



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.

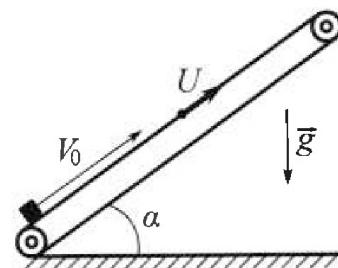
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

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

Ускорение 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.).

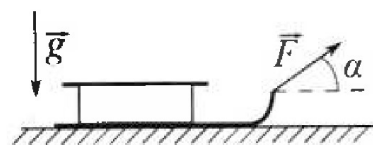
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

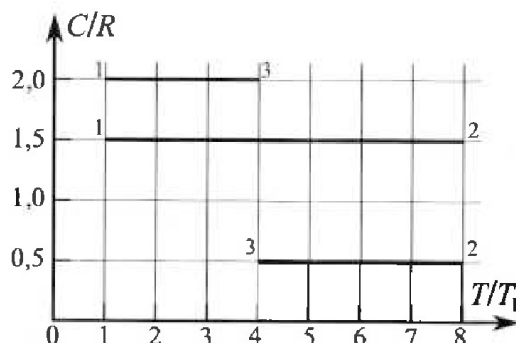
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

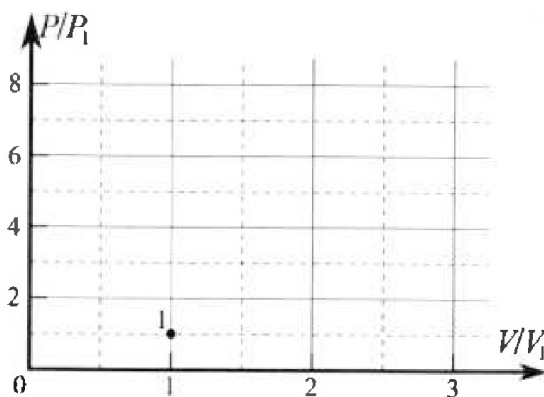
Вариант 10-02

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).

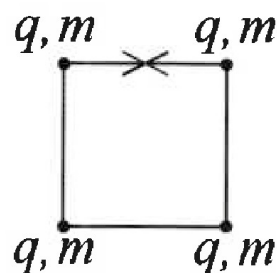


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 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) $v_0 = ?$

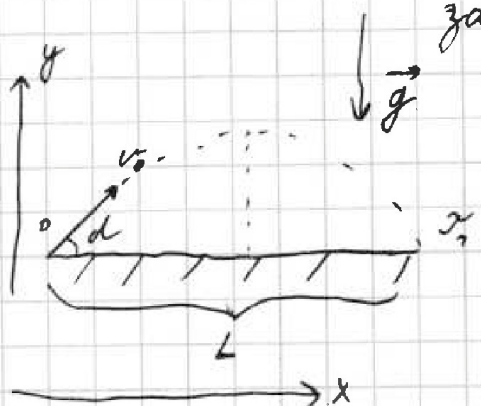
2) $S = ?$

$\alpha = 45^\circ$

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

$g = 10 \text{ м/сек}^2$

1)



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

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

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

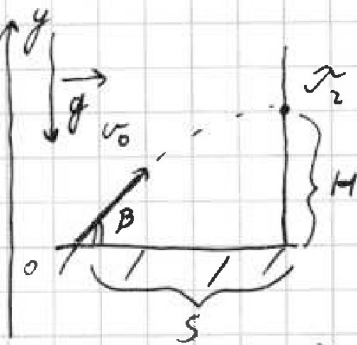
Ох: $L = \tau_1 v_0 \cos \alpha$

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 :

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

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

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!

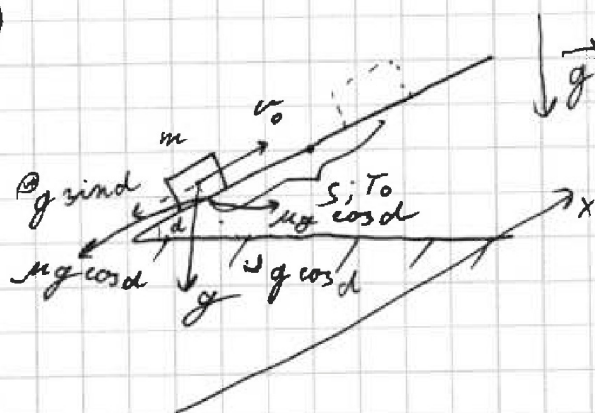
- 1) $S = ?$
2) $T = ?$
3) $L = ?$

$T_0 = 1 \text{ сек}$ $v_0 = 6 \text{ м/сек}$ $u = 7 \text{ м/сек}$ $g = 10 \text{ м/сек}^2$

$\sin d = 0,6$ $\mu = 0,5$

* $\cos d = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$

7)



рассм. возможность
совпадения скорости
у груза и у ленты

Ох: $S = v_0 T$

$v_0 - g T_0 (\mu \cos d + \sin d) = 0$
 $T_0 = \frac{v_0}{g (\mu \cos d + \sin d)}$

$6 \text{ м/сек} ? \quad 2 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 1 \cdot 0,6 \text{ м/сек} = 22 \text{ м/сек}$

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

$T_x = \frac{6 \text{ м/сек}}{(2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 1 \cdot 0,6) \text{ м/сек}^2} = \frac{3}{4} \text{ сек}$

м.е. $S = S_1 + S_2 = \left(v_0 T_x - \frac{g (\sin d - \mu \cos d) T_x^2}{2} \right) + \left(\mu g \cos d T_x (T_0 - T_x) + \frac{g (\sin d + \mu \cos d) T_x^2}{2} \right)$

$S = \left(6 \cdot \frac{3}{4} - \frac{10(0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{9}{16}}{2} \right) + \left(0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot \frac{3}{4} \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \right) + \frac{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)}{2} \cdot \frac{9}{16} \right)$
 $= \left(\frac{78}{4} - \frac{45}{49} + \frac{48}{49} - \frac{76}{49} \right) \text{ м} = \frac{779}{49} \text{ м} = \frac{77}{49} \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

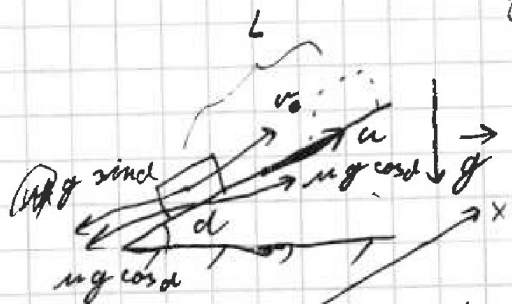
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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)



напишем уравнение скоростей

дополн.:

$$0x: T_y: v_0 = T_y (2\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) + u$$

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

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

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

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

$$T_1 = \left(\frac{5}{14} + \frac{\frac{5}{14} \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8}{10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} \right) \text{ сек} = \left(\frac{5}{14} + \frac{10}{14} \right) = \frac{15}{14} \text{ сек} = 1,07 \text{ сек}$$

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

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

$$T_2 = \left(\frac{7}{10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} + 1,07 \right) \text{ сек} = 3 \text{ сек}$$

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

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

$$= \frac{75 \cdot 42 - 725}{196} + \frac{107(707 - 34)}{196} =$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

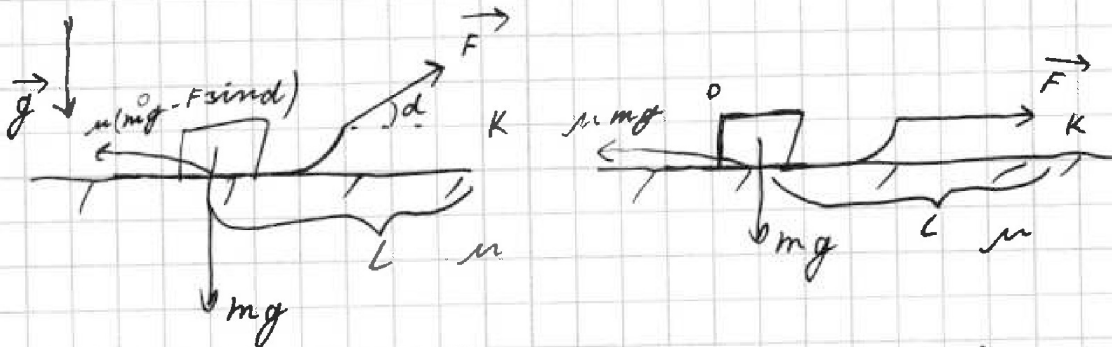
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

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

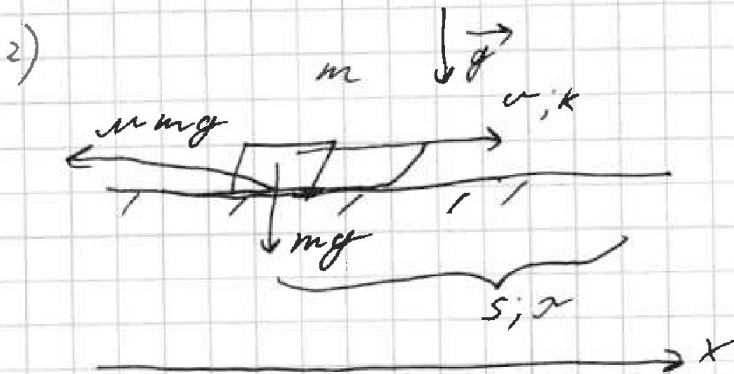
1) k, m, g, d - изберем. * сумму F изберем.



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

$$F = \frac{K}{1 - \cos d + \mu \sin d}$$

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



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

$$0x: v = \mu g x \Rightarrow x = \frac{v^2}{\mu g}$$

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

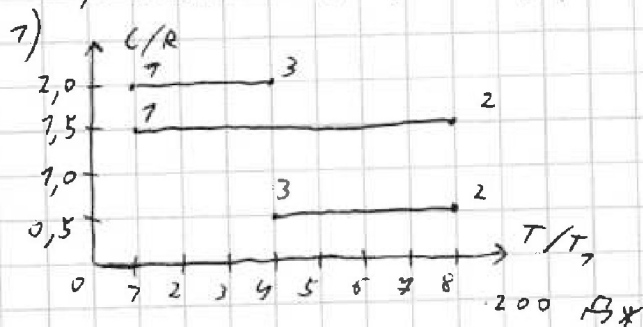
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ

- 1) $A_{31} = ?$
2) $\eta = ?$
3) график = ?

$\gamma = 7$ моль одноатом. газ $\Rightarrow i = 3$
 $T_1 = 200 \text{ K}$ $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$



процесс 12:
м. к. работа
не газа, а внеш.
м.

$$C_{31} \Delta T_{31} = -A_{31} + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{31}$$

$$A_{31} = -\Delta T_{31} \left(C_{31} - \frac{3}{2} \gamma R \right)$$

$$A_{31} = -(7-4) \left(2 - \frac{3}{2} \cdot 7 \right) \cdot 8,31 = 3 \cdot 0,5 \cdot 8,31 \cdot 2 = 24,93 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 3 \cdot 0,5 \cdot 200 \cdot 8,31 = 24,93 \text{ Дж} = 2,493 \text{ Дж}$$

2) ~~аналогично~~ ~~аналогично~~ ~~аналогично~~
замкнутый процесс $\Rightarrow \eta = \text{раб. газа}$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \frac{(C_{12} R + C_{23} R + C_{31} \Delta T_{12}) + (C_{23} \Delta T_{23} + C_{31} \Delta T_{31})}{C_{12} \Delta T_{12}}$$

$$\eta = \frac{(7,5 \cdot (8-7) + 0,5 \cdot (8-8) + 2 \cdot (7-4)) \cdot 8,31 \cdot 200}{7,5 \cdot (8-7) \cdot 8,31 \cdot 200} = \frac{10,5 \cdot 2 - 0}{10,5} = \frac{2,5}{10,5}$$

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

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

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

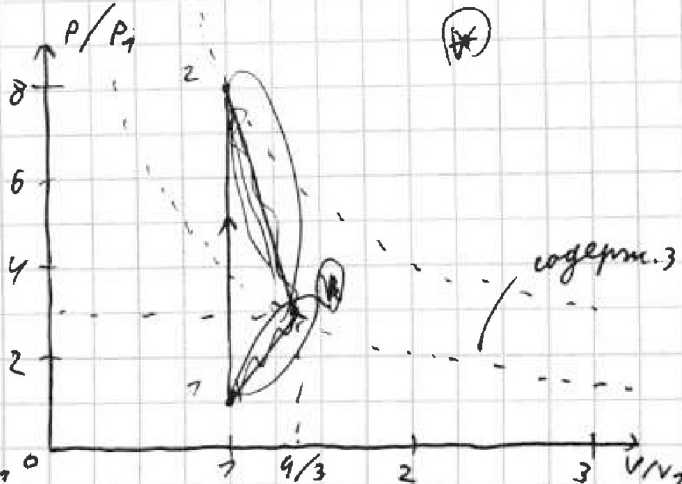
$$A = 0$$

$$\Rightarrow \text{на } 12$$

$$V = \text{const}$$

$$P_2 = 8P_1 \quad PV = \gamma RT$$

$$A_{23} = (4-8) \left(0,5 - \frac{3}{2} \right) \cdot 8,31 \cdot 200 \text{ Дж} = \frac{8}{3} \cdot 4 \cdot 0$$



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

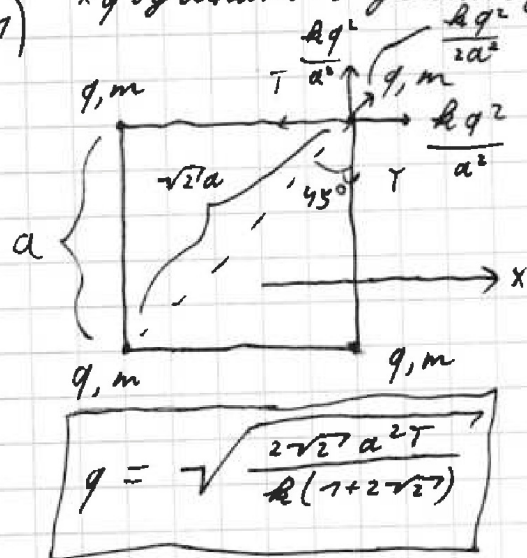
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) $|q| = ?$

2) $k = ?$

3) $d = ?$, ϵ_0 - по известн. k ($\frac{1}{\sqrt{2}\epsilon_0}$)
 a, T, ϵ_0 - известн.

1) * q отрицателен $\Rightarrow$ действуем по формулам.



По 2 з. Н. (при -

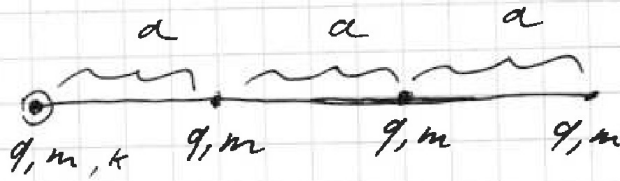
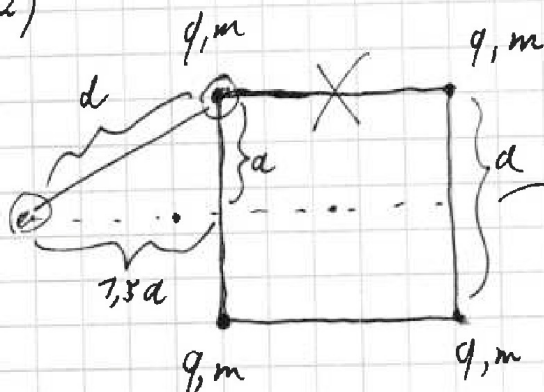
всех верхний шар):

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

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

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

2)



* q отрицателен не совершил.
по з. с. Э. (самый левый шар):

$$E_{пот. 2} + k - E_{пот. 1} = 0$$

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

3) действуем внутр. силой $\Rightarrow$ центр масс не смещается $\Rightarrow$ $d = \sqrt{1+2,25}a = \sqrt{3,25}a = 0,5\sqrt{13}a$



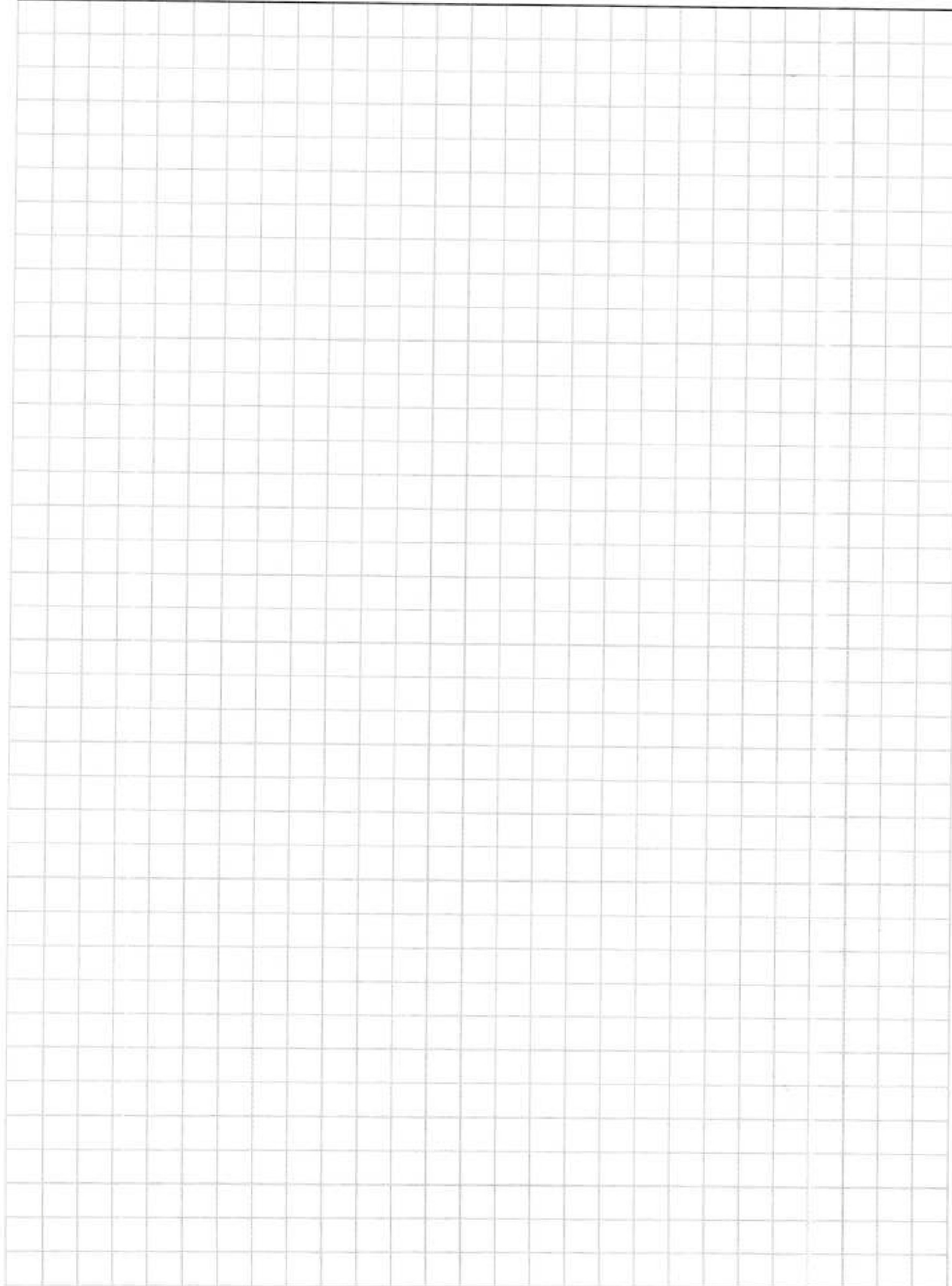
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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





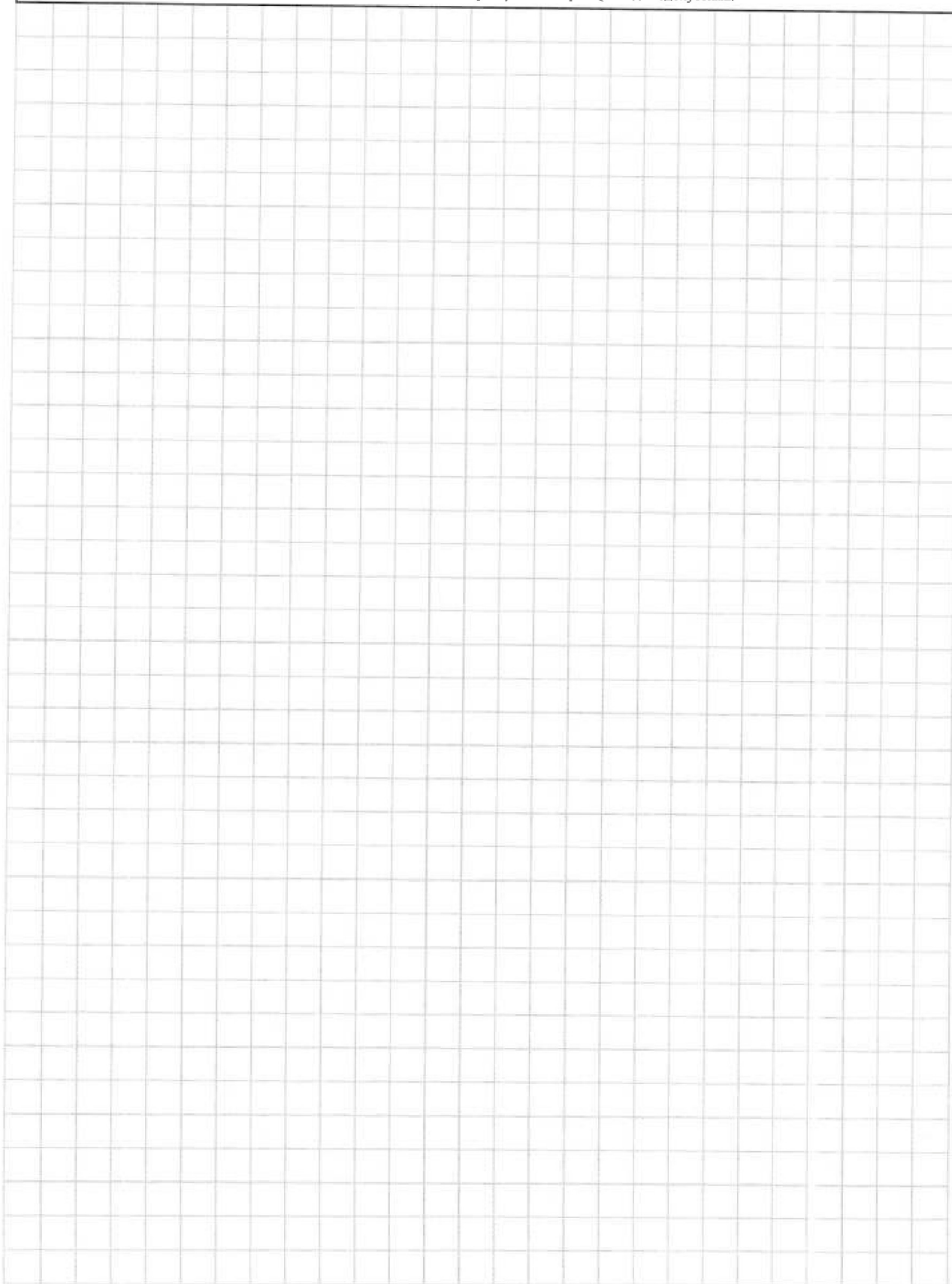
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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





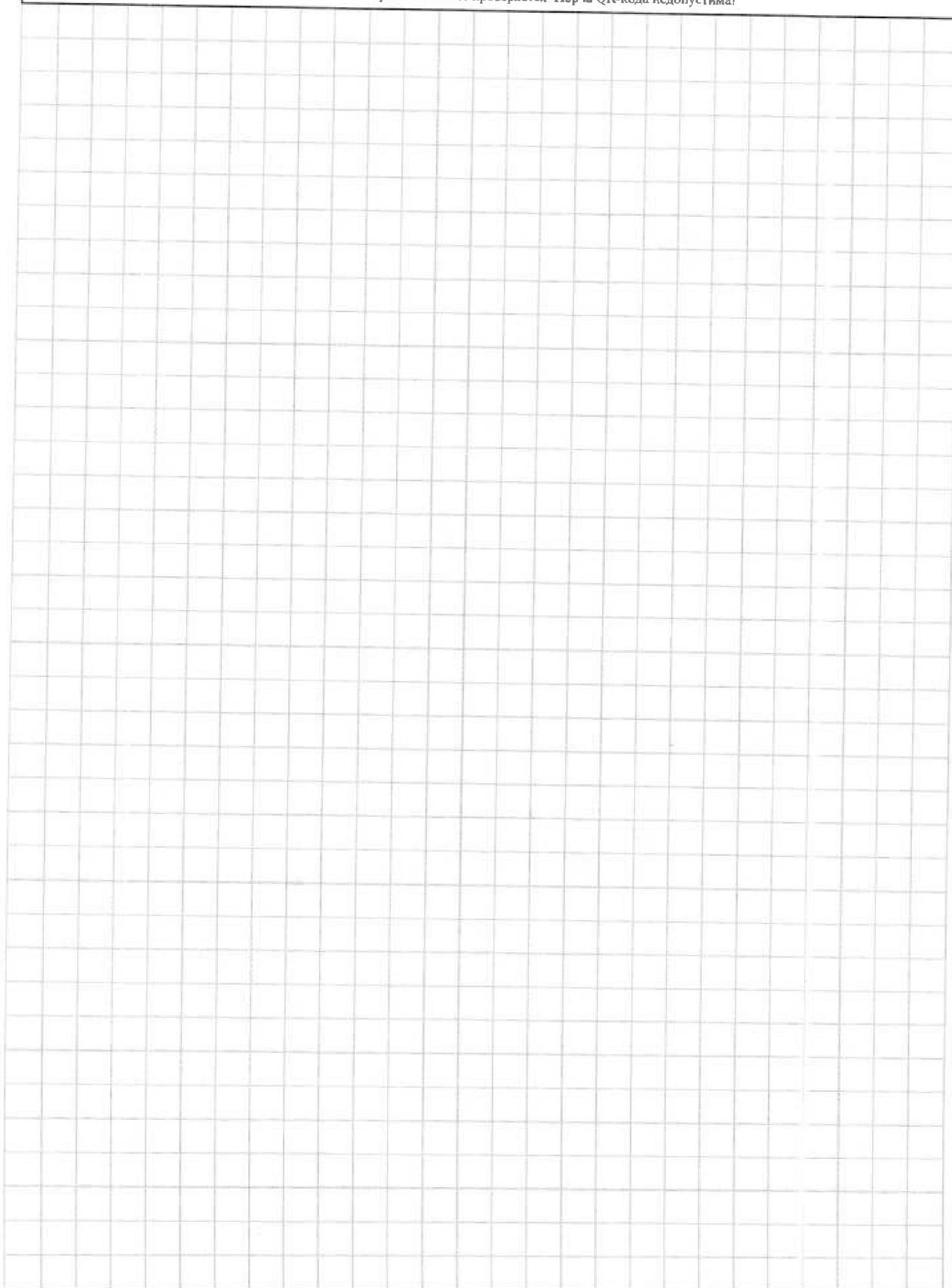
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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





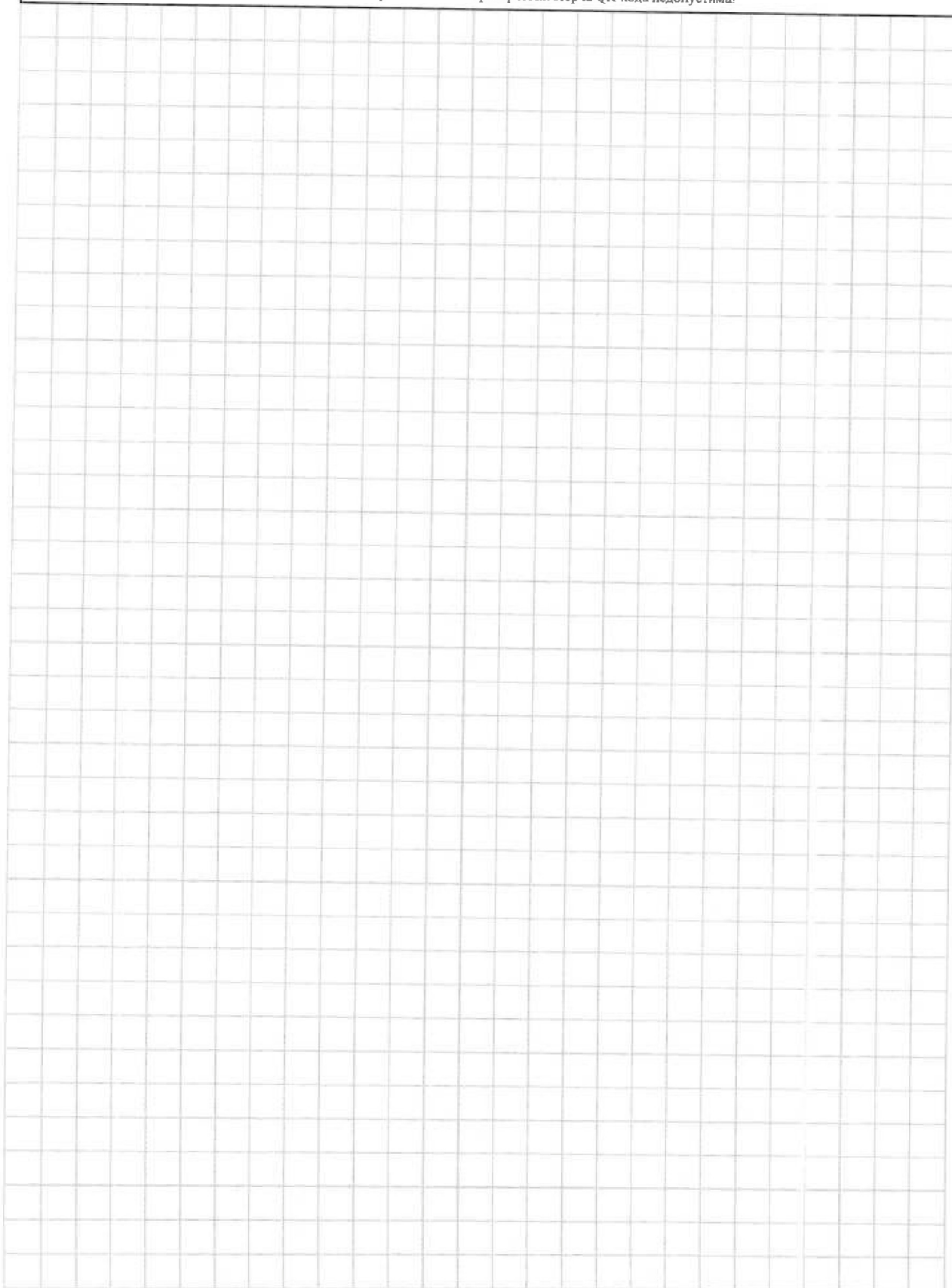
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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





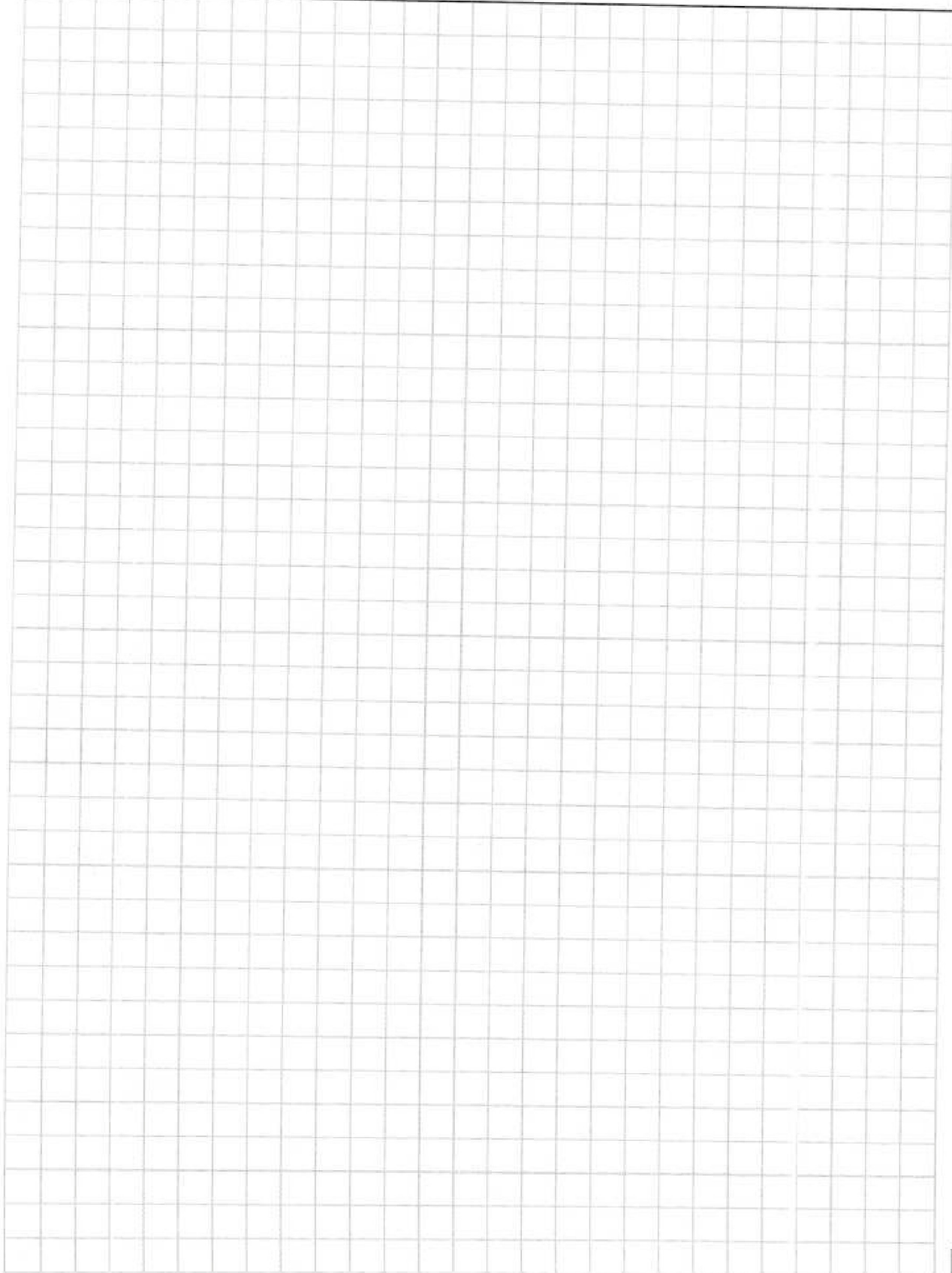
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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

