



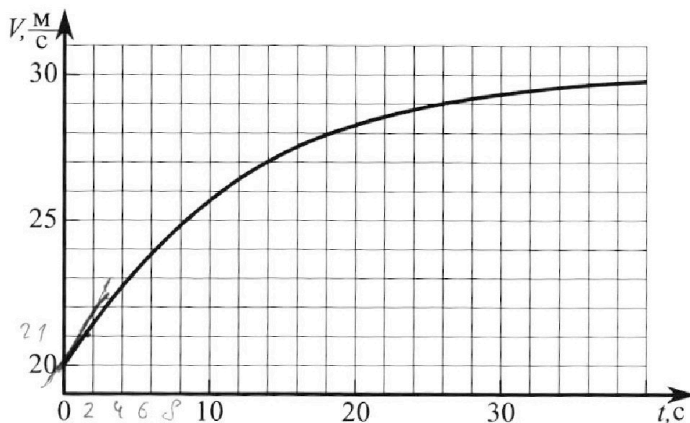
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

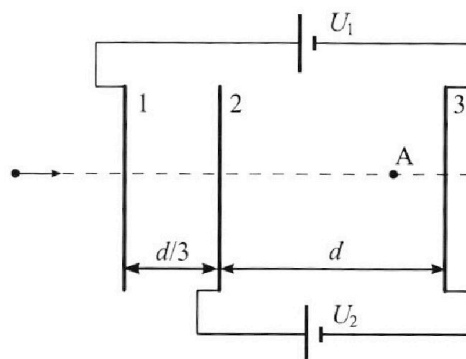
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

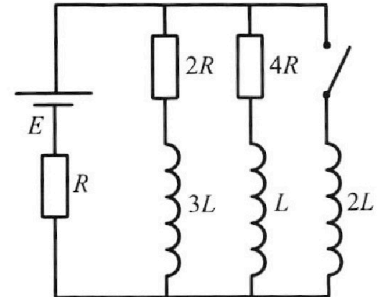
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



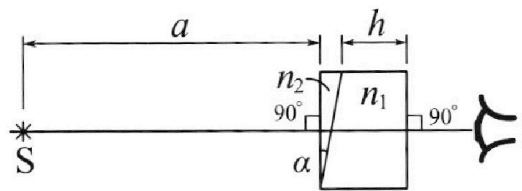
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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 $a = 100$ 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.



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
<input checked="" 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!

Чистовик

$$a = \frac{dV}{dt} \rightarrow a = \tau_{\text{ж}} \text{ касательной в точке.}$$

1) Гредочик в моменте сравнительно прямой \rightarrow можем взять $a = \frac{dV}{dt}$

$$= \frac{75 \text{ м}}{2 \text{ с}^2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) обратим внимание на то что в конце гредочка $a \rightarrow 0$

$$\rightarrow F_{\text{мотора}} = F_{\text{сопротивл}} \text{ при } \tau \rightarrow 0$$

$F_{\text{мотора}} = 200 \text{ Н.}$

2 закон Ньютона для $\tau = 0$: где m - масса Методика и человека)

$$ma = F_{\text{мотора}} - F_{\text{сопротивл}}(0)$$

$$F_0 = F_{\text{мотора}} - ma \cdot 0$$

$$F_0 = 200 - 70 \cdot 3 = 20 \text{ Н.}$$

$$3) \begin{aligned} M_{\text{мотора}} &= F_{\text{мотора}} \cdot U_0 \\ N_{\text{сопротивл}} &= F_0 \cdot U_0 \end{aligned} \rightarrow \eta_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{сопрот}}}{N_{\text{мотора}}} = \frac{F_0}{F_{\text{мотора}}} = \frac{1}{10}$$

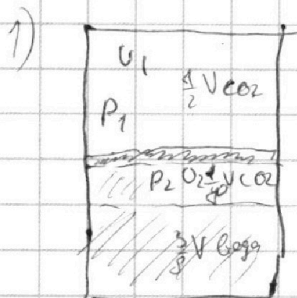
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



числовик

$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 373 \text{ K} = 279,75 = \frac{3}{4} T$$

$$\begin{array}{r} 373 \cdot 4 \\ 36 \overline{) 1492} \\ \underline{108} \\ 412 \\ \underline{360} \\ 52 \end{array}$$

U_1 - кон-во молей CO_2 сверху

U_2 - кон-во молей $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$$\frac{373}{3} = 124,33$$

$$279,6 \approx 6^\circ \text{C} \rightarrow$$

$P_{\text{вода}} = 0$
 $P_{\text{паров вода}} = 0$

$\rightarrow P_1 = P_2$ $P_1 = \frac{U_1 R T_0}{\frac{1}{2} V}$

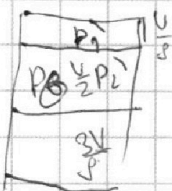
$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = 4$ - ге не треба.

$P_2 = \frac{U_2 R T_0}{\frac{1}{2} V}$ $U_1 \frac{R T_0}{\frac{1}{2} V} = U_2 \frac{R T_0}{\frac{1}{2} V}$

$P_2 = \frac{8 U_2 R T_0}{V}$ $2 U_1 = 8 U_2$
 $U_1 = 4 U_2$

2) г.к $T = 373 \text{ K} \rightarrow$ можно принять давление паров вода = P_0 .

P_0 - парнасое среднее



$P_1' = P_0 + P_2'$

$P_1' = \frac{U_1 R T}{\frac{1}{2} V}$

$P_2' = \frac{U_2' \cdot R T}{V} \cdot 2$

$\Delta U_{\text{паров вода}} = k \cdot \frac{3}{8} V \cdot \frac{U_2 R T_0}{V} \cdot \delta$

~~до паров вода~~ ~~кон-во молей~~

кон-во паров вода кон-во воды \rightarrow

$U_2' = U_2 + \Delta U_1 = U_2 + 3 k U_2 R T_0$

$U_2' = U_2 + 3 \cdot \frac{3}{4} \cdot k R T U_2$

$k = 0,6 \cdot 10^{-3}$ $R T = 3 \cdot 10^3$ | не учитывать
 $k R T = \frac{18}{10}$

$U_2' = U_2 + \frac{9}{4} \cdot \frac{18}{10} \cdot U_2 = \frac{81}{20} U_2$

$\frac{4 U_2 R T}{V} \cdot \delta = P_0 + \frac{101 \cdot R T}{20 V} \cdot 2 \cdot U_2$

$\left(\frac{320 - 101}{10} \right) \frac{U_2 R T}{V} = P_0$

$U_2 = \frac{P_0 \cdot V \cdot 10}{R T \cdot 219} \rightarrow P_2 = \frac{8 U_2 R T_0}{V} = \frac{8 \cdot 3 U_2 R T}{V}$

$P_2 = \frac{P_0 \cdot V \cdot 10 \cdot R \cdot T \cdot 6}{V \cdot R \cdot T \cdot 219} = \frac{60 P_0}{219}$



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"/>



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

3) $\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - B_{23} \cdot q \cdot d$ $\frac{v_2}{a}$ Чистовик
 $v_2 = v_1 - \frac{1}{2} q \cdot \frac{B_{23} \cdot d}{m}$ В.к. поле изогнулось левее
 $v_2^2 = v_1^2 - \frac{q \cdot B_{23} \cdot d}{m} \cdot v_1$ из галерея во расстой
 $v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{q \cdot B_{23} \cdot d}{m} \cdot v_1}$ $v_3 = e_3 = 0$
 $v_2 = \sqrt{v_0^2 - \frac{q \cdot B_{23} \cdot d}{m} \cdot v_0}$ угнетение галерея до e_{31}

3СД: $B_{23} = \frac{1}{2} \mu_0 I_1 I_2$ и $v_2 = v_1$
 Вектор Вектор А = $\frac{mv_0^2}{2} - U_1 q + (U_1 - U_2) q + \frac{3}{4} U_2 q$
 $\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{1}{4} U_2 q$ $(e_1 - e_2)$
 $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{U_2 q}{2m}}$ $e_1 - e_2 = U_1 - U_2$
 $e_1 - e_3 = U_1$
 $e_2 - e_3 = U_2$

- Ответ: 1: $|a| = \frac{Uq}{am}$
 2: $|k_3 - k_2| = Uq$
 3: $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



Численный

МЧ.

1) до замыкания в сеть не идет

$$U_L = 0 \rightarrow$$

Закон Кирхгофа

$$\mathcal{E} = I_1 R + (I_1 - I_{20}) \cdot 2R$$

$$\mathcal{E} = I_1 R + (I_{20}) \cdot 4R$$

$$I_{20} \cdot 4R = (I_1 - I_{20}) \cdot 2R$$

$$6I_{20}R = 2I_1 R$$

$$I_{20} = \frac{1}{3} I_1 \quad I_1 - I_{20} = \frac{2}{3} I_1$$

$$\mathcal{E} = I_1 R + \frac{4}{3} I_1 R \quad I_1 = \frac{\mathcal{E} \cdot 3}{7R} \rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

2) ток к таку в $t=0$ не помещаемся. Но и напряжение между точками помещаться не успевает

$$\rightarrow U_{2L} = 4R I_{20} = \frac{4\mathcal{E}}{7}$$

$$2L \frac{dI'}{dt} = \frac{4\mathcal{E}}{7R} \quad I' = \frac{2\mathcal{E}}{7RL} \quad 2L \left(\frac{dI'}{dt} \right)$$

$$3) \quad 3L \frac{dI'}{dt} + 2R I_1 = L \frac{dI_2}{dt} + 4R I_2 = 2L \frac{dI'}{dt} + 4R I_1$$

$$\mathcal{E} = (3\mathcal{E} I_1 + 2R) R + L \frac{dI'}{dt} + 4R I_2$$

Ответ:

$$1) I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

$$2) I' = \frac{2\mathcal{E}}{7RL}$$

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

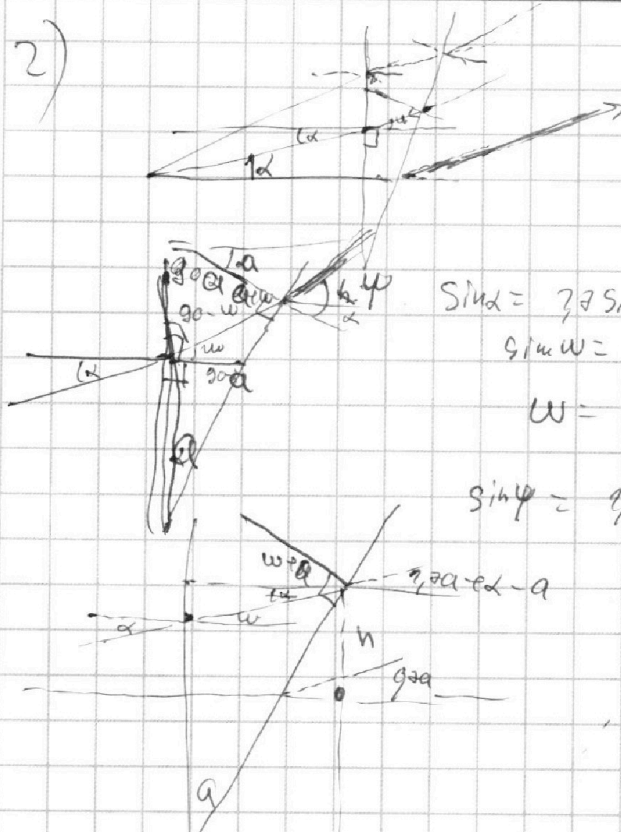
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2)

Числовик

Маленькие углы α и ω



$$\sin \alpha = 1,7 \sin \omega$$

$$\sin \omega = \frac{\sin \alpha}{1,7} \quad \text{гмб}$$

$$\omega = \frac{\alpha}{1,7}$$

$$\sin \psi = 1,7 \sin(\alpha + \omega) \quad \psi = 1,7(\alpha + \omega) = 1,7 \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot a = h$$

$$\left(\operatorname{tg}(\alpha + \omega) - \operatorname{tg}(\alpha) \right) S = h$$

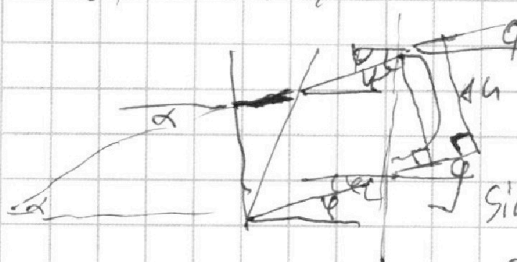
$$\operatorname{tg} \alpha \cdot a = \operatorname{tg} \alpha \cdot S$$

$a = S$ расстояние от вершины до центра

S - расстояние от вершины до центра

\Rightarrow при $S = a \rightarrow$ расстояние ≈ 0 .

3) $h_1 = 1,4$ $h_2 = 1,7$



$$\varphi = \frac{1,7}{1,4} \alpha - \alpha$$

$$\psi = \frac{1,7}{1,4} \alpha + \frac{1,7}{1,4} \alpha - \alpha$$

$$\sin \angle \varphi = 1,4 \sin \psi = \frac{3}{10} \alpha + 1,7 \alpha$$

$$\sin \angle \varphi = \frac{5}{10} \alpha$$

$$\Delta h = \operatorname{tg} \alpha \cdot A \quad S = \frac{1,7}{1,4} \alpha = h$$

$$S = \frac{1,7}{1,4} \alpha$$

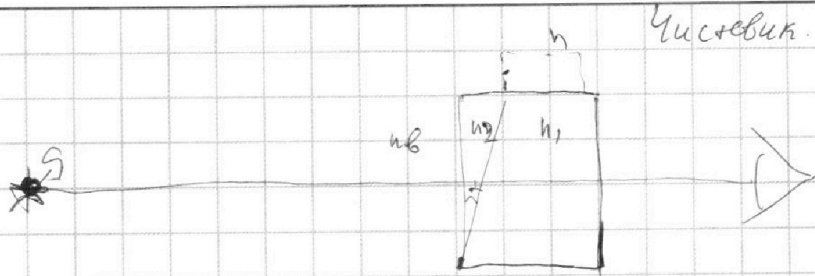
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

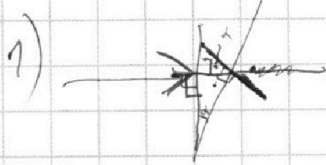
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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

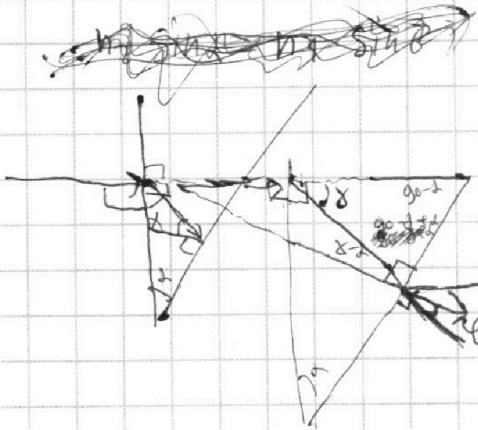


Числовик.



р.к. $h_1 = h_2 \rightarrow$ луч переходит посередине
среды, преломления не будет.

р.к. Луч падает перпендикулярно поверхности
из воздуха в n_2 край. не будет.



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

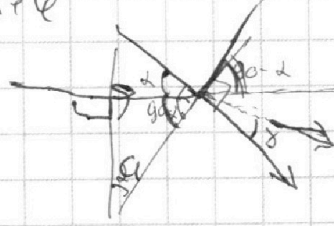
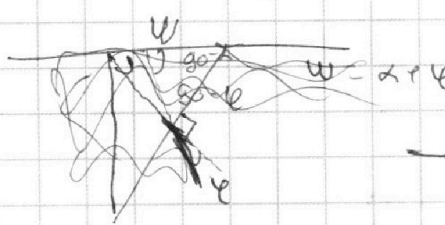
$$\sin \alpha = 1,7 \cdot \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{1}{1,7} = 0,588$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - 0,346} = \sqrt{0,654} = 0,809$$

$$\sin \alpha = 1,7 \cdot 0,809 = 1,375$$

$$\alpha = \arcsin(1,375) \approx 1,1 \text{ рад}$$



1) угол отклонения = $|\alpha - \beta|$

$$1,7 \sin \delta = 1,7 \sin \alpha$$

$$\sin \delta = \frac{1,7 \sin \alpha}{1,7} = \sin \alpha$$

т.к. $\sin \alpha < 1$ то $\sin \delta = \sin \alpha$

1) угол отклонения = $|\arcsin(0,17) - 0,17|$
 если 0,17 - малый угол, то угол отклонения $\approx 0,07$ рад.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

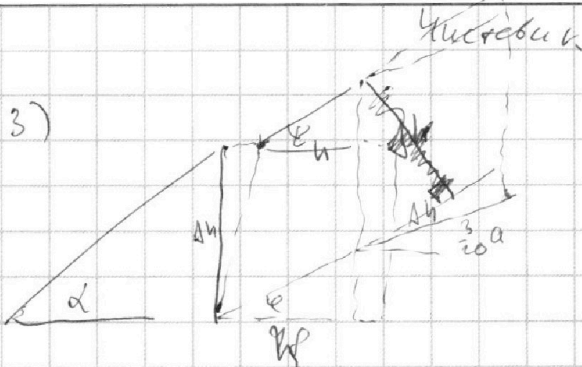
1 2 3 4 5 6 7



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



3)



$$\Delta h = \Delta h - \text{tg } \alpha \cdot 24 + \text{tg } \alpha \cdot 24$$

$$\Delta h = 24 \cdot \frac{3}{24} \cdot 1 + 24 \cdot \frac{3}{24} \cdot 1 + \frac{17}{24} \Delta h$$

$$= 4 \Delta h + \frac{17}{24} \Delta h \quad \Delta - \text{мкм.}$$

$\text{tg } \alpha = 9$ *т.к. угол наклона*

$$\Delta h = \text{tg } \alpha \cdot A = 100 \alpha + \frac{17}{24} \Delta h$$

$$\Delta h = \text{tg } \alpha \cdot S - \text{tg } \alpha \cdot S = 17 \alpha \cdot S$$

$$17 \alpha \cdot S = 100 \alpha + \frac{17}{24} \Delta h$$

$\text{tg } \alpha \cdot S$ — расстояние от прямой поверхности до издремления.

$$S = \frac{1000}{17} + \frac{10}{24}$$

$$\begin{array}{r} 1000 / 17 \\ 85 \quad 150,9... \\ 150 \\ \hline 160 \end{array}$$

ΔS между издремлением и столешкой =

$$= 120 - \frac{1000}{17} - \frac{10}{24} \approx 60,5$$

Ответ: 1: $0,07 \text{ рад}$

2: $\Delta S = 0$

3: $\Delta S \approx 60,5 \text{ см.}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

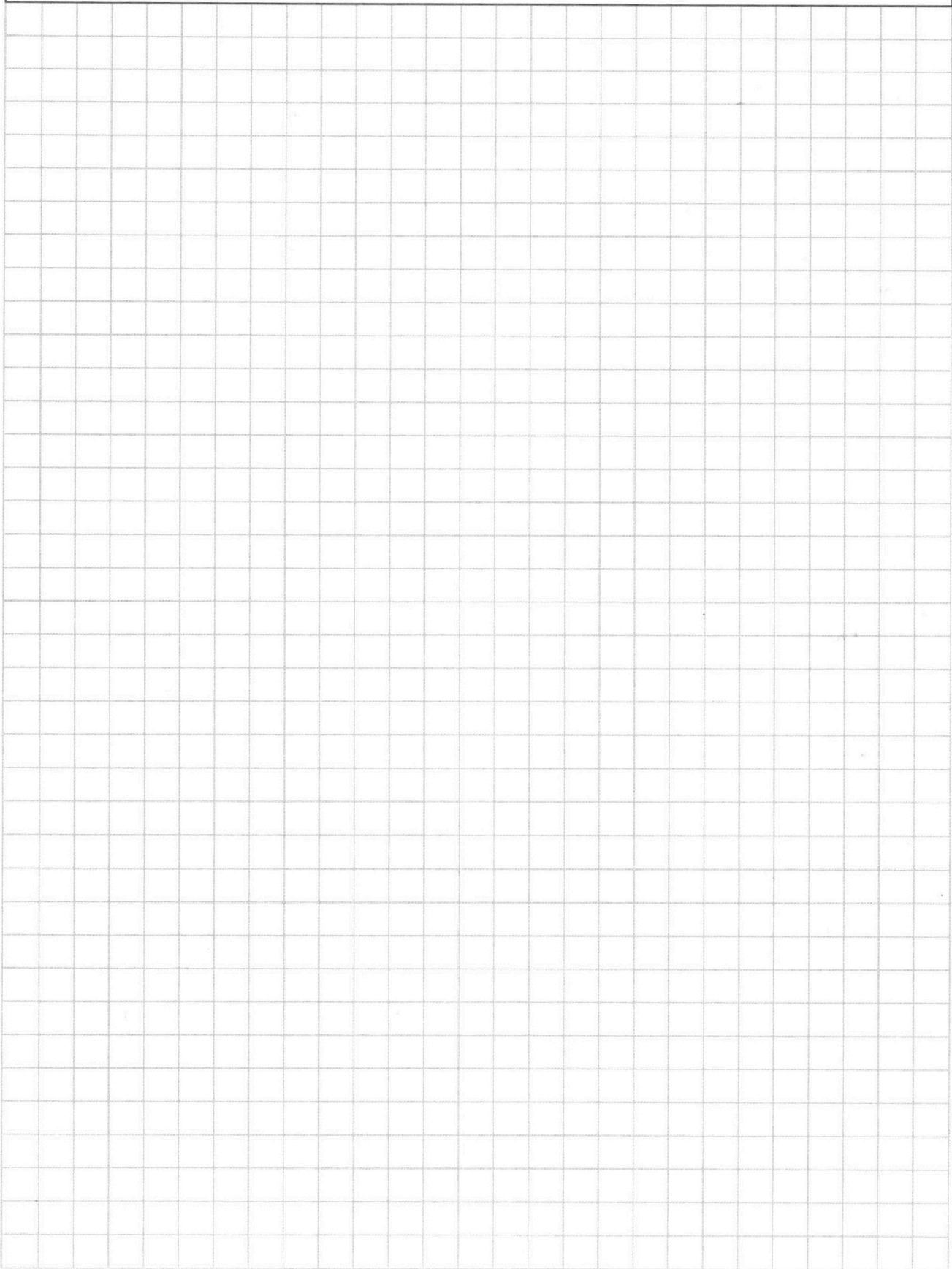
5

6

7



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!

