



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.

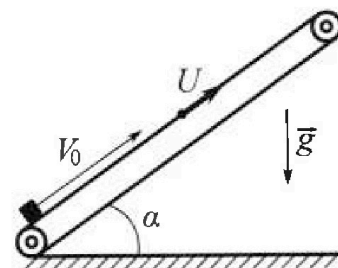
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Уск. орение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

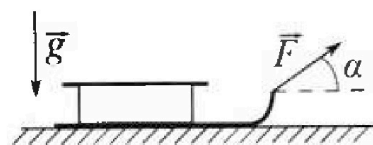
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

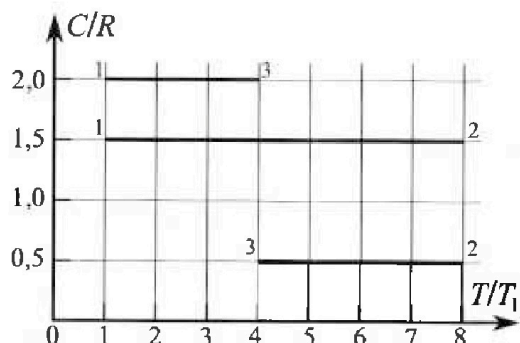
2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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

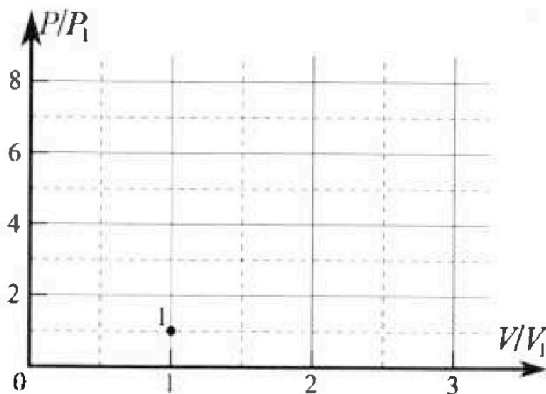
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 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  $\eta$  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  $T$ .

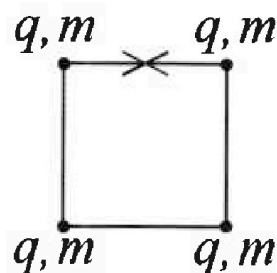
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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  $\epsilon_0$ . 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)  $v_0 = ?$

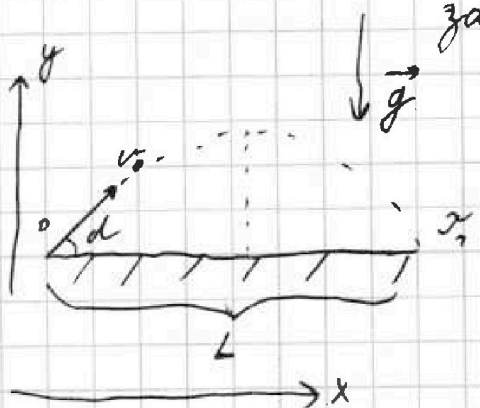
2)  $S = ?$

$\alpha = 45^\circ$

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

$g = 10 \text{ м/сек}^2$

1)



за время  $T_1$ :  $0 = v_0 \sin \alpha T_1 - \frac{g T_1^2}{2}$

$v_0 \sin \alpha = \frac{g T_1}{2}$

$T_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$

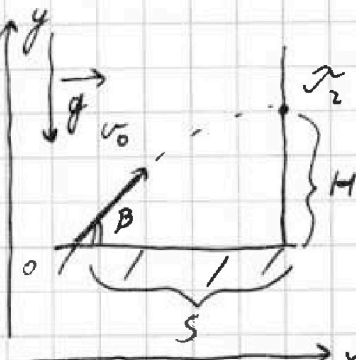
0x:  $L = T_1 v_0 \cos \alpha$

подст.  $T_1$ :  $L = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

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

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

2)



за время  $T_2$ :

0y:  $H = v_0 \sin \beta T_2 - \frac{g T_2^2}{2}$  (1)

0x:  $S = v_0 \cos \beta T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$

подст.  $T_2$  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

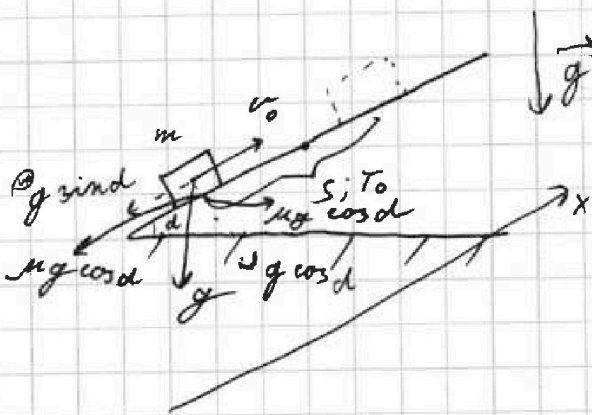
МФТИ

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)  $L = ?$

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

7)



рассм. возможность  
совпадения скорости  
у груза и у ленты.

$Ox: S = v_0 t$

$v_0 - g T_0 (\mu \cos d + \sin d) = ?$   
 $? T_0 \mu g \cos d$

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

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

м.е.  $S = s_1 + s_2 = \left( v_0 T_x - \frac{g(\sin d - \mu \cos d)(T_0 - T_x)^2}{2} \right) + \left( \mu g \cos d T_x (T_0 - T_x) + \frac{g(\sin d + \mu \cos d) T_x^2}{2} \right)$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

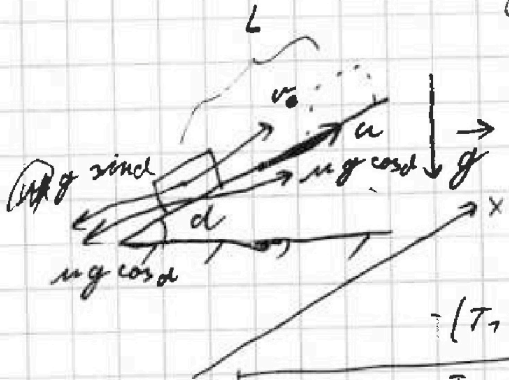
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 направление скорости

дополн.:

$$Ox: Ty: v_0 = Ty (2 \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) + u$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$L = \left( v_0 T_1 - \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1^2}{2} \right) + \left( u (T_2 - T_1) - \frac{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) (T_2 - T_1)^2}{2} \right)$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

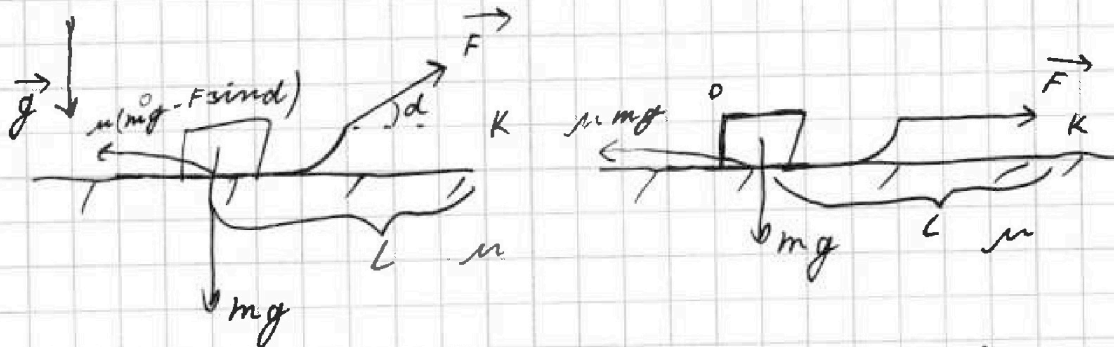
1  2  3  4  5  6  7

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)  $S = ?$

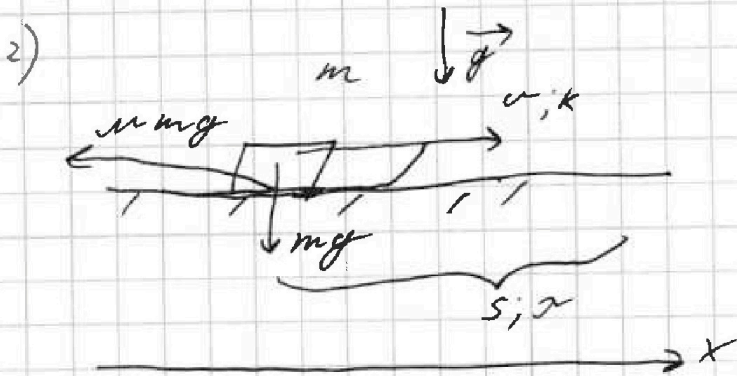
1)  $k, m, g, d$  - uzleem. \* сумама  $F$  uzleem.



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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  $\Rightarrow i = 3$

$T_7 = 200 \text{ K}$   $R = 8,37 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{K)}$



процесс 12: м.к. работа не газу, а внеш. сил  
 $C_{37} \Delta T_{37} = -A_{37} + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{37}$

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

$$A_{37} = -(7-4) (2 - \frac{3}{2} \cdot 7) \cdot 8,37 = 3 \cdot 0,5 \cdot 8,37 = 12,555 \text{ Дж}$$

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

2) ~~анализ  $A_{12}$~~  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

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

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

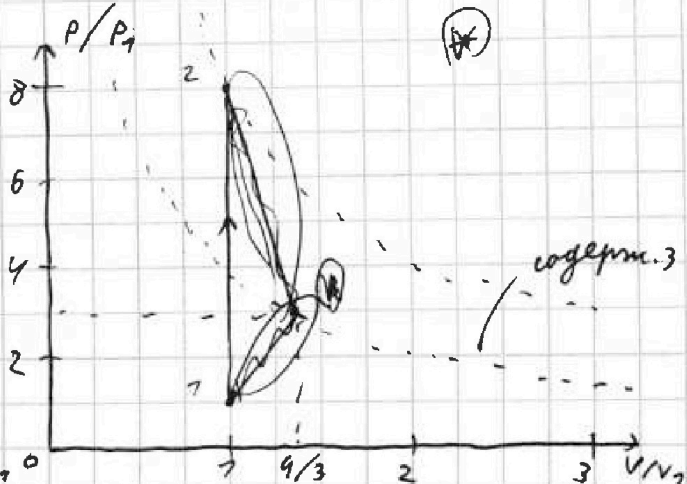
3)  $C_{72} \Delta T_{72} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{72} \Rightarrow$

$\frac{3}{2} R \Delta T_{72} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{72}$   
 $A = 0$

$\Rightarrow$  на 72  $V = \text{const}$

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

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



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

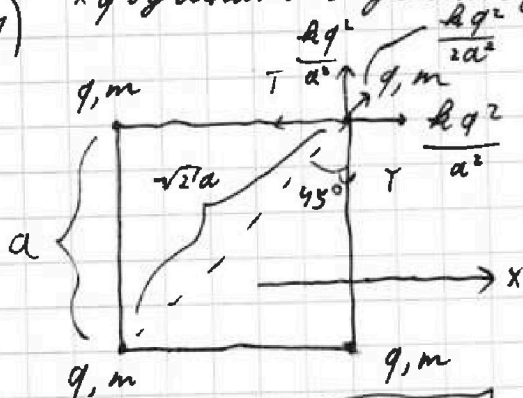
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Поря QR-кода нетопустима!

1)  $|q| = ?$

2)  $k = ?$

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

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



По з. З. (правило -

самый левый шаг):

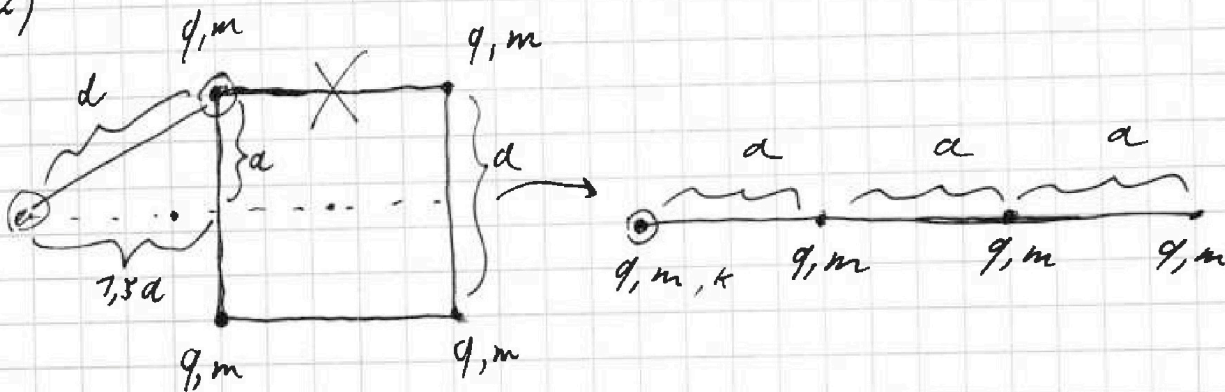
$$0x: \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \cos 45^\circ - T = 0$$

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

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

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

2)



\*  $q$  имеет разности не соверши.  
по з. с. З. (самый левый шаг):

$$E_{\text{ном. 2}} + k - E_{\text{ном. 1}} = 0$$

$$\frac{kq^2}{a^2} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

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





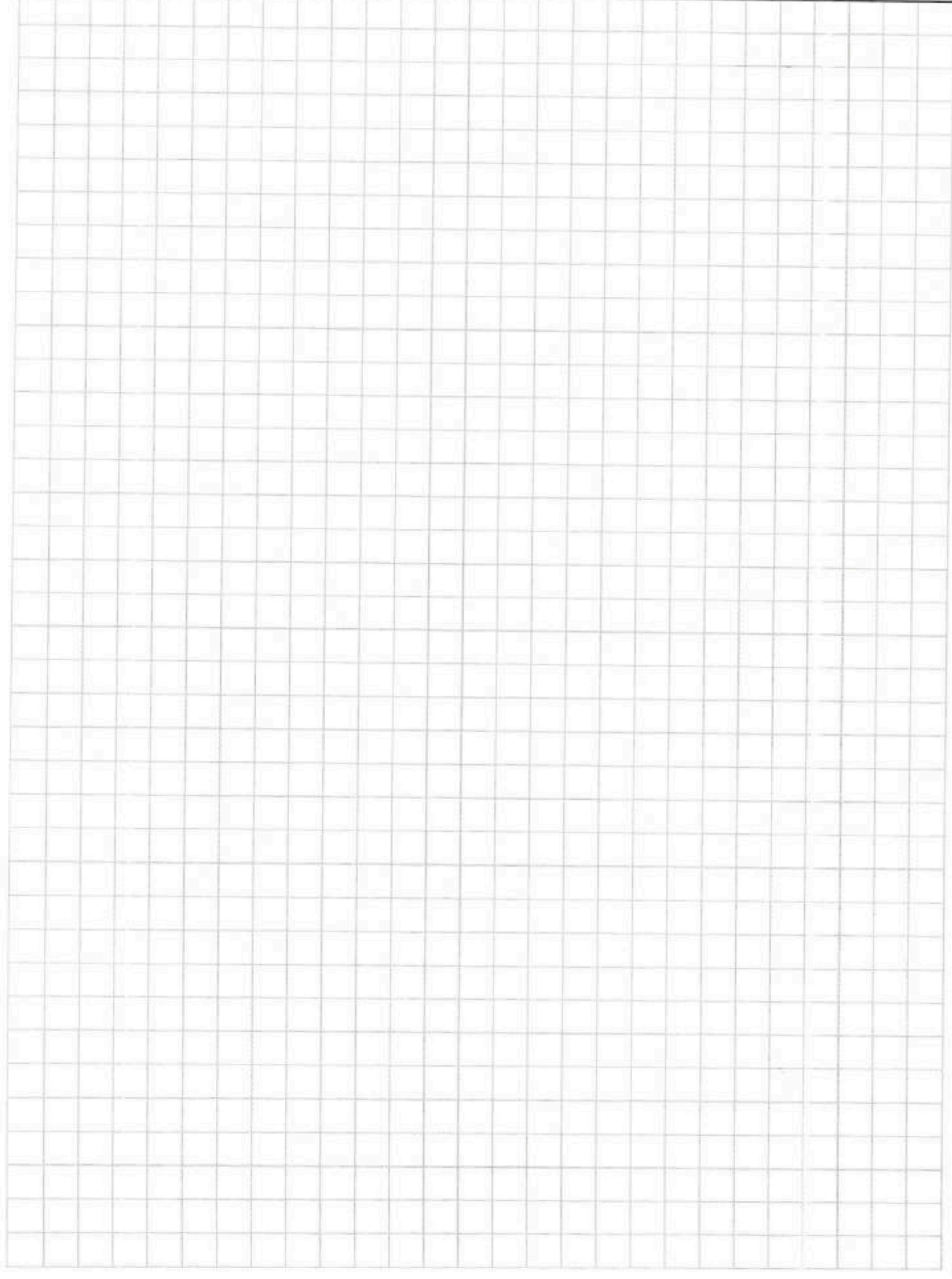
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





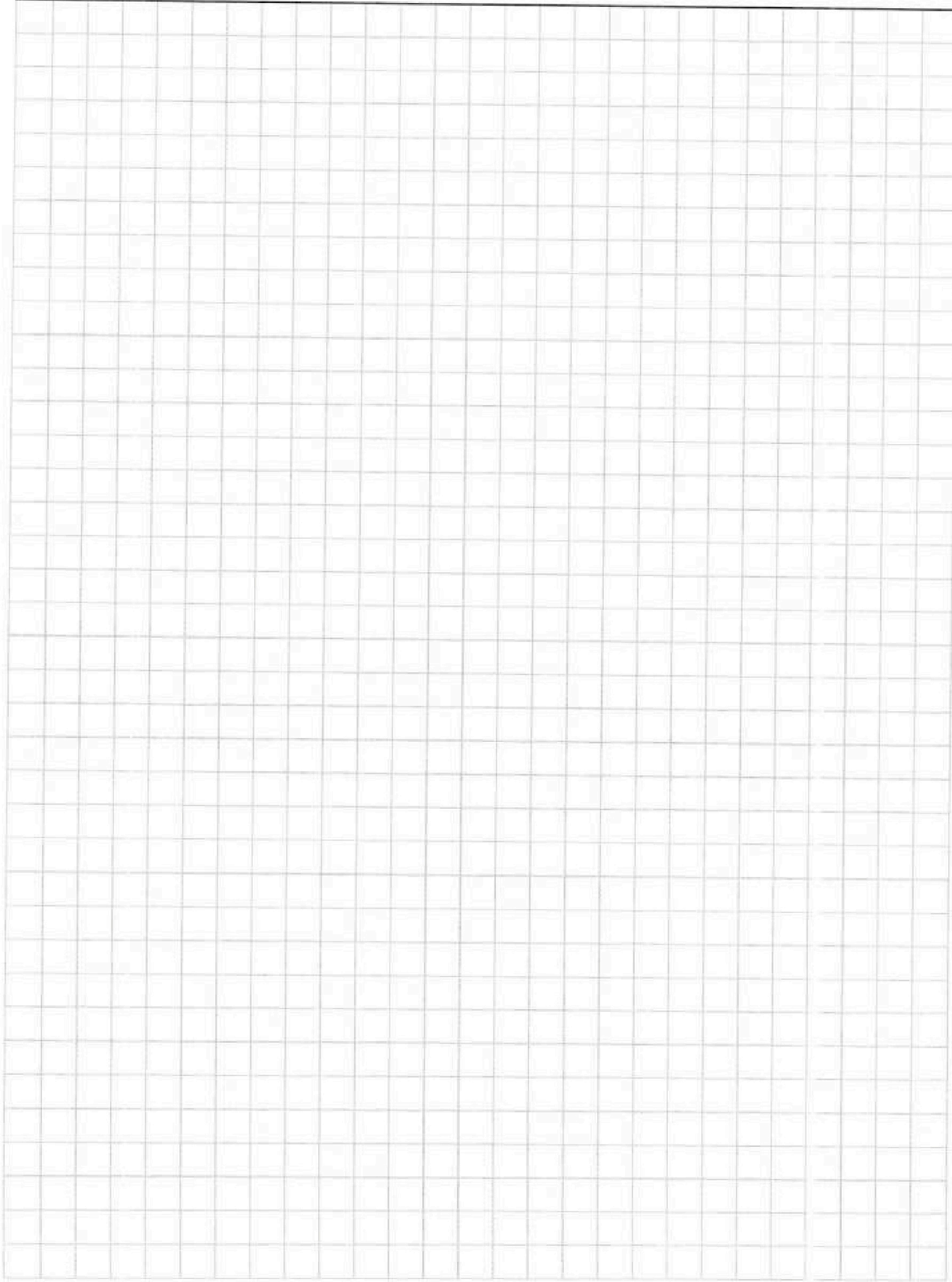
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!






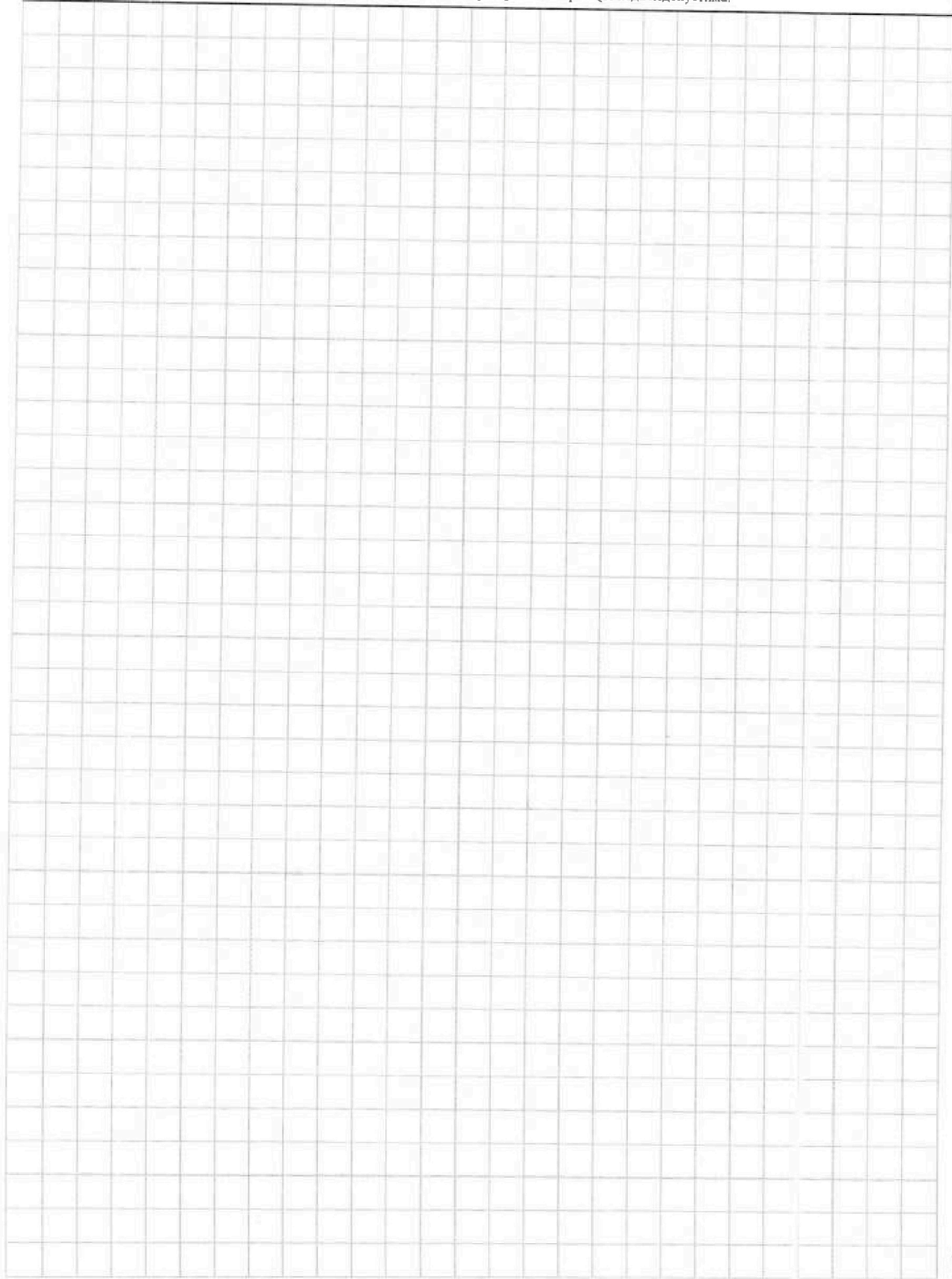
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





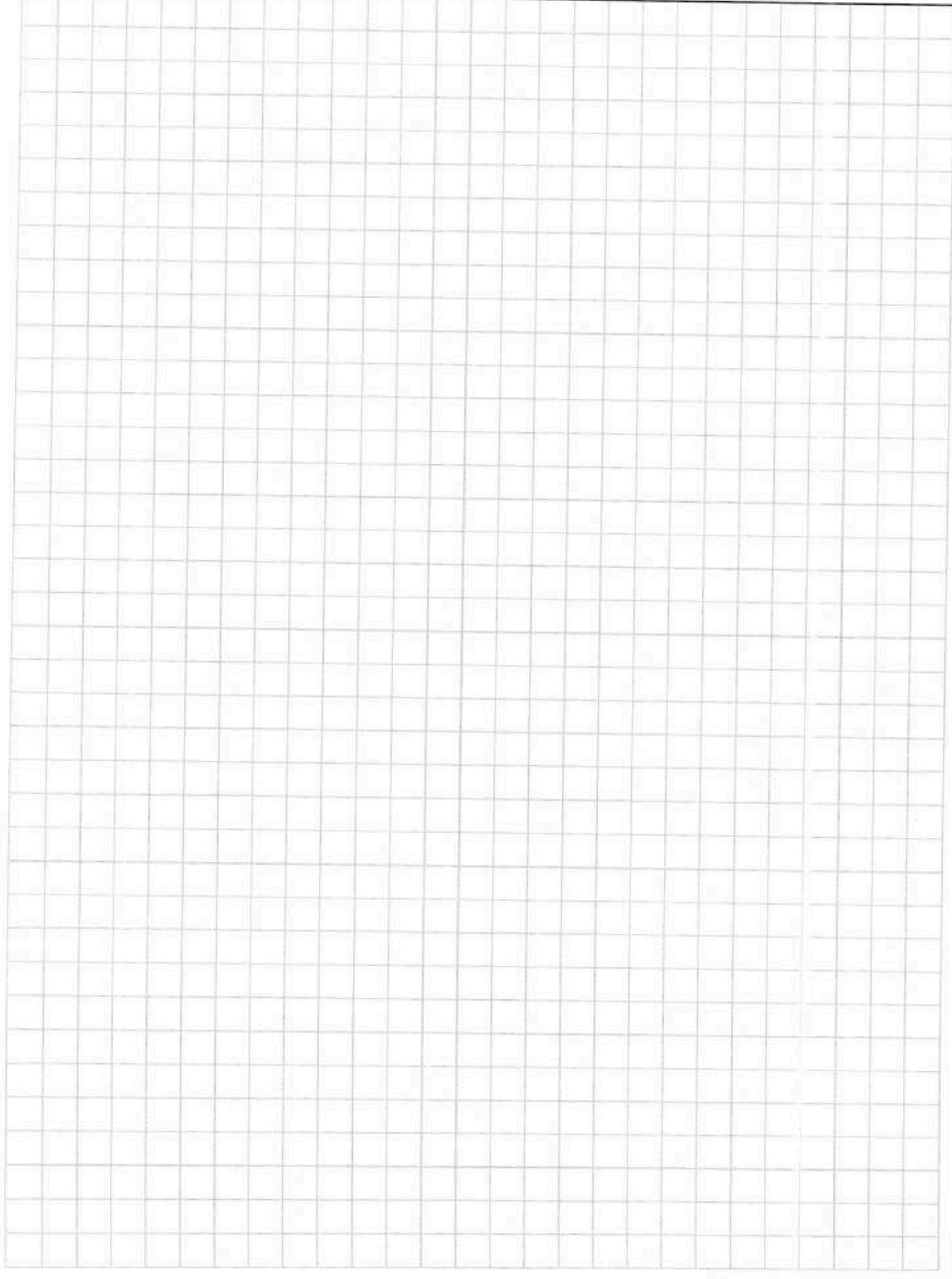
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



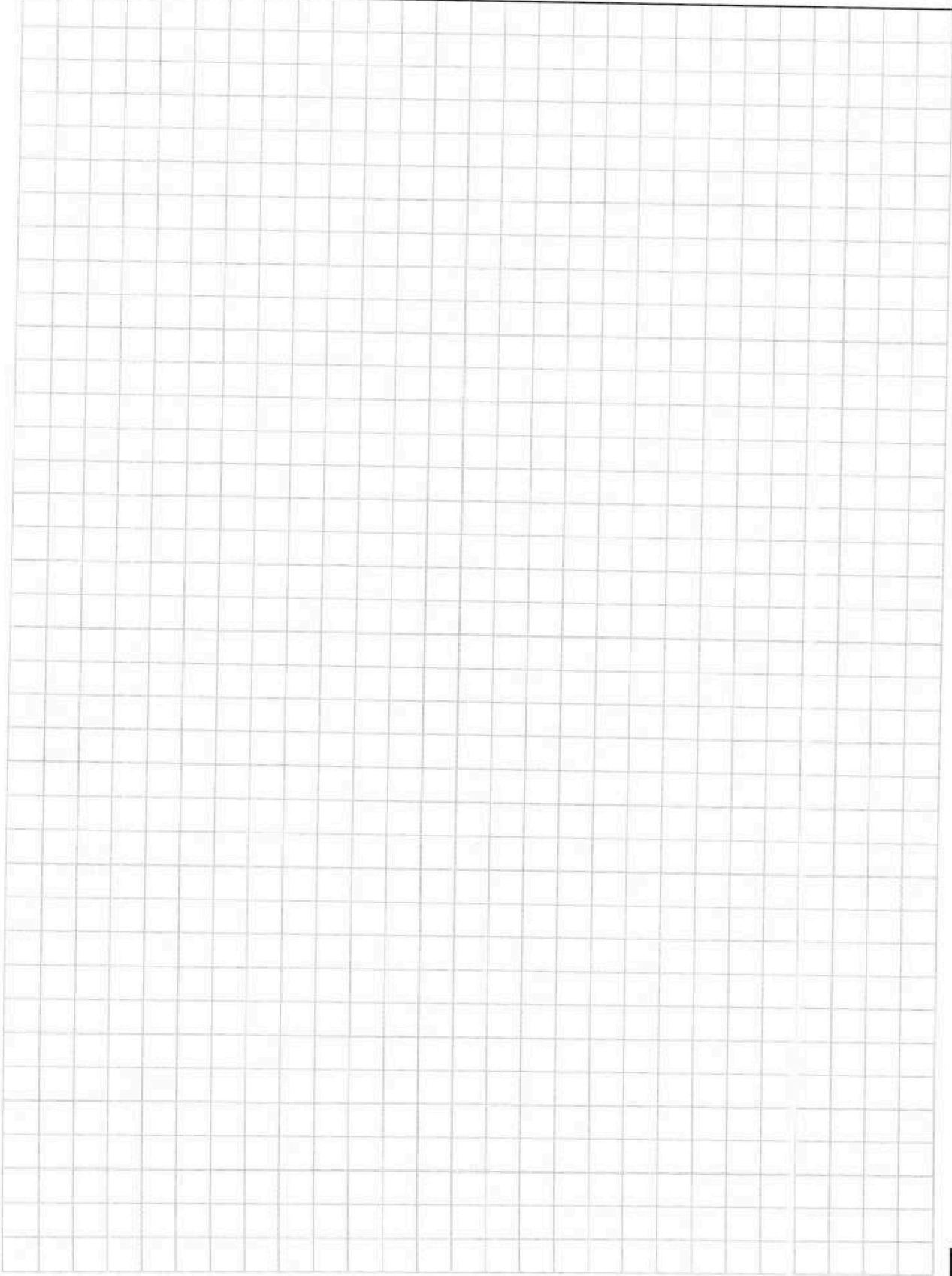


На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

