



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



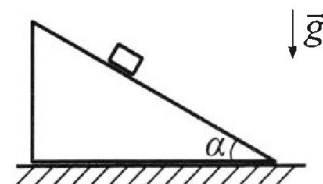
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=4T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

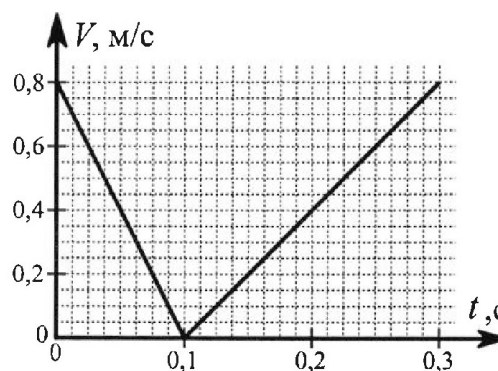
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль $F_{тр}$ наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,3$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





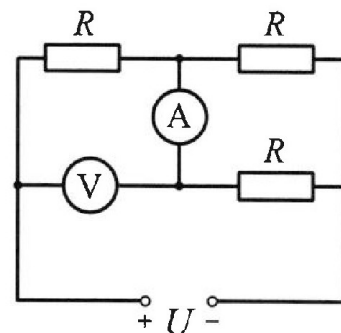
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_V вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °С, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 1, ~~m~~ $m = 0,2 \text{ кг}$, $\bar{v}(t) = \bar{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, $\bar{v}_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $T = 2 \text{ с}$

1) $\textcircled{m} \xrightarrow{\bar{v}_0}$ $\xrightarrow{x}$ Сделано проекции на ось $ox \uparrow \bar{v}_0$.
 $ox: v_x = v_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) = v_0 - \frac{v_0}{T} \cdot t$, $\frac{v_0}{T} = \text{const}$
 $\Rightarrow$ движение равноускоренное с $a = \frac{v_0}{T}$.

$v_x \geq 0$ при $1 - \frac{t}{T} \geq 0 \Leftrightarrow t \leq T$

$v_x < 0$ при $1 - \frac{t}{T} < 0 \Leftrightarrow t > T$

$S = S_1 + S_2$, где S_1 - путь за время от $t=0$ до $t=T$,

S_2 - путь за время от $t=T$ до $t=4T$

$S_1 = \cancel{v_0 T} = v_0 T - \frac{a T^2}{2} = v_0 T - \frac{v_0 T}{2} = \frac{v_0 T}{2}$

$S_2 = \frac{v_0 (4T - T)^2}{2T} = \frac{9 v_0 T^2}{2T} = \frac{9 v_0 T}{2}$

$S = \frac{9 v_0 T}{2} + \frac{v_0 T}{2} = 5 v_0 T$, $S = 5 \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с} = 40 \text{ м}$

2) $\Sigma \bar{F} = m \bar{a}$, ~~на ось ox~~

$ox: F_x = m \cdot a_x = m \cdot \frac{v_0}{T}$, $|\bar{F}| = m \cdot \frac{v_0}{T}$, $|\bar{F}| = 0,2 \text{ кг} \cdot \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = 0,4 \text{ Н}$

3) ~~$A = F \cdot S$~~ $A = F \cdot S_1 = F \cdot \frac{v_0 T}{2}$, $A = 0,4 \text{ Н} \cdot \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с}}{2} = 1,6 \text{ Дж}$

Ответ: 1) $S = 40 \text{ м}$, 2) $F = 0,4 \text{ Н}$, 3) $A = 1,6 \text{ Дж}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{2}, \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = n = 2, T = 4c, g = 10 \frac{m}{c^2}$

Скорость будет минимальна в момент времени, когда проекция скорости на ось Ox будет 0, т.к. проекция скорости на ось Ox не изменяется. $\Rightarrow$ в любой момент времени $V_x = V_{\min}$. Скорость максимальна в начальный момент времени и в момент удара о землю.

1) В момент $t = \frac{T}{2}$ мяч окажется в высшей точке траектории на высоте $H \Rightarrow H - \frac{g(\frac{T}{2})^2}{2} = 0$

$$H = \frac{gT^2}{8}, H = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 16c^2}{8} = 20 \text{ м}$$

2) $V_x = V_{\min}, V_y = \sqrt{V_{\max}^2 - V_{\min}^2} - gt, t = \frac{T}{2} \Rightarrow V_y = 0$

$$g \frac{T}{2} = \sqrt{V_{\max}^2 - V_{\min}^2}, \frac{g^2 T^2}{4} = V_{\max}^2 - V_{\min}^2$$

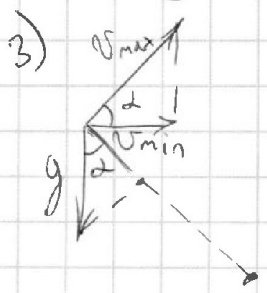
$$\frac{g^2 T^2}{4} = n^2 V_{\min}^2 - V_{\min}^2 = (n^2 - 1) V_{\min}^2, V_{\min} = \frac{gT}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n^2 - 1}}$$

$$S = V_{\min} \cdot T = \frac{gT^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n^2 - 1}}; S = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 16c^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{4 - 1}} =$$

$$= \frac{160 \text{ м}}{2\sqrt{3}} = \frac{80 \text{ м}}{\sqrt{3}}, \sqrt{3} \approx 1,73, S = \frac{80 \text{ м}}{1,73} = \frac{8000 \text{ м}}{173}$$

$$S = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 8000 \overline{) 173} \\ 652 \overline{) 46} \\ 1080 \\ - 1038 \\ \hline \end{array}$$



спроецируем g на перпендикуляр к направлению $V_{\max}$, $\cos \alpha = \frac{V_{\min}}{V_{\max}} = \frac{1}{n}$

$$g \cos \alpha = \frac{V_{\max}}{R}, R = \frac{V_{\max}^2}{g \cos \alpha}$$

$$\frac{g^2 T^2}{4} = V_{\max}^2 - V_{\min}^2 = V_{\max}^2 (1 - \frac{1}{n^2})$$

$$V_{\max} = \left(\frac{gT}{2}\right) \cdot \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}}, R = \left(\frac{gT}{2}\right)^2 \cdot \frac{n^3}{n^2 - 1} \cdot \frac{1}{g}$$

$$R = 400 \frac{m^2}{c^2} \cdot \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{320}{3} \text{ м}, \text{ Ответ: 1) } H = 20 \text{ м, 2) } S = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м, 3) } R = 106 \frac{2}{3} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

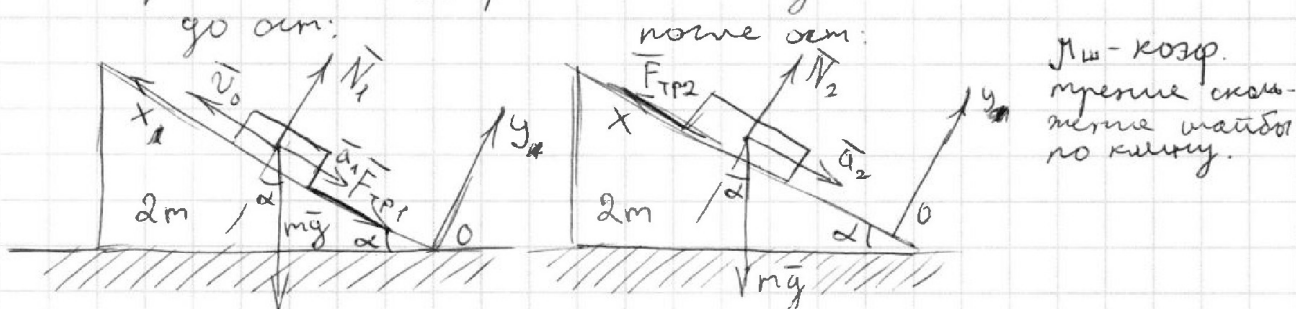
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 3, $m = 0,2 \text{ кг}$, 2 м , $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, v_0 - нач. скорость.

Модуль скорости найдем до остановки груза - масса, а затем расчет, какое возможно только, если изначально тело сообщим скорость в направлении вверх по клину.



μ - коэф. трения скольжения тела по клину.

Запишем 2-й закон Ньютона для суммарного до см:

~~$mg \sin \alpha = N_1 \cos \alpha$~~

$$m \vec{a}_1 = \vec{N}_1 + m \vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}1}$$

$$\begin{cases} 0 = N_1 - mg \cos \alpha \\ m a_1 = F_{\text{тр}1} + mg \sin \alpha \end{cases}$$

Аналогично для суммарного после см:

$$m \vec{a}_2 = \vec{N}_2 + m \vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}2}$$

$$\begin{cases} 0 = N_2 - mg \cos \alpha \\ m a_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2} \end{cases}$$

Можно заметить $N_1 = N_2 = mg \cos \alpha = N$

$$F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

~~$mg \sin \alpha$~~

$$\begin{cases} m a_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \\ m a_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} m a_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \\ m a_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

1) (1) + (2); $m(a_1 + a_2) = 2mg \sin \alpha$, $\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}$, a_1 и a_2

найдем из графика $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1}$; $a_1 = \frac{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1 \text{ с}} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}$; $a_2 = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1 \text{ с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, $\sin \alpha = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$; $\sin \alpha = 0,6$

2) $F_{\text{тр}}$ во время было движение тела по наклонной и равно $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$, м.к. тела по наклонной.

(1) - (2); $m a_1 - m a_2 = 2\mu mg \cos \alpha = 2F_{\text{тр}}$, $F_{\text{тр}} = \frac{m(a_1 - a_2)}{2}$

$F_{\text{тр}} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot (8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2})}{2} = 0,4 \text{ Н}$



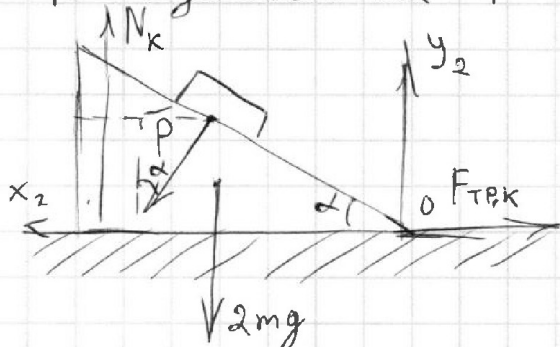
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№3

3) Пл.к клин покоится на упр-е для тайбо
не изгибания $\vec{N} = -\vec{P}$, ~~и~~



N_k - сила реакции опоры
клина, $F_{TP,k}$ - сила трения ~~на~~
~~на~~ ~~действующая~~ на клин.

$$\begin{cases} N_k - P \cos \alpha - 2mg = 0 \\ P \sin \alpha - F_{TP,k} = 0 \end{cases}$$

$F_{TP,k} \leq \mu N_k$, $N_k = P \cos \alpha + 2mg$, $N = mg \cos \alpha$ из пред-
гущих пунктов. $|\vec{P}| = |\vec{N}|$, $N_k = mg \cos^2 \alpha + 2mg$

$$F_{TP,k} \leq \mu mg (\cos^2 \alpha + 2), P \sin \alpha \leq \mu mg (\cos^2 \alpha + 2)$$

$$mg \cos \alpha \sin \alpha \leq \mu mg (\cos^2 \alpha + 2), \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha, \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha \sin \alpha \leq \mu (3 - \sin^2 \alpha), \mu \geq \frac{\cos \alpha \sin \alpha}{3 - \sin^2 \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot \sin \alpha}{3 - \sin^2 \alpha}, \mu \geq \frac{\sqrt{1 - 0,36} \cdot 0,6}{3 - 0,36} = \frac{0,8 \cdot 0,6}{2,64} = \frac{8 \cdot 6}{264}$$

$$\frac{8 \cdot 6}{264} = \frac{8 \cdot 3}{132} = \frac{4 \cdot 3}{66} = \frac{4}{22} = \frac{2}{11}$$

$$\mu \geq \frac{2}{11}, \text{ Ответ: 1) } \sin \alpha = 0,8, \text{ 2) } F_{TP} = 0,4 \text{ Н, 3) } \mu \geq \frac{2}{11}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

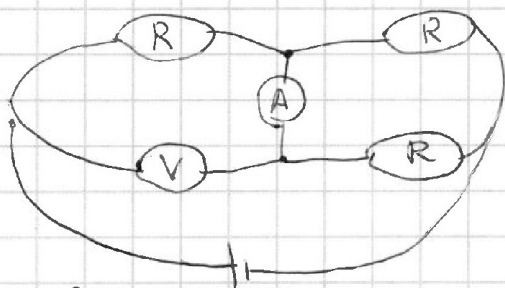


СТРАНИЦА

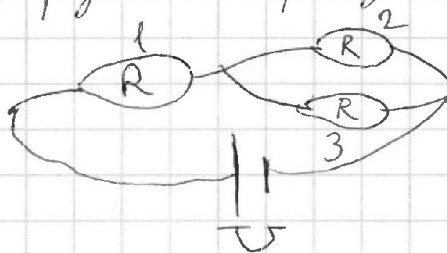
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{4}, R = 100 \text{ Ом}, U = 30 \text{ В}$



м.к. $R_A \ll R$ и $R_B \gg R$
уберу их и получу



$$R_{23} = \frac{R}{2}$$

U

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_{23}$$

1) $R_{\text{экв}} = 1,5R$, $I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{U}{1,5R}$; $\frac{30 \text{ В}}{150 \text{ Ом}} = \frac{1}{5} \text{ А}$

2) Трансформую результаты, $U_B = U$, м.к. вольтметр параллелен резистору 1, $U_1 = R \cdot I = R \cdot \frac{U}{1,5R} = \frac{2}{3} U$

$$U_1 = U_B = \frac{2}{3} \cdot 30 \text{ В} = 20 \text{ В}$$

3) $P = \frac{U^2}{R_{\text{экв}}} = \frac{U^2}{1,5R}$; $P = \frac{900 \text{ В}^2}{150 \text{ Ом}} = 6 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $I = \frac{1}{5} \text{ А}$, 2) $U_B = 20 \text{ В}$, 3) $P = 6 \text{ Вт}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) = \vec{v}_0 \left(\frac{T-t}{T}\right)$$

$$v = v_0 - at, a = \frac{v_0}{T}$$

$$1,73^2 =$$

$$\frac{v_{\max}^2 \sin^2 \alpha}{2g} =$$

$$\frac{11}{2} p \sin \alpha - p \cos \alpha = 2, 12, 60, 4 = 0, 4 \cdot 11 = 4 \cdot 0, 2$$

$$\frac{v_{\max}^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_{\max}^2 \sin^2 120^\circ}{2g} = \frac{v_{\max}^2 \sin^2 60^\circ}{2g}$$

$$v_{\max} \sin \alpha = 40 \frac{m}{s}, v_{\max} = \frac{40}{\sin 60^\circ} = \frac{40}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{80}{\sqrt{3}}$$

$$v_{\max} = \frac{40}{\sqrt{3}}$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$5 = \frac{1600}{3} \cdot \frac{3}{320} =$$

$$\frac{g}{2} = \frac{v_{\max}^2}{R}$$

$$\frac{20}{\sqrt{3}} = \frac{400}{3}$$

$$R = \frac{40 \cdot 40}{3}$$

$$mg \sin \alpha = 1, 2 \cdot 6 \cdot 9, 81 \cdot 4$$

$$1400 - 11 = 1384 - 346 = 1038$$

$$\frac{320}{3} = 106 \frac{2}{3}$$

$$\frac{400}{3} \cdot \frac{2}{10} = \frac{80}{3}, \frac{1600}{3} \cdot \frac{2}{10} = \frac{320}{3}$$

$$\cos \alpha = 0, 8$$

$$0, 8 \cdot 10 \cdot 20, 2 \cdot \mu = 0, 4$$

$$1, 6 \cdot \mu = 0, 4$$

$$mg \sin \alpha = 2 \cdot 0, 6 = 1, 2$$

$$\mu = 0, 25$$

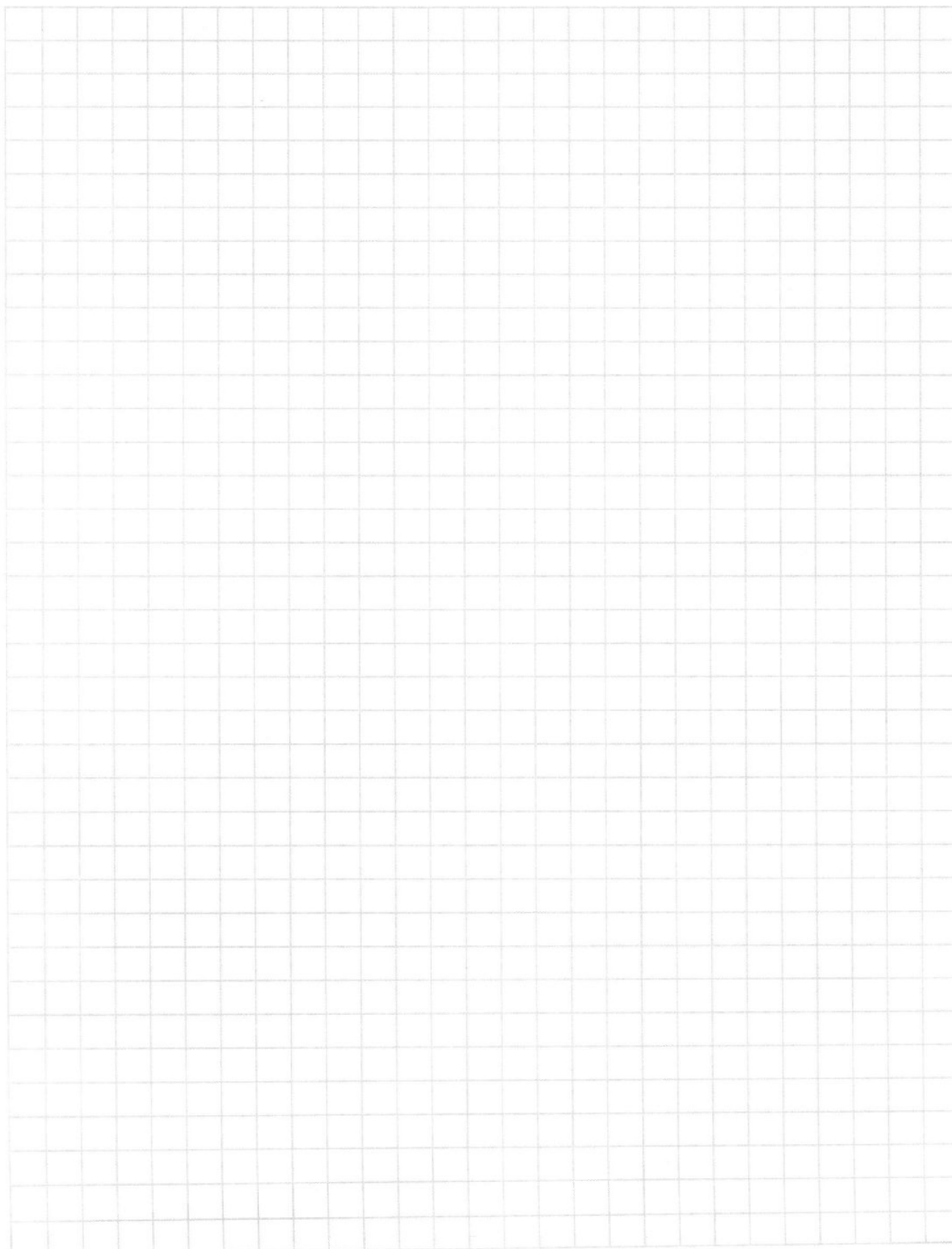


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

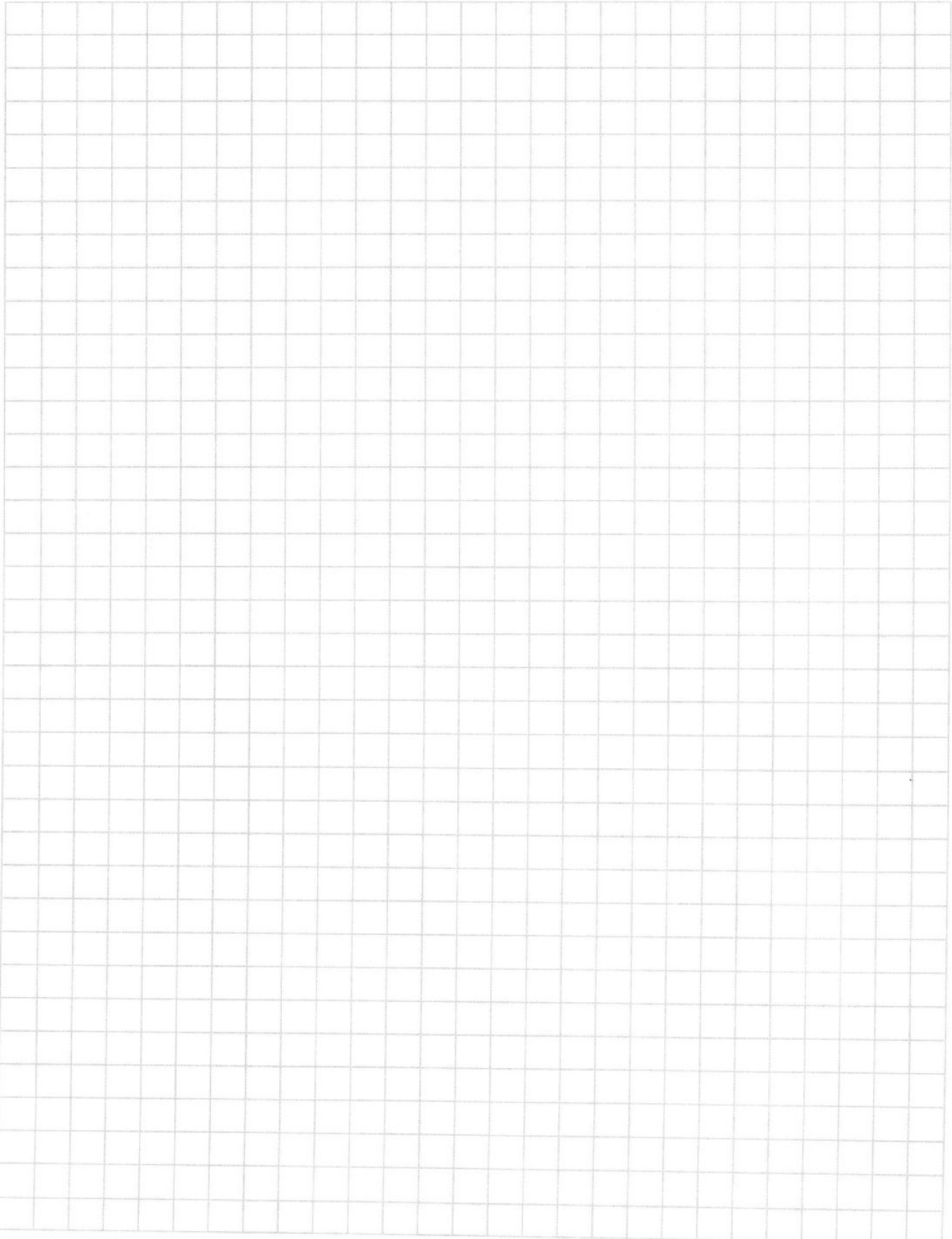
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

