



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

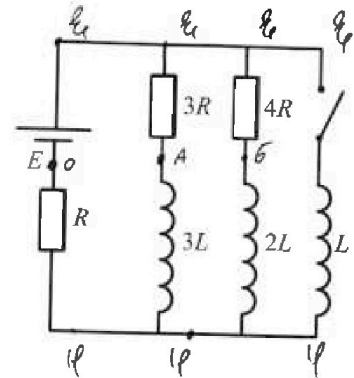


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

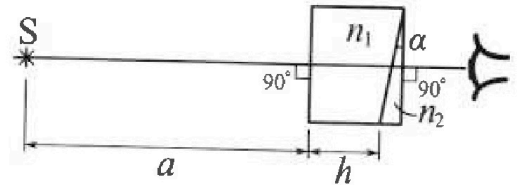
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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

2) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.

3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



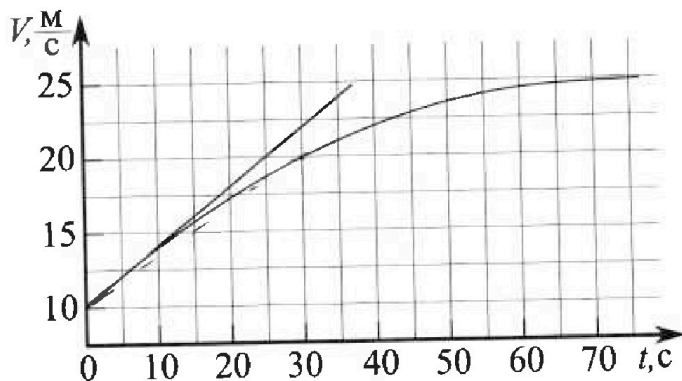
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03



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%.

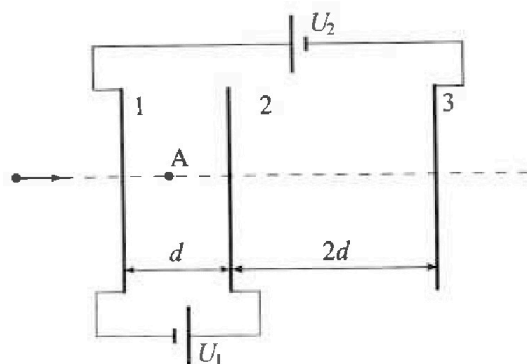
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделен тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 объем $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворенного газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объем 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 объема жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в сосуде T/T_0 .

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.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

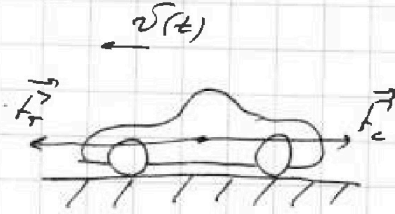
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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)



Пусть F_T - сила тяги,
а F_c - сила сопротивления

$$\text{то уч.: } F_c = k \cdot v$$

$$2 \text{ ЗН. к. } F_T - F_c = ma$$

$$F_T - kv = ma$$

2) Замечу, что при скорости $v = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

автомобиль перестал ускоряться, т.е. $F_T = F_k = F_c \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_k = k \cdot 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow k = \frac{600 \cdot \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}}{25} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

3) Найду a_0 из графика, где a_0 - макс. ускорение:

Прямую касательную к части графика, начинающуюся в диапазоне 0-5с, тогда:

По определению $\dot{v} = a$

$$\text{Тогда } a_0 = \frac{(20-10) \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \text{с}} = \frac{10}{25} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{2}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

4) Найду F_0 : $F_0 - k \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = ma_0 \Leftrightarrow F_0 = 1500 \text{кг} \cdot \frac{2}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 240 \text{Н}$

$$F_0 = 840 \text{ Н}$$

5) $P_0 = F_0 \cdot v_0$, где $v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$P_0 = 8400 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $F_0 = 840 \text{ Н}$

3) $P_0 = 8400 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

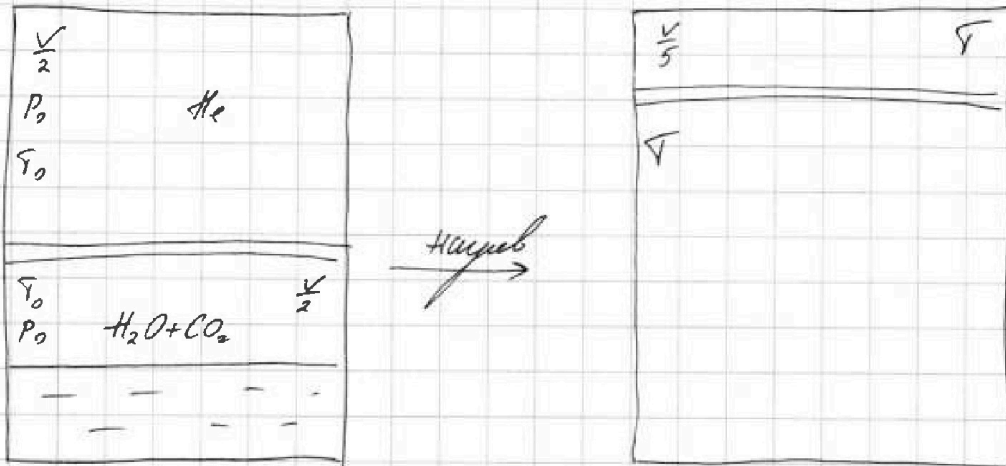
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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



1) Т.к. по условию при максимальной температуре будет достигнуто равновесие паров между собой, то снизу на паровой границе будет баланс ρ_{CO_2} , тогда

$$\begin{cases} P_0 \cdot \frac{V}{4} = \rho_{CO_2} \cdot R T_0 \\ P_0 \cdot \frac{V}{2} = \rho_{He} \cdot R T_0 \end{cases} \iff \frac{\rho_{He}}{\rho_{CO_2}} = 2$$

2) Т.к. цилиндр теплопроводящий, то над поршнем и над собой будет ~~такая~~ одинаковая температура T . По второму закону Ньютона давление в обеих частях поршня равно в ус. решение.

3) Работ. объем CO_2 ; $i_{CO_2} = 5$, т.к. молекула линейная.

$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = \rho_{CO_2} R T_0$$

$$P' V' = \rho' R T$$

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!

$$\# \quad J' = J_{\text{CO}_2} - \Delta J, \text{ где } \Delta J = kp' \left(\frac{V}{2} - V' \right) \left(\frac{4}{5}V - V' \right)$$

$$\text{Тогда: } p'V' = \left(J_{\text{CO}_2} - kp' \left(\frac{V}{2} - V' \right) \right) \frac{4}{5}V - V'$$

4) Рассм. He:

$$\begin{cases} p_0 \cdot \frac{V}{2} = 2RT_0 \\ p \cdot \frac{V}{5} = 2RT \end{cases} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2p}{5p_0}, \text{ где } p = p' + p''$$

↑ давление CO₂ ↑ давление паров

5) Рассм. ~~воз.~~ *воздушной пар:*

$$p'' \cdot V' = 2RT \Rightarrow p = \frac{2_0RT}{V'} + \frac{(J_{\text{CO}_2} - kp' \left(\frac{V}{2} - V' \right)) RT}{V'}$$

$$\text{Тогда } V = \frac{V}{5} + V' + V'' \Rightarrow V'' = \frac{4}{5}V - V'$$

$$dJ_{\text{CO}_2} = kV_0 \cdot dp_{\text{CO}_2} \Rightarrow$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

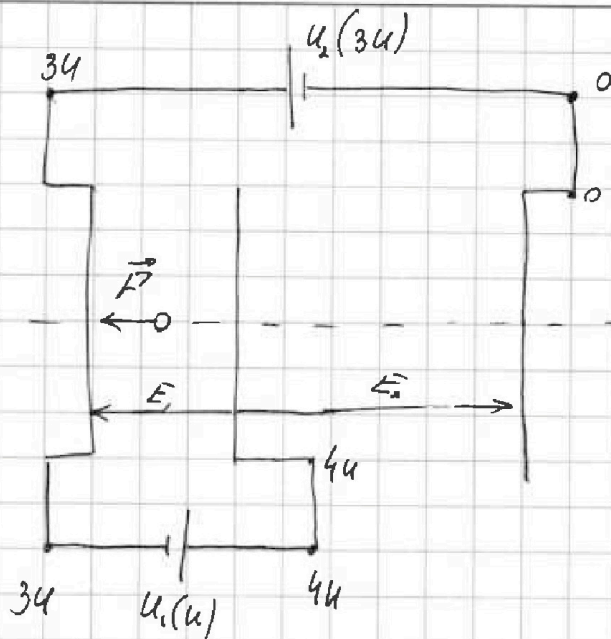
Отметьте крестиком номер задачи,

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. Поиск QR-кода недопустим!



Используя метод потенциалов

1) Найдем поле E_1 и E_2 :

$$4u - 3u = u = E_1 d \Rightarrow E_1 = \frac{u}{d}$$

$$4u = E_2 \cdot 2d \Rightarrow E_2 = \frac{2u}{d} = 2E_1$$

0) Мысленно разделим среднюю часть на

2. Тогда получится система из двух конденсаторов.

Как известно поле из конденсатора не выкажут

$\Rightarrow E_1$ и E_2 не будут накладываться друг на

друга

используя 1-ый и 2-ый законы Ньютона

2) 2ЗН: $F_1 = ma, \Leftrightarrow E_1 \cdot q = ma, \Leftrightarrow a_1 = \frac{uq}{dm}$

3) 3СЭ: $3u \cdot q + K_1 = 4u \cdot q + K_2 \Leftrightarrow K_1 - K_2 = uq$

4) ~~2ЗН~~ $2a_1 \cdot \frac{d}{4} = v_0^2 - v_A^2 \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{uq}{m \cdot 2}}$

Сверь: 1) $a_1 = \frac{uq}{dm}$

2) $K_1 - K_2 = uq$

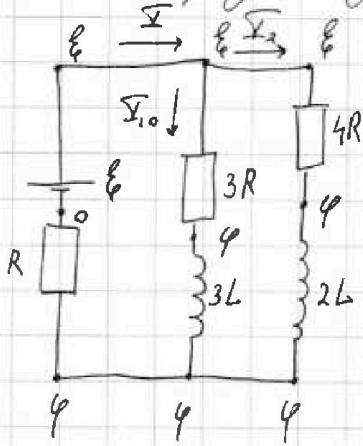
3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{uq}{2m}}$

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

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



клинк размыкнут:



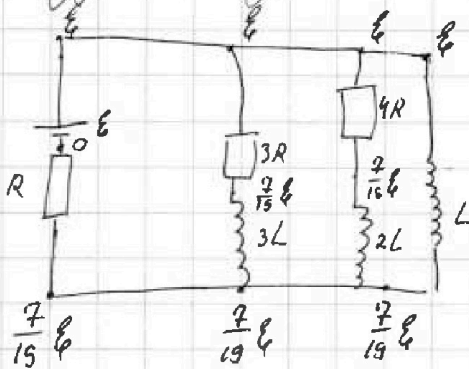
- 1) Используем метод узловых потенциалов.
- 2) Т.к. решим в цепи усложнившись, то ток через обе катушки постоянный и их напряжение равно 0.
- 3) ЗСЗ: $I = I_2 + I_{10}$

$$\frac{\varphi}{R} = \frac{\varepsilon - \varphi}{3R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4R} \quad | \cdot 12R$$

$$12\varphi = 4\varepsilon - 4\varphi + 3\varepsilon - 3\varphi \Leftrightarrow 19\varphi = 7\varepsilon \Leftrightarrow \varphi = \frac{7}{19}\varepsilon$$

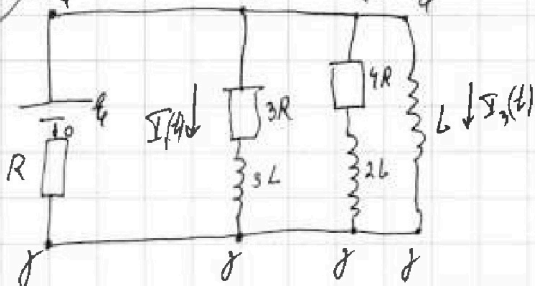
Тогда $I_{10} = \frac{\varepsilon - \varphi}{3R} = \frac{\varepsilon - \frac{7}{19}\varepsilon}{3R} = \frac{12\varepsilon}{57R}$

сразу после замыкания:



- 4) Сразу после замыкания ток через катушки скачком не изменяется, тогда в данной цепи ток через катушку L тока нет
- $$\varepsilon - \frac{7}{19}\varepsilon = L \dot{I}_L \Leftrightarrow \dot{I}_L = \frac{12\varepsilon}{19L}$$

используем закон Вина:



- 5) Т.к. соединены параллельно:

$$3I_1 R + 3L \dot{I}_1 = L \dot{I}_2$$

$$3 \cdot dq_1 R + 3L dI_1 = L \cdot dI_2$$

$$3R \int_0^q dq_1 + 3L \int_{I_{10}}^0 dI_1 = L \int_0^{I_{2\text{уст}}} dI_2$$

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

МФТИ

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

6) Когда резистор станет установленным при замыкании ключа, то весь ток, равный $I_{\text{уст}} = \frac{\mathcal{E}}{R}$, будет идти через катушку L , Э.К. катушки на ее концах будет равно 0.

$$\text{Тогда } 3Rq_1 = 3L I_{10} = L \cdot I_{\text{уст}}$$
$$q_1 = \frac{L \left(\frac{\mathcal{E}}{R} + 3 \cdot \frac{12}{59} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} \right)}{3R}$$

$$q_1 = \frac{L\mathcal{E}}{3R^2} \left(1 + \frac{36}{59} \right)$$

$$q_1 = \frac{93L\mathcal{E}}{3 \cdot 59R^2}$$

$$q_1 = \frac{93L\mathcal{E}}{171 \cdot R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{12\mathcal{E}}{59R}$

2) $I_L = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$

3) $q_1 = \frac{93L\mathcal{E}}{171R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

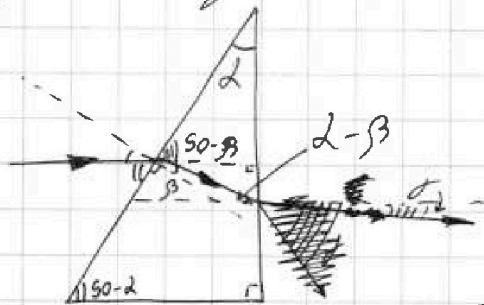
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1) Рассм. модель, когда $n_1 = n_2 = 1$

Свет, проходя через щель шириной n_1 , не преломляется,
т.к. перепады между средами с равными
показателями преломления, точки:



По з. Снеллиуса:

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

$$n_2 \cdot \sin(\alpha - \beta) = n_1 \cdot \sin \gamma$$

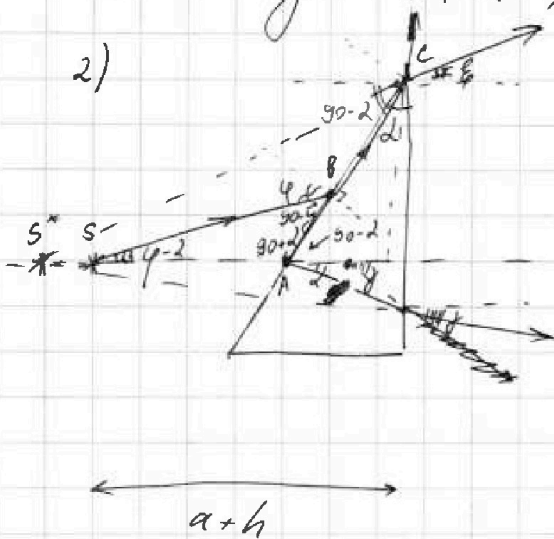
т.к. углы малы, то:

$$\sin \alpha \approx \alpha; \quad \sin \beta \approx \beta; \quad \sin(\alpha - \beta) \approx \alpha - \beta; \quad \sin \gamma \approx \gamma$$

$$\text{Тогда } \begin{cases} \alpha = n_2 \cdot \beta \\ n_2 \alpha - n_2 \beta = n_1 \gamma \end{cases} \Rightarrow n_2 \alpha - \alpha = n_1 \gamma$$

$$\text{т.е. } \gamma = \alpha(n_2 - 1) = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

2)



Рассм. предельной
луч, который целиком
идет в среде
 n_2 под углом
угла

$$\varphi = n_2 \Leftrightarrow \varphi = \frac{7}{10} \text{ рад}$$

$$\text{По з. Снеллиуса: } n_2 \cdot \sin(90 - \alpha) = \varphi$$

$$\sin(90 - \alpha) \approx 1, \text{ тогда } \varphi = n_2 = \varphi$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

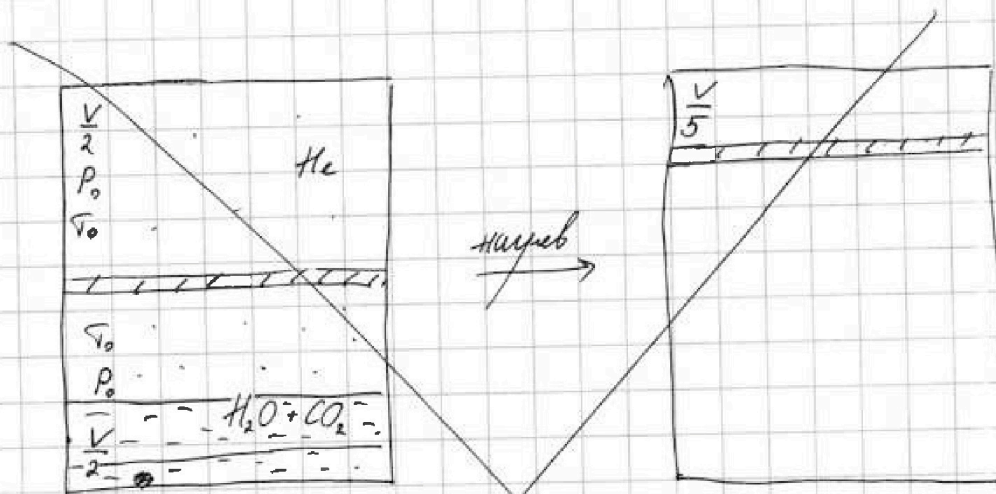
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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) Так как условия при максимальной температуре
давления (взаимодействуют) паров кремнедioxide, T_0
связаны на поверхности газовой фазы CO_2 , ~~и~~

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{2}{3} \cdot R T_0$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = 2 \cdot R T_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} = \frac{2 \cdot R T_0}{2 \cdot R T_0}$$

Однако часть CO_2 растворяется в воде. Найдите

$$\Delta n_{CO_2} : \Delta n_{CO_2} = k \cdot \frac{V}{2} \cdot p_0$$

До растворения $n_{CO_2} =$



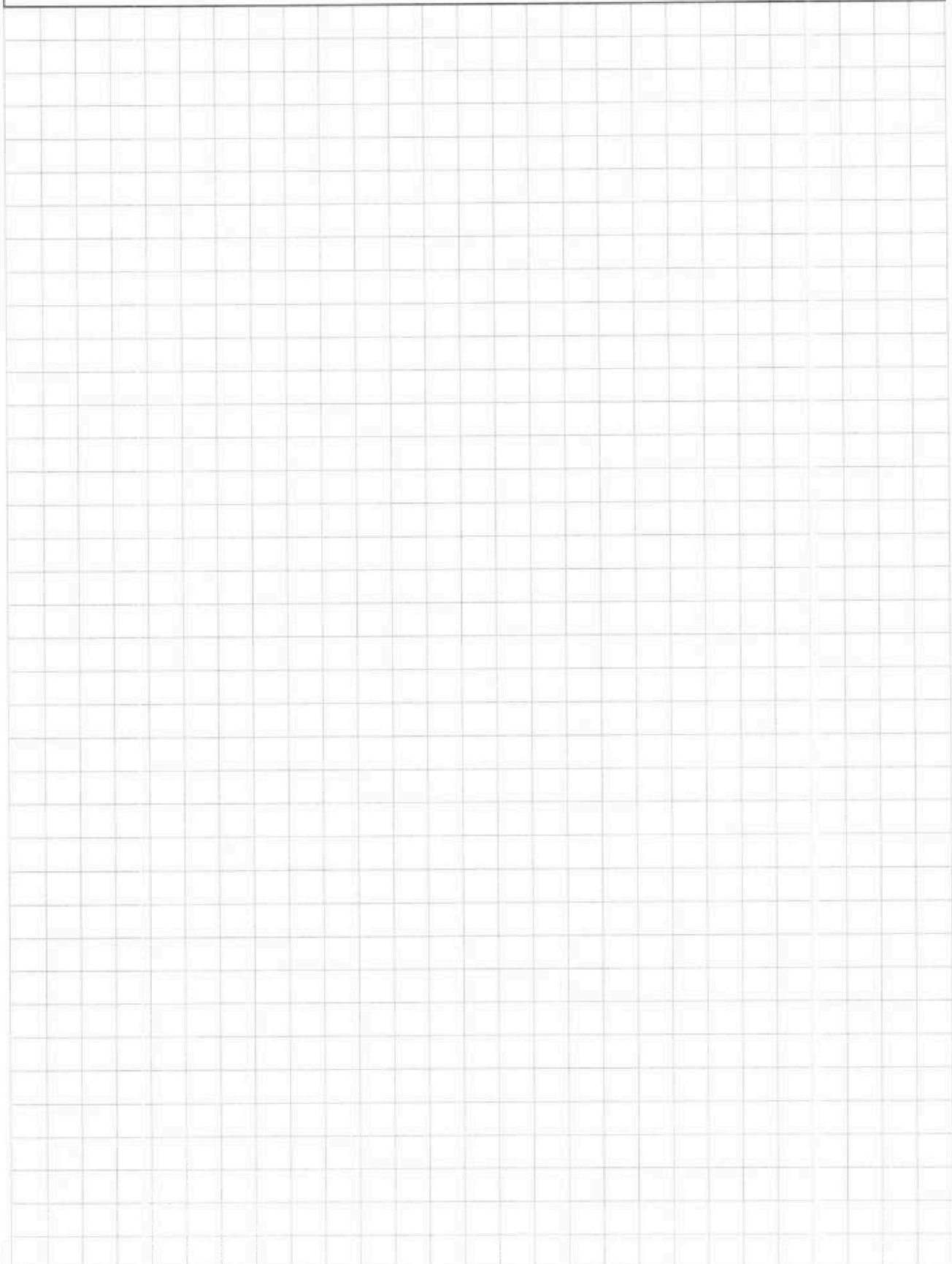
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>



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
<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!



$$3\sqrt{1}R + 3\sqrt{1}\dot{V}_1 = 4\sqrt{2}R + 2\sqrt{2}\dot{V}_2 = \sqrt{3}\dot{V}_3$$

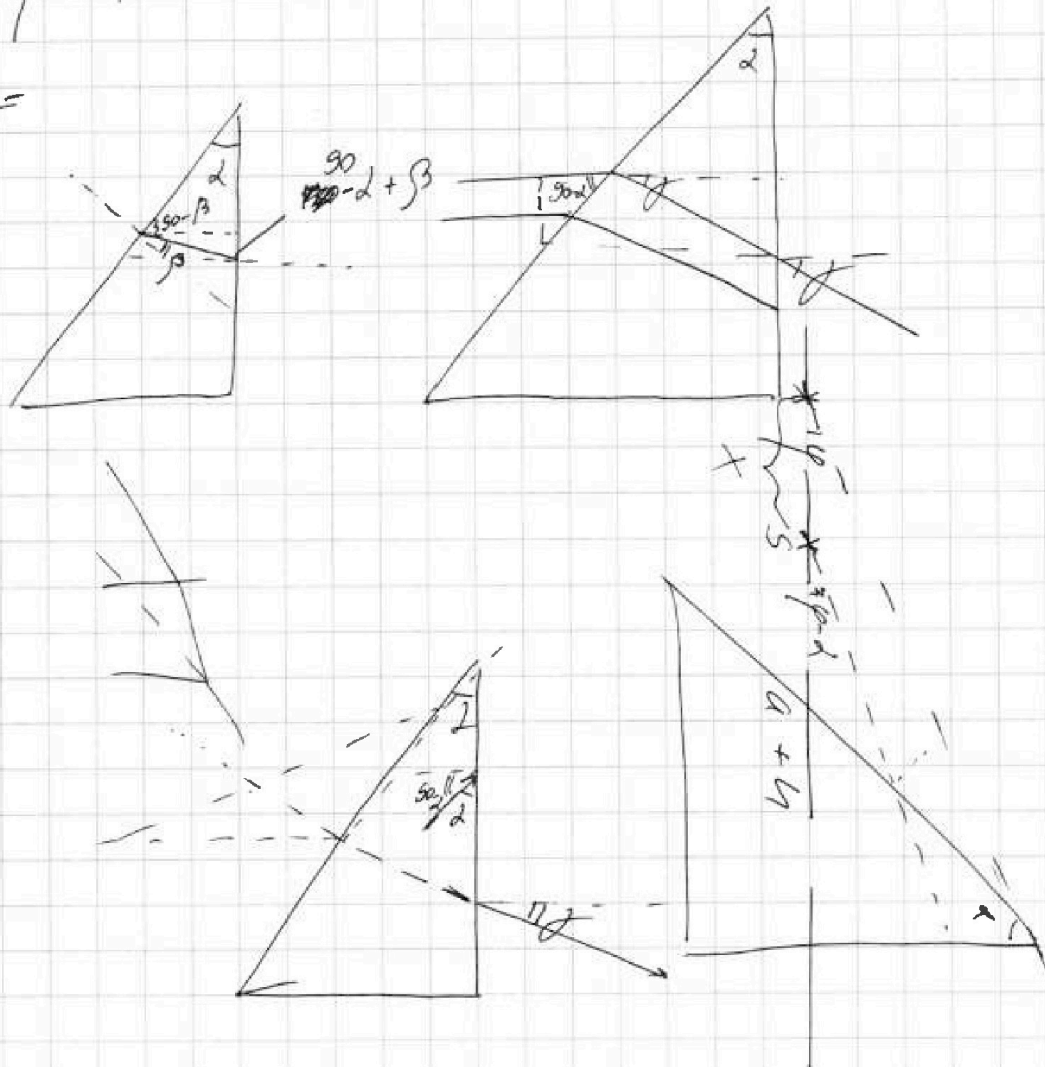
$$A = P_5 \quad P = P \cdot v$$

25

$$P = P_0 t \Rightarrow \dot{P} = P$$

$$q = cu, \quad u = Ed$$

$$\frac{q}{R} =$$



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!

$$3\dot{Y}_1 R + 3L\dot{Y}_1 = 4\dot{Y}_2 R + 2L\dot{Y}_2$$
$$4\dot{Y}_2 R + 2L\dot{Y}_2 = L\dot{Y}_3$$

$$3q_1 R + 3Ld\dot{Y}_1 = 4d\dot{Y}_2 R + 2Ld\dot{Y}_2$$
$$4q_2 R + 2Ld\dot{Y}_2 = Ld\dot{Y}_3$$

$$3\Delta q_1 R + 3L\Delta\dot{Y}_1 = 4\Delta q_2 R + 2L\Delta\dot{Y}_2$$
$$4\Delta q_2 R + 2L\Delta\dot{Y}_2 = L\Delta\dot{Y}_3$$

$$3\Delta q_1 R + 3L\Delta\dot{Y}_1 =$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ +36 \\ +57 \\ \hline 93 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +57 \\ 3 \\ \hline 171 \end{array}$$

$$L = n_i \sin \beta$$

$$L = \frac{7}{10} \beta$$

$$\cancel{L = \frac{7}{10} \beta} \quad \cancel{L = \frac{7}{10} \beta} \quad L = \frac{7}{10}$$

