



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

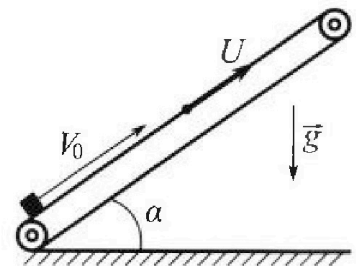
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- 1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

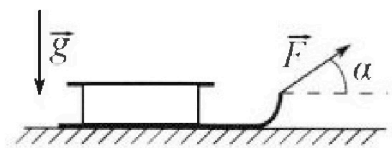
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
- 3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



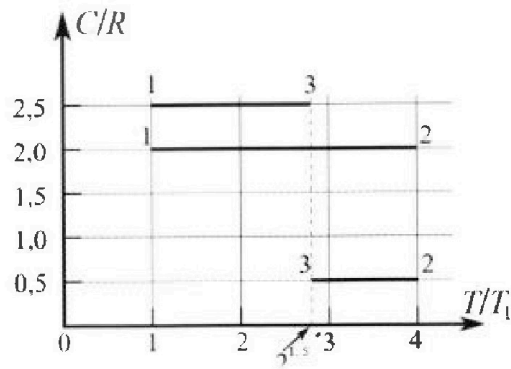
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



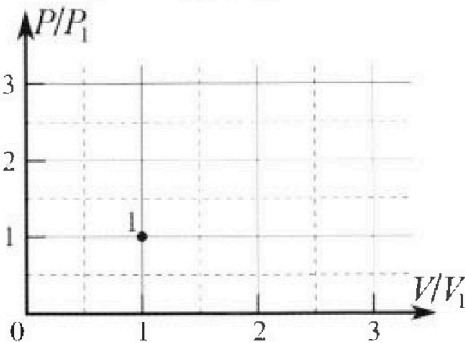
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



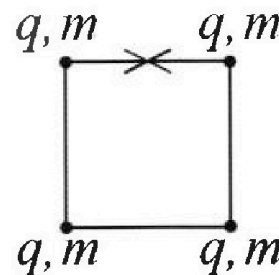
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

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"/>

МФТИ

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

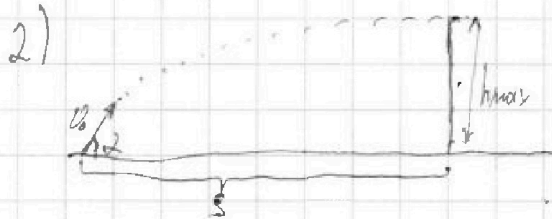
$$T = 2C$$
$$S = 20 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$h_{\max} = ?$$



$$T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow v_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



α - угол между \vec{v}_0 и горизонтальной

Максимальной высотой будет достигнута тогда, когда
справа находится в плоскости точки с максимальной высотой (вершину параболы)
Если L - дальность полета, тогда $\frac{L}{2} = S$.

$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

$$2S = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

$$\Rightarrow \sin(2\alpha) = \frac{2 \cdot 20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1$$

$$\Rightarrow \sin 2\alpha = 1; \quad h_{\max} = \frac{g}{2} \cdot t^2; \quad \tan 45^\circ = 1 \Rightarrow h_{\max} = S = 20 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $h_{\max} = \cancel{20 \text{ м}}$
 $= 20 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

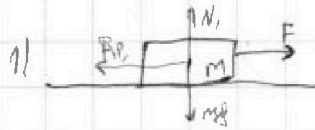
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



v_0, α
 $\mu = ?$
 $\tau = ?$

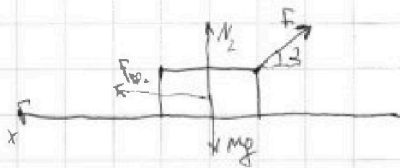


m - масса блока
 F - внешняя сила
 τ - время разгона

$$F_{тр} = \mu mg; \quad F - \mu mg = ma;$$

$$m v_0 = (F - \mu mg) \cdot \tau \quad - 3 \text{ UU}$$

2)



$$2 \text{ UU: } N_2 = mg - F \sin \alpha; \quad F_{тр2} = \mu (mg - F \sin \alpha);$$

$$3 \text{ UU: } m v_0 = (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) \cdot \tau$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + F \sin \alpha = F - \mu mg \Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad | \cdot \frac{1}{F}$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1; \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

После прекращения действия силы F движение будет равно-
 ускоренным:

$$x: \quad F_x = \mu mg = ma; \quad a = \mu g = g \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$a x \cdot \tau = v_0; \quad \tau = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

2) $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

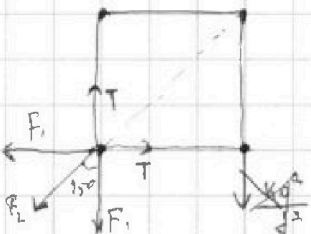


WS.

m, q, b

формула сил.

$T = ?$
 $v = ?$
 $d = ?$

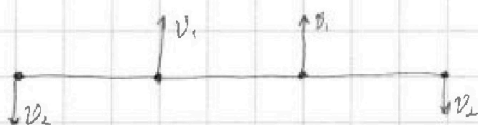


$$1) F_1 = \frac{kq^2}{b^2} \cdot f_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$\left(= \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2} \right)$$

$$2) W_0 = W_{\text{нар}} = \frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{b\sqrt{2}}; E_{\text{к0}} = E_{\text{к(кон)}} = 0$$



$$W = \frac{3kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} =$$

$$= \frac{4kq^2}{b} + \frac{kq^2}{3b}$$

Система шариков замкнута \Rightarrow для системы верев 3Ц4, 4 ~~3Ц4~~

$2mv_1 = 2mv_2; v_1 = v_2 = v \Rightarrow$ скорости шариков по модулю равны.

Ангелт = 0 \Rightarrow для сист верев 3Ц4: $E_1 = E_2; W_0 + E_{\text{к0}} = W + E_{\text{к}}$

$$\frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{b\sqrt{2}} + 0 = \frac{4kq^2}{b} + \frac{kq^2}{3b} + \left(\frac{1}{2}mv^2\right) \cdot 4 \Rightarrow 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3}\right)$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{kq^2}{2bm} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3}\right)}$$

Бого

стало



$$d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

Ответ: 1) $T = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2}$

2) $v = \sqrt{\frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2bm}}$

3) $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$



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

МФТИ

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

$$\frac{v_0}{f} = t; \quad \text{лат} - \frac{f \cdot t^2}{2} = \frac{v_0^2}{f} - \frac{v_0^2}{2f} = \frac{v_0^2}{2f} \quad 1,8 \cdot 5 =$$
$$\frac{-2}{-1} \quad \frac{20 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,8 \cdot 5}$$
$$\frac{4,8}{14,90}$$
$$\frac{24,4}{30}$$
$$\frac{6}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{48}{100} = \frac{24}{50}$$
$$11,7 + 6 = \frac{22,9}{20} \text{ м}$$
$$11,7 + 8 = 22,9$$
$$\frac{b}{30} + 0,48$$

$$Q_x = 2,5 \text{ РТ} \cdot \frac{\text{РТ}}{2} \left(5(\sqrt{8}-1) + (4-\sqrt{8}) \right)$$

$$5\sqrt{8} - \sqrt{8} + 4 - 5 = \frac{4\sqrt{8} - 1}{12}$$

$$S = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{2g} \Rightarrow 20 = \frac{20 \cdot 20 \cdot \sin(2\alpha)}{20} \Rightarrow \sin(2\alpha) = 1$$

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!

$v_0 \sin \alpha = g t$
 $v_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$\frac{t \cdot t}{t} = \frac{g t^2}{S}$
 $g t^2 = \frac{g t^2}{S}$

$\sqrt{\frac{0,4 \text{ м}}{6 \text{ м}}}$

$v_0 \cos \alpha = \frac{S}{t}$
 $v_0 \cos \alpha \cdot t = S$
 $v_0 \sin \alpha \cdot t = \frac{g t^2}{2}$
 $v_0 \sin \alpha = \frac{g t}{2}$

$\frac{S}{t} = \frac{g t}{2}$
 $2S = g t^2$
 $t = \sqrt{\frac{2S}{g}}$

$v_0 = \frac{S}{t \cos \alpha}$
 $v_0 = \frac{S}{\sqrt{\frac{2S}{g}} \cos \alpha}$
 $v_0 = \frac{\sqrt{2Sg}}{\cos \alpha}$

$\frac{10 \cdot \sqrt{3}}{10} \text{ м}$
 $\frac{20 \cdot \sqrt{3}}{2} \approx 17$

$\sqrt{3} \text{ м}$

$v_0 \cos \alpha = v = \frac{S}{t}$
 $v_0 \sin \alpha = g t = \frac{h}{b}$

$v_0 \cos \alpha \cdot t = S$
 $\frac{v_0 \sin \alpha}{g} = t$
 $v_0 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$
 $S = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$, $S \cdot g = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{h}{S}$; $h \cos \alpha = S \sin \alpha$; $h = S \cdot \tan \alpha$

$\frac{mg}{\sin \alpha} - mg \cos \alpha = F \sin \alpha + F \cos \alpha \sin \alpha$
 $g = \sqrt{16 - 20}$

$-\frac{mg}{\sin \alpha} + mg \cos \alpha + F$
 $\frac{g}{\sin \alpha} \cdot t^2 - v_0 \cdot t \cos \alpha = 0$; $t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g}$
 $\frac{4 \pm 2}{10} = \frac{1}{5}, \frac{3}{5}$

$mg \sin \alpha + mg \cos \alpha = mg$; $\alpha = \arcsin \left(\frac{0,6}{10} + \frac{1}{3} \cdot \frac{6^2}{10} \right) = \arcsin \left(\frac{g}{10} \right)$

$x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $S = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $g t^2 - 2v_0 t + 2S = 0$
 $\Delta = \frac{4v_0^2}{64} - \frac{8gS}{80}$



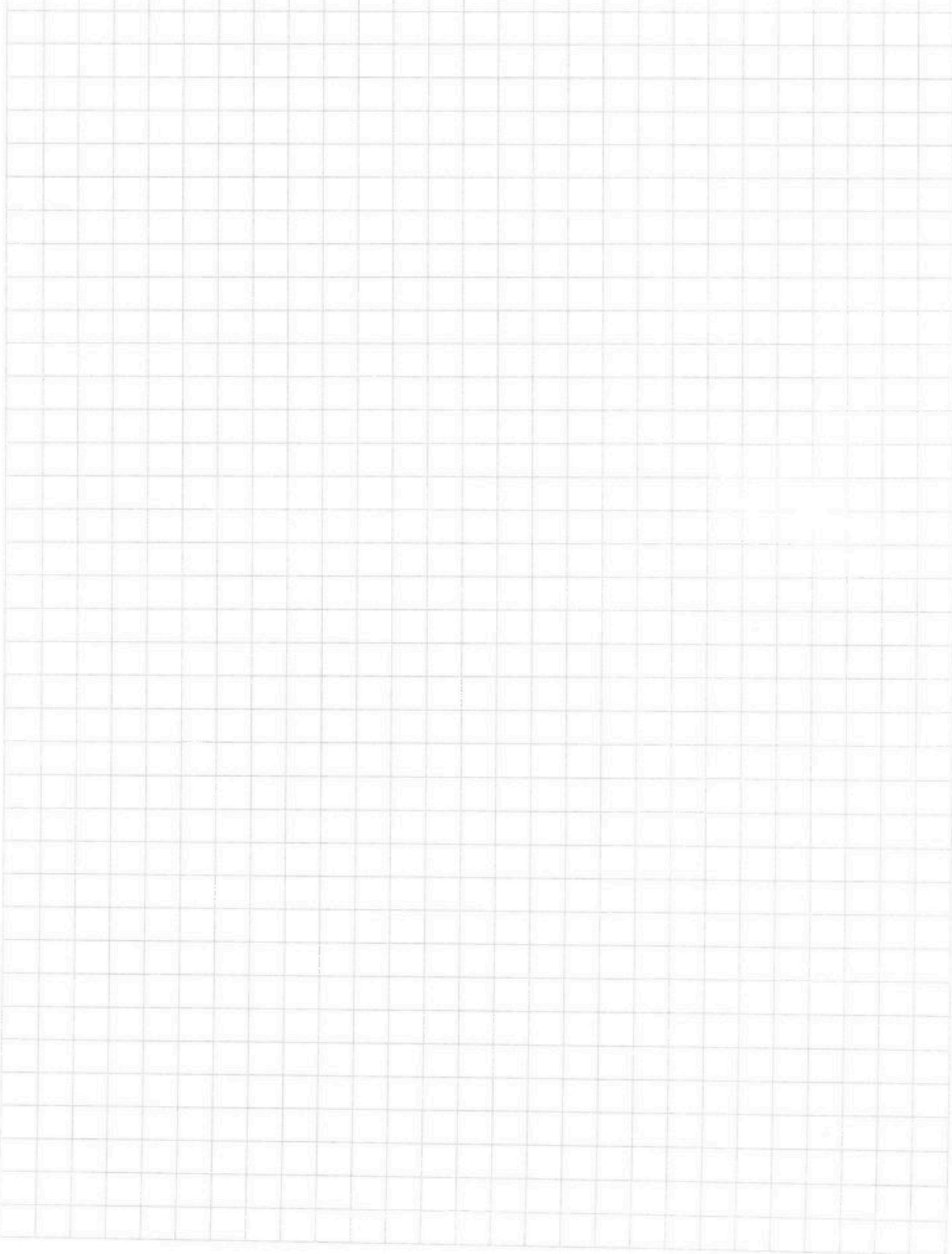
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

