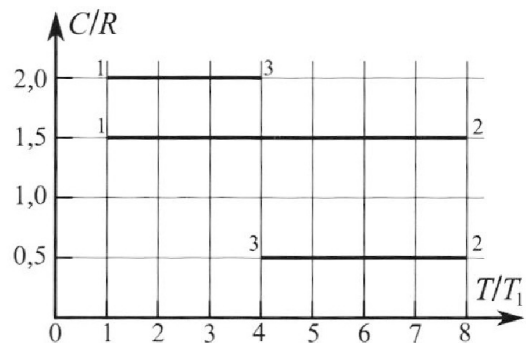


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

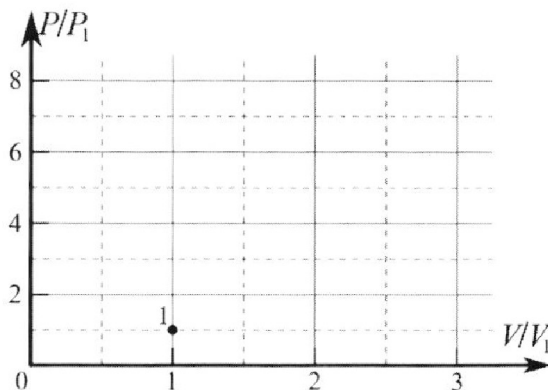
Вариант 10-02

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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

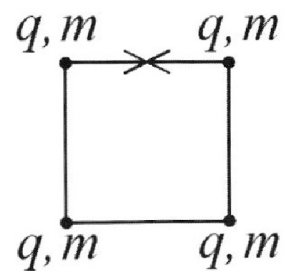


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K 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)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

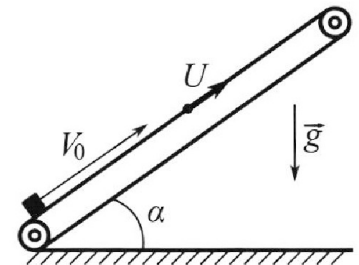
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

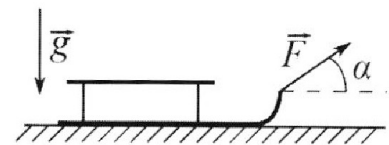
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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!

N 1

Дано

$L = 245$

$L = 20 \text{ м}$

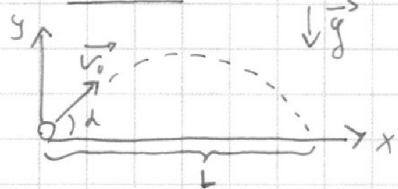
$H = 3,6 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

1) $V_0 = ?$

2) $S = ?$

Решение:



1) В проекции на Oy

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha \quad a_y = -g$$

$$z) V_y(t) = V_0 \sin \alpha - g t$$

В конечной точке $V_y = 0, t = t_{\text{ос}}$
(время)

$$z) t_{\text{ос}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

из обратимости процесса $t_{\text{ос}} = t_{\text{наг}}$ (время нагнетания)

$$\Rightarrow T = 2t_{\text{ос}} = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}, \text{ где } T - \text{общее время полёта}$$

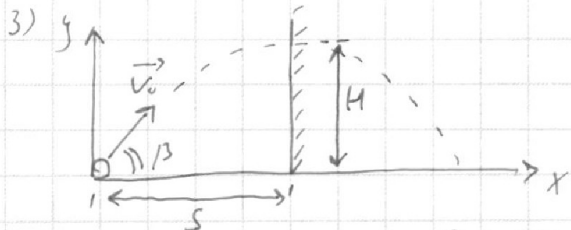
2) В проекции на Ox : $V_{0x} = V_0 \cos \alpha, a_x = 0$

$$\Rightarrow S_x(t) = V_0 \cos \alpha \cdot t \quad \text{в мом. } t = T \quad S_x = L$$

$$\Rightarrow L = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot 245 \cdot 20}{\sin(45^\circ)}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



Пусть β - угол, при котором
проектиль соударится на
max высоте - H .

$$- Oy: V_{0y} = V_0 \cdot \sin \beta \quad a_y = -g \quad S_y = \frac{V_{0y}^2 - V_0^2}{2a_y}$$

В конечной точке $V_y = 0$

$$\Rightarrow H = \frac{-(V_0 \sin \beta)^2}{-2g} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{V_0}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot \frac{1}{5}}}{10\sqrt{2}} = \frac{3}{5}$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{4}{5}$$

$$- Ox: V_{0x} = V_0 \cos \beta \quad a_x = 0 \quad S_x(t) = V_0 \cos \beta \cdot t$$

Так как H - максимальная высота соударения, то
расстояние S до точки равно половине длины полёта
(точка соударения = вершина траектории (нормаль))

$$\text{из пункта 2} \quad t_{\text{ос}} = \frac{V_0 \sin \beta}{g} \Rightarrow L = V_0 \cos \beta \cdot \frac{V_0 \sin \beta}{g} = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\beta}{g}$$

$$L = \frac{V_0^2 \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}{g} = \frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 9,6 \text{ м}$$

$$L = \frac{V_0^2 \cos \beta \cdot \sin \beta}{g}$$

Ответ: 1) $V_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$ 2) $L = 9,6 \text{ м}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

N 2

Дано

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

$$v_0 = 6 \frac{m}{c}$$

$$\mu = 0,5$$

$$F = 1 c$$

$$v = 1 \frac{m}{c}$$

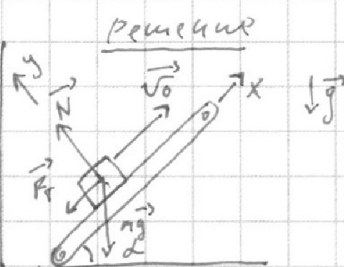
$$v_1 = v = 1 \frac{m}{c}$$

$$v_2 = 0$$

$$1) S = ?$$

$$2) F_1 = ?$$

$$3) L = ?$$



• Ох:

$$-mg \sin \alpha - F_{f0} = -ma$$

$$\Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

1) II з.и. гм Коробки

$$\vec{F}_f + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

• Оу: (без опоры)

$$-\cos \alpha \cdot mg + N = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

Т.к. с.г.б. протискиваем $F_{f0} = \mu N$

$$\Rightarrow F_{f0} = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$\| a = g$$

2) Пусть τ - время до остановки

$$v_x(t) = v_0 - at$$

$$\Rightarrow 0 = v_0 - a\tau$$

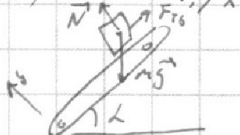
$$\Rightarrow \tau = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$\| \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{4}{5} \|$$

$$\tau = \frac{6 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2} (0,5 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5})} = 0,6 c$$

$\tau < T \Rightarrow$ Коробка останавливается раньше, чем T

3) После:



Если $mg \sin \alpha > F_{f0} \Rightarrow$ поедет вниз

$$mg \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha \Rightarrow \tan \alpha > \mu$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{3}{4} > \frac{5}{10} \Rightarrow \text{поедет обратно.}$$

с ускорением a'

$$2.3.и. на Ох: mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma' \Rightarrow a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\| a' = \frac{1}{5} g$$

$$4) S = S_1 + S_2$$

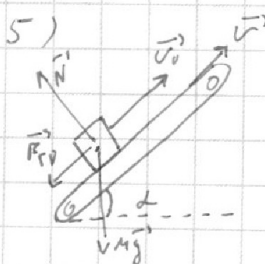
$$S_1 = \frac{0 - v_0^2}{-2a} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$S_1 = \frac{36 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 1,8 m$$

$$S_2 = \frac{1}{2} a_2 \cdot (T - \tau)^2$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot (1 - 0,6 c)^2 = 0,16 m$$

$$\Rightarrow S = 1,96 m$$



• Т.к. скорость Гвишкорбейс постоянна $\Rightarrow$

СО: Гвишкорбейс - И.С.О

В И.С.О: Гвишкорбейс:

$$\vec{v}_{огн_0} = \vec{v}_0 + \vec{v}$$

$$Ох: v_{огн_0} = v_0 + v$$

$\| v_0$ - скорость в СО. Значит

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!

Продолжить задачу 2

• Аналогично задаче 1. a - ускорение в со: транскриптор

$$\Rightarrow v(t) = v_0 - g t$$

• Если относительно земли скорость коробки $v_1(v)$, то

огн. транскриптор $v_0 = v_1 - v = 0$

$$\Rightarrow 0 = (v_0 - v) - g T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - v}{g} = \frac{0 - (-5)}{10} = 0,5 \text{ с.}$$

6) Если скорость коробки в ч.с.о. земли равна $v_2(v_{20})$, $v_2(v_{20})$

$$\Rightarrow \text{в ч.с.о. транскриптора } v_0 = v_2 - v = 0 - (-5) = 5$$

• После обнуления скорости огн. транскриптора сама транскриптор
изменяет своё направление аналогично п.ч. 3.

$$a' = \frac{1}{5} g \Rightarrow v(t) = \frac{1}{5} g t \quad (\text{по модулю})$$

T_2 - время от остановки до разгона до скорости $v = 5$

$$v = \frac{1}{5} g T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{5v}{g} = \frac{5 \cdot 5}{10} = 2,5 \text{ с}$$

7) При переходе из ч.с.о. транскриптора в ч.с.о. земли
на изменение ускорения и время, только скорости

$$L = L_1 + L_2$$

$$\bullet L_1 = v_0 \cdot T_1 - \frac{1}{2} a T_1^2 \quad L_1 = 0 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,5^2 = -1,25 \text{ м}$$

$$\bullet L_2 = v \cdot T_2 - \frac{1}{2} a' \cdot T_2^2 \quad L_2 = 5 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot 10 \cdot 2,5^2 = 0,25 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L = 2 \text{ м}$$

Ответ: 1) $S \approx 1,26 \text{ м}$ 2) $T_1 = 0,5 \text{ с}$ 3) $L = 2 \text{ м}$

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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



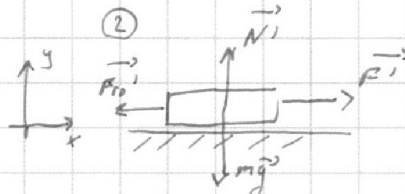
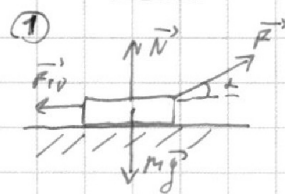
N 3

Решение

$K; d;$
 $m; g$
 $l_1 = l_2 = l$
 (частицы
 не взаимодействуют)

1) $\mu = ?$

2) $S = ?$



$\|F = F'$

1) II з.к. В первом случае:

$$\vec{F}_{T0} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$O_y: N + F \sin \alpha = mg \quad (\text{по условию})$$

$$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{T0} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

2) II з.к. Во втором случае:

$$\vec{F}_{T0}' + \vec{N}' + \vec{F}' + m\vec{g} = m\vec{a}'$$

$$O_y: N' = mg$$

$$\Rightarrow F_{T0}' = \mu mg$$

3) III з.к. где I случай:

(закон Гука, закон сохранения энергии)

$$A_{T0} = -\mu (mg - F \sin \alpha) \cdot l$$

$$A_{T0} + A_F = K$$

$$A_F = F \cos \alpha \cdot l$$

$$\Rightarrow K = -\mu (mg - F \sin \alpha) l + F \cos \alpha \cdot l$$

(1)

• III з.к. где II случай:

$$A_{T0}' + A_F' = K$$

$$A_{T0}' = -\mu mg l$$

$$A_F = F \cdot l$$

$$\Rightarrow K = -\mu mg l + F l$$

(2)

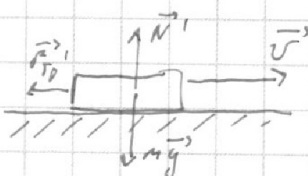
$$(2) \quad \frac{(-\mu mg + F) l}{(-\mu (mg - F \sin \alpha) + F \cos \alpha) l} = \frac{K}{K}$$

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

$$\Rightarrow 1 = \sin \alpha \mu + \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

4) Найти скорость



• К - кинет. энергия блока в мом. начала

формирования

$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

• II з.к. где закон: $\vec{F}_{T0} + m\vec{g} + \vec{N}' = m\vec{a}$

$$O_y: N' = mg \Rightarrow F_{T0} = \mu mg$$

$$O_x: F_{T0} = ma_x \Rightarrow a_x = \mu g \quad \| a_{yx} = -\mu g$$

• Двухмерное движение с постоянными ускорениями

$$\Rightarrow S = \frac{0 - v_0^2}{2a_{yx}} = \frac{v^2}{2\mu g} = S$$

$$\Rightarrow S = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{2K}{2\mu gm} = \frac{K}{\mu gm} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

Ответ:

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

$$2) S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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!



№ 4

Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$C(T)$$

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$$

Решение:

$$1) Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$$

$$Q_{31} = Q_3 \cdot \nu \cdot \Delta T$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Rightarrow Q_{31} = -6 T_1 R \nu$$

$$\text{ис. функции } C_{31} = 2R; \Delta T = T_1 - T_2 = T_1 - T_1/4$$

$$\Delta T = -3 T_1$$

$$\Delta U_{31} = -\frac{3}{2} \cdot 3 T_1 \cdot 2R$$

$$1) A_{31} = ?$$

$$2) \eta = ?$$

$$3) P(V) = ?$$

$$\Rightarrow -6 T_1 R \nu = -\frac{3}{2} \nu R T_1 + A_{31} \Rightarrow A_{31} = -\frac{3}{2} \nu R T_1 \quad A_{31} = -2493 \text{ Дж}$$

$$2) \bullet \text{Термодинамика } 1 \rightarrow 2$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (\text{ис. функции})$$

$$\Rightarrow A_{12} = 0 \quad Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (8 T_1 - T_1) = \frac{15}{2} \nu R T_1$$

$$\bullet \text{Термодинамика } 2 \rightarrow 3: C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R (4 T_1 - 8 T_1) = -2 \nu R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R (4 T_1 - 8 T_1) = -5 \nu R T_1$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \Rightarrow A_{23} = -2 \nu R T_1 + 5 \nu R T_1 = 3 \nu R T_1$$

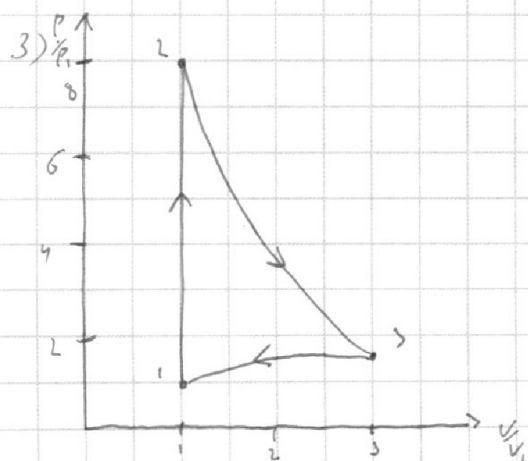
$$\bullet Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = \frac{15}{2} \nu R T_1 + (-2 \nu R T_1) - 6 \nu R T_1 = 2,5 \nu R T_1$$

$$A_{123} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0 + 3 \nu R T_1 + (-2,5 \nu R T_1) = 0,5 \nu R T_1$$

$$\bullet \text{Результат} \quad \text{Формула} \quad \text{подвожим} \quad \text{только в выражении } 12 \Rightarrow Q = \frac{15}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q} = \frac{0,5 \nu R T_1}{\frac{15}{2} \nu R T_1} = \frac{1}{15}$$

$$\boxed{\eta = \frac{1}{15}}$$



$$\text{Ответ: } 1) A_{31} = -2493 \text{ Дж} \\ 2) \eta = \frac{1}{15}$$

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!



N5

$D=40$:

a, T, E_0

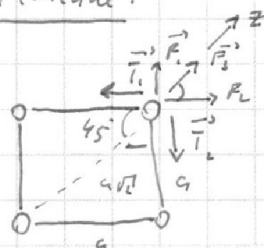
1) g - ?

2) K - ?

3) d - ?

Решение:

1)



$$T_1 = T_2 = T; F_1 = F_2$$

T_1 и T_2 — силы натяжения нитей:
 $\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ (принцип суперпозиции)

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} \quad F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2a^2}$$

В проекции на OZ :

$$2T \cos 45^\circ = 2F_1 \cos 45^\circ + F_3 \quad | \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ}$$

$$2T = \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2a^2} \cdot \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow 2T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\Rightarrow 2T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cdot \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{2} \right) \Rightarrow q = \sqrt{16T \cdot \pi\epsilon_0 a^2 \cdot \frac{1}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$q = \sqrt{\frac{16}{4 + \sqrt{2}} \pi\epsilon_0 T a^2}$$

2) З.С.Э.

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2} + \frac{q}{8\pi\epsilon_0 a^2} = K + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{4a^2} + \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{2a^2}$$

$$K = \frac{q}{a^2} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(2 + \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{8} - 1 \right) = \frac{2}{5} \cdot \frac{q}{a^2} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$K = \frac{2}{5\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{a^2}$$

3) -

$$\text{Ответ: } 1) q = \sqrt{\frac{16}{4 + \sqrt{2}} \pi\epsilon_0 T a^2}$$

$$2) K = \frac{2}{5\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{a^2}$$

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

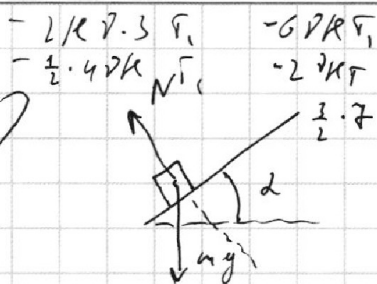
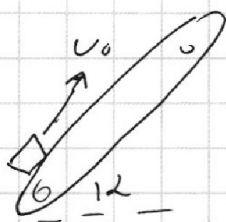
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

12



$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$\frac{v_0}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = \frac{6}{10(0,5 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5})} = 0,6c$$

$$C_p = C_v$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{c + \frac{1}{2} \frac{v^2}{R}}{c} = \frac{3}{5} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{3}{5} = \frac{8}{10} \cdot \frac{4}{5} = \frac{3}{5} - \frac{2}{5} = \frac{1}{5}$$

$$g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4^2}{5} + \frac{3}{5} = \frac{5}{5} \right)$$

$$C_p = \frac{1}{2} R$$

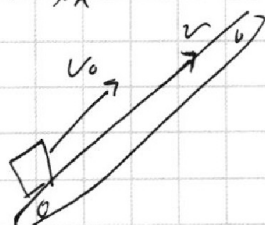
$$C_p = \frac{5}{5} R$$

$$v_{12} = \text{const}$$

$$\frac{1}{10} \cdot 10 \cdot \left(\frac{4}{10} \right)^2 = \frac{16}{100} = 0,16n$$

$$= P \Delta v + \frac{1}{2} R \Delta v = P \Delta v + \frac{1}{2} R \Delta v \quad (v_0 + v)$$

$$= C_p R \frac{\Delta v}{\Delta R}$$



$$R + \frac{1}{2} R$$

$$1 + \frac{1}{2} = \frac{L + c}{L}$$

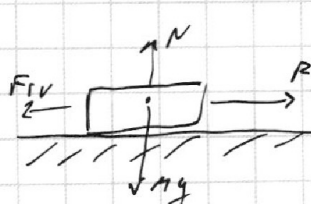
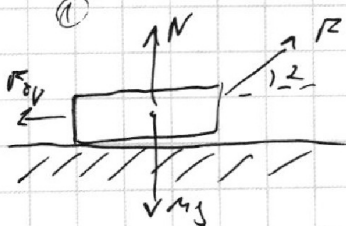
$$\frac{3}{5} = \frac{7}{17,5}$$

$$3 - \frac{10}{8} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{12 - 5}{9} = \frac{7}{9}$$

$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

11



$$R \cos \alpha + A_{tr} + A_R = \frac{mv^2}{2} = K$$

$$1) N = mg + F_{tr} \sin \alpha = \mu (mg + F \sin \alpha)$$

$$- \mu (mg + F \sin \alpha) \cdot l + R \cos \alpha \cdot l = K$$

$$A_{tr}' + A_R' = \frac{mv^2}{2} = K$$

$$- \mu mgl + Fl = K \Rightarrow F = \frac{K + \mu mgl}{l}$$

$$= \mu mg + R$$

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

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

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

$$\mu \cos \alpha \sin \alpha$$

$$\mu \sin \alpha = - \cos \alpha$$

$$\mu \sin \alpha = - \cos \alpha$$

$$\mu \sin \alpha = - \cos \alpha$$

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!



$Q = \Delta U + A$
 $\Delta T \cdot \vec{v} = A_{\text{эл}} + \Delta U$

$N1$

$\vec{v}_0$
 L

$H = \frac{v_y^2 - v_{y0}^2}{2g} = \frac{0 - v_0^2 \sin^2 \beta}{-2g}$
 $H(\beta) = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$
 $\sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6}}{10} = \frac{6}{10} = 0,6 = \frac{3}{5}$
 $\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$

$t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$
 $H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{1}{2} g \left(\frac{S}{v_0 \cos \beta} \right)^2$
 $H = S \cdot \tan \beta - \frac{1}{2} \frac{g S^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$

$t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$
 $H = v_0 y \cdot \frac{S}{v_0 x} - \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{S}{v_0 x} \right)^2$
 $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}$
 $v_0^2 = 2gH + v^2$

$K = A_{\text{эл}} + A_R = A_{\text{эл}}' + A_R'$
 $K = -e \cdot \mu (mg - R \sin \alpha) + R \cos \alpha \cdot e$
 $K = -e \mu mg + R e$
 $e = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2a_2}$
 $15 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3 = 20 \cdot 10^3$
 $R \cos \alpha - \mu mg + R \sin \alpha = -\mu mg + R$
 $\Delta U = \frac{3}{2} R \cdot (-35)$
 $Q = -35 \cdot 2R = -70R$
 $\Delta U = -45 + 35 = -10$
 $1 \rightarrow 2$
 $1 \rightarrow 3$
 $1 \rightarrow 4$
 $1 \rightarrow 5$
 $1 \rightarrow 6$
 $1 \rightarrow 7$

$200 \cdot 12 = \frac{96}{10} \cdot 10$
 $\frac{200 \cdot 12}{25 \cdot 10} = \frac{96}{10} \cdot 10$
 $a_1 = (R \cos \alpha - \mu mg + R \sin \alpha) \cdot \frac{1}{m}$
 $a_2 = (-\mu mg + R) \cdot \frac{1}{m}$
 $\cos \alpha + \sin \alpha = 1$

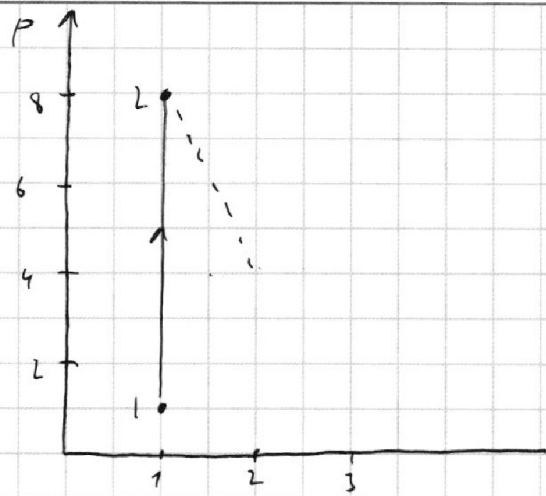
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1-91

$$\Delta T = -4T_1$$

$$\frac{\delta P_1 \cdot V_1}{8T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{4T_2}$$

$$4P_1V_1 = P_2V_2$$

$$A_{1,2} = 40K\Gamma_1 = 40K\Gamma_2 = 4P_1V_1$$

$$P_1V_1 = 2P_2V_2$$

$$4P_1V_1 = \frac{(P_1 + P_2) \cdot (V_2 - V_1)}{2}$$

$$P_1V_1$$

$$P_2V_2 = 4P_1V_1$$

$$P_2V_2 = 2P_1V_1$$

$$\frac{4}{5}$$

$$\frac{7+3}{2} \cdot 1 = 5P_1V_1$$

$$5P_1V_1$$

$$\frac{8}{5}$$

$$\frac{K_1 \cdot \frac{A_1}{K_1} \cdot \frac{A_2}{K_2} \cdot \frac{A_3}{K_3}}{\frac{L_1 \cdot A_1}{K_1} + \frac{L_2 \cdot A_2}{K_2} + \frac{L_3 \cdot A_3}{K_3}} = \frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

$$\frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

$$\frac{K_1 \cdot \frac{A_1}{K_1} \cdot \frac{A_2}{K_2} \cdot \frac{A_3}{K_3}}{\frac{L_1 \cdot A_1}{K_1} + \frac{L_2 \cdot A_2}{K_2} + \frac{L_3 \cdot A_3}{K_3}} = \frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

$$\frac{K_1 \cdot \frac{A_1}{K_1} \cdot \frac{A_2}{K_2} \cdot \frac{A_3}{K_3}}{\frac{L_1 \cdot A_1}{K_1} + \frac{L_2 \cdot A_2}{K_2} + \frac{L_3 \cdot A_3}{K_3}} = \frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

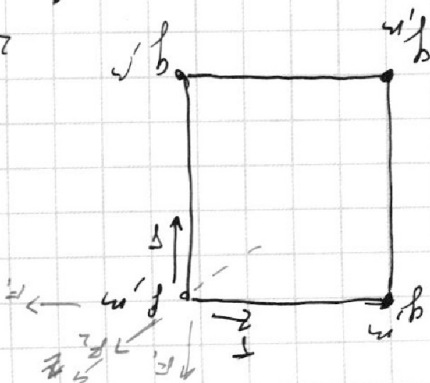
$$25 \cdot \frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

$$25 \cdot \frac{K_1}{H} = \frac{K_2}{H} = \frac{K_3}{H}$$

$$25 \cos 45^\circ = P_2 + 2P_1 \cos 45^\circ$$

$$\frac{25}{\sqrt{2}} = P_2 + 2P_1 \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{25}{\sqrt{2}} = P_2 + 2P_1 \frac{1}{\sqrt{2}}$$





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!

$$C_{31} \approx 2R \quad 3 \rightarrow 1$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot \sqrt{2} \Delta T = 2R \sqrt{2} (4T_1 - 4T_2) = -6\sqrt{2}RT_1$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \cdot 3T_1 \cdot \sqrt{2} = -\frac{9}{2}\sqrt{2}RT_1$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -6\sqrt{2}RT_1 + \frac{9}{2}\sqrt{2}RT_1 = (4,5 - 6)\sqrt{2}RT_1 = -1,5\sqrt{2}RT_1$$

1 → 2

$$R \approx \frac{1}{2}R \Rightarrow A_{12} = 0 \quad Q_{12} = 7 \cdot \frac{1}{2}T_1 \cdot \sqrt{2} = \frac{7}{2}\sqrt{2}RT_1$$

2 → 3

$$C_{23} = \frac{1}{2}R \quad Q_{23} = \frac{1}{2}R \sqrt{2} (-4T_1) = -2\sqrt{2}RT_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (-4T_1) = -6\sqrt{2}RT_1$$

$$A_{23} = 4\sqrt{2}RT_1$$

$$P_1 V_1 = P_3 V_3 = \sqrt{2}RT_1$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R \Delta T_3 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R \Delta T_3 + A_{23}$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R \Delta T_3 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R \Delta T_3 + 7A_{23} + P \Delta V$$

$$P V^{\gamma} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{i+2}{c} = \frac{5}{2}$$

$$P_3 V_3^{\gamma} = \text{const}$$

$$\frac{8P_1 V_1}{8T_1} = \frac{P_3 V_3}{4T_1}$$

$$P_3 V_3 = 4P_1 V_1$$

$$(8P_1) V_1^{\frac{5}{2}} = P_3 V_3^{\frac{5}{2}}$$

$$8^{\frac{5}{2}} P_1^{\frac{5}{2}} V_1^{\frac{5}{2}} = \left(\frac{4P_1 V_1}{V_3} \right)^{\frac{5}{2}} V_3^{\frac{5}{2}}$$

$$8^{\frac{5}{2}} V_1^{\frac{5}{2}} = 4^{\frac{5}{2}} V_3^{\frac{5}{2}} \quad 8 V_3 = V_1 \sqrt{2} = V_1 2\sqrt{2}$$

$$g = \frac{E \cdot l}{g}$$



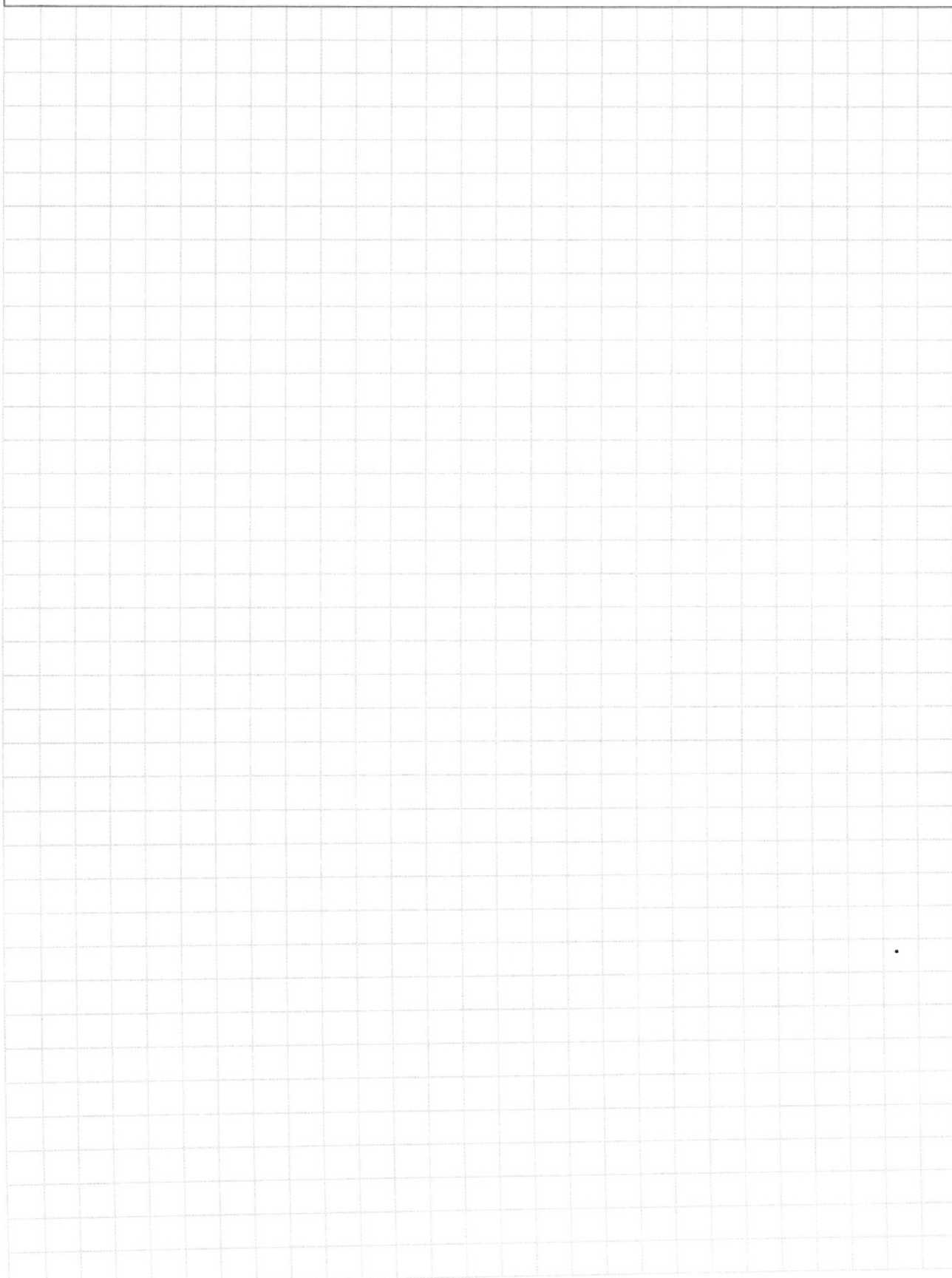
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

