



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Два автомобиля движутся равноускорено в положительном направлении оси OX . В момент времени $t = 0$ первый автомобиль обгоняет второй. В этот момент в системе отсчета, связанной со вторым автомобилем, первый движется со скоростью $U = 12$ м/с. Через $T = 6$ с второй автомобиль догоняет первый.

1. Найдите максимальное расстояние $L_{\max}$ между автомобилями при $0 < t < T$.

2. Найдите расстояние S между автомобилями в момент времени $t = 1,5 \cdot T$.

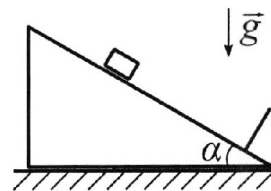
2. На плоском склоне бросают мяч вверх по склону. Точка старта находится на поверхности склона. Вектор скорости мяча перед соударением со склоном направлен горизонтально. Вертикальное перемещение мяча за время полета $H = 5$ м. Плоский склон образует с горизонтальной плоскостью угол β такой, что $\operatorname{tg} \beta = 0,75$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Под каким углом α к горизонту брошен камень? В ответе укажите $\operatorname{tg} \alpha$ или $\cos \alpha$.

2. Найдите модуль V_0 начальной скорости мяча.

3. Найдите радиус R кривизны траектории мяча в тот момент, когда мяч находится на максимальном удалении от поверхности склона.

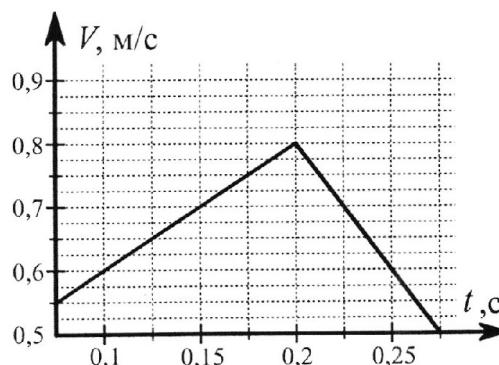
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется вниз по покоящемуся клину, упруго сталкивается со стенкой, перпендикулярной наклонной плоскости клина, и после соударения движется вверх по покоящемуся клину. Поступательное движение шайбы по клину до и после соударения происходит по одной и той же прямой. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Масса шайбы $m = 0,5$ 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 $F_{\text{тр}}$ силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $t > 0,2$ с до остановки.

3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $t > 0,2$ с?





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Для размораживания водопроводной трубы, в которой замерзла вода, применили электрический нагреватель, подключенный к сети постоянного тока $I = 10$ А. За время $\tau = 250$ с нагреватель растапливает $m = 1$ кг льда, температура которого $t_0 = 0$ °С.

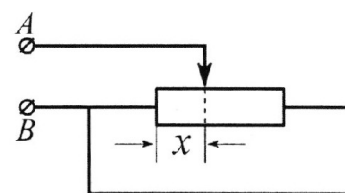
1. Найдите сопротивление R_1 нагревателя. КПД нагревателя $\eta = 66,8\%$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Электрическая схема нагревателя представлена на рисунке к задаче. Сопротивление обмотки $R = 90$ Ом, длина обмотки $L = 30$ см.

2. На каком наименьшем расстоянии x от левого на рисунке края обмотки находится подвижный контакт в процессе размораживания?

Перемещая подвижный контакт, находят такое его положение, при котором мощность тепловыделения на нагревателе становится максимальной.

3. Найдите эту максимальную мощность $P_{\max}$.



5. Искусственный спутник Земли запущен с экваториального космодрома и движется по окружности в плоскости земного экватора. Прием электромагнитных волн со спутника возможен на той части земной поверхности, которая лежит на широтах от $\varphi = 60^\circ$ северной широты до $\varphi = 60^\circ$ южной широты.

1. Найдите период T обращения спутника. Ускорение свободного падения у поверхности планеты $g = 10$ м/с². Радиус Земли $R = 6400$ км. Распространение электромагнитных волн прямолинейное.

2. Какой промежуток Δt времени разделяет два последовательных прохода спутника над космодромом старта? Спутник движется по орбите в направлении суточного вращения Земли. Длительность земных суток $T_3 = 24$ ч.



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!

Пусть относительное ускорение первого автомобиля в системе отсчета второго и.т.д. автомобилем движется равномерно и постоянно. Расстояние между автомобилями описывается зависимостью $S(t)$.

$$S(t) = Ut - \frac{at^2}{2}$$

Встреча в момент T :

$$0 = UT - \frac{aT^2}{2} \Rightarrow 12 \cdot 6 = \frac{a \cdot 36}{2} \Rightarrow a = 4 \text{ м/с}^2$$

$L_{\max}$ будет достигнуто когда автомобилем перестанут удаляться, т.е. в момент $\frac{U}{a}$, $\frac{U}{a} < T$.

$$L_{\max} = U \cdot \frac{U}{a} - \frac{a \cdot \frac{U^2}{a^2}}{2} = \frac{U^2}{2a} = \frac{144}{8} = 18 \text{ м}$$

В момент $t = 1,5 T = 9 \text{ с}$

$$S = \left| Ut - \frac{at^2}{2} \right| = 12 \cdot 9 - \frac{4 \cdot 81}{2} = |108 - 162| = |-54 \text{ м}| = 54 \text{ м}$$

т.е. S - расстояние, но оно всегда ≥ 0 и модулируется

Ответ: $L_{\max} = 18 \text{ м}$, $S = 54 \text{ м}$.

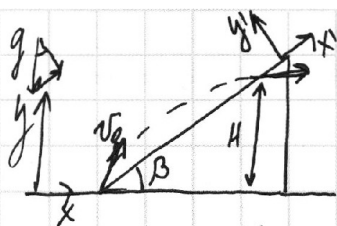


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Введем ось координат $x-y$, вертикальная высота H достигается в

момент верт. компонента v_y равен нулю т.е. в момент $\frac{v_y}{g}$. Тогда:

$$H = v_y \cdot \frac{v_y}{g} - \frac{v_y^2}{g^2} \cdot g = \frac{v_y^2}{2g} \Rightarrow v_y^2 = 5 \cdot 2 \cdot 10 = 100 \Rightarrow v_y = 10 \text{ м/с}$$

Перемещение по Ox :

$$\Delta x = \frac{v_x \cdot t}{\text{в момент } \frac{v_y}{g}} = \frac{H}{tg \beta} = \frac{500}{75} = 6 \frac{2}{3} \text{ м}$$

$$v_x = \frac{20}{3} = \frac{20}{3} \text{ м/с}$$

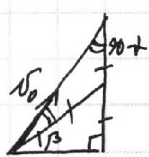
$$tg \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{10}{\frac{20}{3}} = \frac{3}{2} = 1,5 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{3^2 + 2^2}} = \frac{2}{\sqrt{13}}$$

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{400}{9} + \frac{900}{9}} = \sqrt{\frac{1300}{9}} = \frac{10}{3} \sqrt{13} \approx \frac{10 \cdot 3,6}{3} = 12 \text{ м/с}$$

Мяч находится на макс. удалении от поверхности склона в момент, когда проекция v_0 на перпендикуляр к склону равна нулю, введем ось координат по склону $x'-y'$.

$$g_{x'} = g \sin \beta = g \cdot \frac{3}{5} = 6 \text{ м/с}^2 \quad g_{y'} = g \cos \beta = 8 \text{ м/с}^2$$

Зная α рисуют треугольник, что $\alpha - \beta$ ~~равно~~ равен углу 90° .



$$tg(90^\circ - \alpha) = \frac{2}{3} \Rightarrow \sin(90^\circ - \alpha) = \frac{2}{\sqrt{13}}$$

$$v_{y'} = v_0 \sin(90^\circ - \alpha) \quad v_{x'} = v_0 \cos(90^\circ - \alpha)$$



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!

v_y станет равно нулю в момент $\frac{v_{y1}}{g_{y1}}$, в этот же момент $v_{x1} = v_{0x} - \frac{v_{y1}}{g_{y1}} g_{x1}$

Уравнение в этом моменте: $g_{y1} = a_{y.c.} = \frac{v_x^2}{R} = \frac{(v_0 \cdot \cos(90^\circ - \alpha) - v_0 \sin(90^\circ - \alpha))^2}{R}$

$$\Rightarrow R = \frac{v_0^2 \left(\sqrt{1 - \frac{4}{13}} - \frac{2}{\sqrt{13}} \cdot 0.75 \right)^2}{8} = \frac{100}{8} \cdot \frac{144}{8} \left(\frac{3}{\sqrt{13}} - \frac{1.5}{\sqrt{13}} \right)^2 = 18 \cdot \frac{2.25}{13} =$$
$$= \frac{40.5}{13} \approx 3.1 \text{ м}$$

Ответ: $\alpha = \frac{3}{2}$; $v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $R = 3.1 \text{ м}$.



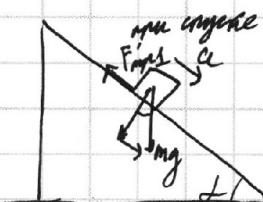
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задачу из графика ускорения мяча a_1 до $t=0,2$ и a_2 после.

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{0,8-0,6}{0,2-0,1} = 2 \text{ м/с}^2 \quad a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{0,6-0,8}{0,25-0,2} = -4 \text{ м/с}^2$$



Ускорение мяча (или сил на мяч) до

времени трения/погрешности по 2 закону Ньютона:

смысл:

$$ma_1 = mg \sin \alpha - F_{тр1}$$

После:

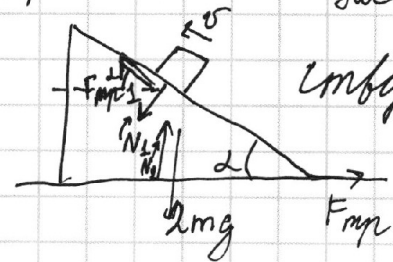
$$ma_2 = -mg \sin \alpha - F_{тр1}$$

$$ma_1 - ma_2 = mg \sin \alpha - F_{тр1} + mg \sin \alpha + F_{тр1} = 2mg \sin \alpha$$

$$a_1 - a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 - a_2}{2g} = \frac{6}{2 \cdot 10} = \frac{3}{10}$$

При $t > 0,2$ с

На рисунке обозначены мяч и его взаимодействие на силе.



$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр1} = -ma_2 - mg \sin \alpha = 0,5 \cdot (4 - 3) = 0,5 \text{ Н}$$

П.к. сила в поле, то сила сил по вертикали равна нулю:

$$F_{тр1} = F_{тр1} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha = 0,5 \cdot \frac{3}{10} + 5 \cdot \frac{3 \cdot 91}{100} = 0,15 + 13,65 = 13,8 \text{ Н}$$

Сила трения сила реакции пола равна сумме сил тяжести и N_2 . По 2-ому закону Ньютона по вертикали:

$$N_2 = 2mg + N_1 \cos \alpha - F_{тр1} \sin \alpha = 2mg + N_1 \cdot \frac{91}{100} - 0,5 \cdot \frac{3}{10} =$$

$$= 10 + 9,1 - 0,15 = 18,95 \text{ Н}$$



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!

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N_2 \Rightarrow \frac{F_{\text{тр}}}{N_2} \leq \mu \Rightarrow \mu \geq \frac{1,92}{14,6} \approx 0,131$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,3$; $|F_{\text{тр}}| = 1,92 \text{ Н}$; $\mu \geq 0,131$.



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!

По заданию Динария - лампа мощность P на нагревание:

$$P = UI = I^2 R_1$$

За время τ :

$$Q = P \cdot \tau = \lambda m \Rightarrow R_1 = \frac{3,34 \cdot 10^3 \cdot 1}{100 \cdot 250 \cdot 0,668} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ Ом}$$

Далее составляем схему $R_{\text{сб}}$.

$$R_{\text{сб}} = \frac{(90 \cdot \frac{x}{30}) \cdot (90 \cdot \frac{30-x}{30})}{90} = \frac{90 \cdot x \cdot (30-x)}{900} = \frac{x(30-x)}{10}$$

Т.к. нам, что $R_{\text{сб}} = R_1$:

$$20 = \frac{30x - x^2}{10} \Rightarrow x^2 - 30x + 200 = 0$$

$$x = \frac{30 \pm \sqrt{900 - 800}}{2} = 15 \pm 5, \text{ нужно мин. рас-} \\ \text{стояние} \Rightarrow x = 10 \text{ см}$$

Так как P линейно растет с увеличением $R_{\text{сб}}$, то
нужно найти максимальное $R_{\text{сб max}}$. Вершина параболы лежит

$$\text{между корнями} \Rightarrow x_0 = 15 \text{ см} \Rightarrow R_{\text{сб max}} = \frac{15 \cdot 15}{10} = 22,5 \text{ Ом}$$

$$P_{\text{max}} = I^2 R_{\text{сб max}} = 100 \cdot 22,5 = 2250 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_1 = 20 \text{ Ом}$; $x = 10 \text{ см}$; $P_{\text{max}} = 2250 \text{ Вт}$.

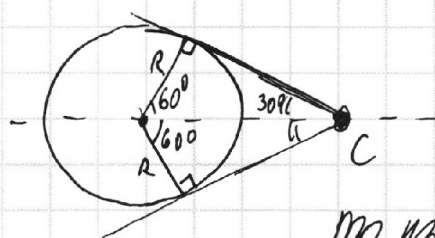


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



Поскольку электромагн. волны со скоростью распростран. распространяются, то из рисунка можно определить, что

радиус по орбите $\frac{R}{\sin(30^\circ)} = 2R$. Угловая скорость вращения

у нас g'

$$\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{4R^2} \Rightarrow g' = \frac{g}{4}$$

$$a_{ц.с.} = \omega^2 R = g' \Rightarrow \omega^2 = \frac{g}{8R} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{8R}} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 4\sqrt{2}\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 4\sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 2\sqrt{\frac{1600}{10}} = 8\sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{8 \cdot 40 \cdot 3,14}{\sqrt{5}} = 4\sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{640000}{10}} = 4\sqrt{2} \cdot 8 \cdot 3,14 \approx 14160 \text{ с}$$

и периодом в СД Земли. В ней угловая скорость вращения ω'

$$\omega' = \omega - \frac{2\pi}{T_3} = 2\pi \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_3} \right) = 2\pi \left(\frac{T_3 - T}{TT_3} \right)$$

Какой оборот вращения произойдет за Δt .

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega'} = \frac{TT_3}{T_3 - T} = \frac{86400 \cdot 14160}{86400 - 14160} \approx \frac{1226880000}{72200} \approx 17000 \text{ с}$$

Ответ: $T = 14200 \text{ с}$, $\Delta t = 17000 \text{ с}$

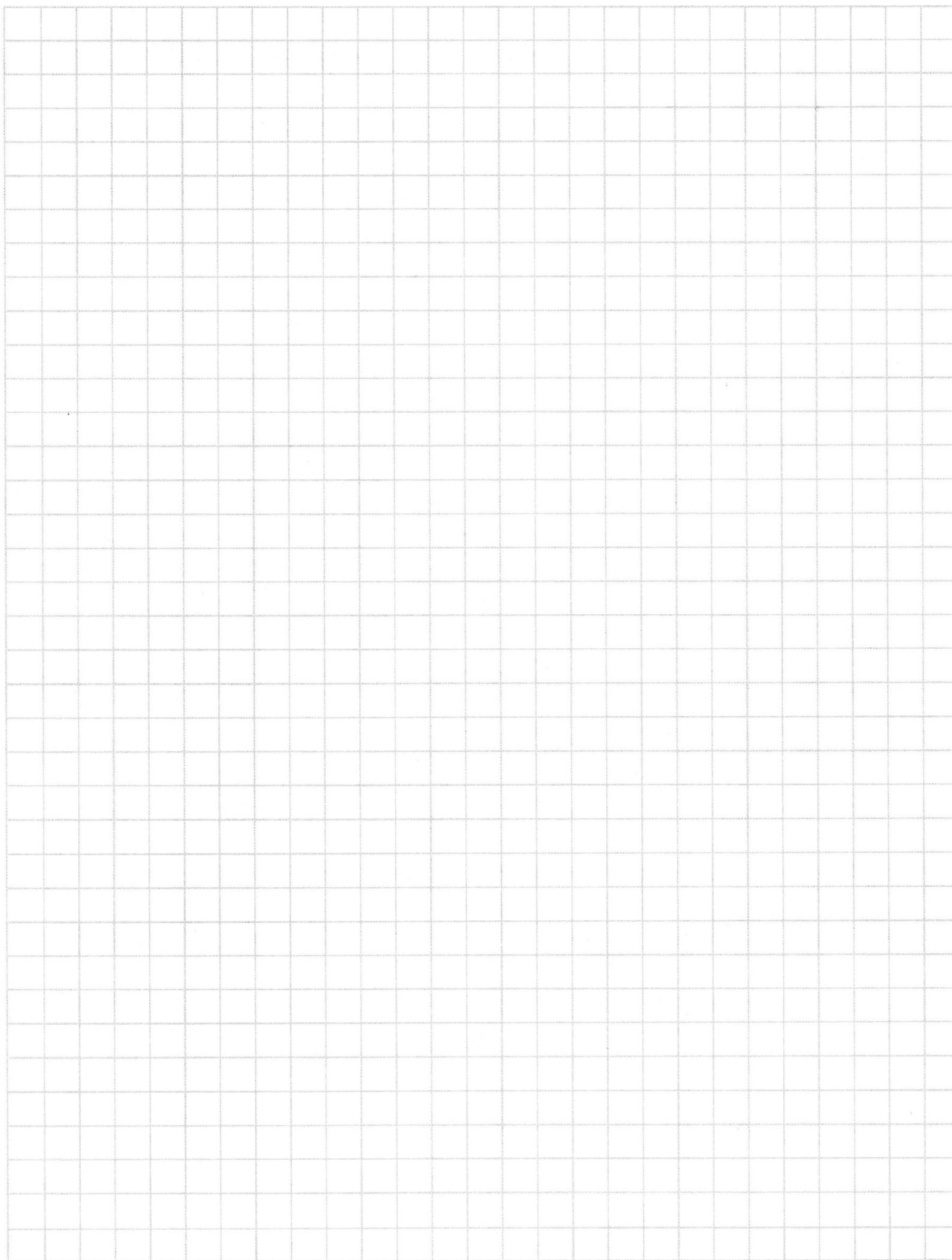


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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!

$$\begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ 109 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \quad 405 \quad 130 \\ 390 \quad 3,11 \\ \hline 150 \\ 130 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 192 \quad 1146 \\ 14'601 \quad 31 \\ \hline 460 \\ 438 \\ \hline 220 \end{array}$$

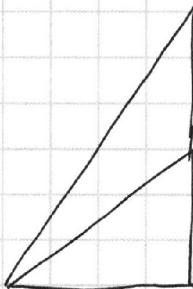
$$\begin{array}{r} 92 \\ 92 \\ \hline +184 \\ 828 \\ \hline 8364 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 926 \\ 92 \\ \hline 828 \\ 95 \\ \hline 95 \\ \hline 475 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 960 \\ 96 \\ \hline 864 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 855 \\ 8925 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 96 \\ 96 \\ \hline 576 \\ 864 \\ \hline 9216 \end{array}$$



$$h.s = 20$$

$$9,612 = 192$$

$$\frac{334}{668} = 0,5$$

$$334000 = 0,668 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 20 = 0,668 \cdot 500000$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 141 \\ \hline 32 \\ 128 \\ 32 \\ \hline 4512 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 45,1 \\ 31,4 \\ \hline 180 \quad 11 \\ 451 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 902 \\ 1804 \\ \hline 1353 \end{array}$$

$$45 \cdot 300 = 13500$$

$$\begin{array}{r} 1353 \\ 14161,4 \end{array}$$

$$24 \cdot 3600 = 14400 + 72000 = 864000$$

$$\begin{array}{r} 864 \\ 142 \\ \hline +17280000 \\ 3456 \\ 864 \\ \hline 122688 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 122688 \quad 1722 \\ 722 \quad 17000 \\ \hline 5048 \end{array}$$

$$156$$

$$\begin{array}{r} 7220 \\ 2166 \\ \hline 5054 \end{array}$$

$$72260 \cdot 17000 = \frac{5054}{722} 00000 = 12274$$



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!

