



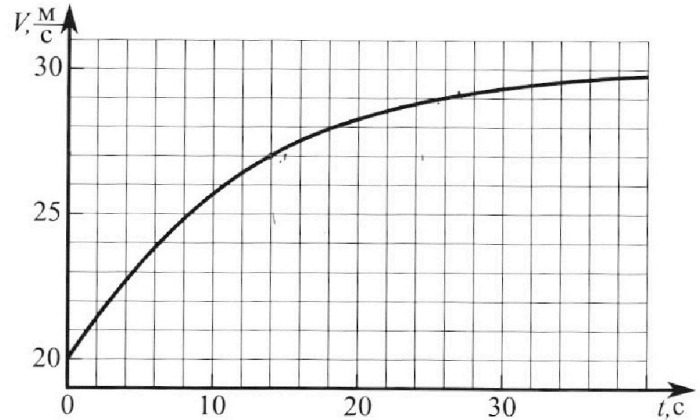
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 405$ Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

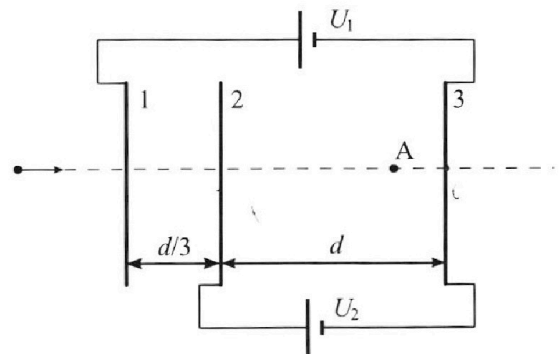
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество 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 конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{АТМ}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 2U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.

2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-02

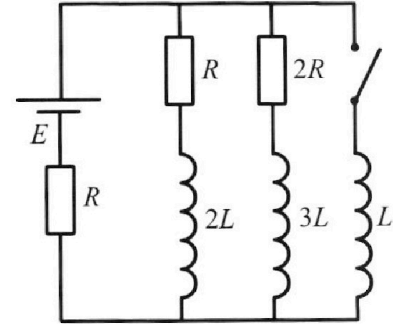
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

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

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

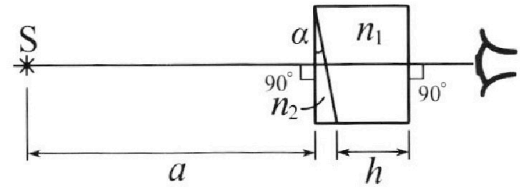


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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 — тангенс угла наклона касательной
к графику $v(t)$

На графике тангенс угла наклона в точке $v_1 = 27 \text{ м/с}$

$$\tan \alpha \approx \frac{4}{7} \approx \frac{4}{7} \text{ или } \tan \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\frac{40}{70} \text{ или } \frac{42}{70} \text{ погрешность } \frac{1}{35} \approx \frac{1}{40} \Rightarrow$$

ред выбора ~~в~~ выбирается число

$$\tan \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow a = 0,6 \text{ м/с}^2$$

2.) В конце разгона $a = 0$ и $v_{\text{кон}} = 30 \text{ м/с}$
и нет не силы сопротивления

на графике видно, что конечная скорость

$v_k \rightarrow 30 \text{ м/с}$, тогда 2 м/с

$F_{\text{ТК}} = F_{\text{сопр}} = F_k$, $F_{\text{Т}}$ — сила тяги, преодолевающая
возлежание, зависящая от
скорости

$$F_{\text{Т}} = \frac{P}{v(t)} \Rightarrow F_{\text{ТК}} = \frac{P}{v_k}, \text{ тогда}$$

$$\frac{P}{v_k} = F_k \quad P = F_k v_k \Rightarrow P = 405 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с} = 12150 \text{ Вт}$$

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!



Мощность на участке всей цепи
постоянна.

В момент времени t_1 ($t_1 = 12$ с)

$$M_A = F_T(t_1) - F_{\text{сопр}} \Rightarrow$$

$$F_{\text{сопр}} = F_T(t_1) - M_A = \frac{P}{v_1} - M_A = \frac{405 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{27 \text{ м/с}} - 300 \text{ кг} \cdot \frac{3}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$= 450 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 270 \text{ Н}$$

3) Мощность на участке всей цепи

$$P_{\text{сопр}} = F_{\text{сопр}} \cdot v_1 \Rightarrow$$

$$\text{Дано } k = \frac{P_{\text{сопр}}}{P} = \frac{F_{\text{сопр}} \cdot v_1}{P} = \frac{270 \text{ Н} \cdot 27 \text{ м/с}}{405 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}} = \frac{30}{50} = \frac{3}{5} \quad (60\%)$$

ответ: 1) $10,6 \text{ м/с}^2$ 2) 270 Н 3) $\frac{3}{5}$

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 checked="" 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!

Третья нет, поршень не соскакивает $\Rightarrow P_{силь} = P_{нуж}$

В начале $P_{силь}$ - давление поршня лауре

преобразованного мало \Rightarrow кол-во газа в газопроводном

состоянии тоже преобразованного мало.

~~Рис~~ Рис газа! (В формуле $v = v_0$)

$$P_H \cdot \frac{V_0}{2} = \gamma_N \cdot R T_0, \quad P_H - \text{неизвестное давление.}$$

Для нижней точки

$$1) \quad P_H \cdot \frac{V_0}{4} = \gamma_{ниж} \cdot R T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\gamma_{ниж}}{\gamma_N} = 2$$

Можно считать, что $\gamma_{ниж} = \gamma_{CO_2}$

2) В конце углекислый газ полностью вытеснит газ

\Rightarrow его новое количество

$$\gamma'_{CO_2} = \gamma_{CO_2} + \Delta \gamma = \gamma_{CO_2} + k \cdot \frac{V_0}{4} \cdot P_H$$

Пусть газ в газопроводном состоянии

то с их гор (иное давление) нет \Rightarrow

Рис
верхней
точки

$$P' \cdot \frac{V_0}{6} = \gamma_N \cdot R \frac{4}{3} T_0 \quad (1)$$

$$P_H \cdot \frac{V_0}{2} = \gamma_N \cdot R \cdot T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{P'}{P_H} = 4 \quad (2)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Реш ~~вот~~ найдем:

$$V_{\text{дож}} = V_5 - \frac{V_0}{6} - \frac{V_0}{4} = \frac{7V_0}{12} \Rightarrow P_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \Rightarrow P' = P_{\text{CO}_2}$$

$$P' \cdot \frac{7V_0}{12} = y'_{\text{CO}_2} \cdot R \frac{4}{3} T_0$$

$$(1): P' \cdot \frac{V_0}{6} = y_{\text{N}_2} \cdot R \frac{4}{3} T_0 \Rightarrow$$

$$\frac{y'_{\text{CO}_2}}{y_{\text{N}_2}} = \frac{7}{2}; \quad y_{\text{N}_2} = 2y_{\text{CO}_2} \Rightarrow$$

$$\frac{y_{\text{CO}_2} + \frac{V_0}{4} \cdot k \cdot P_{\text{H}_2}}{2y_{\text{CO}_2}} = \frac{7}{2} \Rightarrow y_{\text{CO}_2} = \frac{V_0}{24} k P_{\text{H}_2}$$

$$P_{\text{H}_2} \cdot \frac{V_0}{4} = \frac{V_0}{24} \cdot k P_{\text{H}_2} \cdot R \cdot \frac{3}{4} T_{\text{H}_2}$$

$$k = k \cdot \frac{3}{4} R T, \quad k = 0,6 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}, \quad R T = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$P = 3 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}$$

$$P = \frac{P}{4} - \text{равенство по равновесию}$$

где k — константа

Предположим о том, что равнение

вдоль оси (вдоль оси в равновесии) k — константа

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!

Т.к. жирность осталась в сосуре, $T = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$ -

равление на границе стержня -

$$P_{\text{ж.о}} = P_{\text{атм}}$$

Тогда $P' = P_{\text{атм}} + P_{\text{пар}}, P_{\text{пар}}$ - парциальное давление

воздуха (O_2) - ~~ж.о~~ - закон Дальтона.

$$P_{\text{пар}} = \frac{7}{12} V_0 = \left(y_{\text{соэ}} + k \frac{V_0}{4} \cdot P_{\text{H}} \right) RT$$

$$P' \cdot \frac{V_0}{6} = y_{\text{N}} RT, \quad y_{\text{N}} = 2y_{\text{соэ}} \quad \text{из } \text{исходных условий}$$

$$\begin{cases} \frac{7}{12} P_{\text{пар}} V_0 = y_{\text{соэ}} RT + V_0 \frac{P_{\text{H}}}{4} k RT \quad | \cdot 2 \\ P' \cdot \frac{V_0}{6} = 2y_{\text{соэ}} RT \end{cases} \quad \downarrow$$

$$\frac{7}{6} P_{\text{пар}} V_0 - P' \cdot \frac{V_0}{6} = \frac{1}{2} P_{\text{H}} \cdot V_0 k RT$$

$$kRT = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = \frac{9}{5}$$

(безразмерная величина)

$$\text{из условия (2): } P_{\text{H}} = \frac{1}{4} P'$$

$$P_{\text{пар}} = \frac{1}{7} P' + \frac{6}{7} \cdot \frac{1}{8} P' \cdot \frac{9}{5}$$

$$P_{\text{пар}} = \frac{76}{280} P' \quad ; \quad P_{\text{пар}} = P' - P_{\text{атм}}$$

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!

$$P' - P_{\text{гнч}} = \frac{76}{280} P'$$

$$P_{\text{гнч}} = \frac{280 - 76}{280} P' = \frac{204}{280} P' = \frac{51}{70} P' \Rightarrow$$

Котелное уравнение $P' = \frac{70}{51} P_{\text{гнч}}$.

Ответ: 1.) 2 $\frac{70}{51} P_{\text{гнч}}$.

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!

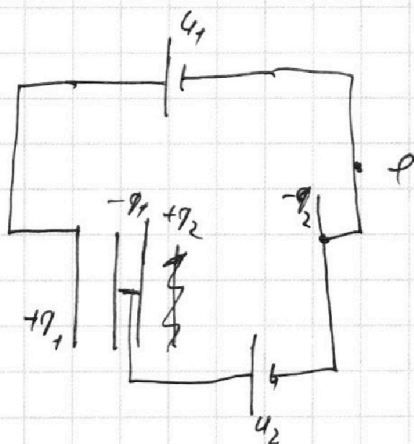
Размеры сети значительно больше $d \Rightarrow$ сеть можно

считать однородно-временными плоскостями.

Разделим сеть на две части и рассмотрим линии

$d \gg \lambda$, тогда ветви нет т.е. можно пренебречь \Rightarrow равною

систему можно рассматривать как две конденсатора



Пусть заряд конденсатора

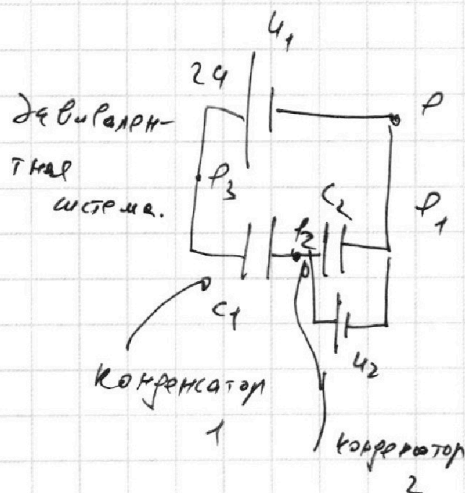
$$\frac{d}{3} - q_1, d_2 - q_2$$

Напряжения на 2

конденсаторе $U_2 = U$,

на 1 : $U_{c1} = U_1 - U_{c2} =$

$$= U_1 - U_2 = U$$



Принимая на однородности

потенциал $\varphi = 0$, обозначим

потенциал левой обкладки

2 конденсатора φ_1

Тогда между обкладками

$$\varphi_2 = \varphi + U, \text{ следовательно } \varphi_3 = \varphi + 2U.$$

При равном распределении зарядов вычисляется

и закон сохранения заряда, а из закона Кирхгофа \Rightarrow равное

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!



Распределение зарядов на конденсаторе.

1. Область между сегментами 2 и 3 - конденсатор 2

$$q_2 = C_2 \cdot U = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U, \text{ тогда поле}$$

$$E = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{q}{d} \Rightarrow \text{и } q = d \cdot E \text{ - второй закон Ньютона}$$

$$q = \frac{qE}{m} = \frac{q \cdot U}{m \cdot d}$$

2. Потенциальная энергия при широте 2 и 3 (всё):

$$\frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + (r_2 - r_1) \cdot q \quad k_3 - k_2 = \frac{m v_3^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = q \cdot U$$

$$\frac{m v_3^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + (r_1 - 0) \cdot q \quad (k_j = k_H + A_{поле})$$

Поле вно конденсаторов нет $\Rightarrow \rho = 0$
(того же напр. зарядов)

$$\frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + q E$$

$$\Rightarrow \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + q q + q \cdot \frac{2}{3} U$$

$$\frac{m v_3^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + 2 q U$$

(Максимальная скорость достигается от 3 и 2 сегментов) Т.к.

$$E = \text{const} \Rightarrow$$

Ответ: а) $\frac{qU}{m}$

б) $4q$

$$v) \sqrt{v_0^2 + \frac{20}{3} \frac{qU}{m}}$$

$$v_H = \sqrt{v_0^2 + \frac{20}{3} \frac{qU}{m}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

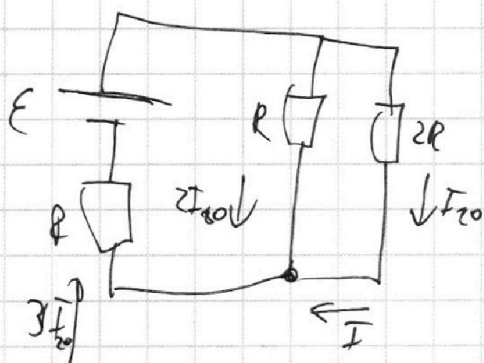
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



4. 1.) В уст. решении ~~И~~ $U_{2L}, U_{3L} = 0$ (короткое замыкание резистора 0) \Rightarrow



В уст. решении больше контура.
(на среднее значение токов не касаться)

$$E = 2I_1 R + 3I_2 R \Rightarrow$$

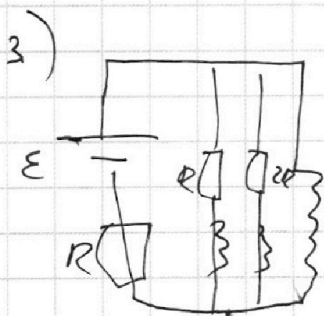
$$I_2 = \frac{E}{5R}$$

2) Сразу после замыкания ток не может

$\Rightarrow U_{2L}, U_{3L} = 0$ (у короткого) \Rightarrow

$$U_L = I_2 \cdot 2R = \frac{2E}{5}$$

$$L \dot{I} = \frac{2E}{5} \Rightarrow \dot{I} = \frac{2E}{5L}$$



В уст. решении ток важен только по большому контуру
(с контуром 4)
 $\Rightarrow I_E = \frac{E}{R}$

Зависит значение напряжения по веткам $2R$ и L в момент изменения у напряжения составляет в контуре.

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"/>



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



$$I_1 \cdot 2R + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI_2}{dt} \quad I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow$$

$$\frac{dq_{ze}}{dt} \cdot 2R + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI_2}{dt}$$

$$dq_{ze} \cdot 2R + 3L \cdot dI_1 = L dI_2 \quad - \text{интегрируем}$$

$$q_{ze} \cdot 2R + 3L(0 - I_{20}) = L(I_k - 0)$$

$$q_{ze} \cdot 2R = L \cdot I_k + 3L \cdot I_{20} \approx L \cdot \frac{\varepsilon}{R} + 3L \cdot \frac{2}{5} \frac{\varepsilon}{R} = \frac{8}{5} \frac{\varepsilon}{R} L$$

$$q_{ze} = \frac{4}{5} \frac{\varepsilon}{R} L$$

Ответ: а) $\frac{\varepsilon}{5R}$ б) $\frac{2\varepsilon}{5L}$ в) $\frac{4}{5} \frac{\varepsilon}{R} \cdot L$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

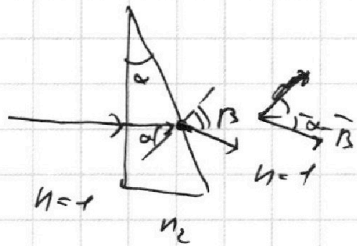
1 2 3 4 5 6 7



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



1. Т.к. $n_1 = n_2 = 1,0$ отклонение будет происходить только в призме n_2



Закон преломления

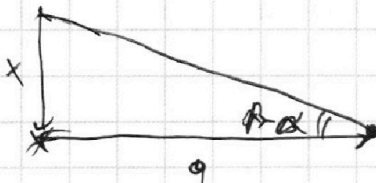
$$n_2 \cdot \alpha = \beta \quad (\text{угол падения } \sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta)$$

Угол отклонения

из геометрии $\delta = \beta - \alpha = \alpha(n_2 - 1)$

$$\Rightarrow \alpha(n_2 - 1) \approx 0,05 \text{ рад} \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад.}$$

2. Т.к. толщина призмы очень мала \Rightarrow изображение не сместится из горизонтали отклонения.



$$(\text{из геометрии } x = q \cdot \tan(\beta - \alpha) = q \cdot (\beta - \alpha))$$

$$= q \cdot \alpha(n_2 - 1) = 200 \text{ см} \cdot 0,03 \text{ рад} =$$

$$= 6 \text{ см.}$$

3. Рассмотрим данную систему как сферическую линзу из двух сред n_1 и n_2 с углом α и преломляющей способностью n_1 и n_2 . (Между средами n_1 и n_2 плоскость n_1 развита в радиусе R и преломляющей $n_1 = 1$ толщиной $d_1 \gg 0$)

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

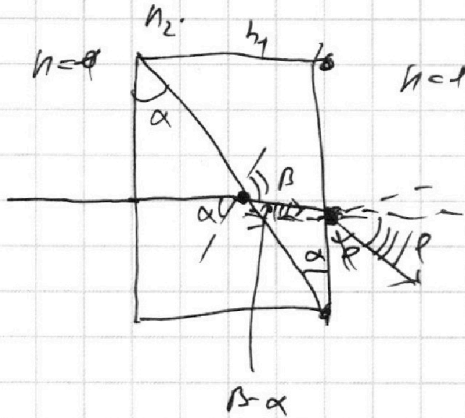


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Рассмотрим смещение луча на вертикали параллельно

прохождению луча и поверхности.



Проложем!

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

из геометрии второго треугольника

$$n_1 (\beta - \alpha) = p \cdot n_1, \quad n=1$$

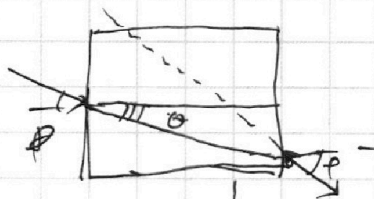
$$\beta = \frac{n_2}{n_1} \cdot \alpha$$

$$p = n_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \alpha - \alpha \right) = \alpha (n_2 - n_1)$$

Тогда смещение p на вертикали из 2 точек

$$x' = a + p = a \cdot p = a \cdot \alpha (n_2 - n_1) = 200 \text{ см} \cdot 0,2 \cdot 0,05 = 2 \text{ см}$$

далее разность луча поперек p иносю нормальному направлению n_1 , которая смещает луч на p вдоль n_1 и вертикали на x_2 и x_1 соответственно



$$p = \theta \cdot n_1$$

смещение луча x_2

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

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

Смотрим по горизонтали

$$x_2 = h \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \text{по геометрии}$$

$$= 9 \text{ см} \cdot \left(1 - \frac{1}{10}\right) =$$

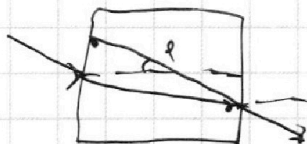
$$= 8 \text{ см}$$

$$h \cdot \varnothing = (h - x_2) \cdot \rho$$

$$h \cdot \frac{\rho}{n} = h - x_2 - \rho \Rightarrow x_2 = h - \frac{h}{n}$$

Смотрим по вертикали:

$$x_3 = x_2 \cdot \rho = 8 \text{ см} \cdot 0,01 = 0,08 \text{ см}$$



x_3 — ширина по краю

Тогда расстояние от центра ρ до угла

равно по Т. Пифагора.

$$x_{\text{отг}} = \sqrt{x_2^2 + x_3^2} = \sqrt{64 \text{ см}^2 + 0,0064 \text{ см}^2} \approx 8 \text{ см}$$

Ответ: а.) 0,03 рад.

б.) 6 см

в.) 205 см.



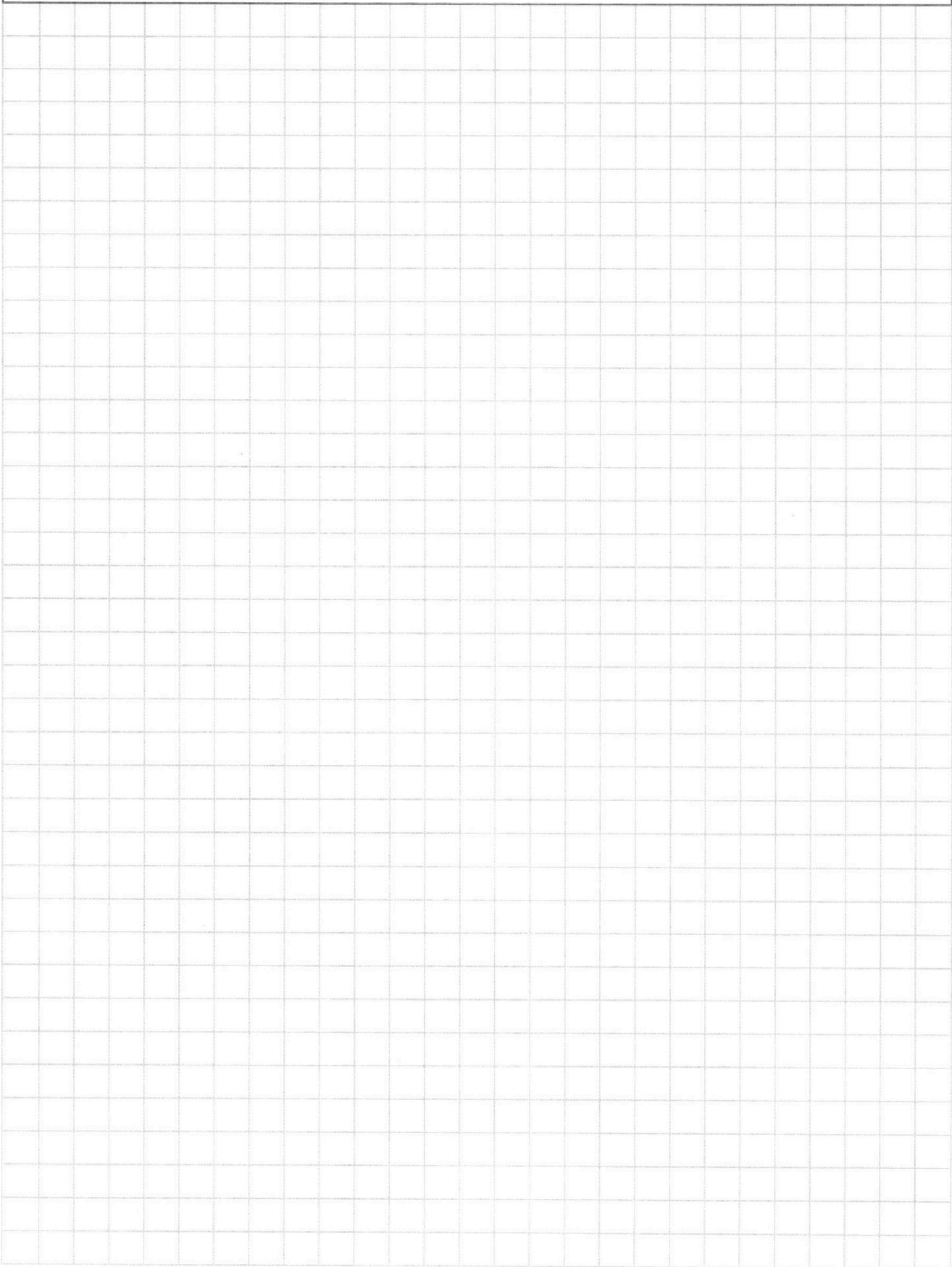
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

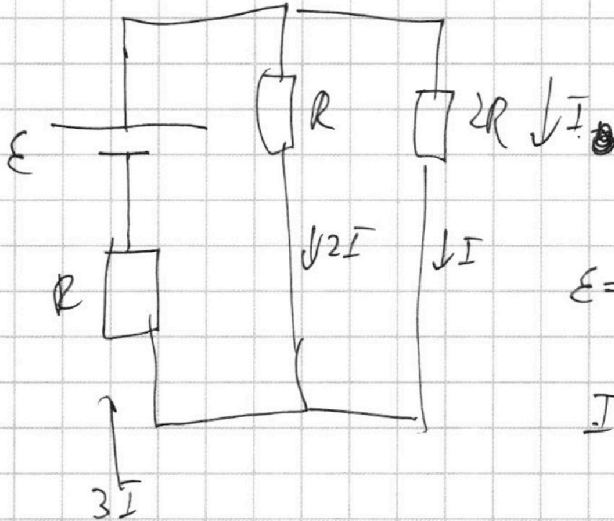
1 2 3 4 5 6 7



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



4.



$$\varepsilon = I \cdot 2R + 3I \cdot R = 5IR$$

$$I = \frac{\varepsilon}{5}$$

$$\varepsilon = 3IR = \frac{3}{5} \varepsilon$$

$$\frac{2\varepsilon}{5} = L \cdot \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{2\varepsilon}{5L}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

~~$$L \frac{dI}{dt} = 2R \cdot I$$~~

$$\frac{dI}{dt} \cdot 2R + 3L \frac{dI}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

$$0 = \frac{\varepsilon}{5R}$$

$$2R \cdot dI + 3L \left(\frac{\varepsilon}{5L} - I \right) = L \cdot \left(\frac{\varepsilon}{5L} - I \right)$$

$$2R \cdot dI = \frac{L\varepsilon}{5} + \frac{3\varepsilon L}{5R} \Rightarrow \frac{4\varepsilon L}{5R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

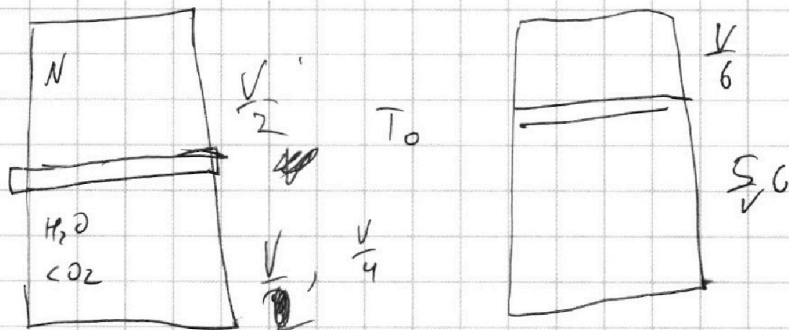
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

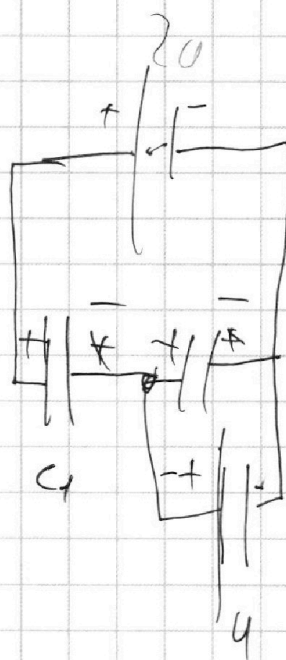
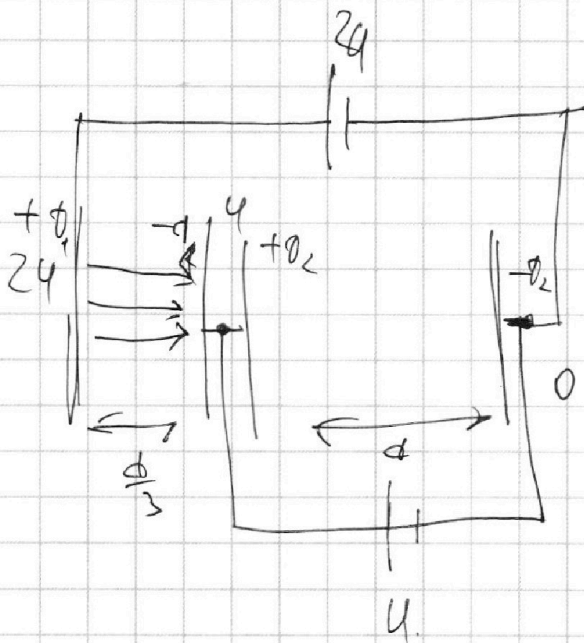


2.



$$\Delta y = \epsilon p w$$

3.



$$U = \frac{q_2}{C} = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$q_2 = \frac{U \cdot \epsilon_0 S}{d}$$

$$2U = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3}$$

$$U = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} \Rightarrow q_1 = \frac{3U \epsilon_0 S}{d}$$

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!

$$\beta = (h_1 - h_2) \alpha$$

$$h_1 \alpha = h_2 \beta$$

$$\beta = \frac{h_1}{h_2} \alpha$$

$$p = \beta \cdot h_1$$

$$(\beta \cdot h_1) = p$$

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

$$h - \frac{h}{n}$$

$$h \cdot \operatorname{tg} \beta = x \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$h = x - h$$

$$x = \frac{h}{n}$$

$$\sqrt{a^2 - p^2 + \left(h \cdot \left(1 - \frac{h}{n}\right)\right)^2}$$

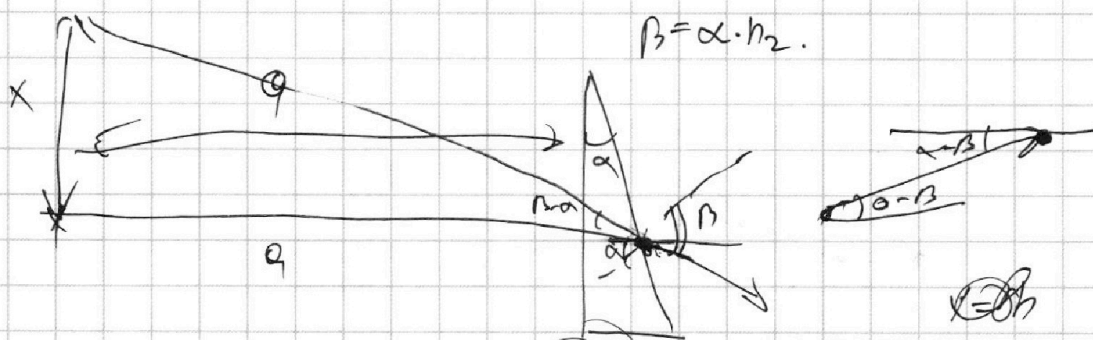
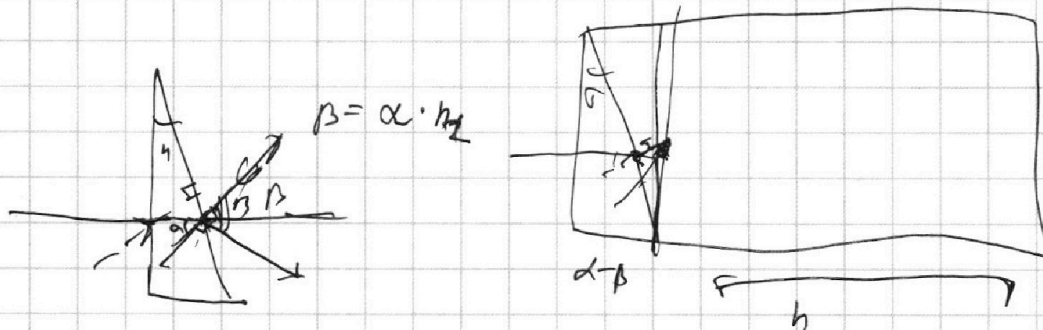
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

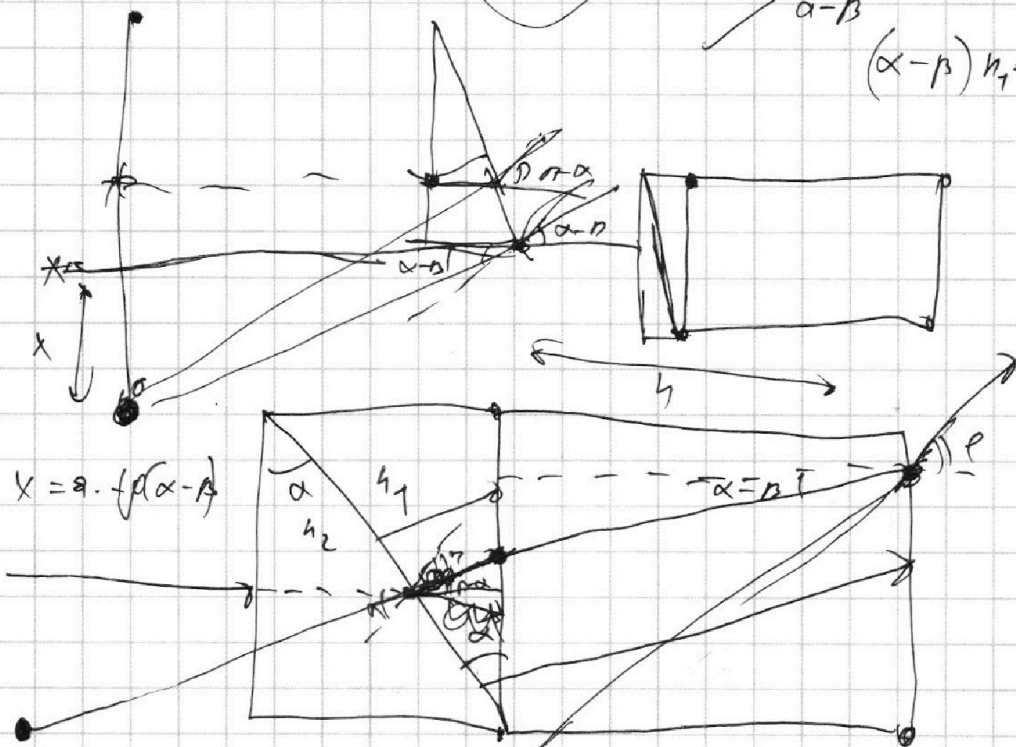
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$x = a \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$(n_2 - 1) \alpha$$

$$(\alpha - \beta) n_1 = \rho$$



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!



Handwritten solution on grid paper:

2×2000 (circled)
 15000 (circled)
 $U_3^2 +$
 $U_5^2 - U_2^2 = \frac{2 \cdot 24}{15} = 30$
 $11:30$
 $13:00$
 $g = \frac{90}{18}$
 $g = \frac{50}{18}$
 $10/18$
 $8/18$
 $U_3^2 = U_4^2$
 $(P_2 + P_{max}) \cdot \frac{V}{8} = 2y_0 R T$
 $P_0 \cdot \frac{V}{2} = 2y_0 R T$
 $P_{max} = \frac{7}{12} y_0 = (y_0 + k P_0 \cdot \frac{V}{4}) R T$ (circled)
 $(P_2 + P_{max}) \cdot \frac{V}{8} =$
 $(P_2 + P_{max}) \cdot \frac{V}{8} =$
 $(P_0 + P_{max}) \cdot \frac{V}{6} = 2y_0 R T$
 $P_0 = \frac{P_{124} + P_{max}}{4}$
 $P_{124} \cdot \frac{V}{6} + \frac{12}{7} (y_0 + k P_0 \cdot \frac{V}{4}) \cdot R T = 2y_0 R T$
 $P_{124} \cdot \frac{V}{6} = R T (2y_0 - \frac{12}{7} y_0 - 2 P_0 \cdot \frac{V}{4})$

Diagrams include:

- A horizontal vector labeled $\frac{2}{3} d$.
- A horizontal vector labeled d .
- A vector diagram with angle α .
- A horizontal vector with a point labeled $\frac{2}{3}$.
- A vector diagram with angle $\frac{\alpha}{3}$.
- A diagram showing a rectangular area with a diagonal line and an arrow pointing downwards.

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!



$$P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \gamma R T_0$$

$$P_0 = \frac{2\gamma R T_0}{V_0}$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = \gamma R \frac{4}{3} T_0$$

$$P = \gamma R \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{V} T_0$$

$$\frac{P}{P_0} = 4$$

Есть ли чар?

$P_0, P, \gamma_0,$

$$\gamma_{\text{ср}} = 2\gamma_0$$

$$P_{\text{нар}} = 0$$

$$P = 4P_0$$

$$\gamma_0 = 2\gamma$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \gamma_0 R T_0$$

$$P \cdot \frac{7}{12} V = \left(\gamma_0 + \frac{V}{4} \epsilon P_0\right) R \frac{4}{3} T_0$$

$$P =$$

$$\frac{P}{P_0} = 4$$

$$P_0 = \frac{P}{4}$$

$$\frac{7}{12} \cdot \beta = \frac{\gamma_0 + \frac{V}{4} \epsilon P_0}{2\gamma_0}$$

$$P \cdot \frac{7}{12} V = \left(\gamma_0 + \frac{V}{4} \epsilon P_0\right) \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$7\gamma_0 = \gamma_0 + \frac{V}{4} \epsilon P_0$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = 2\gamma_0 R \frac{4}{3} T_0$$

$$\gamma_0 + \frac{V}{4} \epsilon P_0 = 2\gamma_0$$

$$\gamma_0 = \frac{V}{4} \epsilon P_0$$

$$\gamma_0 = \frac{V}{24} \epsilon P_0$$

$$\gamma_0 = \frac{V}{4}$$

$$P_{\text{нар}} + \frac{V}{4} = \frac{V}{4} \epsilon P_0 \cdot RT$$

$$P \cdot \frac{V_0}{6} = \gamma_0$$

$$P = \frac{V}{6} = 2\gamma_0 \cdot RT$$

$$P = 6\gamma_0$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

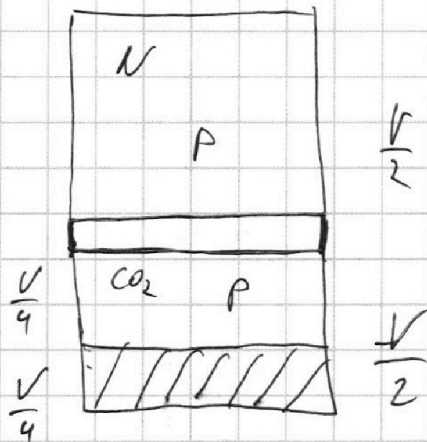
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Н.М.В



$$PV = \nu RT$$

T_0

$$\Delta y = k p w$$

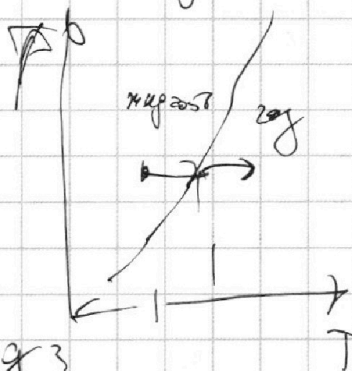
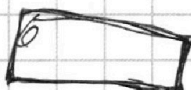
$$\Delta y_{\text{расст.}} = k w \cdot P_{\text{расст.}} = k \frac{V}{4} \cdot P_{\text{расст.}}$$

$$A = P = \frac{dA}{dt} = F \cdot \frac{dL}{dt} = F \cdot w$$

$$P \cdot \frac{V}{2} = \nu_w R T_0$$

$$P \cdot \frac{V}{4} = \nu_{CO_2} R T_0 \Rightarrow \frac{\nu_w}{\nu_{CO_2}} = 2$$

$$A_w = A_{CO_2}$$



$$P_{\text{расст.}} \cdot \frac{V_0}{6} = \nu \cdot k T \cdot \frac{V}{3} T_0$$

$$P_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \nu R T_0$$

$$\frac{P_{\text{расст.}}}{P_0} = \frac{\nu \cdot 2 \cdot 10^9}{3 \cdot 8 \cdot 10^9}$$

$$\frac{27 \cdot 83}{30 \cdot 155} = 10$$

$$P_{\text{расст.}} = \frac{1}{2} P_0 \quad \frac{9}{15} = 3$$

$$\frac{10 \cdot 27 \cdot 83}{15 \cdot 30 \cdot 105}$$

$$\frac{270}{150} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{27}{15 \cdot 30} = 10$$

$$\frac{3}{50}$$

$$\frac{3}{4} \cdot 100 = 75^\circ C$$

$$405 \cdot 300$$

$$405 \cdot \frac{127}{15}$$

$$15 \cdot 30 \quad \begin{array}{r} 450 \\ -180 \\ \hline 270 \end{array}$$

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!



$$mq = \frac{P}{v} - F_{\text{соп.}}$$

1. $P = \text{const}$

$v(t), v_0 = 300 \text{ м/с}$

$\frac{1}{5}, \frac{1}{8}$

$\frac{P}{v} = F$

$v_k \rightarrow 30 \text{ м/с}$

$F_k = 405 \text{ кН}$

$P = F \cdot v$

$F = \frac{P}{v} \quad P = F_k \cdot v_k$

$$\begin{array}{r} 405 \\ \times 3 \\ \hline 12150 \end{array}$$

$A = F \cdot L$

$$\frac{4 \cdot 71}{7} + \frac{3}{5}$$

$mq(v_1) = \frac{F_k \cdot v_k}{v_1} - F$

$F = \frac{k_v \cdot v_k}{v_1} - mq$

$$\begin{array}{r} 405 \quad 19 \\ \times 26 \\ \hline 45 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 405 \cdot 30 \\ \times 3 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 405 \quad 27 \\ \times 27 \\ \hline 135 \end{array}$$

$$15 \cdot 30 = 300 \cdot \frac{3}{5} = \frac{450}{180} = 270$$



$\frac{3}{7}, \frac{4}{7}, \frac{40}{70}, \frac{41}{70}$
 $\frac{21}{8}, \frac{22}{55}$

$\frac{70}{70}$

$\frac{P_{\text{соп.}}}{P_{\text{поп.}}} = \eta = \frac{P_{\text{соп.}} \cdot v_1}{P_{\text{поп.}} \cdot v_2} = \frac{270}{405} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$

$\eta \gamma = k \cdot \frac{V}{V_0} \cdot P_0$

$\frac{1}{12} v - \text{const} \quad \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{5} v - \frac{3}{4} = \frac{2}{12} v$

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!



$$\frac{dI}{dt} \quad E$$

$$+ \frac{34 \text{ В}}{d}$$

$$- \frac{30 \text{ В}}{d}$$

$$+ \frac{4 \text{ В}}{d}$$

$$- \frac{4 \text{ В}}{d}$$

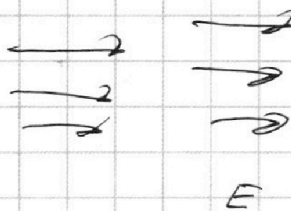
$$2IR + u_{3L} = u_L$$

$$u_{2L} = IR = u_L$$

~~$$2IR$$~~

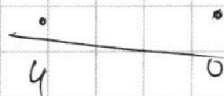
$$\frac{q_2}{\epsilon_0 S} = E = \frac{U}{d}$$

$$Eq = \mu q \Rightarrow q = \frac{U}{d} \frac{1}{\mu}$$



$$\frac{\mu U^2}{2} = \left(\frac{\mu U^2}{2} + q \cdot 4 \right)$$

$$\frac{\mu U^2}{2} = \frac{\mu U^2}{2} + q \cdot 4 \quad \frac{2d}{3}$$



$$q \cdot 4 \quad \frac{\mu U^2}{2} = \frac{\mu U^2}{2} + q \cdot 4$$

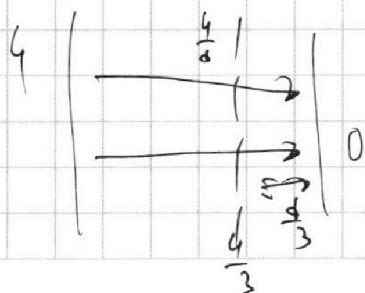
$$q \cdot 4 =$$

$$\frac{\mu U^2}{2} = \frac{\mu U^2}{2} + q \cdot 4$$

$$\frac{\mu U^2}{2} + q \cdot 2 \cdot 4 = \frac{\mu U^2}{2} + q \cdot \frac{4}{3}$$

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

$$E = \frac{4}{d} \cdot \frac{2}{3} d$$



$$\frac{\mu U^2}{2} = \frac{\mu U^2}{2} + q \cdot \frac{4}{3}$$



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

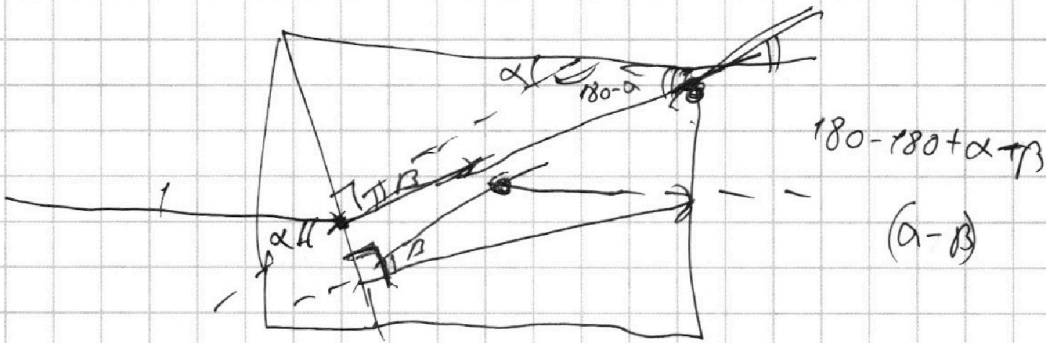
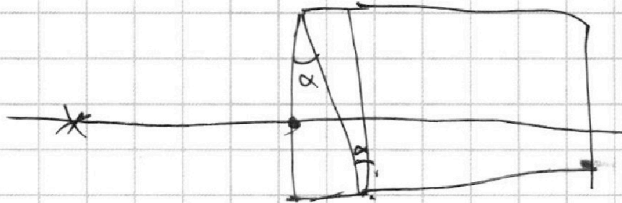
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



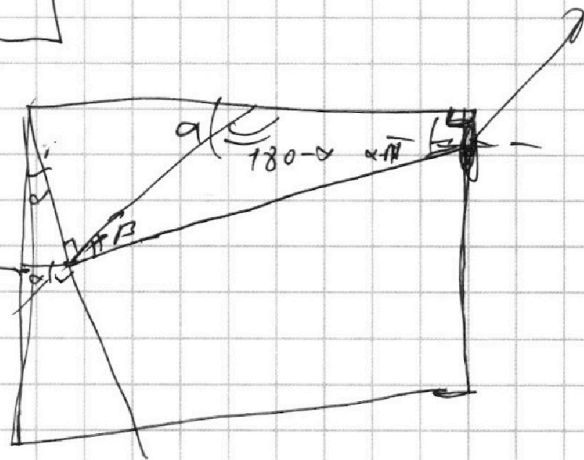
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5.



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

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



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

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

$$180$$

$$360 - 180 + \alpha - \beta = 90$$

$$(n_1 - n_2) \alpha$$

$$90 = (\alpha - \beta)$$

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!



1. ~~Ускорение в графике~~

$$\frac{200}{280} \neq \frac{51}{70}$$

1. Ускорение - касательная к графику $v(t)$ $\frac{27}{20}$

в точке v_1

v_2 графике

$$3 \cdot 10^3 \cdot \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^3$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{\Delta y}{6} \cdot R T_0$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{k \cdot P_0 \cdot V}{6} \cdot R T_0$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{3}{4} \cdot 3$$

$$P_H \cdot \frac{V_0}{2} = y_H \cdot R T_0$$

$$P_H \cdot \frac{V_0}{4} = y_{\text{cos}} R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{y_{\text{cos}}}{y_H} = 2$$

$$\frac{y_H}{y_{\text{cos}}} = 2$$

$$\delta = \epsilon \cdot R T_0 =$$

$$R T = 2 \cdot 10^3$$

$$\Delta y = k P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

ср.

Ручка и карандаш нет

$\frac{5}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{15}{8}$
 $\frac{7}{6} P_{\text{max}} - P_0 \cdot \frac{V}{6} = \frac{1}{2} P_0 \cdot V$
 $\frac{7}{6} P_{\text{max}} = \frac{1}{2} P_0 \cdot V + P_0 \cdot \frac{V}{6} = \frac{2}{3} P_0 \cdot V$
 $P_{\text{max}} = \frac{2}{7} P_0 \cdot V$
 $\frac{7}{6} P_{\text{max}} = \frac{2}{3} P_0 \cdot V$
 $P_{\text{max}} = \frac{2}{7} P_0 \cdot V$

$\frac{P_0 \cdot V}{6} = \frac{y_0 \cdot R T}{6}$
 $\frac{P_0 \cdot V}{2} = y_0 R T$
 $\frac{P_0 \cdot V}{6} = \frac{y_0 \cdot R T}{3}$

$$P' \cdot \frac{V}{6} = y R \frac{V}{3} T$$

$$P_H \cdot \frac{V_0}{2} = y R T$$

$$\frac{P'}{P} = 4$$

$$P' \cdot \frac{7}{12} V = (y_0 + \Delta y) R T$$

$$P' \cdot \frac{V}{6} = 2 y_0 R T \Rightarrow$$

$$V - \frac{V}{6}$$

$$\frac{70}{280}$$

$$\frac{7}{2} = \frac{y_0 + \Delta y}{20}$$

$$P_0 \cdot V = \frac{\Delta y}{3} R T$$

$$\Delta y = \Delta y \quad y_H = \frac{\Delta y}{6}$$

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!



$$3 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}$$

$$3 \cdot \frac{3}{5}$$

$$\frac{5}{7} + \frac{3}{7} \cdot \frac{9}{5} = \frac{47}{35}$$

P_0

$$P_{\text{max}} = \frac{4}{7} P_0 + \frac{3}{7} P_0 (RT)$$

$$\frac{9}{5} \cdot \frac{3}{7} P_0 (P_{\text{атм}} + P_{\text{max}}) = P_{\text{exp}} = 4P_{\text{атм}}$$

$$P_{\text{атм}} = \frac{24P_0 \cdot RT_0}{V_0}$$

$P_{\text{атм}}$

$$P_{\text{exp}} = \frac{47}{35} P_0$$

$$P_{\text{max}} = \frac{47}{35} \left(\frac{P_{\text{атм}} + P_0}{4} \right)$$

$$\Delta y = k \frac{24P_0 RT_0}{V_0} \cdot \frac{V_0}{4} = \frac{48kRT_0}{3}$$

$$\frac{7}{6} P_{\text{exp}} = \frac{4P_0}{6} + \frac{1}{2} k P_0 RT$$

$$(P_0 + P_{\text{max}}) \frac{V}{T_2} = \dots$$

$$P_{\text{max}} \cdot \frac{7}{12} V_0 = y_{\text{св}} RT$$

$$P_{\text{exp}} \cdot \frac{V_0}{6} = y_{\text{св}} RT$$

$$kRT = \frac{140}{115}$$

$$P_{\text{max}} \cdot \frac{7V_0}{12} = y_0 (1 + RT_0) RT = \dots = \frac{47}{35} P_{\text{атм}}$$

$$P_0 = \frac{P}{4} = P_{\text{св}}$$

$$P_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{4} = y_0 k T_0$$

$$y_{\text{св}} RT$$

$$(y_0 + k \cdot w \cdot P_0) RT$$

$$\frac{7}{6} V_0 P_{\text{max}} = 24 P_0 RT \frac{35}{140}$$

$$y_0 RT + k w P_0 RT$$

$$\frac{7}{6} V_0 P_{\text{max}} - P_{\text{exp}} \cdot \frac{V_0}{6} = 24 P_0 RT \cdot \frac{V_0}{4} \cdot \frac{1}{4} = 24 P_0 RT$$