarrow \mathcal{E} = \frac{7}{3}R \cdot 3I$$

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

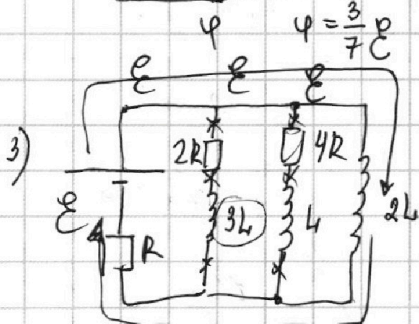
$$I_{\text{сети}} = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$$

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



ток через катушки $3L$ и L не меняется
из-за стартков $\rightarrow I_{3L} =$

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



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

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

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

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

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

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

N5

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

$$dn = \beta$$

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

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

$$\delta = 0,07 \text{ рад}$$

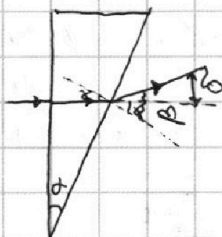
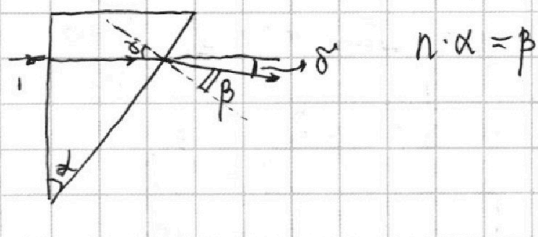
$$\alpha \cdot n = \beta \cdot 1 \quad \delta = \alpha - \beta =$$

$$dn = \beta = \alpha$$

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

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

$$\delta = 0,01 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 0,0007 \text{ рад}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

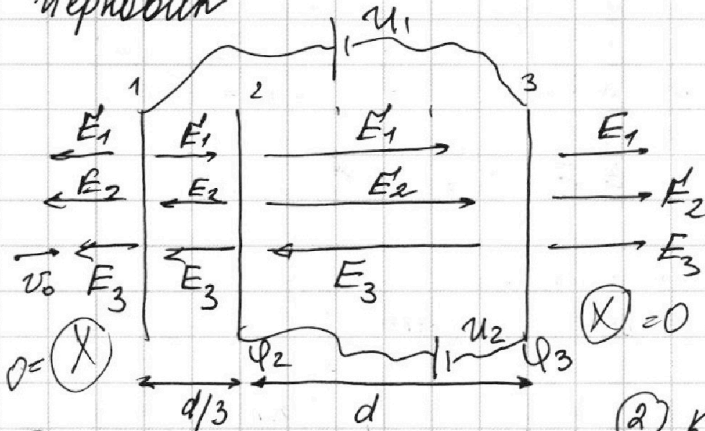
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



$$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3 > 0$$

$$\textcircled{1} E_1 + E_2 + E_3 = E_{23}$$

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

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

$$\textcircled{2} K_3 + q\varphi_3 = K_2 + q\varphi_2$$

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

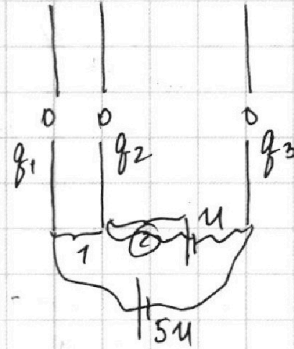
3

1) Кармановый момент:

оси соединения

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

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



$$\varphi_1 - \varphi_2 = ?$$

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

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U$$

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

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

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

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

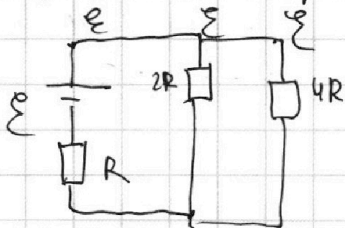
$$\rightarrow \frac{2}{3} d \cdot \frac{12Uq}{md} = V^2 - V_0^2 \rightarrow 8 \frac{Uq}{m} + V_0^2 = V^2$$

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

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

N 4

2) Кармановое состояние: применим уст. $I_{3L} = 0$ $I_{4L} = 0$ $U_{3L} = 0$ $U_{4L} = 0$



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

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

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

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

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

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

$$I_{4R} = \frac{\varphi}{4R} = \frac{E}{7R}$$

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

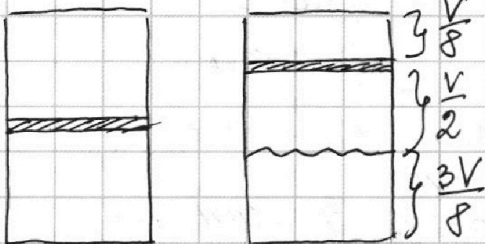
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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 верхней: $p_R \cdot \frac{V}{8} = \nu_B RT = 4\nu_H RT$

Для нижней: $p_R = P_{ATM} + P_{CO_2 \text{ жид}}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$p_0 = P_{ATM} / \left(\frac{15}{4} - \frac{3}{4} KRT \right)$

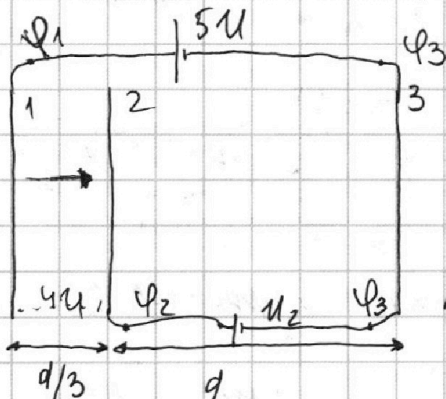
$\frac{15}{4} - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 =$

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

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

$\frac{75}{48} - \frac{27}{48}$

N 3



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

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

$F = qE_{23} = ma$

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

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

$E_{23} qd$

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

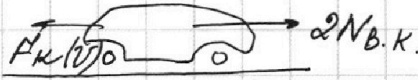
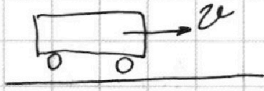


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



ЧЕРНОВИК №1

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



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

по 23Н: $2N.B.K. - F_0 = m \cdot a \rightarrow F_k - F_0 = ma$
 $200 - F_0 = 240 \cdot \frac{3}{4} = 180$ (20Н)

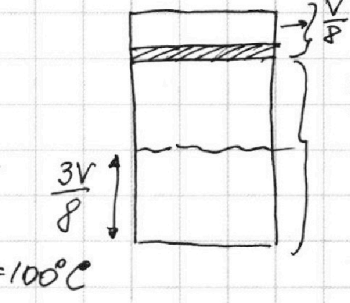
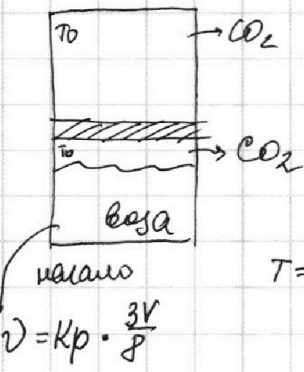
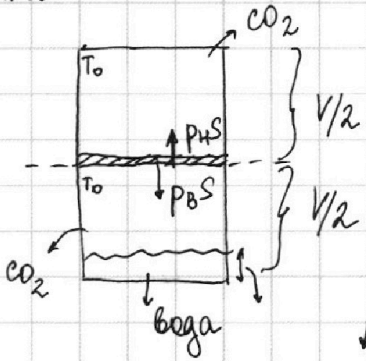
$N_{F_0} = F_0 \cdot v = F_0 \cdot 200 = 20 \cdot 200 = 4000$

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

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

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

$N_{F_0} = \frac{F_0}{N_{B.K.}} F_0 v_0$
 $\frac{8}{10} = \frac{F_0}{120} \cdot 200 \rightarrow F_0 = 120 \text{ Н}$

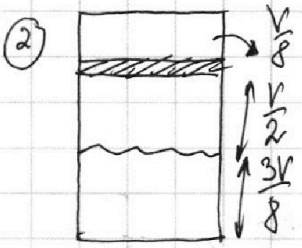


$\frac{7V}{8} \rho_a$
 $\Delta V = k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}$
ч CO2

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

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

② \rightarrow 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.

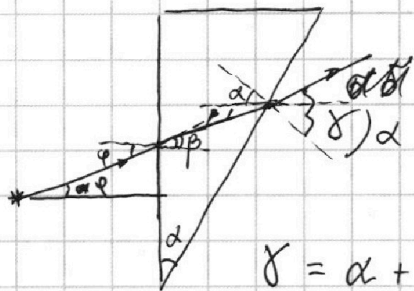
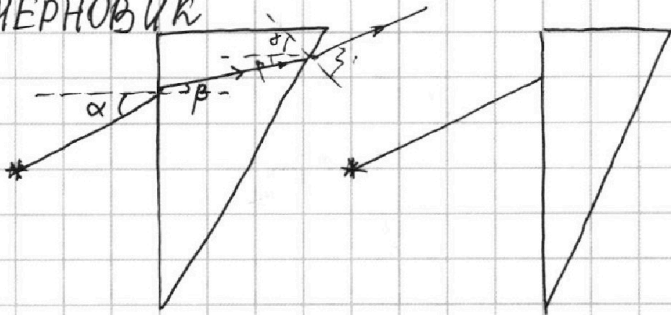
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

ЧЕРНОВИК



$$\varphi = \beta n$$

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

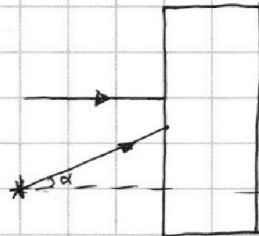
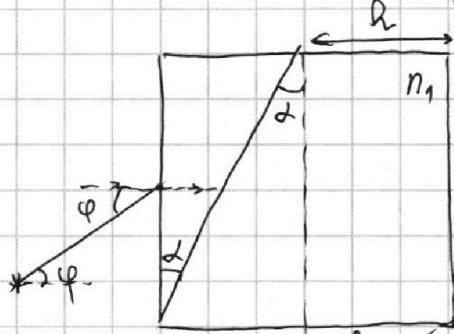
$$(\alpha + \beta) n = \delta \cdot \delta + \alpha \quad \alpha n + \beta n = \delta \cdot \alpha$$

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

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

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

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



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

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

$$\Delta \varphi = d$$

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

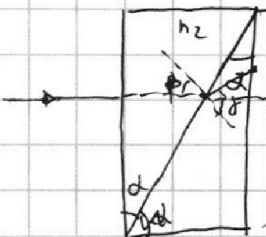
$$x = h \beta$$

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

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

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

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



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

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

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

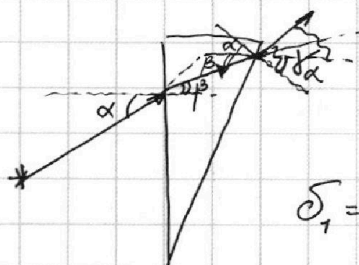
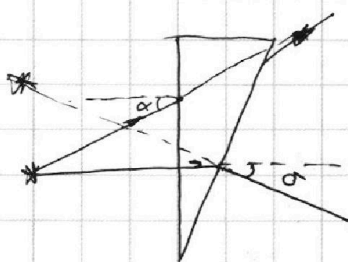
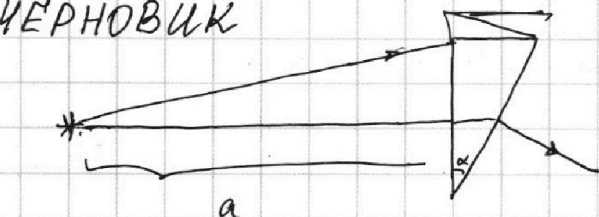
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



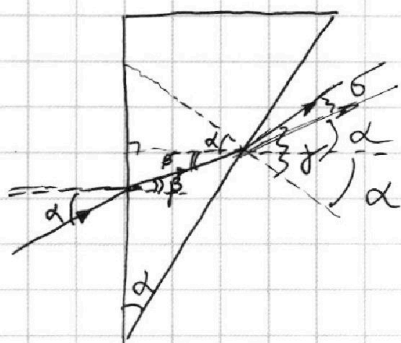
$$\alpha = \beta n$$

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

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

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

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



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

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

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

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

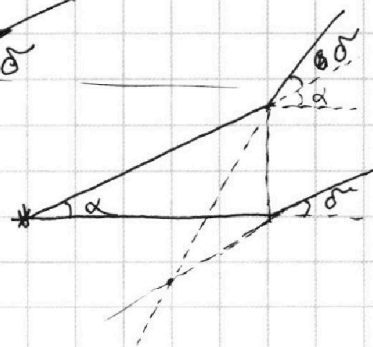
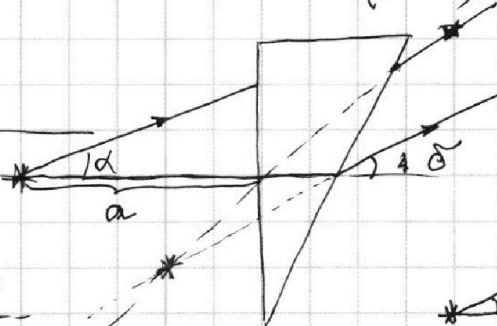
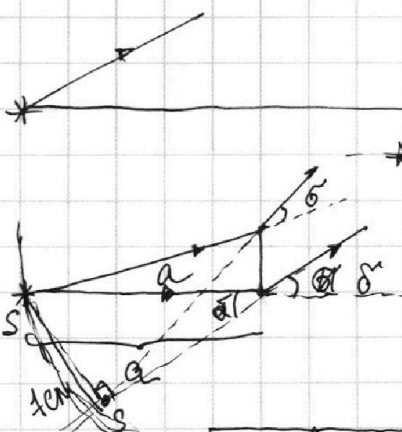
$$\alpha n - 2\alpha + \beta n = \delta$$

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

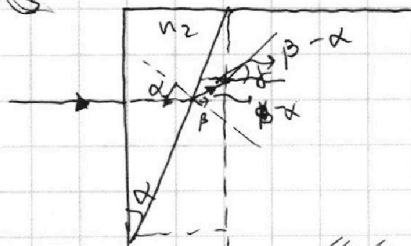
$$\alpha n - 2\alpha + \alpha = \delta$$

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

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



3)



$$n_1 < n_2$$

$$1,4 < 1,7$$

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

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

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

$$n_2 \cdot \alpha = n_1 \cdot \beta$$

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