



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.

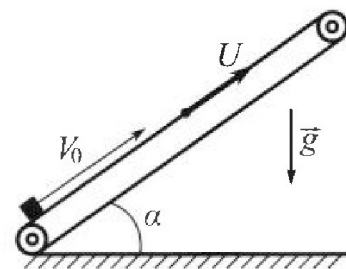
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

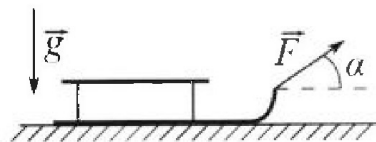
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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

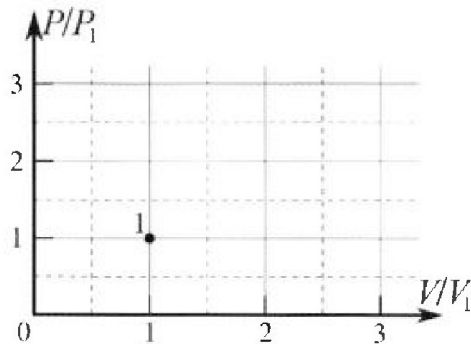
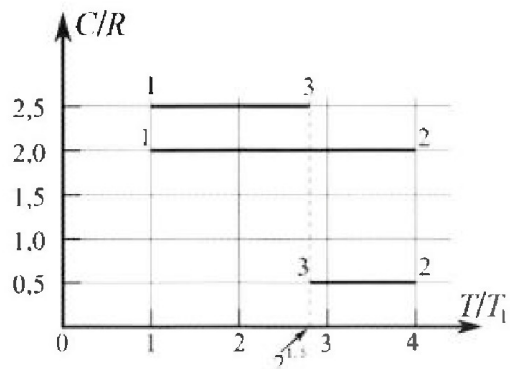
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.



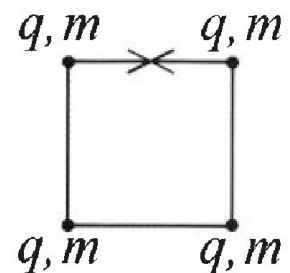
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 рас стоянии 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.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

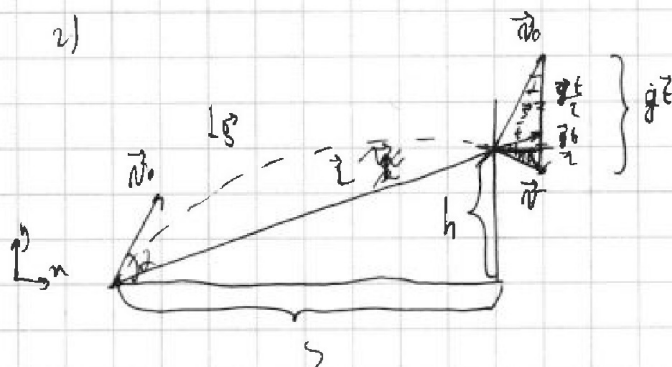
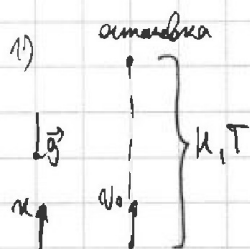
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T = 2c$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$1) v_0 = ?$$

$$2) h_{\max} = ?$$



По формулам кинематики п.г.г:

$$\frac{v_{ka} - v_{kn}}{a_n} = t; \quad \frac{0 - v_0}{-g} = T;$$

$$T = \frac{v_0}{g} \Rightarrow v_0 = g T = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2c = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t;$$

$$\frac{\vec{r}}{t} = \vec{v}_0 + \frac{\vec{g}t}{2}$$

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$$

$$x: S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y: h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2};$$

$$h = \frac{v_0 \sin \alpha S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$3) \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}; \quad v^2 = v_0^2 - 2gh;$$

h будет максимум, когда S будет максимум,

значит скорость в момент взрыва y минимална

направленной скорости. $\beta = 90^\circ - \alpha$; $v_0 \cos \alpha = v \cos \beta \Rightarrow v = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta} = v_0 \tan \alpha$

$$h = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g} \quad h = \frac{-(v_0 \sin \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha \cos \alpha)^2}{-2g} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \alpha - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \right) = \frac{v_0^2}{2g} \left(\frac{\cos^4 \alpha}{\sin^2 \alpha} - 1 + \cos^2 \alpha \right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} \cos^2 \alpha (1 + \cos^2 \alpha + \cos^2 \alpha - 1) = \frac{v_0^2}{2g} ((\cos^2 \alpha + 1)^2 \cos^2 \alpha - 1)^2$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} (1 + \cos^2 \alpha) \quad h_{\max} \text{ при } (\cos^2 \alpha)_{\max}$$

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



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) Когда в ИСО Земля коротит корабль будет равно нулю,

в СО Земля она будет равна u^* и направлена вниз, ФИСО летит:

$$\cancel{3} \quad L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2a_1} = \frac{(u_0 - u)^2}{2g} = 0,4 \text{ м}; \quad \tau_1 = \frac{v_0 - u}{2a_1} = \frac{v_0 - u}{g} = 0,2 \text{ с.}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{-2a_2} = \frac{u^2}{-2 \cdot \frac{2}{3}g} = -\frac{5u^2}{6g} = -\frac{1}{3} \text{ м}; \quad \tau_2 = \frac{u}{a_2} = \frac{u}{\frac{2}{3}g} = \frac{3u}{2g} = \frac{1}{3} \text{ с.}$$

$$L_3 = u \cdot (\tau_1 + \tau_2) = u \cdot \frac{16}{15} \text{ м};$$

$$H = (L_1 + L_2 + L_3) \sin \alpha = \left(\frac{2}{5} \text{ м} - \frac{1}{3} \text{ м} + \frac{16}{15} \text{ м} \right) \cdot 0,8 = \frac{18}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{68}{25} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } T = \left(0,4 + \frac{1}{15} \right) \text{ с}; \quad 2) L = 0,6 \text{ м}; \quad 3) H = \frac{68}{25} \text{ м}$$

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

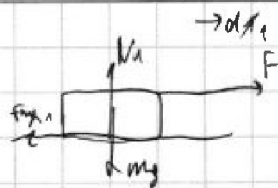
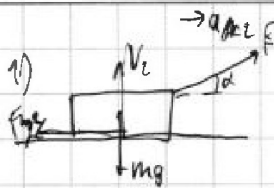
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

v_0

d

μ - ?

2) μ - ?



$$a = \frac{v_k - v_0}{t} = \frac{v_0}{t}$$

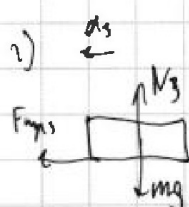
$$\text{т.к. } t_1 = t_2, \text{ тогда } a_1 = a_2$$

1) $\text{закон 1: } \text{з.к. } y: N_1 = mg; \text{ х: } m a = F - \mu mg;$

2) $\text{закон 2: } \text{з.к. } y: N_2 = mg - F \sin \alpha; \text{ х: } m a = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha;$

$$F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha; \quad F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha;$$

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



3) $\text{з.к. } \text{Поле взаимодействия с блоком и } F;$

4) $\text{з.к. } y: N_3 = mg; \text{ х: } \mu mg = m a_3 \Rightarrow a_3 = \mu g = \text{const.}$

По формулам кинематики п.г.г. $\frac{v_0}{t} \cdot \frac{v_0}{t} = a_3;$

$$T = \frac{v_0}{a_3} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

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!

$$T_1 = 400 \text{ K}, \quad T_2 = 1 \text{ мм.к.}$$

$$R = 8,34 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1) A_{12} = ?$$

$$2) \eta = ?$$

$$3) \text{ температура}$$

$$2^{1/2} = 2^{\frac{1}{2}} = 8^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{8}$$

$$= \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

$$\sqrt{2} \approx 1,4$$

1-2: 1) Запишем уравнения: $i=3$, м.к. газ азотистый.

$$1-2: C_{12} = \frac{Q_{12}}{2(T_2 - T_1)} \approx 2R; \quad T_2 = 4T_1.$$

$$2-3: C_{23} = \frac{Q_{23}}{2(T_3 - T_2)} = 0,5R; \quad T_3 = 2^{1/2} T_1$$

$$3-1: C_{31} = \frac{Q_{31}}{2(T_1 - T_3)} = 1,5R; \quad T_1 = T_1$$

$$Q_{12} = C_{12} 2(T_2 - T_1) = 2R \cdot 2 \cdot (4T_1 - T_1) = 6OR T_1 > 0$$

$$Q_{23} = C_{23} 2(T_3 - T_2) = 0,5R \cdot 2 \cdot (2^{1/2} T_1 - 4T_1) = 0,5OR T_1 (2^{1/2} - 2) < 0$$

$$Q_{31} = C_{31} 2(T_1 - T_3) = 1,5R \cdot 2 \cdot (T_1 - 2^{1/2} T_1) = 1,5OR T_1 (1 - 2^{1/2}) < 0.$$

$$2) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}; \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} OR (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} OR (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} OR T_1$$

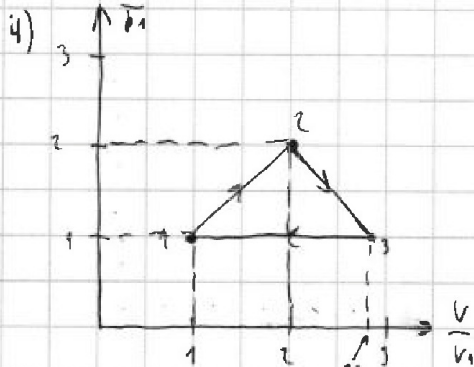
$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 6OR T_1 - \frac{9}{2} OR T_1 = \frac{3}{2} OR T_1 = 1966 \text{ Дж}$$

$$3) \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}}, \text{ где } A_{12} = A_{12}, \text{ так } Q_{12} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}, \quad Q_{12} = Q_{12}.$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{0,5OR T_1 (2^{1/2} - 2) + 1,5OR T_1 (1 - 2^{1/2})}{6OR T_1}$$

$$= 1 + \frac{\sqrt{2} - 2 + 2,3 - 5\sqrt{2}}{6} = 1 + \frac{0,3 - 4\sqrt{2}}{6} = 1 + \frac{0,3 - 5,656}{6} = 1 - \frac{5,356}{6} = 1 - 0,893 = 0,107$$

$$\eta = \frac{6,5 \cdot 1,4 - 5,6}{6} = \frac{6,5 \cdot 1,4 - 5,6}{6} = \frac{9,1 - 5,6}{6} = \frac{3,5}{6} = \frac{9}{60} = \frac{3}{20} = \frac{15}{100} = 0,15 = 15\%.$$



$$(n=2R) \Rightarrow p = kV; \quad T = kV^2$$

$$(n=\frac{5}{2}) \Rightarrow p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2^{1/2}; \quad p_2 = p_1 (p = \text{const})$$

$$1-2: p \Delta v = \frac{p_1 V_1}{2} (k^2 - 1); \quad \Delta U = \frac{5}{2} OR \Delta T$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} OR T_1; \quad p_1 V_1 = OR T_1;$$

$$\text{Ответ: 1) } A_{12} = 1966 \text{ Дж; 2) } \eta = 15\%; 3) \text{ температура}$$

$$\frac{V^2 - 1}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow \frac{V^2 - 1}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow V^2 - 1 = 5 \Rightarrow V^2 = 6 \Rightarrow V = \sqrt{6} = 2,45; \quad p_2 = k p_1 = 2 p_1; \quad V_2 = k V_1 = 2 V_1;$$

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!

m

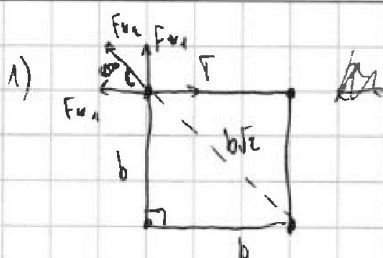
q

b

1) T - ?

2) v - ?

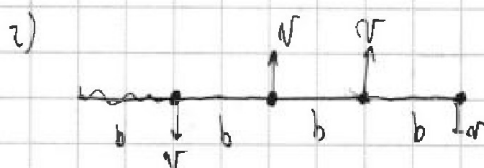
3) d - ?



П.к. заряды у противоположных углов, они будут аннулироваться.

$$F_{k1} = \frac{kq^2}{b^2}; \quad F_{k2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$23) T = F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$



Рассмотрим момент, когда

шарик находится под силой

тяжести: δ потенциал энергии.

$$W_1 = 4 \frac{kq^2}{b} \rightarrow 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2} = 4 \frac{kq^2}{b} + 2 \frac{kq^2}{b} = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2})$$

$$W_2 = 3 \frac{kq^2}{b} + 2 \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} = 3 \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{1}{3} \frac{kq^2}{b} = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3}\right)$$

$$W_1 = W_2 + \frac{4mv^2}{2}; \quad 2mv^2 = W_1 - W_2 = \frac{kq^2}{b} \cdot \left(4 + \sqrt{2} - 4 - \frac{1}{3}\right) = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$$

$$2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right); \quad v^2 = \frac{kq^2}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$$

$$v = q \sqrt{\frac{k}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)}$$

$$3) d = \frac{2}{3} b.$$

$$\text{Ответ: } 1) T = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right); \quad 2) v = q \sqrt{\frac{k}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)}; \quad 3) d = \frac{2}{3} b$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

$$v_0 = 4 \frac{m}{c}$$

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

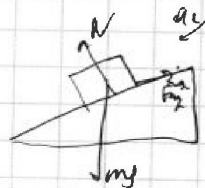
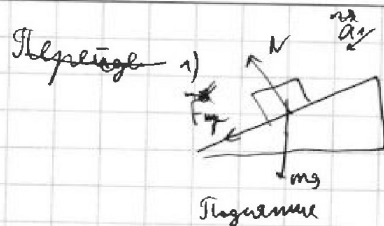
$$S = 1 \text{ м}$$

$$u = 2 \frac{m}{c}$$

$$1) T = ?$$

$$2) L = ?$$

$$3) H = ?$$



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

Решение: 234: y: $N = mg \cos \alpha$; x: $ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g\left(\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5}\right) = g$$

Снова: 234: y: $N = mg \cos \alpha$; x: $ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5}\right) = \frac{3}{5}g = 0,6g$$

Найдём время, когда ^{коробка} ~~спустится~~ ^{остановится}: $t = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow t = 0,6 \text{ с}$

$\Rightarrow$ спускаясь коробка δ найдет $0,6 \text{ м}$ вверх и $1 - 0,6 \text{ м} = 0,4 \text{ м}$ вниз.

$$T = t_1 + t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{\frac{3}{5}g} = \frac{v_0}{g} + \frac{5v_0}{3g} = \frac{8v_0}{3g} = 0,4 \text{ с}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2S_2}{\frac{3}{5}g}} = \sqrt{\frac{10S_2}{3g}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

$$T = T_1 + T_2 = \left(0,4 + \frac{1}{15}\right) \text{ с}$$

2) Перегнём в КСО значит в этот момент КСО уже будет двигаться
вверх. В КСО время остановки коробки и время будет одинаково,
в КСО время остановки δ коробки будет равно 0.

$$t_1 = t = 0,6 \text{ с} - \text{найдём } u_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2a_1} = 0,22 \text{ м}$$

$$t_1 = \frac{v_0 - u}{a_1} = 0,2 \text{ с}; t_2 = u t_1 = 0,4 \text{ м}$$

$$L = t_1 t_2 = 0,2 \text{ м} + 0,4 \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



N1

$$T = 2\tau$$

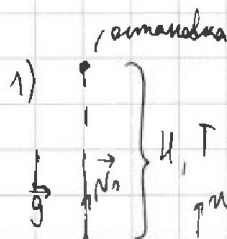
$$S = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

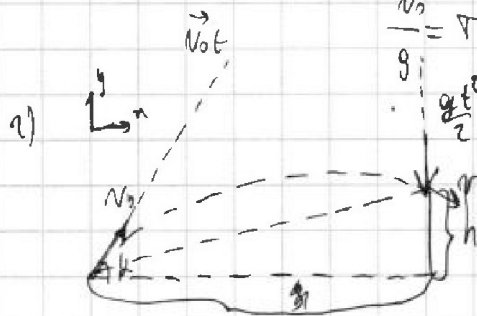
$$1) v_0 = ?$$

$$2) h = ?$$

В



$$v_x = v_{0x} + a_x t;$$



По заданным кинематическим

равноускоренного движения:

$$\frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = t; \quad \frac{0 - v_{0y}}{-g} = \tau$$

$$\frac{v_0}{g} = \tau; \quad \text{т.е. } v_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}; \quad h = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{at^2}{2};$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2};$$

$$h = (S \tan \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}) = (S \tan \alpha) - (\frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}) \cdot \tau; \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh; \quad h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{S = \frac{v_0^2 \cdot S \cdot (1/2)}{g};$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gh; \quad h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{gs^2}{2g^2 \cos^2 \alpha} = A = \frac{1}{2} g R (T_0 - T_1) =$$

$$p_k v = S \tan \alpha - \frac{S^2}{2g^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{S \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{gs^2}{2g^2 \cos^2 \alpha} = -\frac{1}{2} g R (T_0 - T_1) =$$

$$A = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1; \quad h = \frac{S \tan \alpha \cos \alpha \sin \alpha - gS^2}{\cos \alpha}; \quad \frac{1}{2} g R T_1 = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$- \frac{p_k v}{2} = h = \frac{S \tan \alpha \cos \alpha \sin \alpha - gS^2}{\cos \alpha} \quad \tan^2 \alpha - 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 - 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 2;$$

$$= \frac{p_k v}{2} - \frac{p_k v}{2} \quad h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$- \frac{p_k v}{2} = \frac{S \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{gs}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0}{v_0} \quad S^2 (\tan^2 \alpha - 1) = (h + \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha})^2;$$

$$\frac{p_k v_0}{2} (k^2 - 1) \quad \vec{S} = \vec{v_0} t + \frac{gt^2}{2} \cdot \vec{i}; \quad S^2 = (v_0 t)^2 \cdot$$

$$k = \frac{1}{2} g R (T_0 - T_1) = S^2 + (h + \frac{gt^2}{2})^2 = (v_0 t)^2; \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha};$$

$$= S^2 + (h + \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha})^2 = (v_0 \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha})^2; \quad S^2 + (h + \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha})^2 = S^2 \tan^2 \alpha;$$

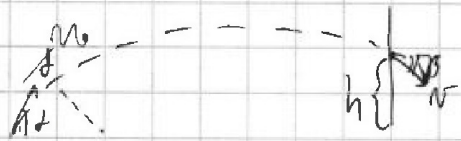
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$v_0 \cos \alpha = v \cos B \quad ; \quad \frac{9.31}{49.96}$$

$$B = 90^\circ - \alpha \Rightarrow \cos B = \sin \alpha ;$$

$$v_0 \cos \alpha = v \sin \alpha \Rightarrow v = v_0 \cot \alpha$$

$$h = \frac{v_0^2 \cot^2 \alpha}{2} \quad ; \quad \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2 \cot^2 \alpha}{2} + mgh ; \quad \frac{v_0^2}{2} = \frac{v_0^2 \cot^2 \alpha}{2} + gh ;$$

$$gh = \frac{v_0^2}{2} (1 - \cot^2 \alpha) ; \quad \frac{v_0^2}{2g} (1 - \cot^2 \alpha) = h ; \quad h_{\max} \text{ при } \cot \alpha = 0$$

$$N \quad \frac{1}{2} \cdot 9.31 \cdot 1.400 = 600 \cdot 9.31 = 6.891 =$$

$$\sin \alpha = 0.9$$

$$v_0 = \frac{u}{c}$$

$$\mu = \frac{1}{5}$$

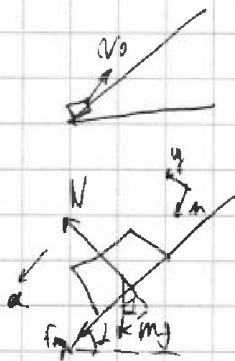
$$\mu \sin \alpha$$

$$u = \frac{1}{5} c$$

$$1) \sin \alpha = \frac{1}{5}$$

$$2) \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$3) \mu = \frac{1}{5}$$



$$mg \cos \alpha = N ;$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = mg ;$$

$$\alpha = \arctan(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$$

$$= \arctan\left(\frac{1}{5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5}\right) =$$

$$= \arctan\left(\frac{1}{5} + \frac{3}{5}\right) = \arctan(0.8) = 39^\circ$$

$$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2} ;$$

$$1 = 4t - \frac{gt^2}{2} ; \quad \frac{gt^2}{2} - 4t + 1 = 0 ; \quad t =$$

$$t = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 2g}}{g} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 19.6}}{9.8} = \frac{4 \pm 1.8}{9.8}$$

$$N = mg \cos \alpha ; \quad \mu : F_{fr} = \mu N$$

$$\mu : F_{fr} = \mu mg \Rightarrow \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g = \text{const}$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2} ; \quad T = \frac{2S}{v_0} = 0.5 \text{ s}$$

$$S = v_0 T - \frac{aT^2}{2} = v_0 T - \frac{\mu g T^2}{2} \cdot \frac{1}{\mu g} ;$$

$$\frac{2S}{\mu g} = \frac{2v_0}{\mu g} T - T^2 ; \quad T^2 - \frac{2v_0}{\mu g} T + \frac{2S}{\mu g} = 0 ;$$

$$T^2 - \frac{2 \cdot 10}{\frac{1}{5} \cdot 10} T + \frac{2 \cdot 1}{\frac{1}{5} \cdot 10} = 0 ;$$

$$T^2 - \frac{11}{5} T + \frac{3}{5} = 0 ;$$

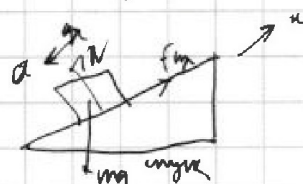
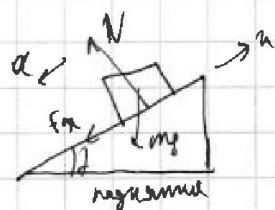
$$T = \frac{11 \pm \sqrt{121 - 24}}{10} = \frac{11 \pm 9.7}{10} = \frac{1.3}{10} = 0.13 \text{ s}$$

$$S_{\max} = \frac{0 - 0.13^2}{-2g} = \frac{0.0169}{19.6} = \frac{16}{20} = 0.8 \text{ m}$$

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!

№2



$$1) \frac{mv_0^2}{2} \quad \alpha = \dots \quad v = mg \cos \alpha; \quad \mu m$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1; \quad a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$$

$$= g\left(\frac{1}{3} - \frac{3}{5} + \frac{4}{5}\right) = g \quad \frac{S_0 \cdot 2^2}{0.45^2} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$$2) v = mg \cos \alpha; \quad \mu mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2; \quad \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5}$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) = \frac{3}{5}g;$$

$$S_{\text{max}} = \frac{0 - v_0^2}{-2ga_1} = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ м} - \text{проникнет глубже}$$

или, как удобнее запомнить $\Rightarrow S = S_1 + S_2$ т.е. где $S_1 = S_{\text{max}}, S_2 = S - S_1 = S - S_{\text{max}};$

$$t_1 = t_2 = \frac{v_0 + 0}{a_1} = \frac{v_0}{g}; \quad t_1 = \frac{0 - 2.16}{-a_1} = \frac{v_0}{g};$$

$$t_2: S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2(S - S_{\text{max}})}{\frac{3}{5}g}} = \sqrt{\frac{10(S - S_{\text{max}})}{3g}};$$

$$\Delta t = t_1 + t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{10(S - S_{\text{max}})}{3g}} = \frac{v_0}{10} + \sqrt{\frac{10 \cdot 0.8}{30}} =$$

$$= \frac{4}{10} + \sqrt{\frac{1}{15}} = 0.4 + \frac{1}{\sqrt{15}} = \left(\frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{15}}\right) \text{ с.}$$

2) ЗИМ Репетитор ВКО не могу: для тех, кто начался

справит брешь $N_{01} = \frac{mv_0^2}{2} - U = \frac{mv_0^2}{2} - \mu m g \cos \alpha$, а конечная скорость

в 10 будет равна 0: ЗИМ: $\frac{mv_0^2}{2} - \mu m g \cos \alpha = 0$; $F_k - F_{\mu} = \Delta m$;

$$\mu m g \sin \alpha - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu m g \cos \alpha; \quad S(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)$$

$$S(g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)) = \frac{mv_0^2}{2}; \quad S = \frac{mv_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{v_0^2}{2g}; \quad t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{в 10 Земле: } t = \frac{0 - v_{01}}{g} = \frac{v_{01}}{g};$$

$$\text{в 10 Земле: } L = S + U \cdot t = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{U v_{01}}{g} = \frac{v_0}{g} \left(\frac{v_0}{2} + U \right) = \frac{2}{10} (1 + 1) = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

3) В 60 лет: $V_0 = -u = -\frac{u}{c}$ и направлена вниз;

$$l = \frac{V_0}{a_1} + \frac{u}{a_2} = \frac{0 - V_0}{-a_1} + \frac{V_0}{a_2} = \frac{V_0}{g} - \frac{u}{\frac{g}{5}} = \frac{(1-u)^2}{-a_2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{u^2}{\frac{g}{5}}$$

$$t = \frac{V_0}{a_1} + \frac{u}{a_2} = \frac{V_0}{g} + \frac{u}{\frac{g}{5}}; \quad t = \frac{0 - V_0}{-a_1} + \frac{V_0}{a_2} = \frac{V_0}{g} + \frac{u}{\frac{g}{5}};$$

$$t = \frac{2}{10} + \frac{2}{\frac{g}{5}} = \frac{2}{10} + \frac{2}{6} = \frac{1}{5} + \frac{1}{3} = \frac{3+5}{15} = \frac{8}{15}; \quad l = \frac{8}{15}$$

$$l = \frac{2^2}{10} - \frac{2^2}{\frac{g}{5}} = \frac{4}{10} - \frac{4}{6} = \frac{2}{5} - \frac{2}{3} = \frac{4-6}{15} = -\frac{2}{15}$$

$$s_2 l_0 = u t = 2 \cdot \frac{8}{15} = \frac{16}{15};$$

$W =$

$$L^2 = (V_0 t)^2 + \left(\frac{g t^2}{2} \right)^2 -$$

$$- 2 V_0 t \frac{g t^2}{2} \sin \alpha;$$

$$L^2 = V_0^2 t^2 + \frac{g^2}{4} t^4 -$$

$$- 2 V_0 g t^3;$$

$$L^2 = V_0^2 \cdot \frac{s^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} + \frac{g^2}{4} \cdot \frac{s^4}{V_0^4 \cos^4 \alpha} -$$

$$- V_0 g \cdot \frac{s^3}{V_0^3 \cos^3 \alpha} = \frac{s^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{g^2 s^4}{4 V_0^4 \cos^4 \alpha} -$$

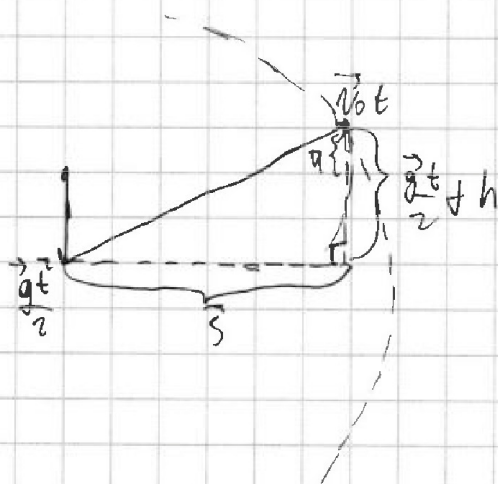
$$- \frac{V_0 g s^3}{V_0^3 \cos^3 \alpha};$$

$$S_{\max} = 0 = V_0 L \sin \alpha - \frac{g s^3}{2}; \quad V_0 \sin \alpha = \frac{g s^3}{2} \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g};$$

$$S_{\max} = V_0 \cos \alpha t = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad S_{\max} \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow S_{\max} = \frac{V_0^2}{g} = 40 \text{ м.}$$

$$\tan \alpha = \frac{g s^2}{2 V_0^2}; \quad h = \frac{g s^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{(g s^2 + 4)}{s};$$

$$h' = s \tan' \alpha = \frac{g s^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} =$$



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

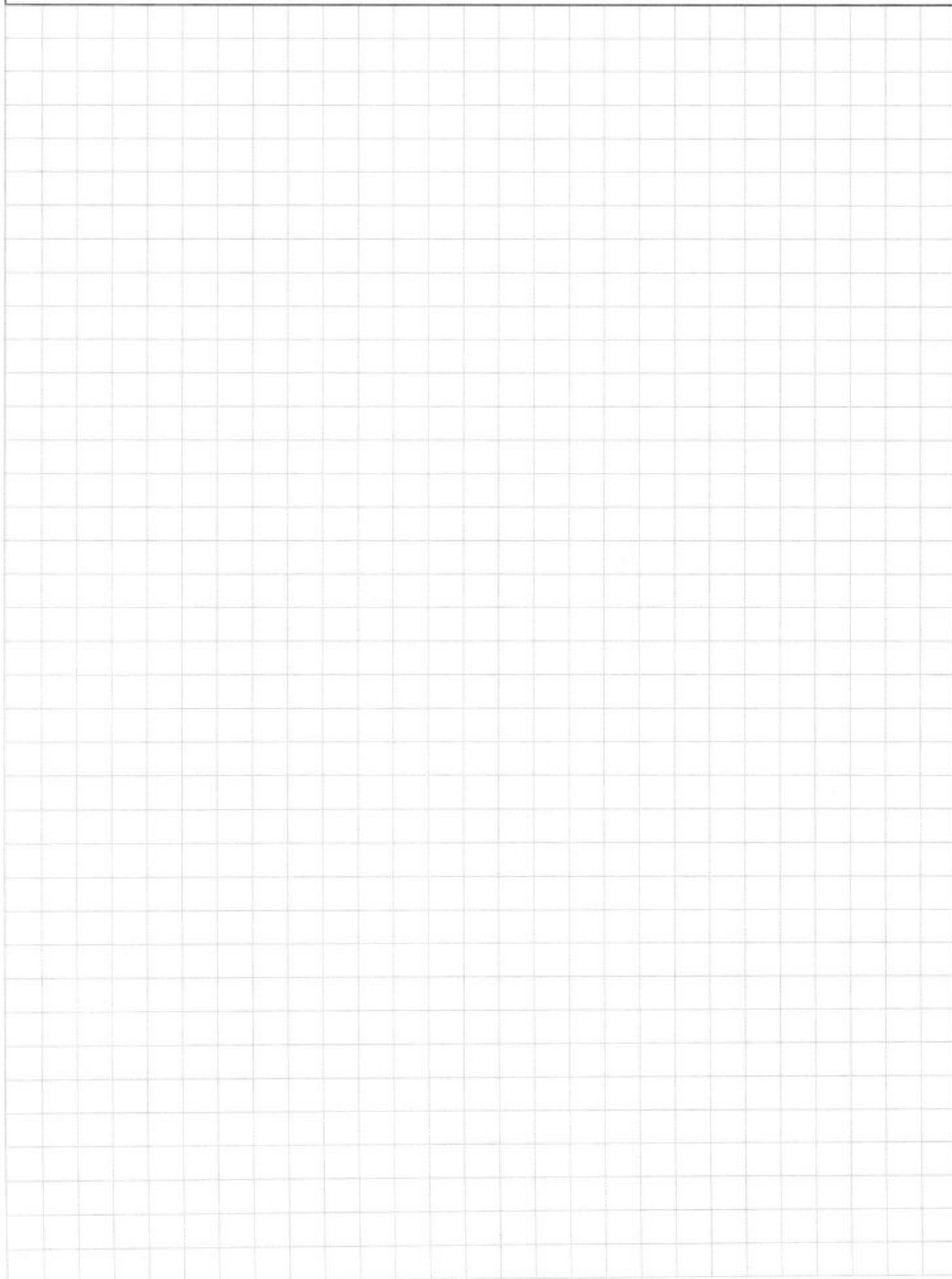
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



 **МФТИ**