



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

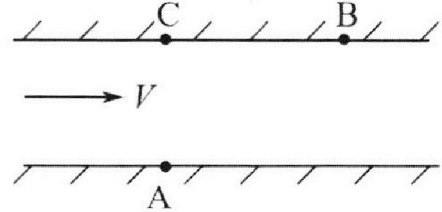
Вариант 09-01

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



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V - неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.

1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отчета в первом и втором заплывах.

2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.

3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м.

Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?

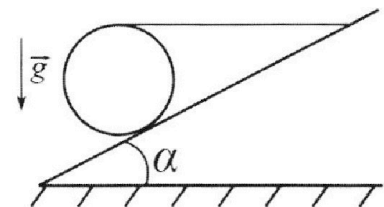
2) Найдите продолжительность t_1 полета мяча от старта до соударения со стенкой.

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.



1) Найдите силу T натяжения нити.

2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на шар.

3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

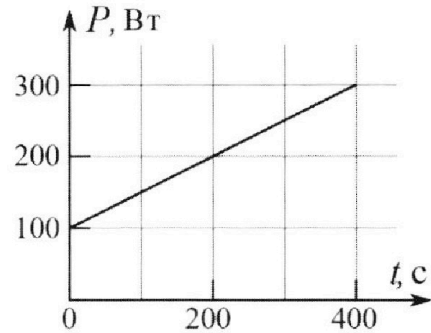
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

- 1) Найдите мощность P_H нагревателя.
- 2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

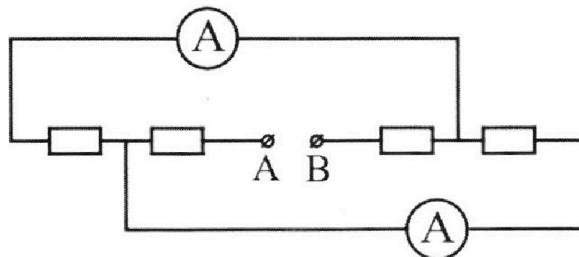
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1$ А.

- 1) Найдите показание I_2 второго амперметра.
- 2) Найдите напряжение U источника.



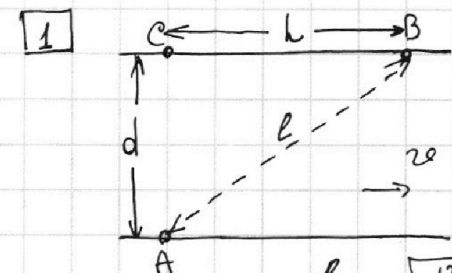
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



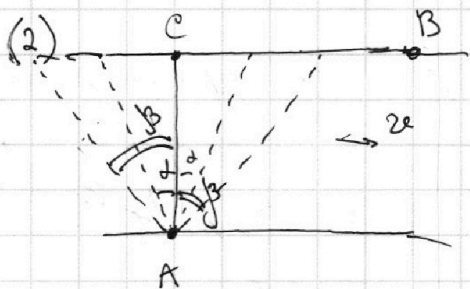
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Пусть l - расстояние АВ.

$$(1) \quad v_1 = \frac{l}{T_1} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{70^2 + 240^2} \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{\sqrt{49 + 576} \cdot 10 \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = 1 \frac{58}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1 \frac{29}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{l}{T_2} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}} = \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Пусть в первый раз

луча вышла под углом α к AC в сторону т.В

или наоборот, а во второй раз также, но под углом β .

$$\frac{d \cos \alpha}{u} = \frac{L \pm d \sin \alpha}{v} = T_1$$

$$v T_1 = L \pm d \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{T_1 \cdot u}{d}\right)^2}$$

$$\frac{d \cos \beta}{u} = \frac{L \pm d \sin \beta}{v} = T_2$$

$$v T_2 = L \pm d \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{T_2 \cdot u}{d}\right)^2}$$

$T_2 > T_1 \Rightarrow$ в первом

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{T_1}{T_2}$$

лучае знак "+", а во втором -

$$\begin{cases} L - v T_1 = d \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{T_1 \cdot u}{d}\right)^2} \\ v T_2 - L = d \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{T_2 \cdot u}{d}\right)^2} \end{cases}$$

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!

$$240 - v \cdot 192 = 70 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{192}{70} u\right)^2}$$

$$v \cdot 417 - 240 = 70 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{417}{70} u\right)^2}$$

$$240^2 - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot v + 192^2 \cdot v^2 = 70^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{192}{70}\right)^2 \cdot u^2\right) = 70^2 - 192^2 \cdot u^2 \cdot 417^2$$

$$240^2 - 2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot v + 417^2 \cdot v^2 = 70^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{417}{70}\right)^2 \cdot u^2\right) = 70^2 - 417^2 \cdot u^2 \cdot 192^2$$

~~$$240 \cdot (417 - 192) \cdot v - (417^2 - 192^2) \cdot v^2 = (417^2 - 192^2) u^2$$~~

$$240^2 \cdot 417^2 - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417^2 \cdot v + 192^2 \cdot 417^2 \cdot v^2 = 70^2 \cdot 417^2 - 192^2 \cdot 417^2 \cdot u^2$$

$$240^2 \cdot 192^2 - 2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot 192^2 \cdot v + 192^2 \cdot 417^2 \cdot v^2 = 70^2 \cdot 417^2 \cdot 192^2 - 417^2 \cdot 192^2 \cdot u^2$$

$$240^2 \cdot (417^2 - 192^2) - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot v \cdot 225 = 70^2 \cdot (417^2 - 192^2)$$

$225 = 15^2$

$$v \cdot 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 225 = (240^2 - 70^2) (417^2 - 192^2)$$

$$v = \frac{(240^2 - 70^2) (417^2 - 192^2)}{2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 225}$$

Ответ: $u = \sqrt{\frac{70^2 - (240^2 - \frac{(240^2 - 70^2)(417^2 - 192^2)}{417 \cdot 225})}{192^2} + \frac{192(240^2 - 70^2)(417^2 - 192^2)}{2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot 225}}$

$$(1) v_1 = 1 \frac{28}{96} \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}}$$

пункт 3 \rightarrow

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

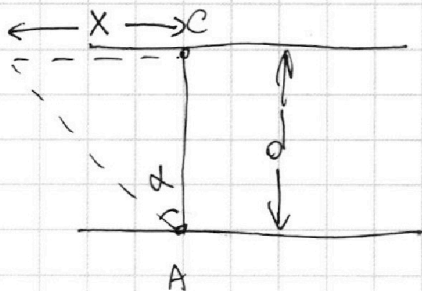
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

(3) Из ~~первого~~ второго пункта мы знаем отношение $\frac{v}{u}$ (не будем его записывать в явном виде, а скажем, что $k = \frac{v}{u}$)

Очевидно, что минимальный спос равен 0.



Пусть он движется под углом α .

$$\frac{x}{v} = \frac{x}{\sin \alpha \cdot u} = T \quad \frac{x}{v} = \frac{x}{\sin \alpha \cdot u} = T$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{\sin \alpha \cdot u}$$

$$1 = \frac{\sin \alpha \cdot u}{v} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{v}{u} = k$$

$$T = \frac{d}{v \cos \alpha} = \frac{d}{v \cdot \sqrt{1 - k^2}} = T$$

Ответ выразим в общем виде, чтобы не подставлять конкретные выражения из пункта 2.

$$T = \frac{70 \text{ м}}{v \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2}}}$$

$$\text{Ответ: (3) } T = \frac{70}{v \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2}}}$$

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

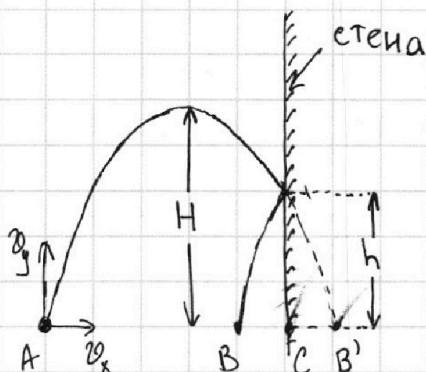
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

2



A - точка старта мяча
B - точка падения мяча
C - точка, где находится стена.
Отразим вторую часть параболы относительно стены. Тогда параболы будет

между точками A и B' (показано на рисунке)

$$AC = 5 \cdot BC = 5 \cdot B'C$$

Пусть начальная скорость мяча: v_x и v_y , как показано на рисунке

$v_y = gt$, где t - время полёта до верхней точки.

Точки.

$$H = v_y \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_y^2}{g} - \frac{g \cdot \frac{v_y^2}{g^2}}{2} = \frac{v_y^2}{2g}$$

$$v_y = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 16,2} \frac{m}{c} = 18 \frac{m}{c} \Rightarrow t = 1,8 c$$

Пусть $BC = l$. Тогда $AC = 5l$, а $AB' = 6l$. Тогда поскольку парабола симметрична, то от точки A до точки, на которой была максимальная высота расстояние $\frac{6l}{2} = 3l$.

v_x постоянна \Rightarrow

$$v_x = \frac{3l}{t} = \frac{5l}{1,8 c} \Rightarrow t_1 = 3 \frac{1}{4} c$$

$$h = H - \frac{g(t_1 - t)^2}{2} = 16,2 m - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 1,44 c^2}{2} = 16,2 m - 7,2 m = 9 m = h$$

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!

(3) Посмотрим, какая ~~будет~~ горизонтальная
скорость мяча после удара об стенку. Это

будет $v_x + 2u$. Ему остается лететь $2t - t_1 = 0,6 \text{ c} \Rightarrow$

~~расе~~ $d = (v_x + 2u) \cdot (2t - t_1) - v_x(2t - t_1) = 2u \cdot (2t - t_1) = \underline{2,4 \text{ м} = d}$

- Отв: (1) $h = 9 \text{ м}$
(2) $t_1 = 3 \text{ c}$
(3) $d = 2,4 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

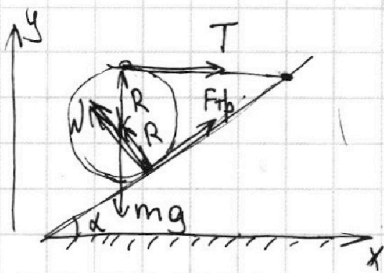
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

3



$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

Рассставим силы на шар

Запишем ИЗН: $Ox: F_{tr} \cos \alpha + T = N \sin \alpha$ | $\cdot \sin \alpha$ $\cos \alpha$

$$Oy: mg = F_{tr} \sin \alpha + N \cos \alpha$$

$$F_{tr} \cos^2 \alpha + T = N \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$mg = F_{tr} \sin^2 \alpha + N \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$F_{tr} \cos^2 \alpha + T - mg = N \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha - F_{tr} \sin^2 \alpha - N \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$T + F_{tr} (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = mg$$

~~$F_{tr} = mg = 30 \text{ Н}$~~

$$F_{tr} + T = mg$$

Теперь запишем правило моментов относительно центра шара:
сила N перпендикулярна $F_{tr} \Rightarrow$ проходит через центр шара:

$$RT + 0 \cdot N = 0 \cdot mg + R \cdot F_{tr}$$

$$T = F_{tr} \Rightarrow \left[T = \frac{mg}{2} \right] \text{ и } \left[F_{tr} = \frac{mg}{2} \right] \quad F_{tr} = T = 15 \text{ Н}$$

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!

$$(3) F_{\text{тп}} \cos \alpha + T = N \sin \alpha$$

$$N = F_{\text{тп}} \frac{mg}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} + \frac{mg}{2} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{0,8}{0,6} + \frac{mg}{2} =$$

$$= \frac{2mg}{3} + \frac{5mg}{6} = \frac{9mg}{6} = 1,5mg = N$$

$$F_{\text{тп}} = \frac{1}{2} mg$$

$$F_{\text{тп}} = \mu N \Rightarrow \mu_{\text{max}} = \frac{1}{3} \Rightarrow \mu \leq \frac{1}{3}$$

Ответ: (1) $T = 15 \text{ Н}$

(2) $F_{\text{тп}} = 15 \text{ Н}$

(3) $\mu \leq \frac{1}{3}$

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 checked="" 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!

$$14) (1) P_{\text{н}} = I^2 R = 500 \text{ Вт} = P_{\text{н}}$$

(2) Для нагревания воды на 11°C требуется
энергия: $Q = c \cdot V \cdot \rho \cdot (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = 92400 \text{ Дж}$

$$Q = P_{\text{ог}} t$$

$$P_{\text{ог}} = P_{\text{н}} - P(+)$$

$$P(+)=100 \text{ Вт} \cdot \frac{t}{2 \frac{\text{с}}{\text{Вт}}}$$

$$Q = 500 \cdot t - \frac{100 + 100 + \frac{1}{2}}{2} \cdot t = 500t - 100t + \frac{t^2}{4} = 400t + \frac{t^2}{4}$$

$$= 400t - \frac{t^2}{4} = 92400$$

$$-\frac{t^2}{4} + 400t - 92400 = 0$$

$$D = 160000 - 92400 = 67600$$

$$t = \frac{400 \pm \sqrt{67600}}{\frac{1}{2}} = 800 \pm 2\sqrt{67600} = 800 \pm 520$$

$t = 280 \text{ с}$, т.к. при $t = 800$ $P = P_{\text{н}}$ и вода
перестает нагреваться

$$\text{Отв. (1) } P_{\text{н}} = 500 \text{ Вт}$$

$$(2) T = 280 \text{ с}$$

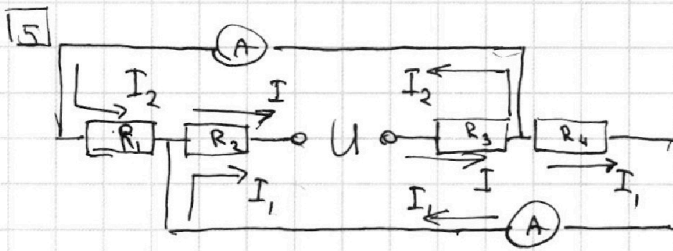
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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. Порча QR-кода недопустима!



$$I = I_1 + I_2$$

Пусть меньшей ток I_1 течёт через
меньший амперметр Тогда

$$U = (R_2 + R_3) I + R_4 \cdot I_1$$

$$\Rightarrow R_4 \cdot I_1 = R_1 \cdot I_2$$

$$U = (R_2 + R_3) I + R_1 \cdot \frac{I}{2}$$

$$I_1 \neq I_2 \text{ и } I_1 < I_2 \Rightarrow R_4 > R_1 \Rightarrow$$

$$R_4 = 40 \Omega, \text{ а } R_1 = 20 \Omega \Rightarrow$$

$$R_2 + R_3 = 20 \Omega + 40 \Omega = 60 \Omega$$

Тогда $I_2 = 2 \text{ A}$

$$\Rightarrow U = 60 \Omega \cdot 3 \text{ A} + 40 \Omega \cdot 1 \text{ A} = 220 \text{ B} = U$$

Ответ: $I_2 = 2 \text{ A}$
 $U = 220 \text{ B}$



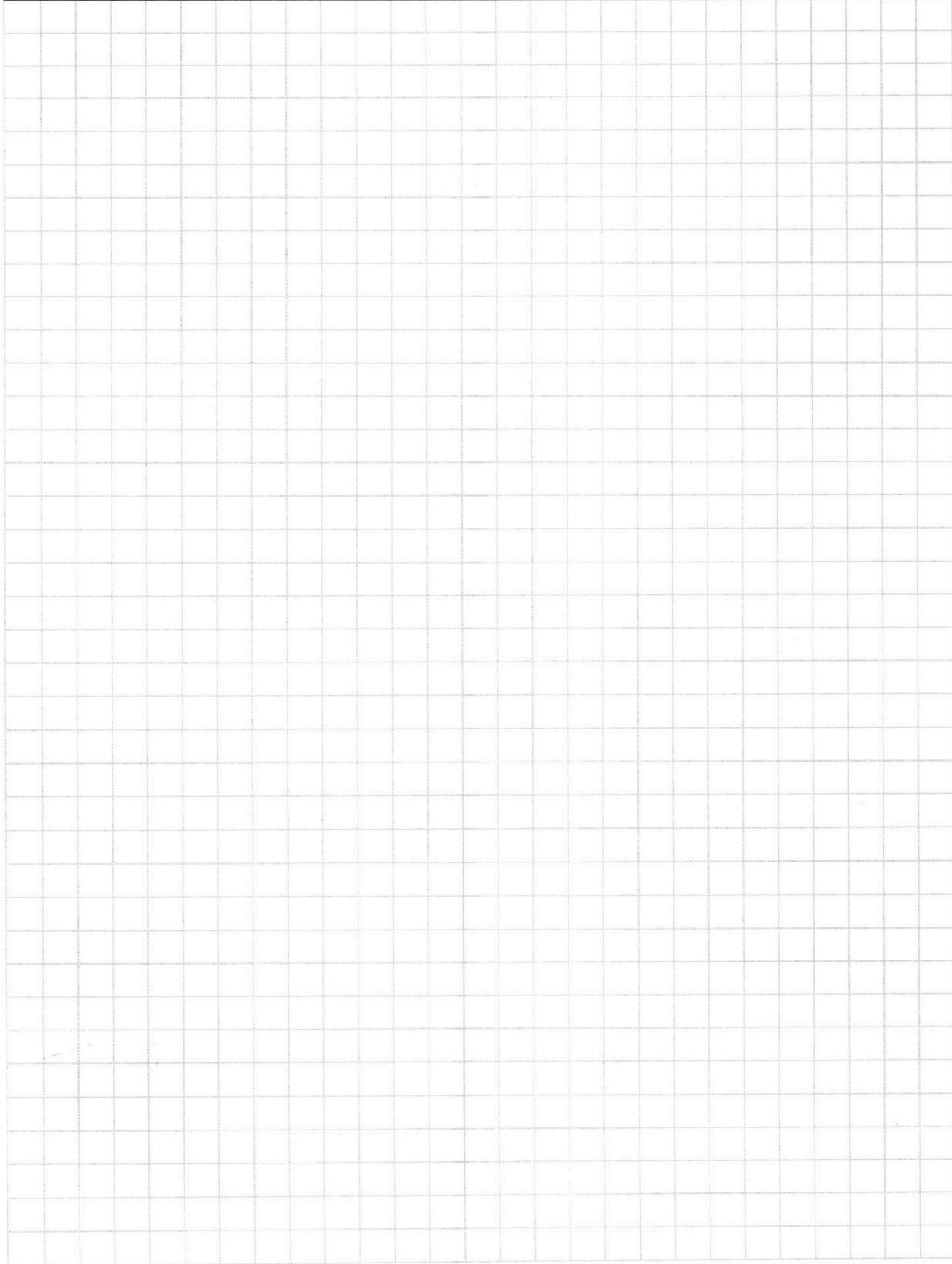
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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.

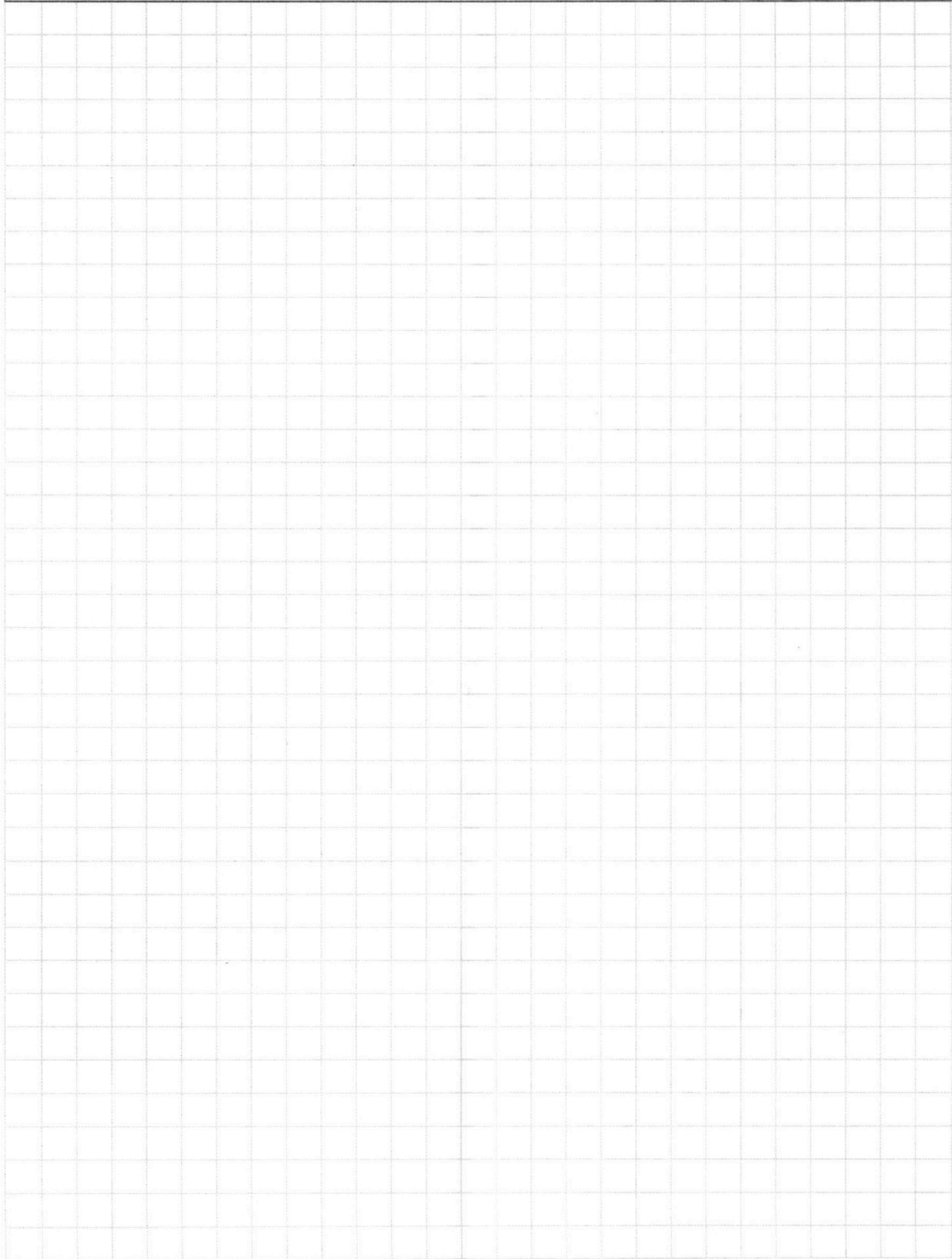
Отметьте крестиком номер задачи,

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"/>



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

