



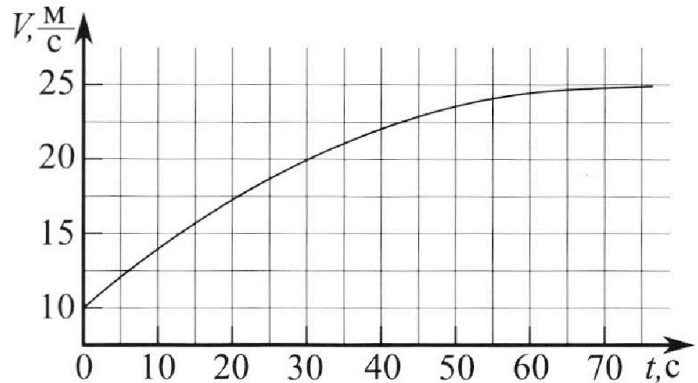
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

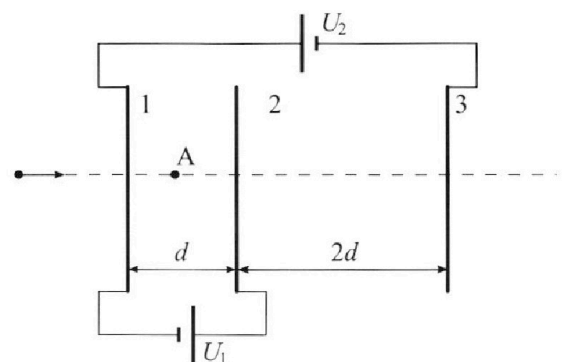
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. 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 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

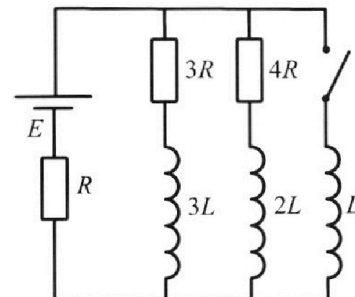
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



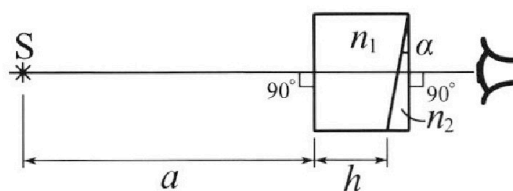
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Каков заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.

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!

№ 1.

Ускорение в начальный момент равно углу наклона k -ту v касательной к графику $v(t)$ в точке $t=0$.

$$k \approx \frac{12,5\% - 10\%}{5\text{с} - 0\text{с}} = 0,5\%/\text{с} = a_0, a_0 - \text{уск. в нач. момент вр.}$$

В конце разгона график почти горизонтален, его асимптота - $v_k = 25\%/\text{с}$. Сила сопр-я воздуха $F_c = L \cdot v$. Тогда

$$F_k - L \cdot v_k = 0 \quad (\text{в з.Н}) \quad L = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600\text{Н}}{25\%/\text{с}} = 24\%/\text{с}$$

Запишем в з.Н в нач. момент времени:

$$F_0 - L \cdot v_0 = m a_0, \quad v_0 = 10\%/\text{с} = v(0) \quad F_0 = m a_0 + L v_0 = 1500\text{кг} \cdot 0,5\%/\text{с}^2 + 24\%/\text{с} \cdot 10\%/\text{с} = 990\text{Н}$$



$$P = F \cdot v = \frac{A}{t}$$

$$P_0 = F_0 \cdot v_0 = 990\text{Н} \cdot 10\%/\text{с} = 9900\text{Вт} = 9,9\text{кВт}$$

$$P_0 = 9,9\text{кВт}$$

Ответ: $a_0 = 0,5\%/\text{с}^2$

$$F_0 = 990\text{Н}$$

$$P_0 = 9,9\text{кВт}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

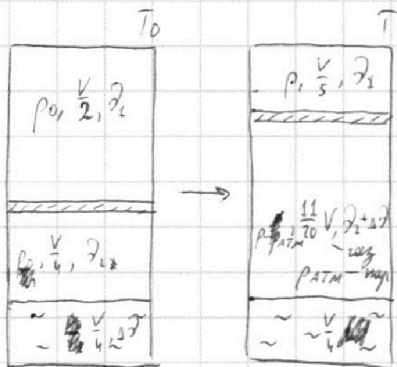
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



№ 2.



В нач. момент в верхнем сосуде \mathcal{P}_1 в-ва в газобр. сост., в нижнем - \mathcal{P}_2 .

$$pV = \mathcal{P}RT \quad (\mathcal{P} - \text{м-к})$$

$$\begin{cases} p_0 \frac{V}{2} = \mathcal{P}_1 R T_0 \\ p_0 \frac{V}{4} = \mathcal{P}_2 R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{\mathcal{P}_1}{\mathcal{P}_2} = \frac{\mathcal{P}_1}{\mathcal{P}_2} = \frac{2}{1}$$

$$p \frac{V}{5} = \mathcal{P}_1 R T \quad \mathcal{P}_1 R T = \frac{T}{T_0} p_0 \frac{V}{2} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{атм}} V}{4}$$

$$\frac{pV}{5} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{атм}} V}{4} \quad p = \frac{5T}{4T_0} p_{\text{атм}}$$

$p \frac{11}{20} V = (\mathcal{P}_2 + \Delta \mathcal{P}) R T$ При $T = 373 \text{ K}$ давление насыщенного пара равно $p_{\text{атм}}$

$$(p - p_{\text{атм}}) \frac{11}{20} V = (\mathcal{P}_2 + \Delta \mathcal{P}) R T$$

$$V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5}$$

$$\Delta \mathcal{P} = k p_0 \frac{V}{4} = k \frac{p_{\text{атм}} V}{8} \quad \mathcal{P}_2 R T = \frac{T}{T_0} \cdot p_0 \frac{V}{4} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{атм}} V}{8}$$

$$\left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11}{20} V p_{\text{атм}} = \left(\frac{2RT}{8} + \frac{T}{8T_0} \right) p_{\text{атм}} V$$

$$\frac{11}{16} \cdot \frac{T}{T_0} - \frac{T}{8T_0} = \frac{kRT}{8} + \frac{11}{20}$$

$$\frac{11}{4} \cdot \frac{T}{T_0} - \frac{T}{2T_0} = \frac{kRT}{2} + \frac{11}{5}$$

$$\frac{9}{4} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{kRT}{2} + \frac{11}{5} \quad \frac{T}{T_0} = \frac{\frac{kRT}{2} + 8,8}{9} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} / \text{м}^3 \cdot 8,31 \text{ Дж} / \text{моль} \cdot \text{К} + 8,8}{9} = \frac{8,8}{9} = \frac{118}{90} = \frac{59}{45}$$

Ответ: $\frac{\mathcal{P}_1}{\mathcal{P}_2} = 2$;
 $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$.

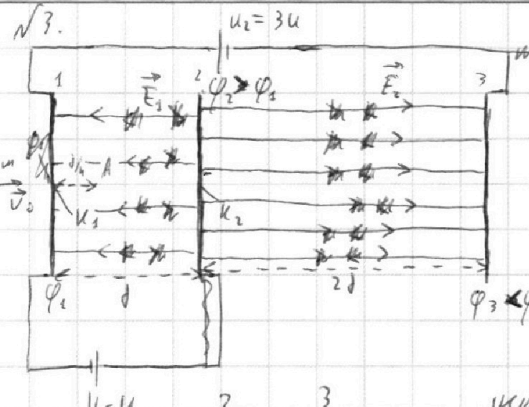
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Обозначения - см. рис.

Из полярностей и точек
 \vec{E}_1 направлено влево, \vec{E}_2 - вправо.

Знач $q > 0$, значит, между сетками ^{сетки} ϕ_1 и ϕ_2 ^{замедляется} замедляется, а между ϕ_2 и ϕ_3 ^{ускоряется} ускоряется.

III. к. сетки тонкие и тонкие, их можно приближенно рассматривать как плоск. заряж. плоскости, т.е.

\vec{E}_1 и \vec{E}_2 однородны.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E_1 d = U_1 \quad E_1 = \frac{U_1}{d} = \frac{U}{d}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = E_2 2d - E_1 d = U_2 = 3U \quad 2E_2 d - U = 3U \quad E_2 = \frac{2U}{d}$$

α_1 - ускор. μ τ -цы между сетками 1 и 2. Тогда:

$$m a_1 = q E_1 \quad a_1 = \frac{q E_1}{m} = \frac{q U}{m d}$$

~~Рав~~ Кинетическая энергия частицы тратится на работу по преодолению эл. поля и увеличивается за счёт работы ~~этого же поля~~ поля, совершаемой над τ -цей. Таким образом,

$$K_1 - K_2 = q E_1 d = q U \quad q \cdot U_1 = q U$$

Снаружи системы поля нет, т.к. суммарный заряд системы равен 0 (з.л.з.в., Th Гаусса).

Обозначим кинетич. энергию τ -цы $v(\cdot)A$ за K_n . Тогда:

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!

$$K_2 - K_1 = qE_1 \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = qE_1 \cdot \frac{d}{4}, \quad v_1 - \text{ск. э-ма в (-)A}$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{qE_1 d}{2m} = v_0^2 - \frac{qU}{2m} \quad v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Ответ: $a = \frac{qU}{md}$; $K_2 - K_1 = qU$; $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$.

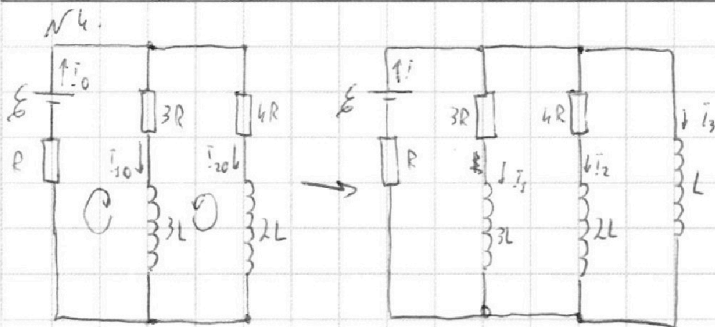
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



В цепи нет колебательных контуров \Rightarrow до замыкания ключа в уст. режиме ток постоянен, падение напр-я на катушке равно 0.

i_0 - ток $\frac{1}{4}$ источника и рез-р R до замыкания ключа, i_{20} - ток $\frac{1}{4}$ рез-р $4R$ тогда же.

$$\sum_{j=1}^m \pm \mathcal{E}_j = \sum_{i=1}^n \pm U_i \quad (\text{пр. К}); \quad \sum_{i=1}^m \pm i_i = 0 \quad (\text{пр. К})$$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = i_0 R + i_{10} \cdot 3R \\ 0 = i_{10} \cdot 3R - i_{20} \cdot 4R \\ i_0 = i_{10} + i_{20} \end{cases} \quad \begin{cases} \mathcal{E} = \left(\frac{7}{4} + 3\right) i_{10} R \\ i_{20} = \frac{3}{4} i_{10} \\ i_0 = \frac{7}{4} i_{10} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{19}{4} i_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R} & i_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R} \\ i_{20} = \frac{3}{4} i_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{19R} \\ i_0 = \frac{7}{4} i_{10} = \frac{7\mathcal{E}}{19R} \end{cases}$$

III.к. В каждой из веток есть катушка, в момент замыкания ключа $i_1 = i_{10}$; $i_2 = i_{20}$; $i_3 = 0$ (токи мгновенно не изменяются; шмык обозначений i_1, i_2, i_3, i - см. рисунок). По I пр. К $i = i_1 + i_2 + i_3 = i_{10} + i_{20} + 0 = i_0$

Запишем II пр. К для большого контура ($\mathcal{E} - R - L$):

$$\mathcal{E} = iR + i_3' L, \quad i_3' - \text{см. изменения тока в катушке } L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

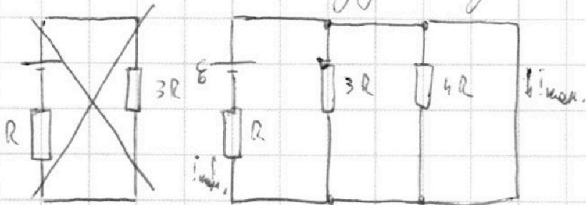
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Момент замыкания ключа: $\mathcal{E} = \bar{i}_0 R + \dot{i}_3' L$

$$\dot{i}_3'(0) = \frac{\mathcal{E} - \bar{i}_0 R}{L} = \frac{\mathcal{E} - \frac{4\mathcal{E}}{19} R}{L} = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$$

Т.к. в цепи всё ещё нет колеб-контуров, в уст. реж. падение напр-я на катушках станет равно 0. фактически, их можно будет заменить перемычками:



В отмеченный момент времени па-
дение напряжения равно 0 (па-
дение напр-я на катушке L), зна-
чит, ток $\frac{1}{3}$ рез-ры течь не будет.

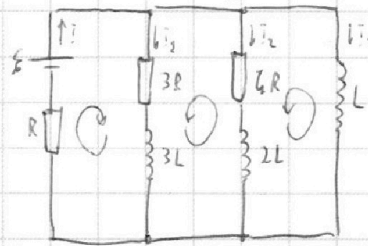
Рассмотрим $i_{\text{ном.}} = \frac{\mathcal{E}}{R}$

Рассмотрим промежуточный момент времени между за-
мыканием ключа и установившимся режимом:

$$\mathcal{E} = \bar{i}R + \dot{i}_1 \cdot 3R + \dot{i}_1' \cdot 3L$$

$$\mathcal{E} - \bar{i}R = 0 = \dot{i}_1 \cdot 3R + \dot{i}_1' \cdot 3L - \dot{i}_2 \cdot 4R - \dot{i}_2' \cdot 2L$$

$$0 = \dot{i}_2 \cdot 4R + \dot{i}_2' \cdot 2L - \dot{i}_3' \cdot L$$



$$\bar{i} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_3$$

$$\dot{i}_2 = \frac{\dot{i}_1 L}{4R} - \frac{\dot{i}_1' L}{2R}$$

$$\dot{i}_1 = \frac{2\dot{i}_2 L}{3R} + \frac{4}{3}\dot{i}_2' - \frac{\dot{i}_3' L}{R} = \frac{2\dot{i}_2 L}{3R} + \frac{\dot{i}_3' L}{3R} - \frac{2\dot{i}_2' L}{3R} - \frac{\dot{i}_3' L}{R} = \frac{\dot{i}_3' L}{3R} - \frac{\dot{i}_3' L}{R}$$

$$\mathcal{E} = \left(\frac{\dot{i}_3' L}{3R} - \frac{\dot{i}_3' L}{R}\right) \bar{i}R + \dot{i}_3' L - 3\dot{i}_2' L + 3\dot{i}_1' L = \bar{i}R + \dot{i}_3' L$$

Ответ: $\dot{i}_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$; $\dot{i}_3'(0) = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

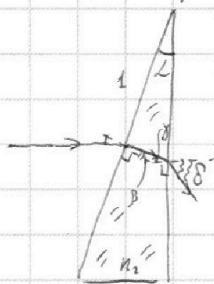
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



№5. Будем всегда рассматривать только 2 луча, идущая от источника: нормальная к левой грани β -й грани и выходящая нормально к левой грани β -й грани. При $n_1 = n_0 = 1$ β -призму с показателем преломления можно заменить на воздух. При этом ход лучей не изменится.



III. углы малы, $\sin L \approx L$; $\sin \beta \approx \beta$; $\sin \gamma \approx \gamma$; $\sin \delta \approx \delta$
(обозначения - см. рисунок)

$$\text{з.м.: } \begin{cases} \sin L = n_2 \sin \beta \\ \sin \gamma = \sin \delta \end{cases} \begin{cases} L = n_2 \beta \\ n_2 \gamma = \delta \end{cases} \begin{cases} \beta = \frac{L}{n_2} \\ \delta = n_2 \gamma \end{cases}$$

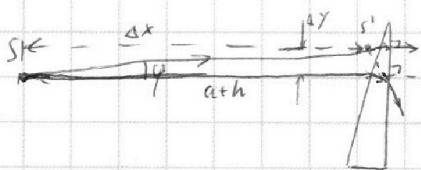
Из суммы углов в Δ -ках: $180^\circ = (90^\circ + \gamma) + \beta + (180^\circ - 90^\circ - L)$
 $\angle AOC \quad \angle AOC$
 $\angle ABC \quad \angle BAC \quad \angle ACB$

$$180^\circ + \gamma + \beta - L = 180^\circ$$

$$\gamma = L - \beta = L - \frac{L}{n_2} = L \frac{n_2 - 1}{n_2} \quad \delta = (n_2 - 1)L = (1.7 - 1) \cdot 0.1 \text{ рад} = 0.07 \text{ рад}$$

Луч выходит из призмы под углом 0° . Тогда он далее входит в нее под углом 0° .

$$\theta = \theta - 0^\circ = L \quad \text{из } \theta: \sin \theta = n_2 \sin(L - 0^\circ)$$



$$\theta \approx n_2 L \quad \varphi = \theta - L = (n_2 - 1)L = \delta = 0.07 \text{ рад}$$

$$\Delta y \approx (a+h) \tan \varphi \approx (a+h) \varphi = (90 \text{ см} + 10 \text{ см}) \cdot 0.07 \text{ рад} =$$

$$= 100 \text{ см} \cdot 0.07 = 7.28 \text{ см}$$

$$\Delta x \approx a+h - \Delta y \cdot \tan \delta \approx a+h - \Delta y \cdot \delta = 100 \text{ см} (1 - \delta^2) \approx$$

$$\approx a+h = \Delta x = a+h - \frac{\Delta y}{\tan \delta} = a+h - \frac{(a+h) \tan \varphi}{\tan \delta} = (a+h) - (a+h) = 0 \text{ см}$$

Δ_2 - расст. между источником и его изображением при $n_1 = 1$, $n_2 = 1.7$:

$$\Delta_2 = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} = \Delta y = 7.28 \text{ см}$$

(1 ч. решения)

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

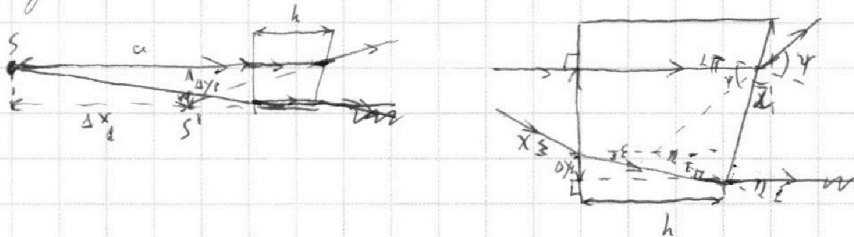
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Мысленно сдвинем четырёхгранную призму ближе к S на Δx . Толщина изображения четка почти не изменилась, однако теперь очевидно, что это изображение изображения источника, полученное с помощью 4-гранной призмы, полученное с помощью 3-гранной призмы. Не нам нужно найти смещение изображения, полученное с помощью 4-у. призмы, относительно источника.



$\gamma \ll h$ углы малы $\Rightarrow \sin \gamma \approx \gamma; \sin \tau \approx \tau; \sin \varepsilon \approx \varepsilon; \sin \chi \approx \chi$

$\sin \gamma = n_2 \sin L(z, a) \quad \gamma \approx n_2 L$

Аналогично $\tau = \frac{L}{n_1}$ Сумма углов в Δ -ке: $\varepsilon + \tau + (180^\circ - L) = 180^\circ$

$\varepsilon = L - \tau = L \frac{n_2 - 1}{n_1}$

$\sin \chi = n_1 \sin \varepsilon \quad \chi \approx n_1 \varepsilon = L(n_2 - 1)$

$\Delta x_1 = a \operatorname{tg} \chi + h \operatorname{tg} \varepsilon \approx a \chi + h \varepsilon = L(n_2 - 1) \left(a + \frac{h}{n_1} \right) \quad \Delta x_2 = (a + h) \frac{a n_1 \Delta y}{\operatorname{tg}(\gamma - L)} \approx (a + h) \left(1 - \frac{1}{\gamma - L} \right)$

$\approx (a + h) - \frac{(a + \frac{h}{n_1}) L (n_2 - 1)}{\frac{1}{n_1} L (n_2 - 1)} = h - \frac{h}{n_1} = h \frac{n_2 - 1}{n_1} = 16 \text{ см} \cdot \frac{1,4 - 1}{1,4} = 4 \text{ см}$

$\Delta x = \Delta x_1 - \Delta x_2 = 0,1(1,4 - 1)(90 \text{ см} + \frac{16 \text{ см}}{1,4}) = 4 \text{ см}$

Значит, итоговое изображение, создаваемое системой призм — все (100% решения)

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!

равно, что угол в 3-ур. призме меньше угла, полученного с помощью 4-ур. призмы.

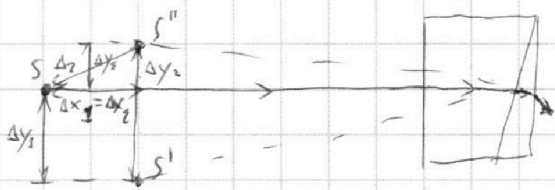
Получила 3-ур. призму не пер-ся в формулах $\Rightarrow \Delta y_3$ не влияет на расст. до углуб-я

$$\Delta y_2 = (a + b - \Delta x_1) \quad \Delta x_2 = \Delta x_1 = 4 \text{ см} = 0 \text{ см} \quad \Delta x_2 = \Delta x_1 = 4 \text{ см}$$

$$\Delta y_2 = (a + b - \Delta x_1) \varphi = (90 \text{ см} + 4 \text{ см} - 4 \text{ см}) \cdot 0,07 \text{ рад} = 7 \text{ см}$$

$$\Delta y_2 = \Delta y_2 - \Delta y_3 = 7 \text{ см} - 4 \text{ см} = 3 \text{ см}$$

(напр-я смещ-й углуб-я определяем построением - см. рис)



$$\Delta_2 = \sqrt{\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2} = \sqrt{(3 \text{ см})^2 + (4 \text{ см})^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: $\delta = 0,07 \text{ рад}$.

$$\Delta_1 = 7,28 \text{ см}$$

$$\Delta_2 = 5 \text{ см}$$



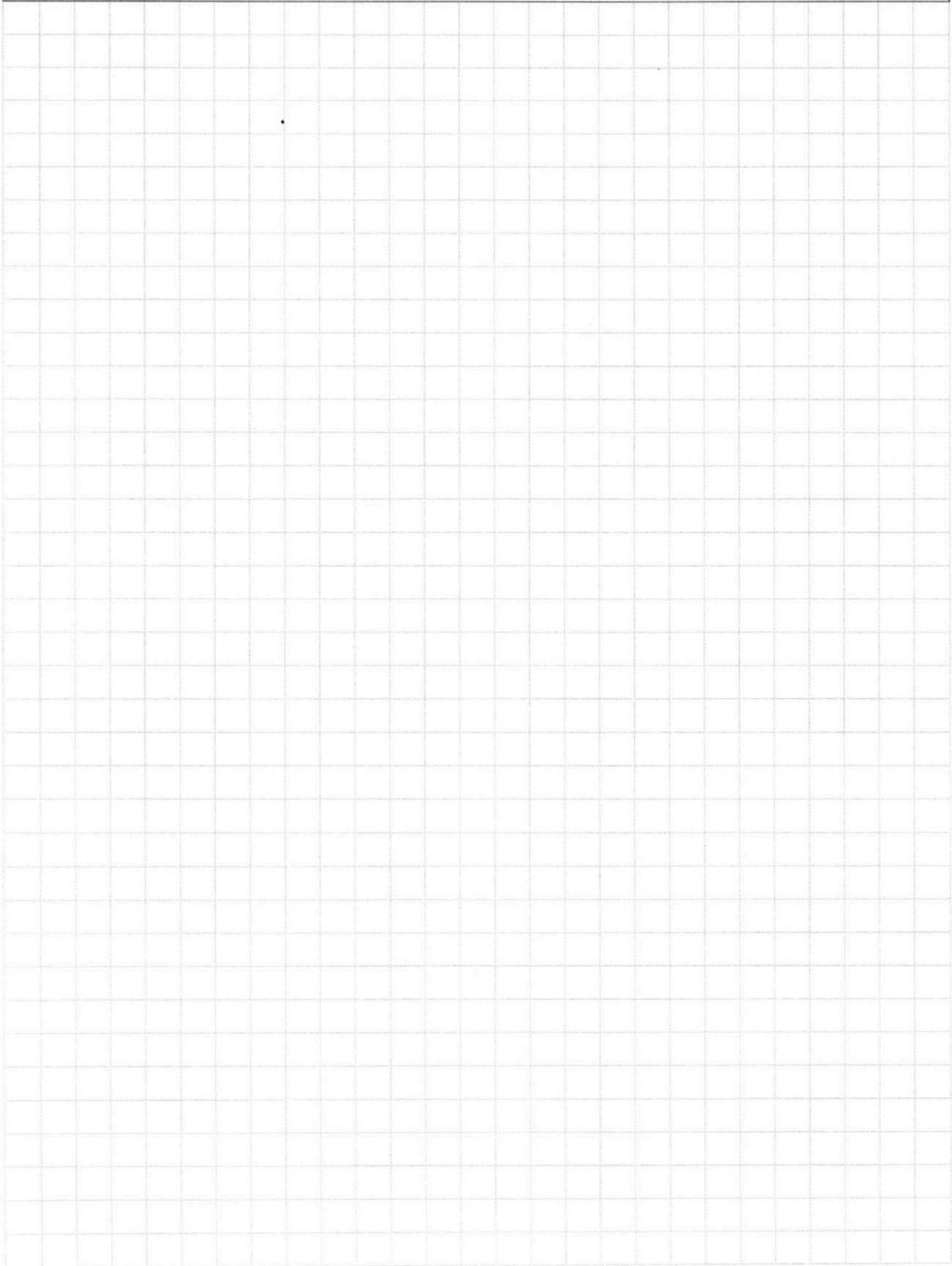
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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!

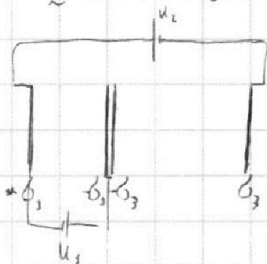


$$\frac{1}{3} L$$

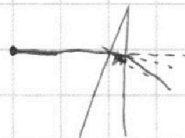
$$W_0 = \frac{3L \cdot i_{30}^2}{2} + \frac{2L \cdot i_{20}^2}{2} \quad W_{\text{ном.}} = \frac{L \cdot i_{\text{ном.}}^2}{2}$$

$$\Delta W = \left| \frac{3L \cdot 166^2}{19^2 \cdot 2R^2} + \frac{2L \cdot 98^2}{19^2 \cdot 2R^2} - \frac{L \cdot 8^2}{2R^2} \right| = \frac{L \cdot 8^2}{2R^2} \left| \frac{48}{289} + \frac{18}{289} - 1 \right| = \frac{223L \cdot 8^2}{578R^2}$$

$$W = \frac{3L \cdot i_2^2}{2} + \frac{2L \cdot i_1^2}{2} + \frac{L \cdot i_3^2}{2}$$



$$\frac{C_1}{\epsilon_0} U = U_1 \quad \frac{C_2}{\epsilon_0} U = \frac{U}{2}$$



$$L = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{L}{n_2}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = U_1 \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_0} U = U_1 \end{cases}$$

$$3\sigma_1 - \frac{\epsilon \epsilon_0}{2d} = 0$$

$$\sigma_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0}{6d}$$

$$\sigma_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 U}{2d} \quad \sigma_3 = -\frac{\epsilon \epsilon_0 U}{6d}$$

$$\sigma_2 = \frac{\epsilon_2 \epsilon_0}{d} + \sigma_1$$

$$\sigma_3 = \frac{\epsilon_3 \epsilon_0}{d} + \sigma_1$$

$$3\sigma_1 + \frac{\epsilon_2 \epsilon_0 U}{d} = U_1$$

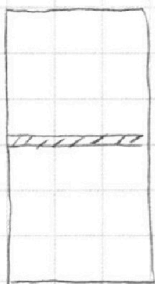
$$\sigma_1 = \frac{5U_1 \epsilon_0}{6d}$$

$$\gamma = 180^\circ - L - (90^\circ - \beta) = 90^\circ - L + \beta$$

$$\delta = n_2 \gamma = n_2 \left(\frac{\pi}{2} - L + \beta \right)$$

$$= L - \beta = L \frac{n_2 - 1}{n_2}$$

$$\delta = n_2 \gamma = (n_2 - 1)L$$



$$p_0 = \rho_0 \frac{V}{V_0}$$

$$\Delta p = k \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{V_0}$$

$$p_0 \frac{V}{V_0} = \rho_0 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{V_0} = \rho_0 R T_0$$

$$\Delta p = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$$

$$p_0 = \frac{\rho_0 R T_0}{\frac{V}{V_0}} + \frac{\Delta p R T_0}{\frac{V}{V_0}} \quad p_0 \frac{V}{V_0} = (\rho_0 + \Delta p) R T_0$$

$$\rho_0 + \Delta p = \frac{p_0 V}{k R T_0}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_0 + \Delta p} = \frac{p_0 V}{k R T_0} = \frac{1}{2}$$

$$p_0 \frac{V}{V_0} = \rho_0 R T_0$$

$$\Delta p = k p_0 \frac{V}{V_0} = k \rho_0 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{V_0} = \rho_0 R T_0 \quad p_0 \frac{V}{V_0} = \rho_0 R T_0$$

$$\Delta p R T_0 = \rho_0 R T_0 \quad \Delta p = k p_0 \frac{V}{V_0}$$

$$\Delta p R T_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{4} V$$

$$\frac{p_{\text{атм}} V}{4} = \rho_0 R T_0$$

$$p_{\text{атм.}} \frac{V}{5} = \rho_0 R T_0$$

$$(p_{\text{атм.}} - p_{\text{атм.}}) \frac{11V}{20} = (\rho_0 + \Delta p) R T_0$$

$$\times \frac{104}{7}$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{16}{18} \cdot (1,1 + 1,5) = \frac{8}{9} \cdot 2,6 = \frac{11}{10}$$

$$\left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) p_{\text{атм}} \frac{11}{20} = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$= \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{атм}}}{8} + k \frac{p_{\text{атм}}}{2} R T$$

$$\left(\frac{11}{16} - \frac{1}{8} \right) \frac{T}{T_0} p_{\text{атм}} = \frac{11}{20} p_{\text{атм}} \left(\frac{11}{20} + \frac{k R T}{2} \right) p_{\text{атм}}$$

$$p_{\text{атм.}} \frac{V}{5} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2}$$

$$p_{\text{атм.}} = \frac{5T}{4T_0} p_{\text{атм}}$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_0}{2}$$

$$\rho_0 R T_0 = \frac{p_{\text{атм}} V}{8}$$

$$\left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11}{20} p_{\text{атм}} = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

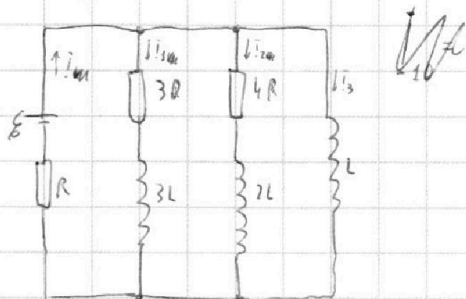
МФТИ

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



$$\frac{10}{v} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{4RT}{v} + 2,2$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{1,5 + 8,8}{10} = \frac{10,3}{10} = 1,03$$



$$i_{10} \cdot 3R + 3i_1' L + i_0 R = \mathcal{E}$$

$$i_{10} \cdot 3R = i_1' \cdot 3L + (i_1' + i_2')$$

$$i_1' \cdot 3L = i_2' \cdot 2L$$

$$\frac{i_1'}{i_2'} = \frac{2}{3} \quad i_2' = 1,5 i_1'$$

$$\frac{U_2'}{U_1'} = \frac{4 i_1' R}{3 i_2' R} = 2$$

$$\psi = n_2 L$$

$$\tau = \frac{L}{n_1} \quad \tau + \varepsilon + (180^\circ - \tau) = 180^\circ \quad \varepsilon = L - \tau = \frac{n_2 - 1}{n_1} L$$

$$X = n_2 \varepsilon = \frac{n_2(n_2 - 1)}{n_1} L$$

$$\Delta y = aX + h\varepsilon = a(n_2 - 1)L \left(a + \frac{h}{n_1} \right)$$

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{a+h} = \frac{a(n_2 - 1)L}{a+h} = (n_2 - 1)L \left(a + \frac{h}{n_1} \right) = 0,0014 \text{ м}$$

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{a+h} = \frac{a(n_2 - 1)L}{a+h} = (n_2 - 1)L \left(a + \frac{h}{n_1} \right) = 0,0014 \text{ м}$$

$$\Delta y = (a+h - \Delta x) \Delta \varphi = 7 \text{ мкм}$$

