



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

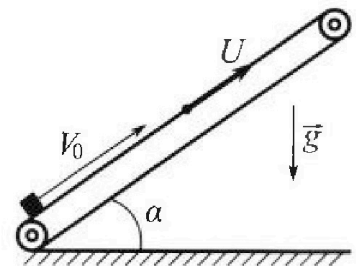
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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?

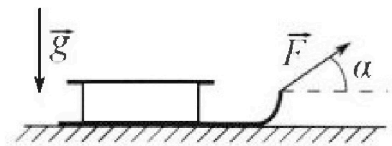
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 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.



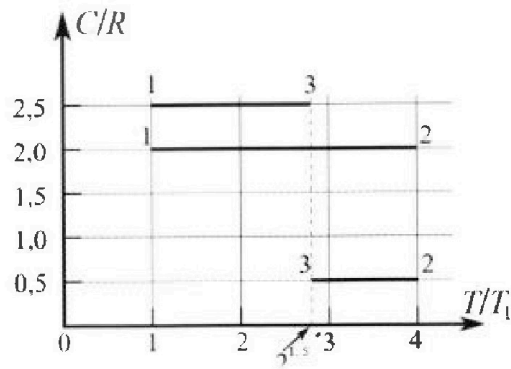
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



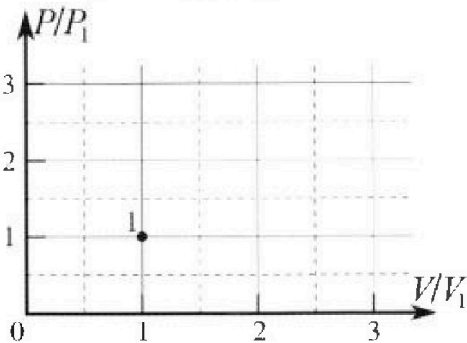
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



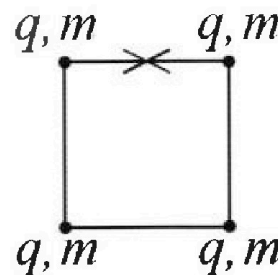
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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
<input checked="" 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!

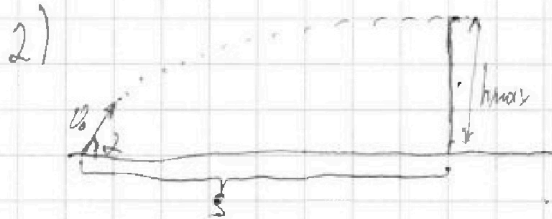
$$T = 2C$$
$$S = 20 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$h_{\max} = ?$$



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



α - угол между \vec{v}_0 и горизонтальной

Максимальной высотой будет достигнута тогда, когда
специальная в плоскости точки с максимальной высотой (вершину параболы)
Если L - дальность полета, тогда $\frac{L}{2} = S$.

$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

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

$$\Rightarrow \sin(2\alpha) = \frac{2 \cdot 20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1$$

$$\Rightarrow \sin 2\alpha = 1; \quad h_{\max} = \frac{g}{2} \cdot t^2; \quad \tan 45^\circ = 1 \Rightarrow h_{\max} = S = 20 \text{ м}$$

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

2) $h_{\max} = \cancel{20 \text{ м}}$
 $= 20 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

$s = 1 \text{ м}$

$\alpha = 2$

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

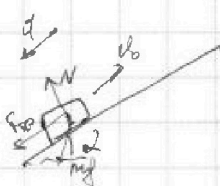
$v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\mu = 0,2$

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

$T = ?$ $L = ?$ $H = ?$

1) Лента покоится.



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

(1) $S = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$; $\tau = \Delta = v_0^2 - 2gS < 0 \Rightarrow$ мы прошли

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

Проемать 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 короба прекратится ввиду срыва и путь укоротится.



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

$\mu mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha > 0 \Rightarrow$ ускорение T увеличивается следующим образом:

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

$S = S_1 + S_2$. Тогда:

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

2)

Рассмотрим происходящее в СО движ. с лентой \vec{u} .

Скорость коробки будет равна u , когда её скорость занулевается относительно ленты.

$a_1 = g$; $t_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0,2 \text{ с}$; $L_1 = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = (4 \cdot 0,2 - 5 \cdot 0,2 \cdot 0,2) \text{ м} = 0,6 \text{ м}$

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

$a_2 = 0,6g$; $t_2 = \frac{u}{0,6g} = \frac{1}{3} \text{ с}$; $L_2 = \frac{0,6g \cdot t_2^2}{2} = \frac{1}{3} \text{ м}$

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

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:

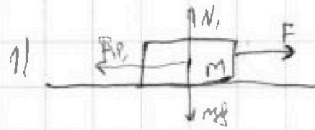
1 2 3 4 5 6 7

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
 $\mu = ?$
 $\tau = ?$

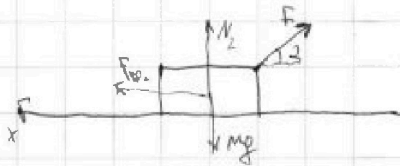


m - масса блока
 F - внешняя сила
 τ - время разгона

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

$$m v_0 = (F - \mu mg) \cdot \tau \quad - 3 \text{ ИИ}$$

2)



$$2 \text{ ИИ: } N_2 = mg - F \sin \alpha; \quad F_{тр2} = \mu (mg - F \sin \alpha);$$

$$3 \text{ ИИ: } m v_0 = (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) \cdot \tau$$

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

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

После прекращения действия силы F движение будет равно-
 ускоренным:

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

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

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

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

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!



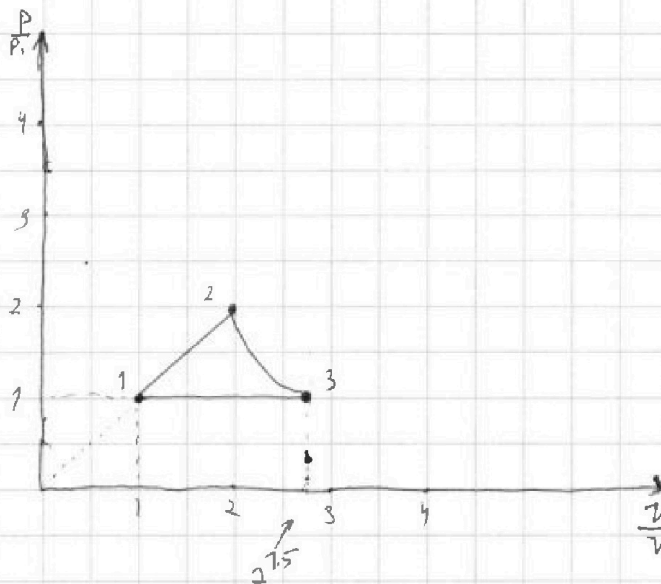
54

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

1-2: $C_0 = 2R$; $pV^{-1} = \text{const}$ $\mu_1 = \frac{2R - 5R}{2R - 3R} = \frac{-3}{-1} = 3$

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

3-4: $\mu_{31} = 0 \Rightarrow p = \text{const}$ - изобарный процесс.



$p_2 V_2 = 0R - 4T_1$, $p_2 V_3 = 0R \cdot V_3$

$2 \cdot 4 V_1 T_1 \cdot V_2 = 2 \cdot 2 V_3 T_1 \cdot V_3$

$V_3 = \frac{2}{\sqrt{2}} V_2 = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$

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

$p_1 V_1 = 0R T_1$

$p_2 V_3 = 0R \cdot 2\sqrt{2} T_1$

$p_1 = p_3$, т.е. $C_{23} = 2,5R$

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

$= \frac{3 \cdot 0R T_1}{2} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} \text{ Дж} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж}$; $Q_{12} = 2,5R \cdot 3T_1 = 6RT_1 = Q_{12}$

$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$, $\eta = 1 - \frac{5(\sqrt{8}-1) + 4 - \sqrt{8}}{12}$; $Q_{23} = 1,5R \cdot T_1 (\sqrt{8} - 4) = -Q_{21}$

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

$Q_{31} = 2,5R \cdot T_1 (1 - \sqrt{8}) = -Q_{32}$; $Q_{12} = Q_{21} + Q_{31}$

Ответ: 1) $A_{12} = \frac{3 \cdot 0R T_1}{2} \approx 600 \cdot 8,31 \text{ Дж}$

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:

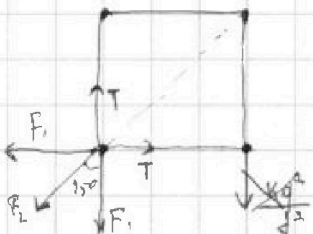
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

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

Картинка сил.



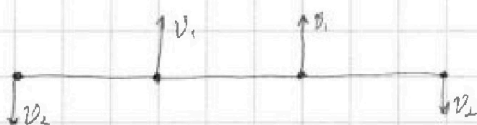
WS.

$$1) F_1 = \frac{kq^2}{b^2} \cdot f_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

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

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

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



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

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

Система шариков замкнута \Rightarrow для системы верев 3Ц4, 4 ~~3Ц4~~

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

Ангелт = 0 \Rightarrow для сист верев 3Ц4: $E_1 = E_2; W_0 + E_{\text{ко}} = W + E_{\text{к}}$

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

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

Бого

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
<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!

A large grid of small squares covering the majority of the page, intended for writing the solution to the selected task.

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!

$$\frac{v_0}{f} = t; \quad \text{лат} - \frac{f \cdot t^2}{2} = \frac{v_0^2}{f} - \frac{v_0^2}{2f} = \frac{v_0^2}{2f} \quad t, b \cdot s =$$
$$\frac{-2}{-1} \quad \frac{20 \cdot 0,8}{2 \cdot 1 \cdot 93} \quad \frac{4 \cdot 8}{20} = 14,90$$
$$\frac{6}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{48}{100} = \frac{29}{20} \quad 11,7 + 6 = \frac{22,9}{20} \text{ м}$$
$$\frac{b}{30} + 0,48 \quad \frac{11,4}{30} \quad 11,7 + 8 = 22,9$$

$$Q_x = 2,5 \text{ РТ} \cdot \frac{600}{2} \left(5(\sqrt{8}-1) + (4-\sqrt{8}) \right)$$

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

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

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!

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

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

$\frac{10 \cdot \sqrt{3}}{2} \approx 8.7$
 $\frac{20 \cdot \sqrt{3}}{2} \approx 17.3$

$\sqrt{\frac{0.4 \text{ м}}{6 \text{ м}}}$

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

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

$\sqrt{v^2} = F_x + F_y$
 $h_{\max} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $h_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$
 $S = \frac{v_0^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g}$

0.84
 0.64
 0.9

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

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

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

$\frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = mg - mg \cos \alpha - F \sin \alpha + F \cos \alpha \sin \alpha$
 $g = \sqrt{16 - 20}$

$-\frac{mg}{\sin \alpha} + mg \cot \alpha + F$
 $v_0^2 - 2gS$

$\frac{g}{2} \cdot t^2 - v_0 \cdot t \cos \alpha = 0$; $t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g}$
 $\frac{4 \pm 2}{10} = \frac{1}{5}, \frac{3}{5}$

$mg \sin \alpha + mg \cos \alpha = mg$; $\alpha = \arcsin \left(\frac{0.6}{10} + \frac{1}{3} \cdot \frac{6^2}{10} \right) = \arcsin \left(\frac{g}{10} \right)$

$x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $S = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $g t^2 - 2v_0 t + 2S = 0$
 $a = \frac{4v_0^2 - 8gS}{64}$; $b = \frac{8gS}{20}$



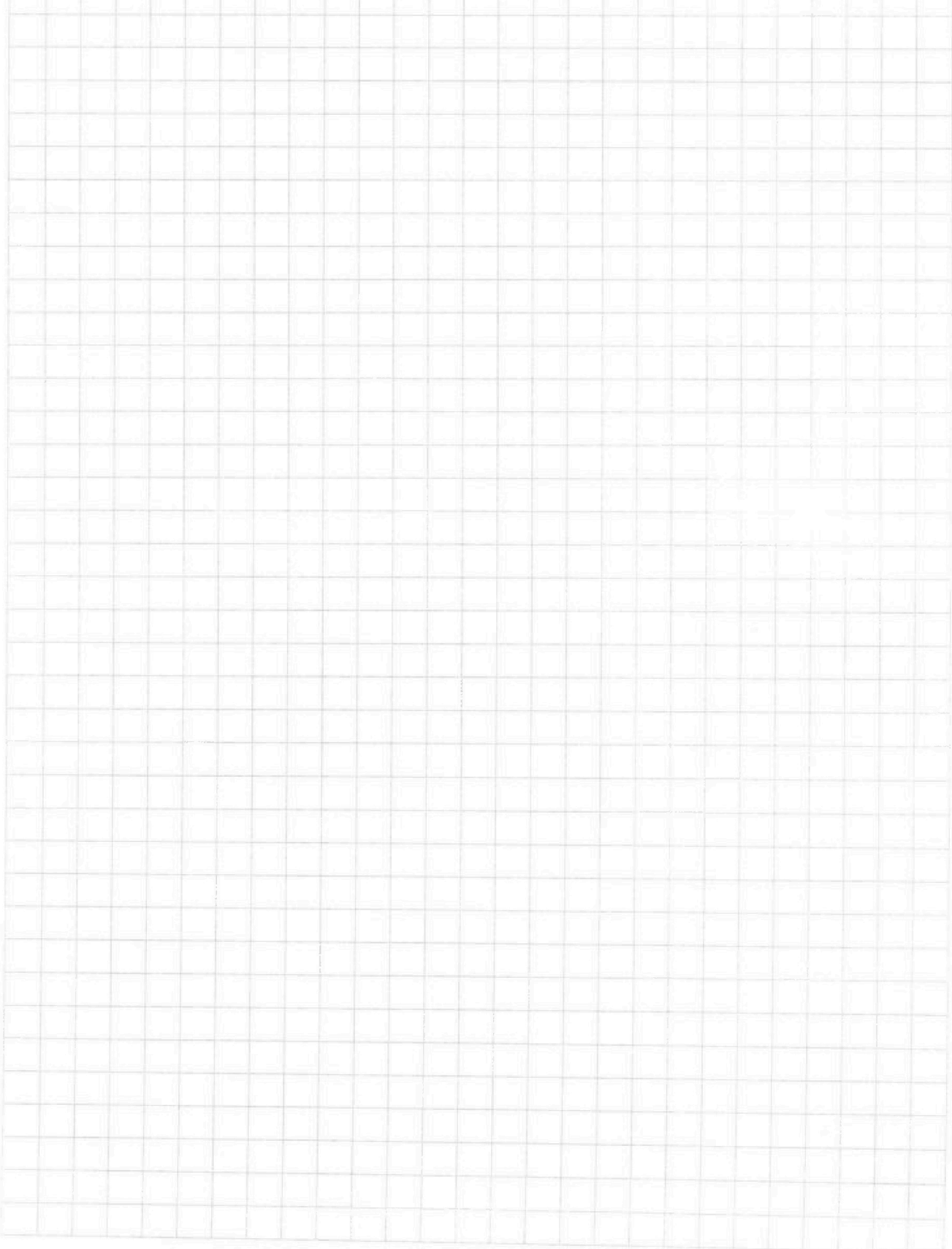
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

