



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-04

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



1. Снаряд массой $M = 5$ кг летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через $t_1 = 0,6$ с после разрыва все осколки находятся в полете, в этот момент один из осколков движется по вертикали вниз, импульс осколка $P_1 = 50$ кг·м/с.

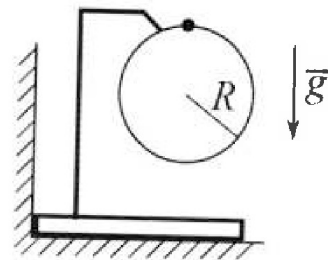
1) Найдите модуль P_2 суммарного импульса $\vec{P}_2$ всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

2) Найдите угол α между векторами $\vec{P}_2$ и $\vec{g}$ в этот момент времени.

Продолжительность полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, $T = 3$ с.

3) На каком максимальном расстоянии d от точки разрыва такие осколки упали на горизонтальную поверхность? Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса $R = 0,6$ м, на которое надет шарик. Массы шарика и бруска одинаковы и равны $m = 0,2$ кг. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



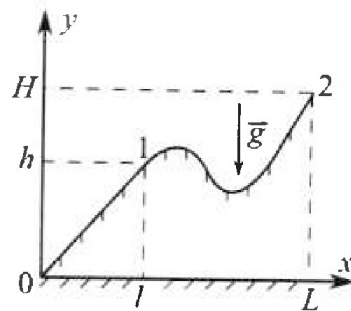
1) Найдите равнодействующую $\vec{F}$ сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда сила, с которой вертикальная стенка действует на брусок, обращается в ноль. В ответе укажите модуль F и направление вектора $\vec{F}$.

2) Найдите горизонтальное перемещение S шарика к этому моменту времени.

3) Найдите скорость V шарика в тот момент, когда скорость бруска наибольшая. Брусок безотрывно движется по гладкой горизонтальной плоскости.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. На рисунке к задаче показан в вертикальной плоскости профиль горки, на которую школьник втаскивает санки. Масса санок $m = 7$ кг, вертикальная координата точки 1 $h = 5$ м. Из точки 1 санки съезжают с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горки в точке 0 скорости $V = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) Какую работу A_1 следует совершить, чтобы медленно втащить санки на горку из точки 0 в точку 1 по линии скатывания, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки?

Школьник медленно перемещает санки по горке из точки 1 в точку 2. На этом перемещении работа внешней силы $A_2 = 1,4$ кДж.

2) На какую высоту H школьник втащил санки?

Горизонтальные координаты точек 1 и 2 связаны соотношением $L = 6l$. На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-04

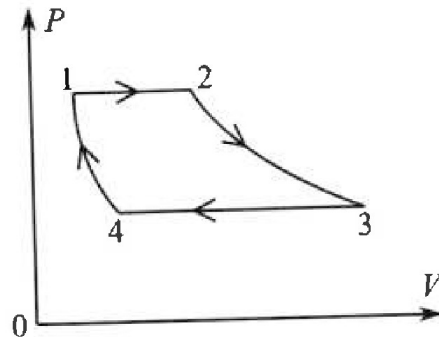
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения объем газа увеличивается в четыре раза. В процессах изотермического расширения и изобарического сжатия газ совершает одинаковую по модулю работу A .

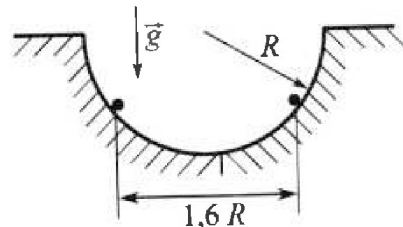
1) Найдите количество Q_{34} теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ($Q_{34} > 0$).

2) Найдите количество $Q_{\text{подв}}$ теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.

3) Найдите КПД η цикла.



5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса R , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Заряд каждого шарика Q , расстояние между шариками $1,6R$. Шарики одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна $2R$. Шарики отрываются от гладких стенок лунки у краев.



1) Через какое время T после отрыва шарики впервые поднимутся на максимальную высоту?

2) Найдите массу m каждого шарика.

3) Найдите наибольшую скорость V каждого шарика после вылета из лунки. Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие.

Ускорение свободного падения g . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k .

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

1). В малый промежуток времени τ все импульсы будут равны 0: $\vec{P}_{00} + \vec{P}_{01} + \vec{P}_{02} + \dots + \vec{P}_{0n} = 0$. Поскольку кризотам-на составленная скорость не зависит от времени (вплоть до падения), то и кризотам-на составленная импульса не изменится. Возьмем направление $\vec{g}$ за положительное. Касательная скорость v_x, v_y, v_z изменяется от v до $-v$ (где v начальная скорость шариков). Измените вертикальной осн. скорости $\frac{dv}{dt} = -g$. Тогда $\vec{P}_2 = \underbrace{\vec{P}_{00} + \vec{P}_{01} + \dots + \vec{P}_{0n}}_0 + (m\vec{g}t) \cdot N$ (где m масса шарика, а N - их количество)

То есть $\vec{P}_2 = M\vec{g}t$, а значит $P_2 = 30 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2). Из $\vec{P}_2 = M\vec{g}t$ следует, что $\alpha = 0^\circ$ в момент t_1 .

3). Максимальное расст. пролетят те, у которых $v_y = 0$, т.е. $\frac{gT^2}{2} = h = 0.5 \text{ м}$,

где h - высота разрыва шарика. $d = \sqrt{v^2 T^2 + P_{0y}^2}$ в t , все

шарика находились в полете, т.е. $v < 72 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (иначе один уже был бы

уже) ~~и $v > 72 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~ . Тогда макс. расстояние $d \approx 219 \text{ м}$

Ответ: 1). $30 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ 2). 0° 3). 219 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!

12

1) Сила, с которой стенка вертикальная действует на брусок обратится в ноль, когда брусок сойдет. Призывает то, когда шарик будет касаться ст. внизу катаясь крайней правой точке кольца



$$m_{\text{ш}} = m \frac{v^2}{R}$$

По 3-ему закону $v = 2\sqrt{gR}$

$$m_{\text{ш}} = 4mg$$

$$F_{\text{раб}} = 4mg - mg = 3mg, \text{ направлена}$$

на вертикально вверх

2) К этому моменту и



$$m_{\text{ш}} = m \frac{v^2}{R}$$

По 3-ему закону $v = 2\sqrt{gR}$

$$m_{\text{ш}} = 2mg$$

$$v = 2\sqrt{gR}$$

$$F_{\text{раб}} = \sqrt{(2mg)^2 + (mg)^2} = \sqrt{5} mg = 2\sqrt{5} \text{ Н}$$

Направлена она вниз под углом к горизонту в 30° .

3) S (горизонтальное перемещение) $= R = 0.6 \text{ м}$

3) Скорость бруска будет максимальной, когда их скорости сравняются $v = \frac{2\sqrt{gR}}{2} = \sqrt{gR}$ (т.к. массы одинаковые)

$$v \approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $2\sqrt{5} \text{ Н}$, 2) 0.6 м 3) $\approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

№3
По закону сохр. энергии: $mgH = \frac{mv^2}{2} + A_{тр}$ $A_{тр}$ работа трения

$$A_{тр1} = m \left(\frac{2gh - v^2}{2} \right) \quad A_1 = A_{тр1} + mgh = m \left(\frac{4gh - v^2}{2} \right) = 574 \text{ Дж}$$

$$A_2 = mg(H-h) + A_{тр2} = 1400 \text{ Дж}$$

$$\frac{A_{тр1}}{A_{тр2}} = \frac{L}{L-l} = \frac{1}{6-1} = \frac{1}{5} \quad A_2 = mg(H-h) + 5m \left(\frac{4gh - v^2}{2} \right)$$

$$\frac{A_2 + mgh}{mg} = 11 = 9 \mu$$

Ответ: 574 Дж и) 9 м.

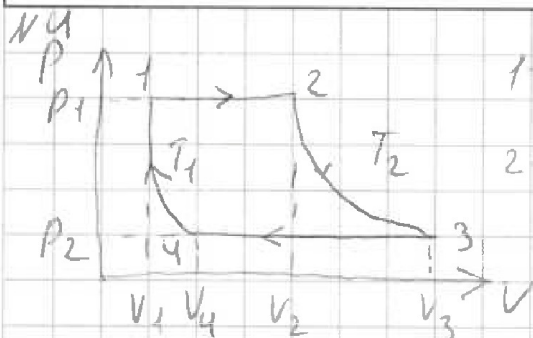
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1-2: $p = \text{const}$, 3-4: $p = \text{const}$

2-3: $T = \text{const}$, 4-1: $T = \text{const}$

По первому началу термодинамики $Q_{34} = A_{34} + \Delta U_{34}$

$A_{34} = A_{23} = A$ из условий

$V_1 = V_2$ из условий

Упр. Менделеева-Клапейрона

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4} \quad T_2 = 4T_1$$

$$P_2 V_3 = \nu R 4T_1$$

$$P_2 V_4 = \nu R T_1$$

$$V_3 = 4V_4$$

$$A_{23} = A = \nu R 4T_1 \ln \frac{V_3}{V_2} = \nu R 4T_1 \ln \frac{V_4}{V_1}$$

$$|A_{41}| = \nu R T_1 \ln \frac{V_1}{V_4}$$

$$A_{41} = \nu R T_1 \ln \frac{V_4}{V_1} \Rightarrow A_{41} = -\frac{A}{4}$$

$$A_{12} = P \Delta V = 3\nu R T_1$$

$$|A_{34}| = A = |P_2 \Delta V| = 3\nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = A$$

$$Q_{34} = \left| \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_2) \right| = \frac{5}{2} \nu R 3T_1 = \frac{5}{2} A$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R 3T_1 = \frac{5}{2} A$$

$$Q_{123} = \frac{5}{2} A + A = \frac{7}{2} A = Q_{\text{нагр}} \quad Q_{23} = A, \text{ так как } \Delta U = 0, \text{ ведь } T = \text{const}$$

$$\eta = \frac{P_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{A + A - A - \frac{A}{4}}{\frac{7}{2} A} = \frac{\frac{3}{4} A}{\frac{7}{2} A} = \frac{3}{14} \approx 0.21$$

$$\eta = 21\%$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2} A$ 2) $\frac{7}{2} A$ 3) 21%

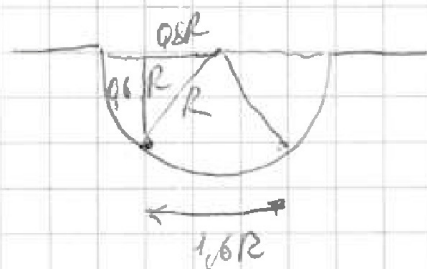
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



По закону сохранения энергии:

$$\frac{kQ^2}{1.6R} = \frac{kQ^2}{2R} + 2 \cdot mg \cdot 0.8R + 2 \cdot \frac{mv^2}{2}$$

когда будут у краев пути.

$$\frac{kQ^2}{8R} = m(1.2gR + v^2)$$

После того, как они вылетят из пути вертикаль. ось.
скорости перестанет увеличиваться, значит $\frac{v^2}{2g} = 2R$,

$$v^2 = 4gR \quad \frac{kQ^2}{8R} = m(5.2gR) \quad m = \frac{kQ^2}{41.6gR^2}$$

$$v = 2\sqrt{gR} \quad v = gT \quad T = \frac{2\sqrt{gR}}{g} = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$$

После вылета из пути максимальная скорость будет

Тогда, когда они перестанут взаимодействовать и
будут двигаться на горизонтальной плоскости

$$\frac{kQ^2}{1.6R} = 2mg \cdot 0.8R + 2 \cdot \frac{mv^2}{2} \quad \frac{kQ^2}{1.6R} = m(1.2gR + v^2) \quad v = \sqrt{\frac{kQ^2}{1.6Rm} - gR \cdot 1.2} = \sqrt{24.8gR} \approx 5\sqrt{gR}$$

Ответ: 1) $2\sqrt{\frac{R}{g}}$ 2) $\frac{kQ^2}{41.6gR^2}$ 3) $\approx 5\sqrt{gR}$



Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

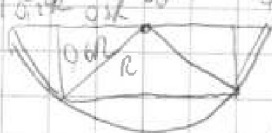


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{g}{2} = h \rightarrow \frac{14}{2} = 7 \rightarrow 17 + \frac{468}{100} = h = 45 \mu$$

$$256R^2 - 2R^2 - 2R^2 \cos 150^\circ = 5.976^2 - 18.6$$

$$-0.28 = \cos L$$



$\frac{43600}{479} = \frac{91000}{182}$
 $\frac{43600}{479} = \frac{91000}{182}$
 $\frac{43600}{479} = \frac{91000}{182}$

$$\frac{KQ}{r^2} = \frac{10^{-10} C}{2} + \frac{4.22 \times 10^{-10} C}{2} = 4.22 \times 10^{-10} C$$

$$P_0 + mgt + P_{01} + mgt$$

2mgf	g	kg	$\frac{N}{2}$
------	---	----	---------------

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

$$\frac{M}{Mg} = \frac{M}{Mg} = P_1$$

VF - auch $l = 5\text{ m}$
 $L = 30\text{ m}$

$$m(6+20) = 50 \quad m\left(\frac{1}{2} + 6\right) = 2$$

$$F_{TP} = 14 \text{ kN} \quad P_1 + P_2 = \frac{2P}{N} = 2 \frac{M}{L} g r$$

$$\frac{m_1 g \frac{R^2}{L} + m_2 g R + m \frac{(2000)^2}{L}}{1.6R} = 2 m g (b + cR)$$

$$\frac{n(12.136)}{2} = mg(h-h_f)$$

$$\frac{kQ^2}{r} = m g \frac{r}{2} = m g z, \text{ or}$$

$$\frac{16R}{16R} = \frac{6R}{16R} = 2 \text{ mg } 7/2R$$

$$\frac{KQ}{16R} = \frac{mQx^2}{2} + \frac{mQx^2}{2} + \frac{KQ}{2R}$$

$\sqrt{24}$ 2 2 30 $\frac{1}{c}$ $\frac{2}{16}$
 $\frac{2}{16}$

~~$$\frac{2}{2} \times \frac{2}{2} = \frac{4}{4} = 1$$~~

$$m(t) + u(t) = 50 \sqrt{18051}$$

$$m(V_{max} - g(t)) = ? \quad 219$$

$$M \cdot \partial_z = 0 \quad \text{if } M^+ \cdot g \cdot M_z^+ \cdot \rho$$

$$(U \cap M) \subseteq \Delta P$$

9

6442m

12

$$mg(k-h) + \mu mg S \geq 1000 \text{ N}$$

$$v_1 + \frac{g v_1^2}{2} = h \quad 350 - \frac{7 \cdot 30}{2} = 22 \text{ g/L} = F_{\text{m}} \quad \text{g/L}$$

$$m(\varphi \neq \psi) = p$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} = mgh - \frac{1}{2} \frac{mv^2}{2}$$

[illegible]

$Q_{34} = 3.5 \text{ A}$

$$Q_2 = A \cdot \Delta U_2 = \frac{5}{2} \sqrt{R \Delta T}$$

$$P.V. = 224$$

$$u_1, u_2 \in \mathbb{R}^n \quad \text{with} \quad \langle u_1, u_2 \rangle = 0$$

$$T \propto \frac{V_3}{V_1} = 0,14 \cdot \sqrt{10} = 0,44$$

$$\frac{3}{2} \cdot 10 \cdot \sqrt{2} = \frac{3}{2} \cdot 10 \cdot 1.414$$

$$\begin{array}{c|c} 2 & 1/3 \\ \hline 3/2 + 3/2 & 2/2 \end{array}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{4.16 \text{ GR}}{5.51 \text{ GR}} = 0.75$$

$$- \underbrace{\delta R}_{\text{change in } R} = \underbrace{\delta \text{cycle}}_{\text{change in cycle}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

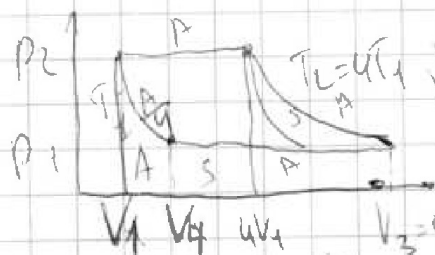
Отметьте крестиком номер задачи.

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. Порча QR-кода недопустима!



$$T_1 = T_2 \quad \text{и} \quad R(T_2 - T_1) = A$$

$$T_2 - T_1 = \frac{A}{R} = 300 - 30 = 270$$

$$P_2 V_1 = P_1 V_2$$

$$P_2 V_1 = P_1 V_2$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} \sqrt{R} A T = \frac{5}{2} \sqrt{R} A T = 2,5 A$$

$$49 - 49 = 2401$$

$$Q_{34} = A + B + C = 160 + 1120 + 630 = 1850$$

$$A = (P_1 V_1 / R T_1 - P_2 V_2 / R T_2) = \sqrt{R} (T_1 - T_2) = \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} \sqrt{R} A T = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1) \frac{5}{2} A = \sqrt{R} (T_2 - T_1) \frac{5}{2} A = \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$Q = 3,5 A$$

$$\sqrt{R} T \left(\ln \frac{V_2}{V_1} \right) = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$A_{12} + A_{23} - A_{34} - P_{14} = P_1$$

$$P_2 3V_1 - A = \frac{3}{4} A = A_{12} + A_{23} - P_{14}$$

$$\frac{3}{4} A = \frac{3}{4} A$$

$$P_1 3V_2 = A \quad P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$v_1 - \frac{g v_1^2}{2} = 2R$$

$$v_1 - \frac{g v_1^2}{2} = 2R$$

$$v_1 - \frac{g v_1^2}{2} = v_2 - \frac{g v_2^2}{2} = h$$

$$v(t - t_0) - \frac{g}{2} (t^2 - t_0^2) = 0$$

$$(t - t_0) \left(v - \frac{g}{2} (t + t_0) \right) = 0$$

$$g t^2 - 2 \sqrt{g R} t - 2R = 0$$

$$D = 4gR + 8gR = 12gR$$

$$2 \sqrt{g R} + 2 \sqrt{g R} = 2T$$

$$960 + 1500 = \frac{500}{m} = 246$$

$$\frac{432}{96} = 4,5$$

$$v_1 - \frac{g v_1^2}{2} = \frac{v_2}{6} \quad \frac{m}{m} = N$$

$$\frac{50}{4} = m$$

$$\frac{m(246)}{P} = N$$

$$\frac{246 + 16}{10} = N$$

$$41,5 = 205$$

$$\frac{41,6}{16}$$

$$P_1 + P_2 = N$$

$$82,1$$

$$560 + 104$$

$$\frac{v t}{2} = x$$

$$v t = 2x$$

$$\frac{v^2}{2g} = t$$

$$\frac{v}{g} = t$$

$$\frac{208}{5} = \frac{404}{5} = v t - \frac{g t^2}{2}$$

$$20 + 13 = 33$$



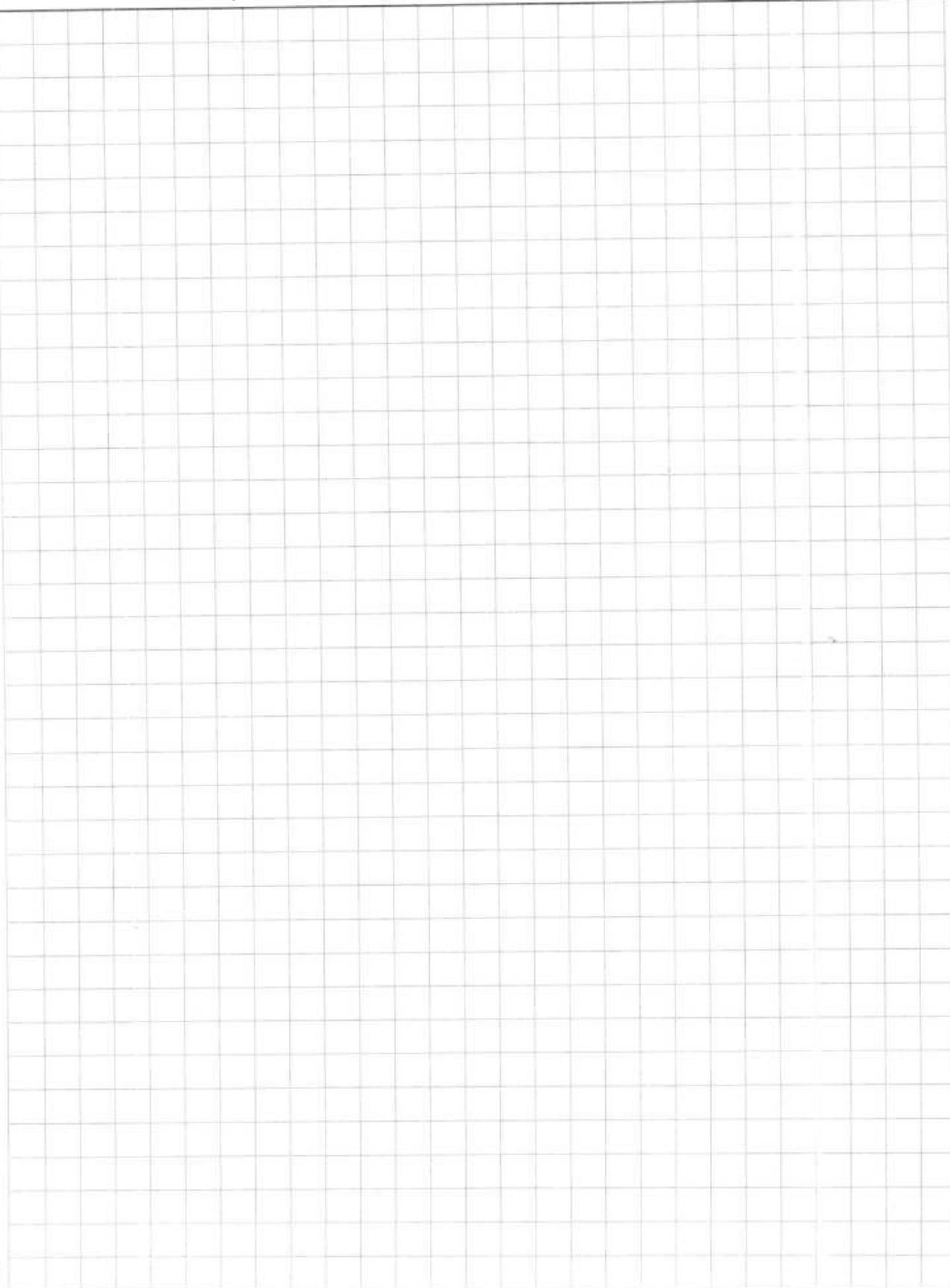
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





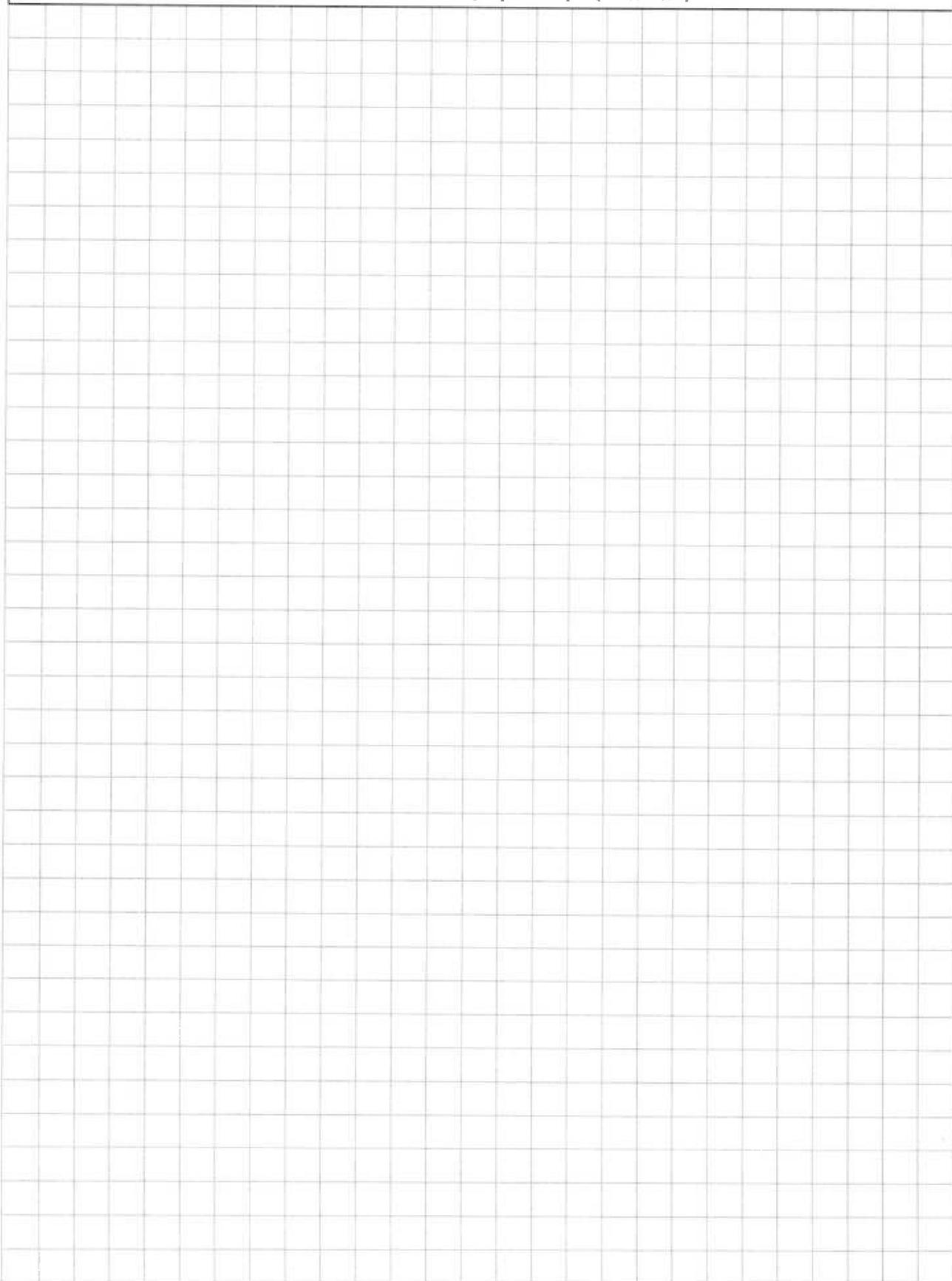
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

