



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

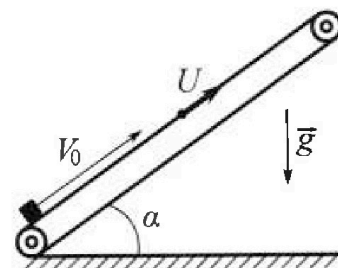
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Уск орение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

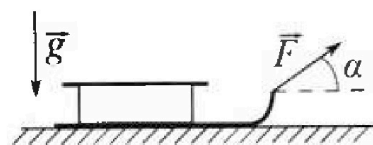
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

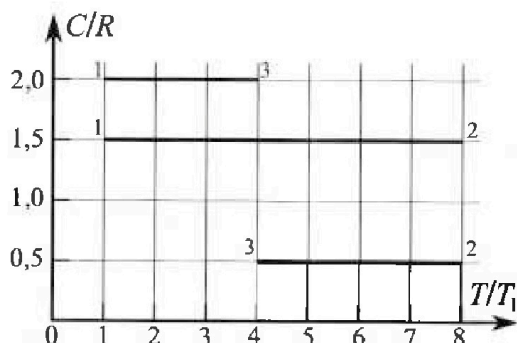
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

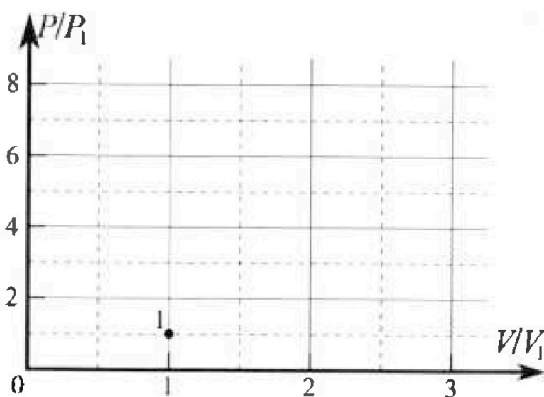
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

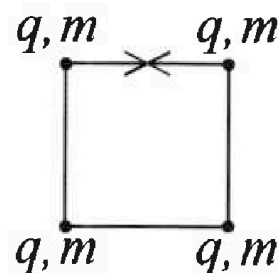
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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 вверху (на рисунке)?

Элементарная электрическая постоянная ϵ_0 . 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

МФТИ

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



1) $v_0 = ?$

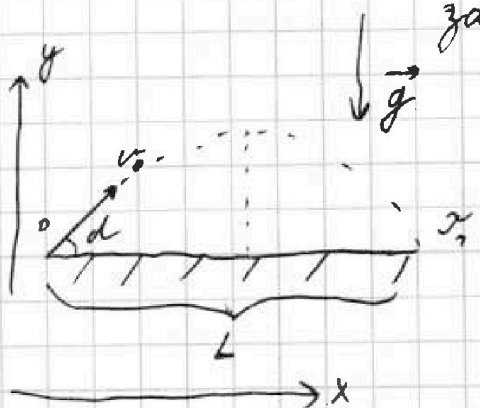
2) $S = ?$

$\alpha = 45^\circ$

$L = 20 \text{ м}$ $H = 3,6 \text{ м}$ $H - \text{max}$

$g = 10 \text{ м/сек}^2$

1)



за время τ_1 : $0 = v_0 \sin \alpha \tau_1 - \frac{g \tau_1^2}{2}$

$v_0 \sin \alpha = \frac{g \tau_1}{2}$

$\tau_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$

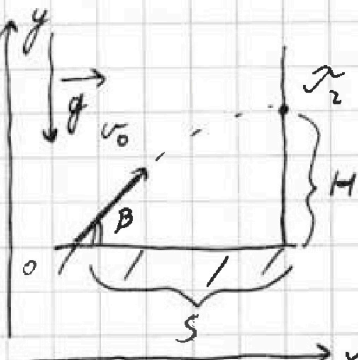
0x: $L = \tau_1 v_0 \cos \alpha$

подст. τ_1 : $L = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}}$

$v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{\sin 2 \cdot 45^\circ}} \text{ м/сек} = \sqrt{200} \text{ м/сек} = 10\sqrt{2} \text{ м/сек}$

2)



за время τ_2 :

0y: $H = v_0 \sin \beta \tau_2 - \frac{g \tau_2^2}{2}$ (1)

0x: $S = v_0 \cos \beta \tau_2 \Rightarrow \tau_2 = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$

подст. τ_2 в (1): $H = S \frac{\sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

$H = \frac{(2 \sin \beta \cos \beta v_0^2 - g S) S}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{(v_0^2 \sin 2\beta - g S) S}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

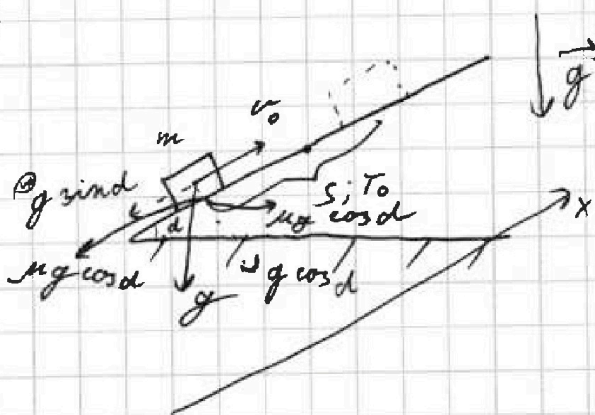
МФТИ

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

- 1) $S = ?$
 2) $v_0 = ?$
 3) $L = ?$

$T_0 = 7 \text{ сек}$ $v_0 = 6 \text{ м/сек}$ $u = 7 \text{ м/сек}$ $g = 10 \text{ м/сек}^2$
 $z \text{ инд} = 0,6$ $\mu = 0,5$
 $* \mu - \text{до } \cos d = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$

7)



рассм. возможность совпадения скорости у груза и у ленты.

$Ox: S = v_0 t$

$v_0 - g T_0 (\mu \cos d + z \text{ инд}) ?$
 $? T_0 \mu g \cos d$

$6 \text{ м/сек} ? (2 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 7 \cdot 0,6) \text{ м/сек} = 22 \text{ м/сек}$
 $6 \text{ м/сек} < 22 \text{ м/сек} \Rightarrow \exists T_x$: в мом. врем. T_x скорости сравнялись, далее сила трения стала направлена в другую сторону
 $v_0 = T_x (2 \mu g \cos d + g z \text{ инд})$

$T_x = \frac{6 \text{ м/сек}}{(2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 7 \cdot 0,6) \text{ м/сек}^2} = \frac{3}{7} \text{ сек}$

m.e. $S = s_1 + s_2 = \left(v_0 T_x - \frac{g(z \text{ инд} - \mu \cos d)(T_0 - T_x)^2}{2} \right) + \left(\mu g \cos d T_x (T_0 - T_x) - \frac{g(z \text{ инд} + \mu \cos d) T_x^2}{2} \right)$

$S = \left(6 \cdot \frac{3}{7} - \frac{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 9}{49} \right) + \left(0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot \frac{3}{7} \cdot \left(7 - \frac{3}{7} \right) - \frac{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)}{2} \cdot \left(\frac{3}{7} \right)^2 \right)$
 $= \left(\frac{78}{7} - \frac{45}{49} + \frac{48}{49} - \frac{76}{49} \right) \text{ м} = \frac{779}{49} \text{ м} = \frac{174}{7} \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

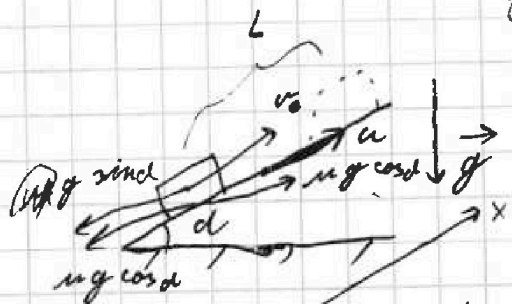
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

2)



наметим равнобедренные
скоростей

доказано:

$$Ox: T_y: v_0 = T_y (2 \mu g \cos d + g \sin d) + u$$

$$T_y = \frac{v_0 - u}{2 \mu g \cos d + g \sin d}$$

$$T_y = \frac{6 - 7}{2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6} \text{ сек} = \frac{5}{14} \text{ сек}$$

$$T_1: u = T_y \mu g \cos d - (T_1 - T_y) (g \sin d - \mu g \cos d)$$

$$T_1 = T_y + \frac{T_y \mu g \cos d}{g \sin d - \mu g \cos d}$$

$$T_1 = \left(\frac{5}{14} + \frac{\frac{5}{14} \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8}{10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} \right) \text{ сек} = \left(\frac{5}{14} + \frac{10}{0,6 - 0,4} \right) \text{ сек} = \frac{105}{14} \text{ сек} = 7,5 \text{ сек}$$

$$3) (g \sin d - \mu g \cos d) = u$$

$$T_2 = \frac{u}{g \sin d - \mu g \cos d} + T_1$$

$$T_2 = \left(\frac{7}{10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} + 7,5 \right) \text{ сек} = 8 \text{ сек}$$

$$L = \left(v_0 T_y - \frac{g (\sin d + \mu \cos d) T_y^2}{2} \right) + \left(u (T_2 - T_y) - \frac{g (\sin d - \mu \cos d) (T_2 - T_y)^2}{2} \right)$$

$$L = \left(\left(6 \cdot \frac{5}{14} - \frac{10 \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{25}{196}}{2} \right) + \left((7 + \frac{5}{14} \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8) \left(8 - \frac{5}{14} \right) - \frac{10 \cdot (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \left(8 - \frac{5}{14} \right)^2}{2} \right) \right) \text{ м} = \left(\frac{75}{7} - \frac{725}{196} + \frac{72}{2} \cdot \frac{107}{14} - \frac{1072}{196} \right) \text{ м}$$

$$= \frac{75 \cdot 42 - 725}{196} - \frac{1072(707 - 34)}{196}$$

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

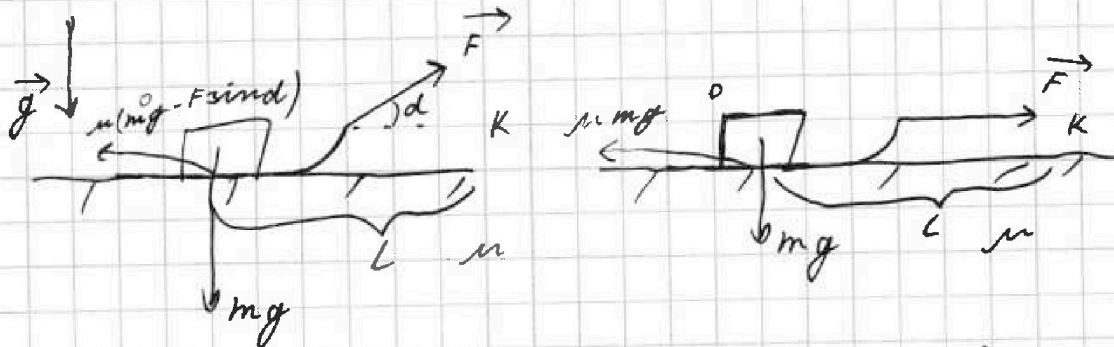
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Перча QR-кода недопустима!

- 1) $\mu = ?$
2) $S = ?$

k, m, g, d - известны.

* сумму F узнаем.

1)

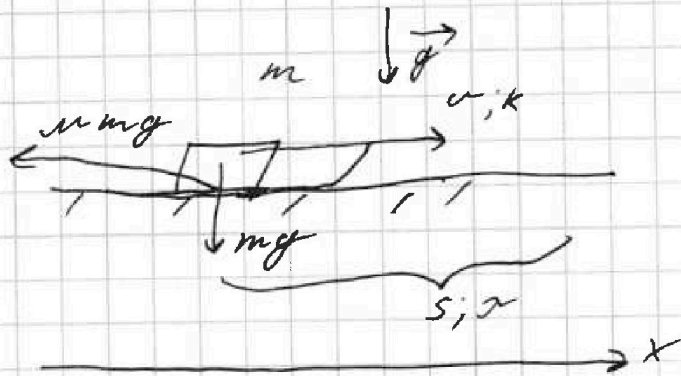


$$K = (F - \mu mg)L = (F \cos d - \mu mg + \mu F \sin d)L$$

$$F = \frac{K}{\cos d + \mu \sin d}$$

$$\mu = \frac{1 - \cos d}{3 \sin d}$$

2)



$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$0x: v = \mu g x \Rightarrow x = \frac{v}{\mu g}$$

$$S = vx - \frac{\mu g x^2}{2}$$

$$\text{поgem. } x: S = \frac{v^2}{2\mu g}$$

$$\text{поgem. } v: S = \frac{K \sin d}{(1 - \cos d) \mu g}$$

$$\text{ползем } \mu = \frac{1 - \cos d}{3 \sin d}, S = \frac{K \sin d}{(1 - \cos d) \mu g}$$

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. Печать QR-кода недопустима!

- 1) $A_{37} = ?$
 2) $\eta = ?$
 3) график = ?

$\gamma = 7$ моль одноатомного газа $\Rightarrow i = 3$
 $T_1 = 200 \text{ K}$ $R = 8,37 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$



процесс 13:
 м.к. работа не газу, а внеш. сил
 $C_{37} \Delta T_{37} = -A_{37} + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{37}$

$$A_{37} = -\Delta T_{37} \left(C_{37} - \frac{3}{2} \gamma R \right)$$

$$A_{37} = -(7-4) \left(2 - \frac{3}{2} \cdot 7 \right) \cdot 8,37 = 3 \cdot 0,5 \cdot 8,37 \cdot 200 = 24,93 \text{ Дж}$$

$$A_{37} = 3 \cdot 0,5 \cdot 200 \cdot 8,37 = 24,93 \text{ Дж} = 2,493 \text{ Дж}$$

2) ~~анализ~~ замкнутой процесс = 7 = работе газа

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{37}}{Q_{12}} = \frac{C_{12} R \Delta T_{12} + C_{23} R \Delta T_{23} + C_{37} R \Delta T_{37}}{C_{12} R \Delta T_{12}}$$

полезенное тепло

$$\eta = \frac{(7,5 \cdot (8-7) + 0,5 \cdot (8-4) + 2 \cdot (7-4)) \cdot 8,37 \cdot 200}{7,5 \cdot (8-7) \cdot 8,37 \cdot 200} = \frac{70,5 \cdot 2 - 6}{70,5} = \frac{2,5}{10,5}$$

$$= \frac{5}{21} = \frac{500}{21} \%$$

3) $C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} \Rightarrow$

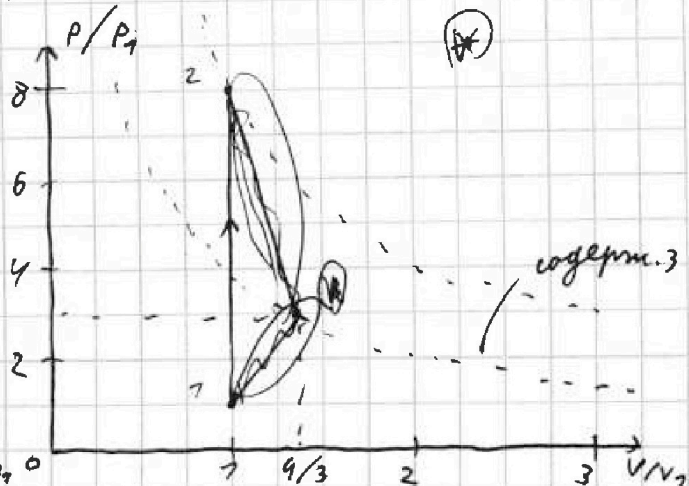
" " $\frac{3}{2} R$

$A = 0$

\Rightarrow на 12 $V = \text{const}$

$P_2 = 8 P_1$ * $PV = \nu RT$
 работа газу м.к.

$$A_{23} = (4-8) \left(0,5 - \frac{3}{2} \right) \cdot 8,37 \cdot 200 \text{ Дж} = \frac{8}{3} A_{37} = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице!

МФТИ



1 2 3 4 5 6 7

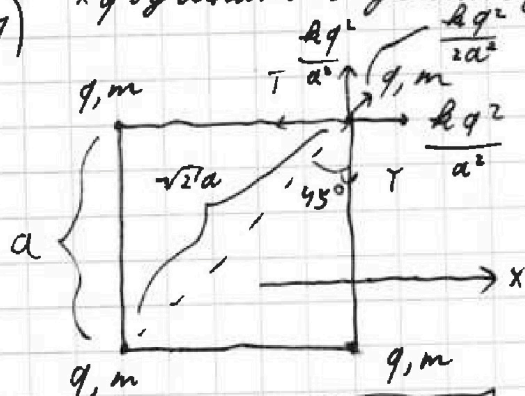
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Поря QR-кода нетопустима!

1) $|q| = ?$

2) $k = ?$

3) $d = ?$, ϵ_0 - по известн. k ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$)
 $a, T, \epsilon_0, \epsilon_{0,m}$ - известн.

1) * q одинаков. \Rightarrow действуем по правилу.



По з. З. (правило)

Самый верхний шар):

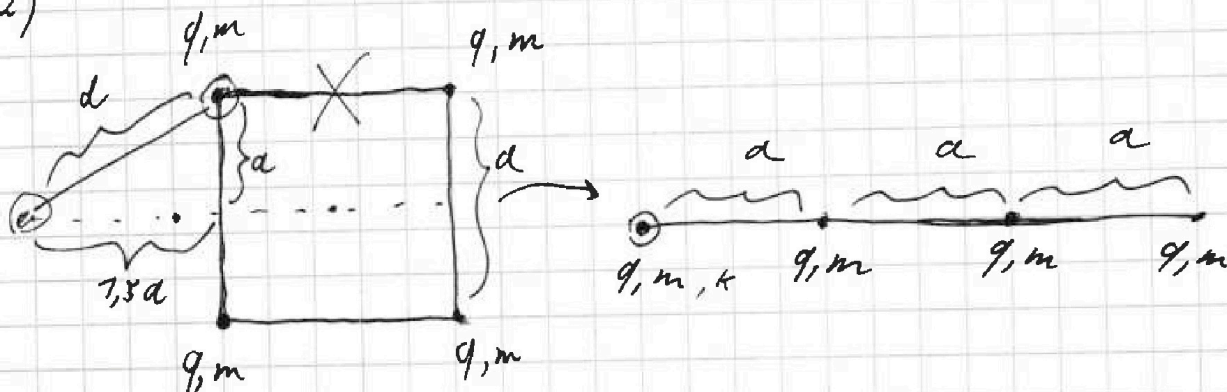
$$Ox: \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \cos 45^\circ - T = 0$$

$$q^2 \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = T \cdot \frac{a^2}{k}$$

$$q = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T a^2}{k(1+2\sqrt{2})}}$$

$$* = \sqrt{\frac{4\sqrt{2} \epsilon_0 a^2 T \epsilon_0}{(1+2\sqrt{2}) k}}$$

2)



* q и m работают не совсем.
по з. с. З. (самый левый шар):

$$E_{ном. 2} + k - E_{ном. 1} = 0$$

$$\frac{kq^2}{d^2} \left(2 + \frac{2}{\sqrt{2}}\right)$$

3) действуем по центр. силе \Rightarrow центр масс не смещается \Rightarrow

$$d = \sqrt{1+2,25} a = \sqrt{3,25} a = 0,5 \sqrt{13} a$$



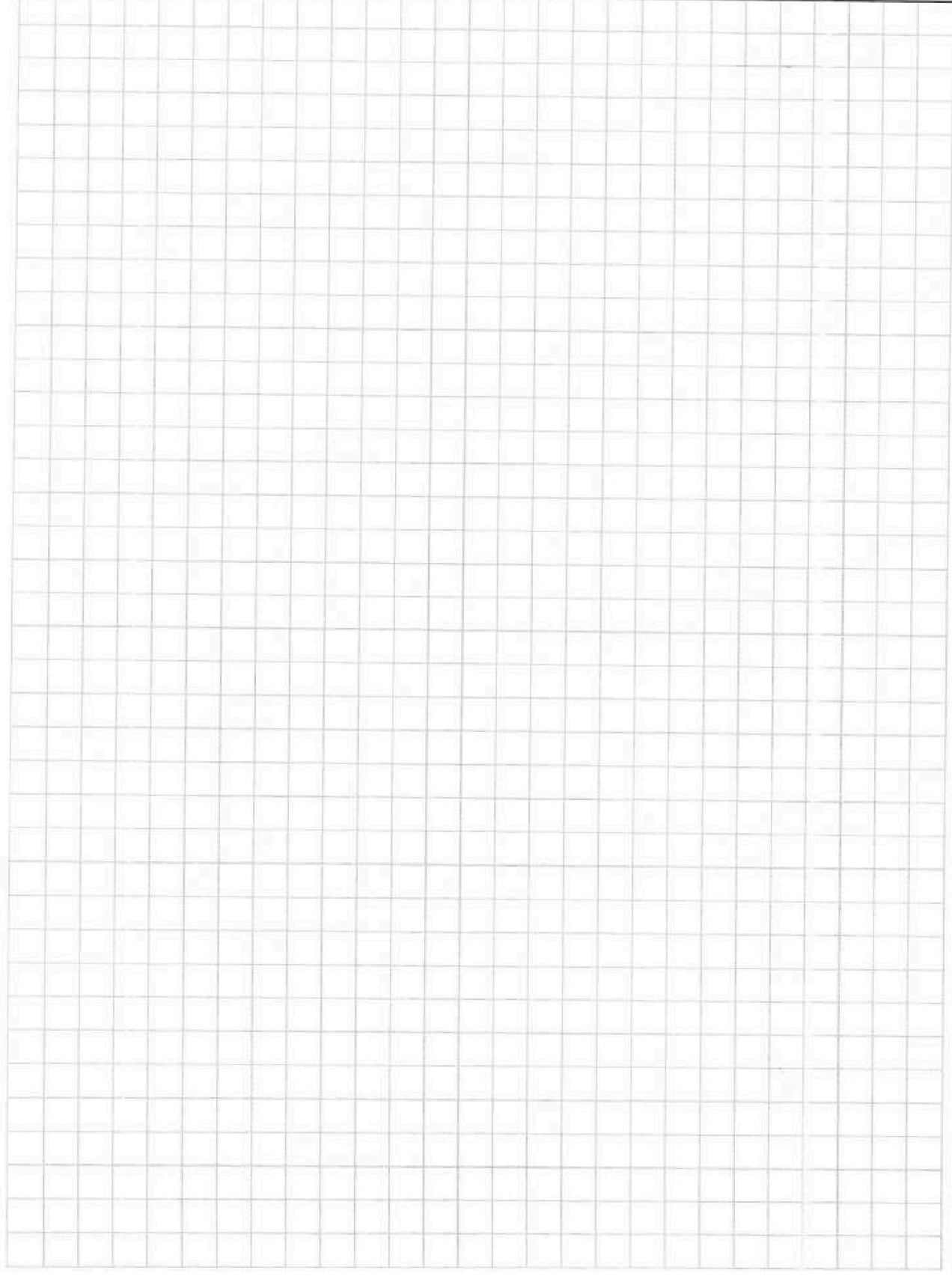
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





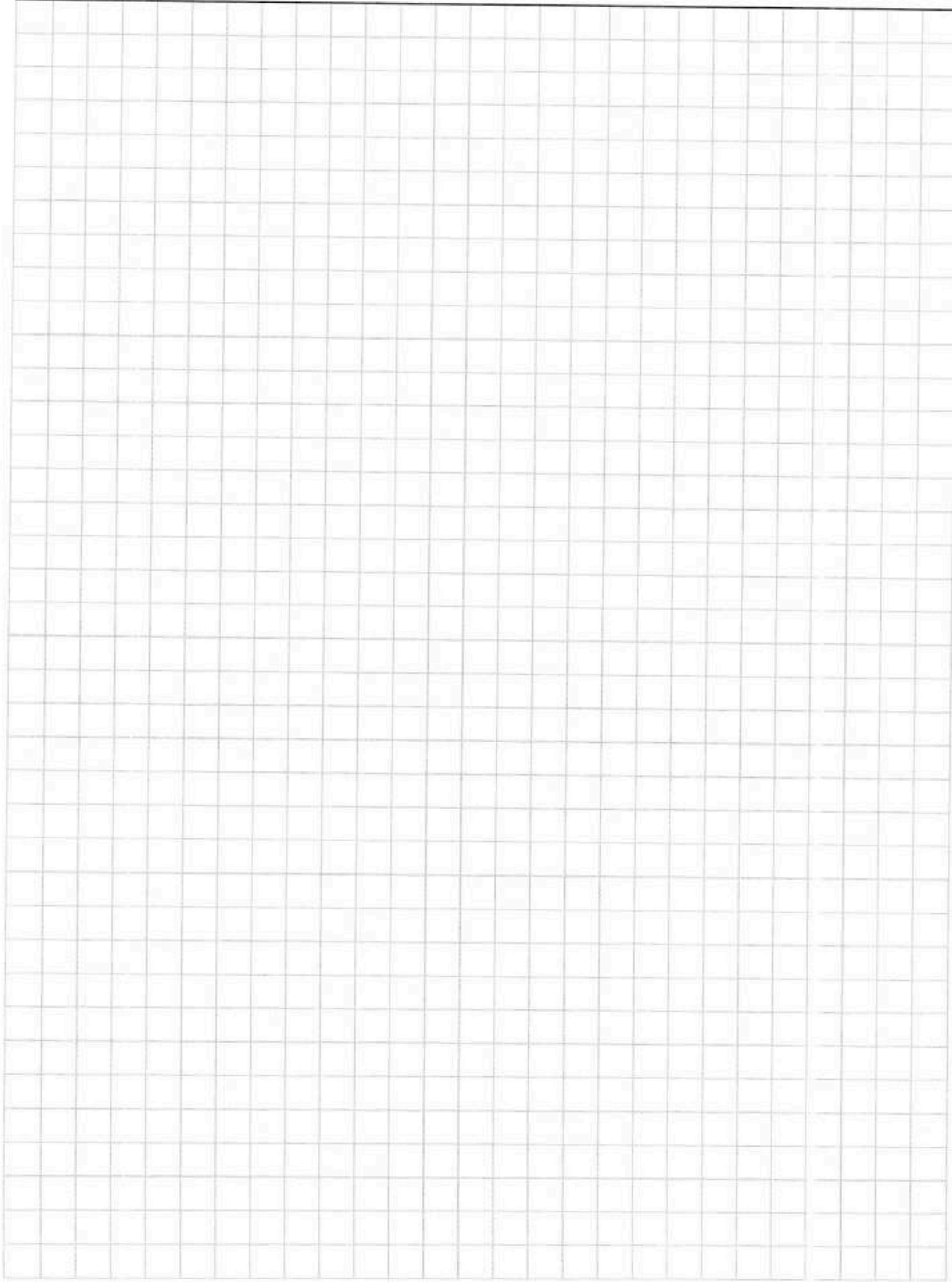
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!






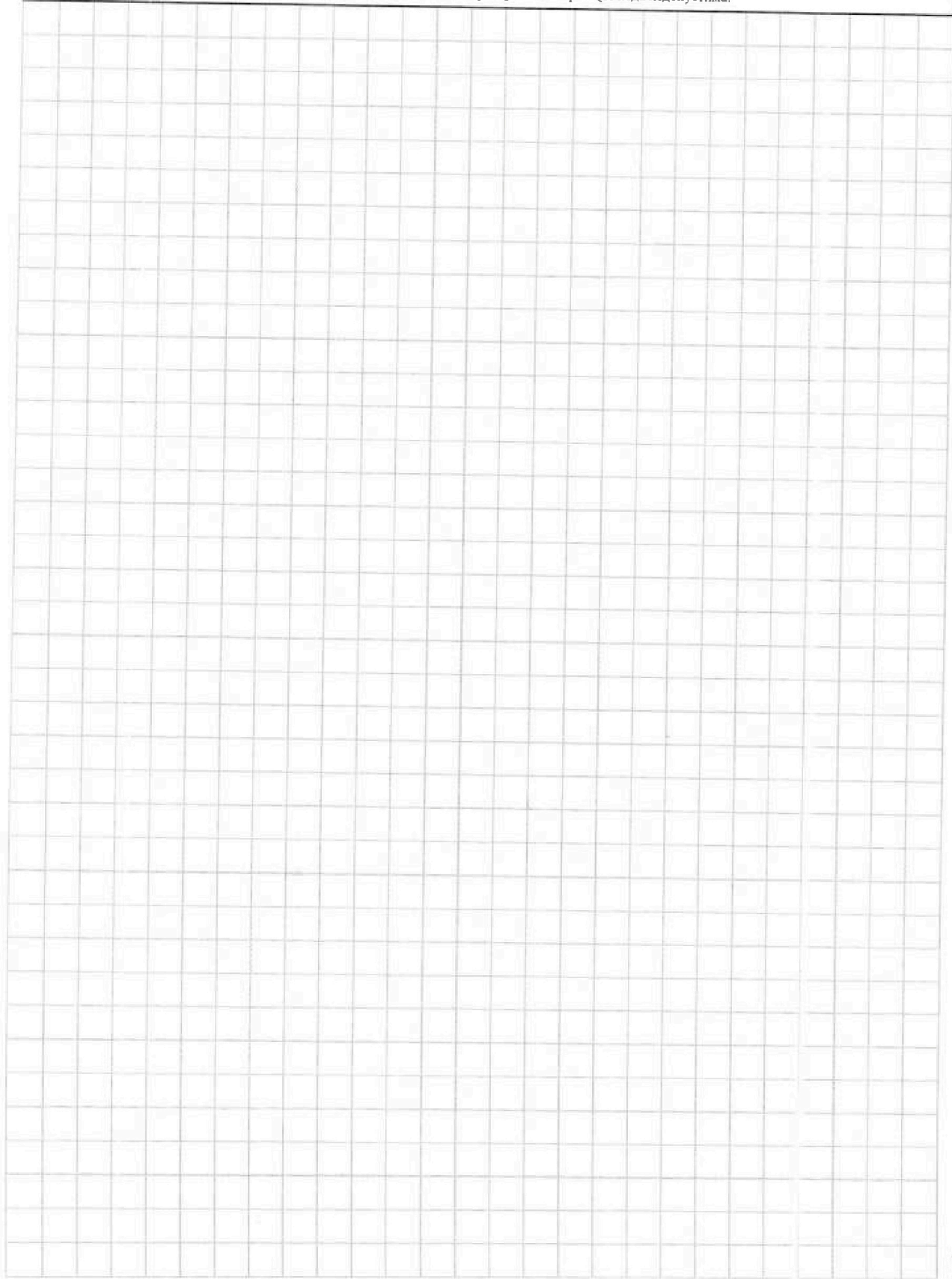
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





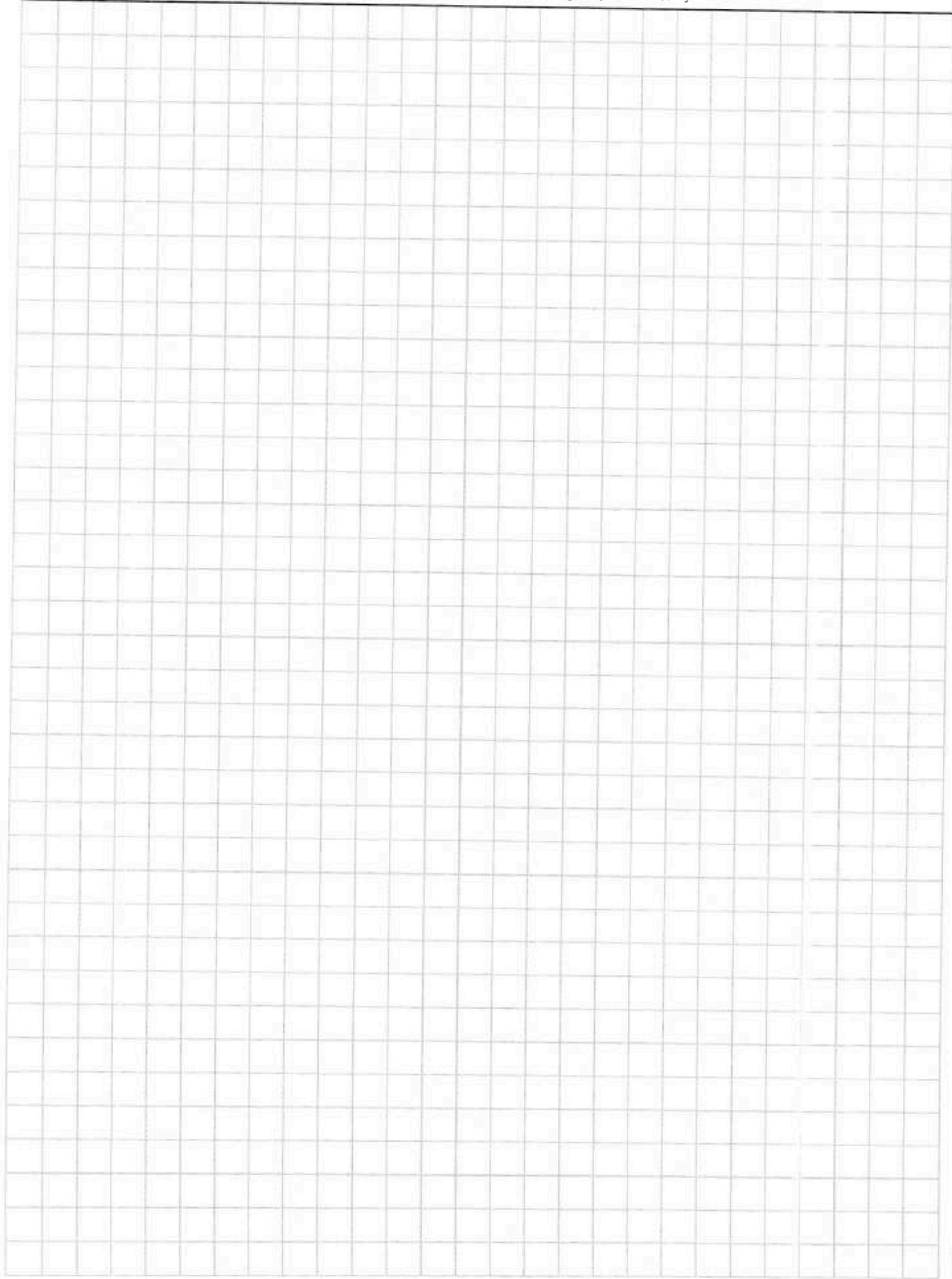
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



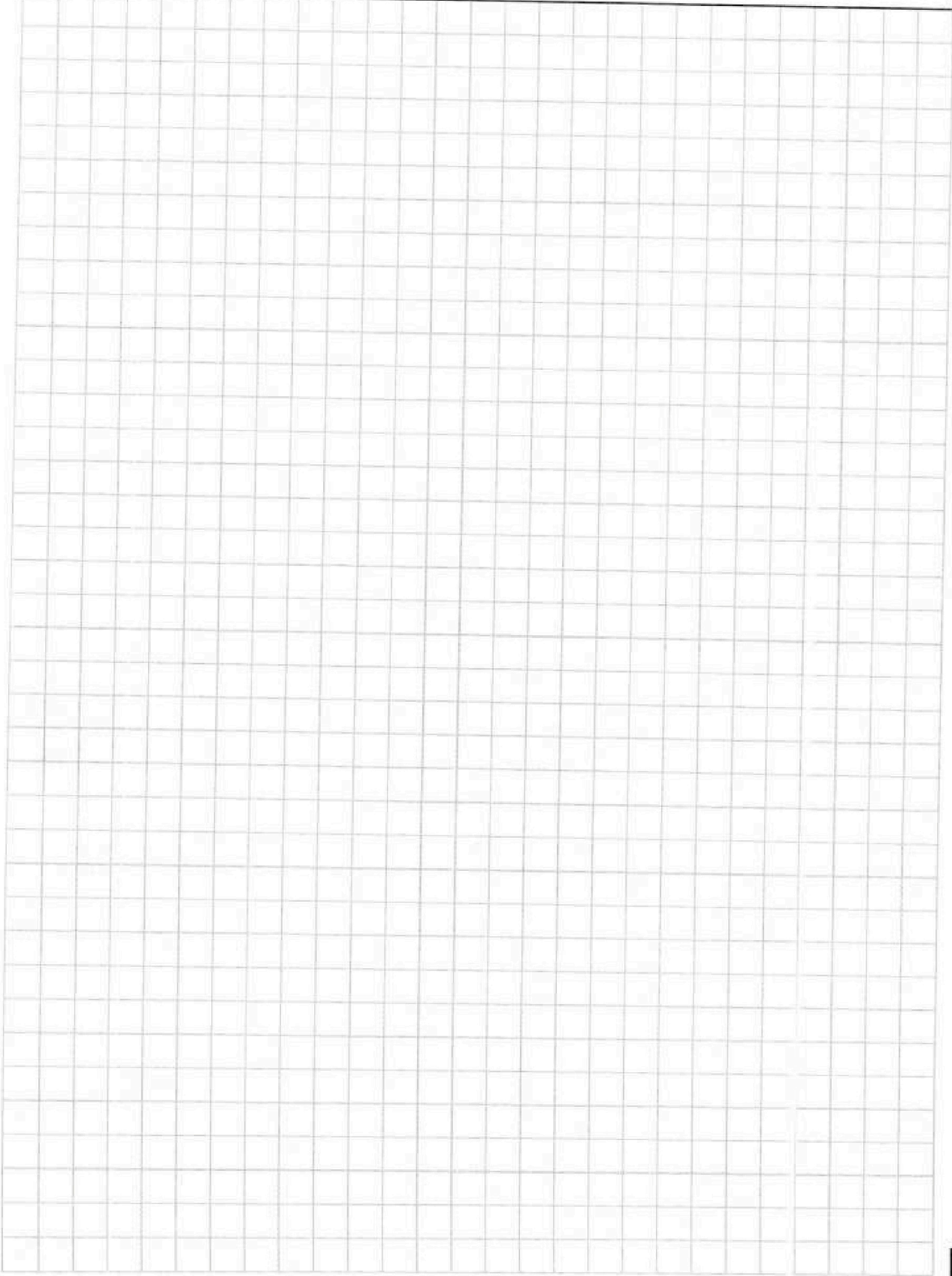


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





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!

