



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

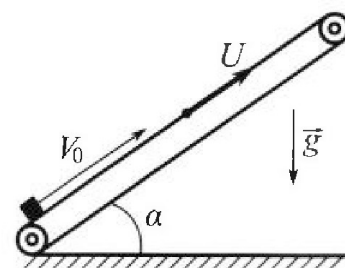
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

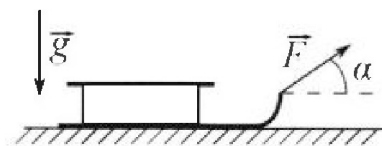
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.

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 скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



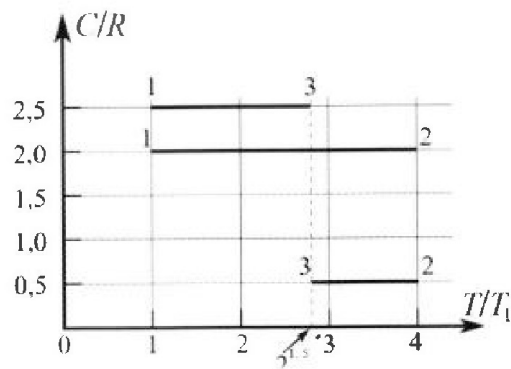
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

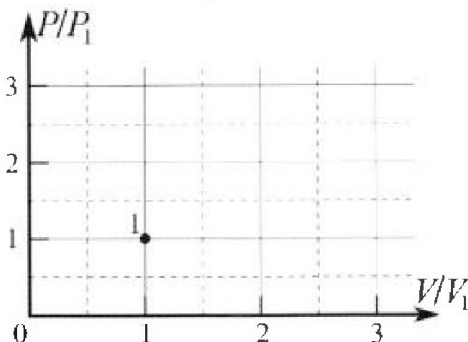
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



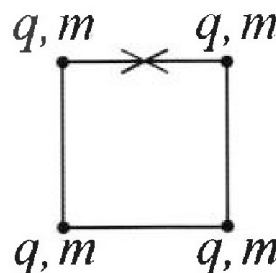
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 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 b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .



- 1) Найдите силу T натяжения нитей. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите скорость V 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 сверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . 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

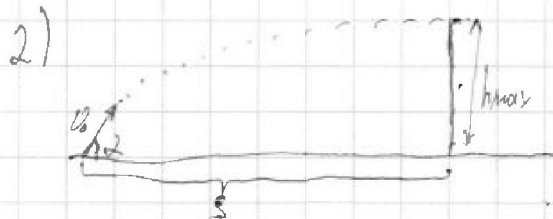
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$T = 2C$
 $S = 20 \text{ м}$
 $v_0 = ?$
 $h_{\max} = ?$



$$T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow v_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



α - угол между $\vec{v}_0$ и горизонтом

Максимальной высоте будет достигнута тогда, когда
стена находится в плоскости точки с максимальной высотой (верш парабола)
Если L - дальность полета, тогда $\frac{L}{2} = S$.

$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}; \quad 2S = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}, \Rightarrow \sin(2\alpha) = \frac{2 \cdot 20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1$$
$$\Rightarrow \sin 2\alpha = 1; \quad h_{\max} = \frac{g}{2} \cdot t^2; \quad \lg 95^\circ = 1 \Rightarrow h_{\max} = S = 20 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
2) $h_{\max} = 20 \text{ м}$

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!

$$S = 1 \text{ м}$$

$$\sin 2 = 0,8$$

$$\cos 2 = 0,6$$

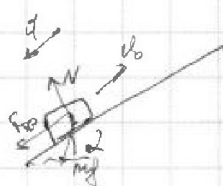
$$v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$T = ? \quad L = ? \quad H = ?$$

и 2



1) Лента покоится.

$$2 \text{ ЗН: } \mu mg \cos 2 = F_{\text{тр}}; \quad a = g \sin 2 + \mu g \cos 2 = g$$

$$(1) \quad S = v_0 T - \frac{g T^2}{2}; \quad T = 2 = v_0^2 - 2 g S < 0 \Rightarrow \text{при подъёме}$$

$$\text{Коробка не пройдёт } S = 1 \text{ м. } t_{\text{ног}} = \frac{v_0}{g} = 0,4 \text{ с} = \frac{2}{5} \text{ с}$$

$$\text{Посчитав это время в (1), получим: } S_1 = v_0 t_{\text{ног}} - \frac{g t_{\text{ног}}^2}{2} = 0,8 \text{ м.}$$

Далее движение коробки прекратится вниз с новым ил. ускорением.



$$m a_2 = \mu mg \sin 2 - mg \cos 2 \Rightarrow a_2 = g (\sin 2 - \mu \cos 2) = 0,6g$$

Пусть — время торможения $\Rightarrow$ полное время торможения складывается из двух:

$T = t_{\text{ног}} + t_{\text{остан}} \text{, где за } t_{\text{ног}} \text{ пройдено } 0,8 \text{ м (} S_1 \text{) и за } t_{\text{остан}} \text{ } 0,2 \text{ м (} S_2 \text{), а}$

$S = S_1 + S_2 \text{, тогда:}$

$$S_2 = \frac{0,6g \cdot t_{\text{остан}}^2}{2}; \quad t_{\text{остан}} = \sqrt{\frac{2S}{0,6g}} = \sqrt{\frac{2}{30}} \text{ с}; \quad T = (0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}) \text{ с}$$

2)

Рассмотрим происходящее в СО движ. с лентой.

Скорость коробки будет равна 0, когда её скорость сравняется со скоростью ленты.

$$a_1 = g; \quad T_1 = \frac{v_0 - 0}{g} = 0,2 \text{ с.}; \quad L_1 = v_0 T_1 - \frac{g T_1^2}{2} = (4 \cdot 0,2 - 5 \cdot 0,2 \cdot 0,2) \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

3) Коробка будет покоиться в СО Земли, в момент когда будет иметь скорость 0 вниз (против направления ленты в СО Земли) относительно ленты.

$$a_2 = 0,6g; \quad T_2 = \frac{0}{0,6g} = \frac{1}{3} \text{ с}; \quad L_2 = \frac{0,6g \cdot T_2^2}{2} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (L_1 + L_2) \cdot \sin 2 = (0,6 \text{ м} + \frac{1}{3} \text{ м}) \cdot 0,8 = \frac{22,4}{30} \text{ м}$$

Ответ: 1) $T = (0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}) \text{ с}$

$$2) L = 0,6 \text{ м}$$

$$3) H = \frac{22,4}{30} \text{ м}$$

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!

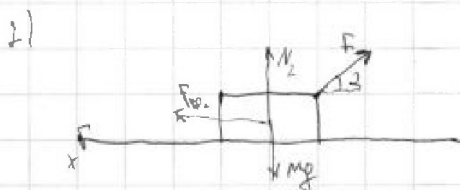
v_0, α
 $\mu = ?$
 $T = ?$



m - масса блока
 F - внешняя сила
 t - время разгона

$$F_{\text{тр}} = \mu mg; \quad F - \mu mg = ma;$$

$$mv_0 = (F - \mu mg) \cdot T \quad - 3 \text{ и } 4$$



$$2 \text{ и } 4: \quad N_2 = mg - F \sin \alpha; \quad F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha);$$

$$3 \text{ и } 4: \quad mv_0 = (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) \cdot T$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg \Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad | \cdot \frac{1}{F}$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1; \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

После прекращения действия силы F движение будет равно-
 ускоренным:

$$x: \quad F_x = \mu mg = ma; \quad a = \mu g = g \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$a \cdot T = v_0; \quad T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

2) $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$

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!



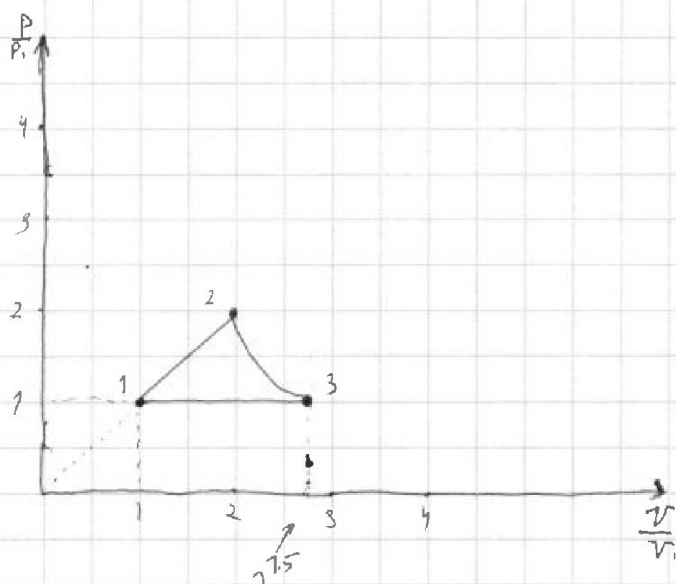
54

Заметим, что во всех трёх процессах $C = \text{const} \Rightarrow$ процессы изотермичны.

1-2: $C_0 = 2R$; $pV^{-1} = \text{const}$ $\eta_1 = \frac{2R - 5R}{2R - 3R} \cdot \frac{-\frac{1}{2}}{-\frac{1}{2}} = -1$

$T_1 = 400 \text{ K}$; $T_2 = 4T_1 = 1600 \text{ K} \Rightarrow$ градусы прямо пропорциональны
2-3: $C_{23} = 0,5R$; $\eta_{23} = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = 2$; $pV^2 = \text{const}$ $T_2 = 4T_1$; $T_3 = T_1\sqrt{8}$
 $p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$

3-1: $\eta_{31} = 0 \Rightarrow p = \text{const}$ — изобарный процесс.



$p_2 V_2 = pR - 4T_1$, $p_2 V_3 = pR \cdot \sqrt{8}$

$2 \cdot 4VRT_1 V_2 = 2 \cdot 2 \sqrt{2} V_1 T_1 V_3$
 $V_3 = \frac{2}{\sqrt{2}} V_2 = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$

~~$V_2 = 2V_1 \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2}V_1$
 $p_1 V_1 = p_3 \cdot 2\sqrt{2} \cdot V_1$
 $p_3 = \frac{p_1}{2\sqrt{2}} = \frac{p_1 \sqrt{2}}{4} < p_1$~~

$p_1 V_1 = pR T_1$
 $p_2 V_3 = pR \cdot 2\sqrt{2} T_1$
 $p_1 = p_3$, т.е. $C_{23} = 2,5R$

$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV$; $A_{12} = \frac{(p_1 + 2p_1)}{2} \cdot V_1 = \frac{3p_1 V_1}{2} =$

$= \frac{3pR T_1}{2} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} \text{ Дж} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж}$; $Q_{12} = 2,5R \cdot 3T_1 = 6RT_1 = Q_H$

$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$, $\eta = 1 - \frac{5(\sqrt{8}-1) + 4 - \sqrt{8}}{12} =$
 $= 1 - \frac{4\sqrt{8}-1}{12}$
 $Q_{23} = 1,5R \cdot T_1 (\sqrt{8}-4) = -Q_{x1}$
 $Q_{31} = 2,5R \cdot T_1 (1-\sqrt{8}) = -Q_{x2}$
 $Q_C = Q_{x1} + Q_{x2}$

Ответ: 1) $A_{12} = \frac{3pR T_1}{2} \approx 600 \cdot 8,31 \text{ Дж}$

2) $\eta = 1 - \frac{4\sqrt{8}-1}{12}$; 3) А Грехов в решении

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

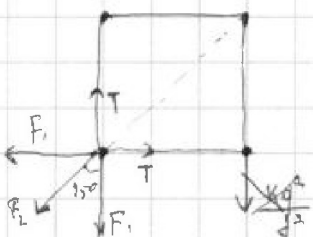
МФТИ

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

WS.

m, q, b
 $T = ?$
 $v = ?$
 $d = ?$

Картинка см.

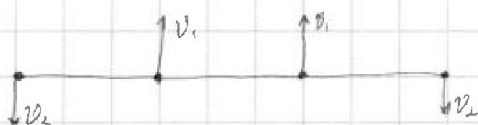


$$1) F_1 = \frac{kq^2}{b^2} \cdot F_2 = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$\left(= \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2} \right)$$

$$2) W_0 = W_{\text{нар}} = \frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{b\sqrt{2}}; E_{\text{ко}} = E_{\text{к(кор)}} = 0$$



$$W = \frac{3kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} =$$

$$= \frac{4kq^2}{b} + \frac{kq^2}{3b}$$

Система шариков замкнута $\Rightarrow$ для системы верев 3СЧ. ~~4~~

$2mv_1 = 2mv_2; v_1 = v_2 = v \Rightarrow$ скорости шариков по модулю равны.

Анерот = 0 $\Rightarrow$ для сист верев 3СЧ: $E_1 = E_2; W_0 + E_{\text{ко}} = W + E_{\text{к}}$

$$\frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{b\sqrt{2}} + 0 = \frac{4kq^2}{b} + \frac{kq^2}{3b} + \left(\frac{1}{2}mv^2\right) \cdot 4 \Rightarrow 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3}\right)$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{kq^2}{2bm} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3}\right)}$$

Бего

стало



$$d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

Ответ: 1) $T = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2}$

2) $v = \sqrt{\frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2bm}}$

3) $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$



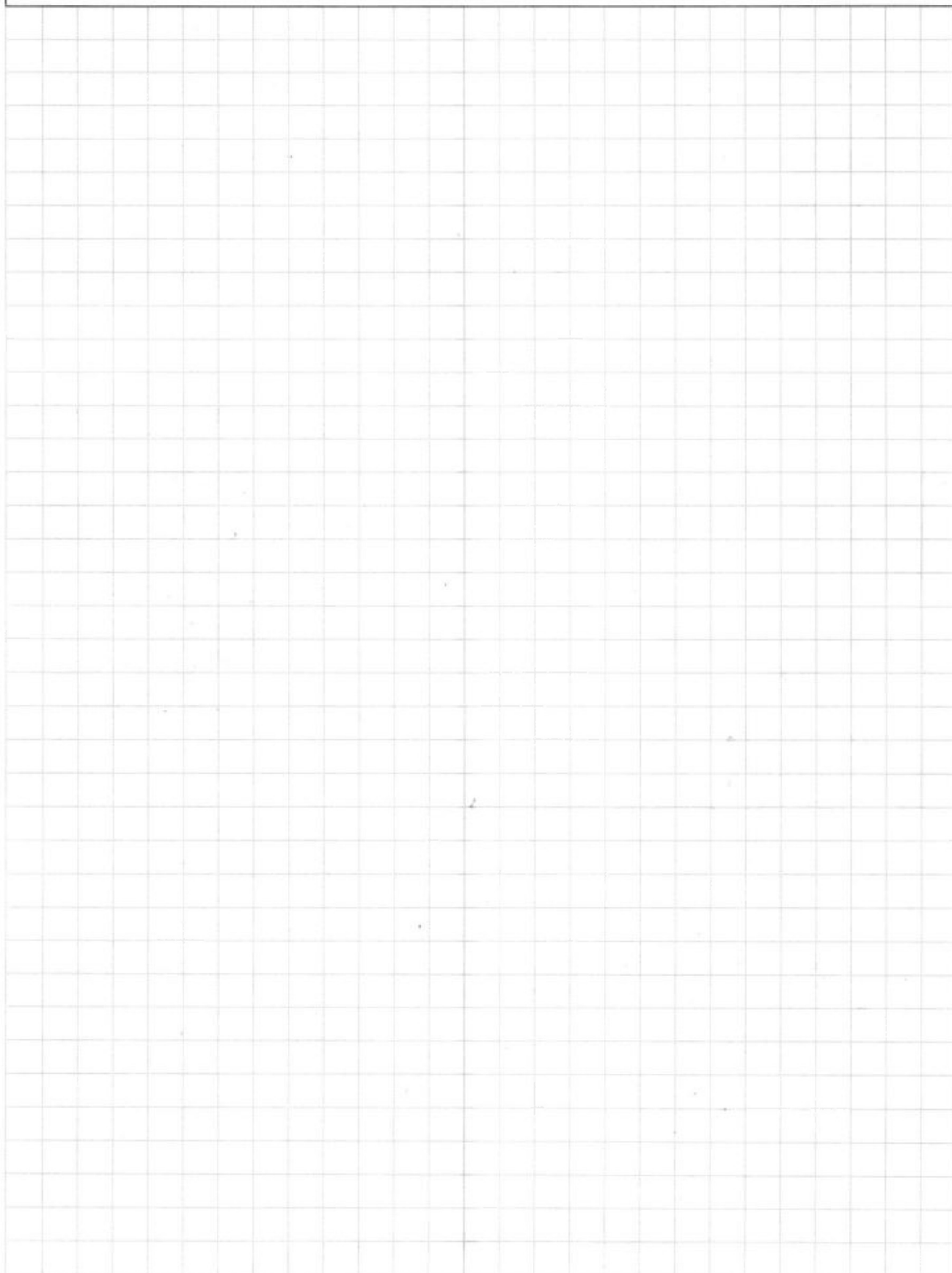
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **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!

$$\frac{v_0}{f} = 6; \quad v_{0t} - \frac{f v^2}{2} = \frac{v_0^2}{f} - \frac{v_0^2}{2f} = \frac{v_0^2}{2f} \quad 1,8 \cdot 5 =$$

$$0,8 -$$

$$\frac{-2}{-1}$$

$$\frac{28 \cdot 1}{2193}$$

$$\frac{6}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{48}{100} = \frac{24}{50}$$

$$11,9 + 6 = \frac{22,9}{20} \text{ А}$$

$$\frac{48}{20} = 2,4$$

$$\frac{48}{20} = 2,4$$

$$\frac{6}{30} + 0,48$$

$$\frac{48}{20} = 2,4$$

$$11,9 + 8 = 22,9$$

$$Q_x = 2,5 \text{ РТ} \cdot \frac{RT}{2} (5(\sqrt{8}-1) + (4-\sqrt{8}))$$

$$5\sqrt{8} - \sqrt{8} + 4 - 5 = \frac{4\sqrt{8} - 1}{12}$$

$$S = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{2g} \Rightarrow 20 = \frac{20 \cdot 20 \cdot \sin(2\alpha)}{20} \Rightarrow \sin(2\alpha) = 1$$

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!

$v_0 \sin \alpha = g t$
 $v_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$\frac{t \cdot t}{t} = \frac{g t^2}{S}$
 $g t^2 = \frac{g t^2}{S}$

$\frac{10 \cdot \sqrt{3}}{10} \cdot \sqrt{3} \cdot C$
 $\frac{20 \cdot \sqrt{3}}{2} \approx 17$

$\sqrt{\frac{0,4 \cdot 10}{6 \cdot 10}} \cdot C$

$v_0 \cos \alpha = \frac{S}{t}$

$v_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$v_0 \sin \alpha \cdot t = \frac{g t^2}{2} = h_{max}$

$v_0 \sin \alpha = \frac{h_{max}}{\frac{g t^2}{2}}$

$\sqrt{F} = F_1 + F_2$

$h_{max} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$S = \frac{v_0^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g}$

$v_0 \cos \alpha \cdot v_0 \sin \alpha = \frac{S}{t}$

$v_0 \sin \alpha = g t = \frac{h}{t}$

$v_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$\frac{v_0 \sin \alpha}{g} = t$

$S = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$

$S \cdot g = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{h}{S}$; $h \cos \alpha = S \sin \alpha$; $h = S \cdot \tan \alpha$

$F_{cos} = \frac{mg - mg \cos \alpha - F \sin \alpha + F \cos \alpha \sin \alpha}{\sin \alpha}$

$-\frac{mg}{\sin \alpha} + mg \cot \alpha + F$

$\frac{g}{2} \cdot t^2 = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$; $t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g}$

$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg$; $\alpha = g \cdot 0,6 + \frac{1}{3} \cdot \frac{6^2}{10} \cdot g = g^2$

$x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $S = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $g t^2 - 2v_0 t + 2S = 0$

$\Delta = \frac{4v_0^2 - 8gS}{64} = \frac{8gS}{64}$

$\frac{g}{S} = 1/6$

$5 \cdot \frac{4}{55} \cdot \frac{4}{5} = 0,8$
0,8 m

0,84
0,64
0,4

$9 \pm \sqrt{16 - 20}$

$\frac{4 \pm 2}{10} = \frac{1}{5}, \frac{3}{5}$



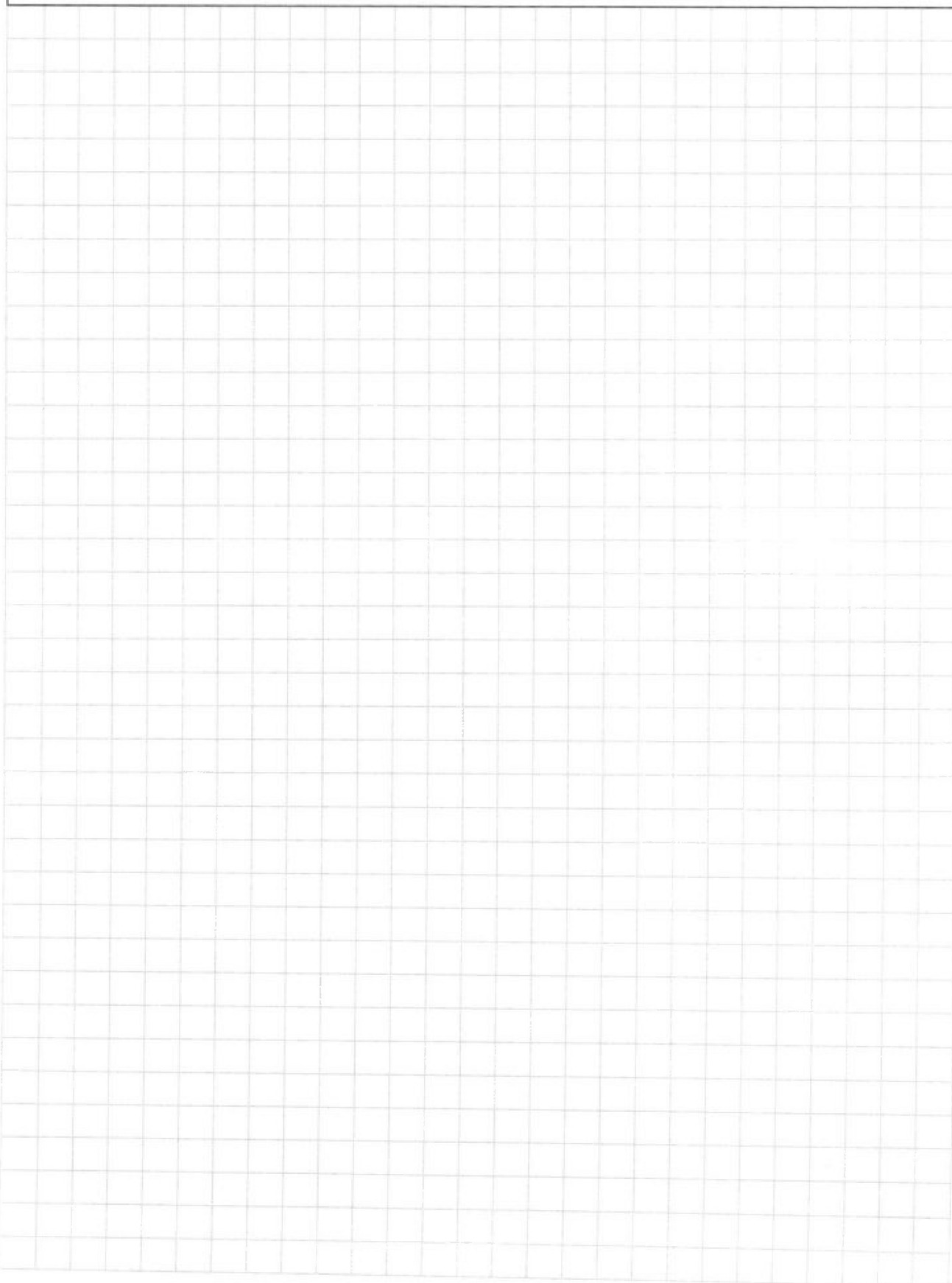
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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!

