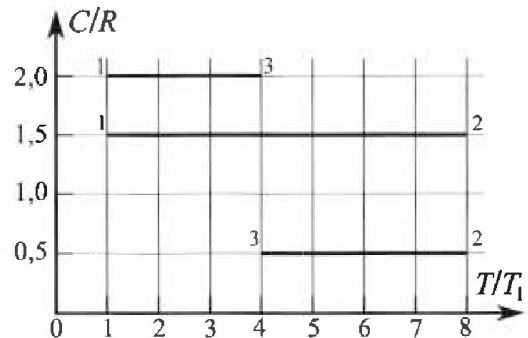


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

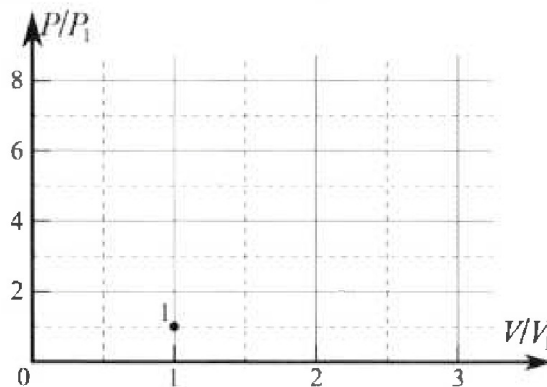
Вариант 10-02

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).

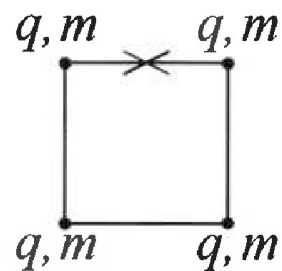


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

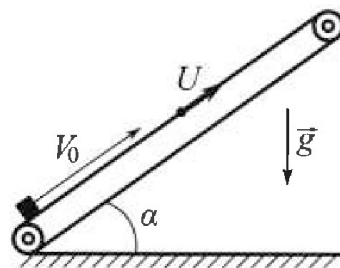
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

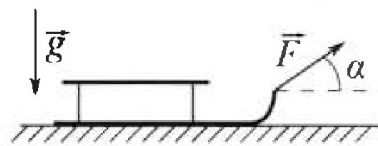
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

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. Дано

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$H = 36 \text{ м}$$

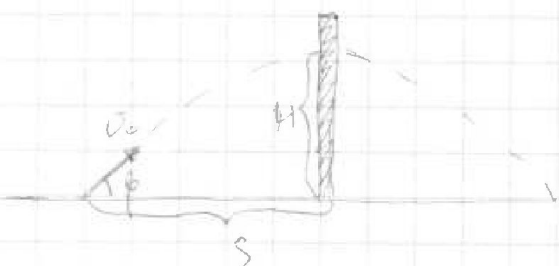
$$V_0 = ?$$

$$S = ?$$

$$1) L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м}}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

2) Ил.к. H - максимальная высота, не к-рой, произо-
дит соударение, но, значит, что мяч направлен под та-
ким углом, где H - максимальная высота полета.



$$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \varphi}{2g} \Rightarrow$$

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{2gH}}{V_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 36 \text{ м}}}{10\sqrt{2} \text{ м/с}} = 0,6$$

$$\sin \varphi = 0,6 \Rightarrow \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = 0,8$$

Ил.к. H - максимальная высота полета, но расстояние S
до чего равно половине длины полета L^* (L^* - длина
полета мяча под углом φ)

$$S = \frac{1}{2} L = \frac{V_0^2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{g} = \frac{V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g}$$

$$S = \frac{(10\sqrt{2} \text{ м/с})^2 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10 \text{ м/с}^2} = 9,6 \text{ м}$$

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



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!

$$2. \sin \alpha = 0,6$$

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

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

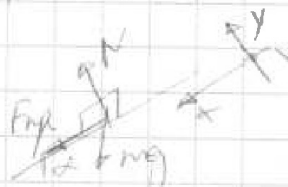
$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$u = 1 \text{ м/с}$$

$$T_1 = ?$$

$$S = ?$$

1) лента неподвижна



$$2 \text{ ЗН: } N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

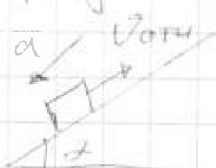
$$X. \quad ma = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

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

$$S = v_0 T - \frac{1}{2} a T^2$$

$$S = v_0 T - \frac{1}{2} g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2 = 1 \text{ м}$$

2) Лента движется со скоростью u . Если у коробки скорость u , то она остановилась относительно ленты. Перейдем в СО ленты, она $u \cos \alpha$ м.к $u = \cos \alpha$



$\Rightarrow$



$$3 \text{ СС: } v_{0\text{л}} = v_0 - u$$

При переходе в другие СО картина сил не меняется, т.е. a коробки будет таким же

$$0 = v_{0\text{л}} - a T_1 = ?$$

$$T_1 = \frac{v_{0\text{л}}}{a} = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = 0,5 \text{ с}$$

$$\text{Объем } S = 1 \text{ м}$$

$$T_1 = 0,5 \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

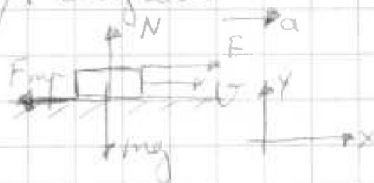
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

3. Dano 1/1 вариант

K, μ, m
 $\mu = ?$
 $S = ?$



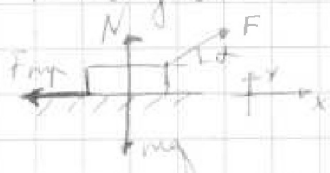
2 3H y: $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$
 $F_{fr} = \mu N = \mu mg$

3 УМЭ: $K = A_F + A_{F_{fr}}$

$A_F = FL \cos(0^\circ) = FL$; $A_{F_{fr}} = F_{fr} L \cos(180^\circ) = -\mu mg L$

$K = FL - \mu mg L$

2 вариант



2 3H y: $N + F \sin \alpha - mg = 0$
 $N = mg - F \sin \alpha$

$F_{fr} = \mu N = \mu mg - \mu F \sin \alpha$

3 УМЭ: $K = A_F + A_{F_{fr}}$

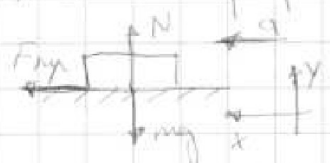
$A_F = FL \cos \alpha$; $A_{F_{fr}} = F_{fr} L \cos(180^\circ) = -\mu mg L + \mu F \sin \alpha L$

$K = FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu F \sin \alpha L$

$FL - \mu mg L = FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu F \sin \alpha L$

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

2) Искомое выражение получим, исключив sin:



2 3H y: $N - mg = 0$

$N = mg$

$F_{fr} = \mu mg$

x: $F_{fr} = K$

$\mu mg = K$

$\mu = \frac{K}{mg}$

3 УМЭ: $A_{F_{fr}} = 0 - K$

$A_{F_{fr}} = F_{fr} S \cos 180^\circ = -\mu mg S$

$-\mu mg S = -K$

$\mu mg S = K \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg}$

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

$S = \frac{K}{\mu mg}$

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!

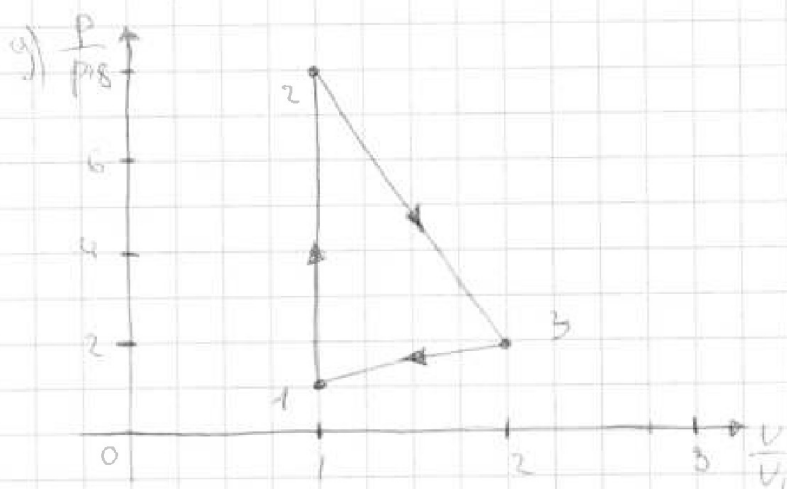


8) П.к. процесс 31 пропорциональной зависимости,
денуем, что $V_2 = 2V_1$, тогда $P_2 = 2P_1$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = 2RT_1 \\ P_2 V_2 = 2RT_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_1 V_1 = 2RT_1 \\ 2^2 P_1 V_1 = 2RT_2 \end{cases} \Rightarrow 2^2 = \frac{T_2}{T_1} = \frac{4T_1}{T_1} = 4$$

$$2 = \sqrt{4} = 2$$

Выводим, что $\frac{V_2}{V_1} = 2$, $\frac{P_2}{P_1} = 2$



Ответ: $A_{\text{max}} = 2493 \text{ Дж}$
 $\eta = 24\%$

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: 1) Из графика видно, что $T_1 = T_1$, $T_2 = 8T_1$, $T_3 = 4T_1$,
 $i = 3$
 $\bar{V} = 1 \text{ моль}$
 $T_1 = 100 \text{ К}$
 $A_{31} = ?$
 $\eta = ?$

2) Рассмотрим процесс 31.
 $Q_{31} = C_{31} \bar{V} (T_1 - T_3) = 2R \bar{V} (T_1 - T_3) = -6 \bar{V} R T_1$
 $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \bar{V} R (T_1 - T_3) + A_{31}$
 $2 \bar{V} R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \bar{V} R (T_1 - T_3) + A_{31}$
 $A_{31} = \frac{1}{2} \bar{V} R (T_1 - T_3) = \frac{1}{2} \bar{V} R (T_1 - 4T_1) = -\frac{3}{2} \bar{V} R T_1$
 $A_{31, \text{max}} = -A_{31} = \frac{3}{2} \bar{V} R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 100 \text{ К} = 1246,5 \text{ Дж}$

3) Рассмотрим процесс 12.
 $Q_{12} = C_{12} \bar{V} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R \bar{V} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \bar{V} R (8T_1 - T_1) = \frac{21}{2} \bar{V} R T_1$
 $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $\frac{3}{2} \bar{V} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \bar{V} R (T_2 - T_1) + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$, значит, процесс 12 — изохорный.

4) Рассмотрим процесс 23.
 $Q_{23} = C_{23} \bar{V} (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \bar{V} (4T_1 - 8T_1) = \frac{1}{2} R \bar{V} (-4T_1) = -2 \bar{V} R T_1$

5) К узлу соединяется тепло в процессах 12, в количестве Q_{12} , и в $Q_{31} = Q_{12} = \frac{21}{2} \bar{V} R T_1$.
 От узла отводится тепло в ~~каждом~~ процессах 23 и 31, в количестве $(-Q_{23}) + (-Q_{31})$, и.е. $Q_{\text{от}} = (-Q_{23}) + (-Q_{31}) = 2 \bar{V} R T_1 + 6 \bar{V} R T_1 = 8 \bar{V} R T_1$
 $\eta = \frac{Q_{\text{к}} - Q_{\text{от}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{\frac{21}{2} \bar{V} R T_1 - 8 \bar{V} R T_1}{\frac{21}{2} \bar{V} R T_1} = \frac{\frac{5}{2} \bar{V} R T_1}{\frac{21}{2} \bar{V} R T_1} = \frac{5}{21} \approx 0,24$ или 24%

6) Молярная теплоемкость в пропорциональной зависимости p от объема V .

$$C = C_V + \frac{1}{2} R = \frac{5}{2} R + \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R = C_{31} \Rightarrow$$

процесс 31 — процесс пропорциональной зависимости ~~от~~ объема p от объема V

7) $V_1 = V_2$, и.е. процесс 12 — изохорный ($\frac{V_2}{V_1} = 1$)
 $p_1 V_1 = \bar{V} R T_1$, $p_2 V_2 = \bar{V} R T_2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$



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!

$$K = \left(\frac{2aT}{\sqrt{2}} - \frac{aT}{3(4+\sqrt{2})} - \frac{6aT - \sqrt{2}aT}{(4+\sqrt{2})\sqrt{2}} - \frac{aT(6-\sqrt{2})}{3\sqrt{2} - (4+\sqrt{2})} \right)$$

Ответ:

$$1) |q| = 4a \frac{T\sqrt{\epsilon_0}}{4+\sqrt{2}}$$
$$2) K = \frac{aT(6-\sqrt{2})}{12\sqrt{2}+6}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

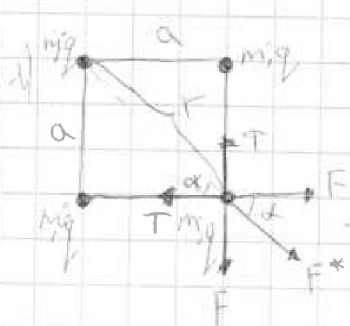
МФТИ

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

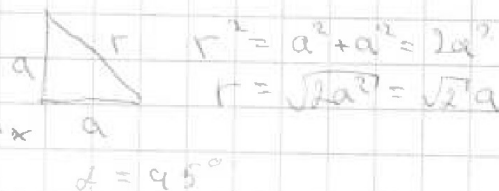


5. Дано

- 1) l_0 - ?
- 2) K - ?
- 3) d - ?



$$F = \frac{kq^2}{a^2} \quad F^* = \frac{kq^2}{r^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$



III. К все шарик неподвижен, то $\vec{a} = 0$

Рассм. один шарик:

$$2 \text{ ЗН: } F + F \cos 45^\circ + T = 0$$

$$T = F + F \cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}kq^2}{4a^2} = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4a^2} \Rightarrow$$

$$|q| = \frac{2a}{k(4 + \sqrt{2})} \sqrt{T} = \frac{2a}{k(4 + \sqrt{2})} \sqrt{\frac{T 4\pi\epsilon_0}{(4 + \sqrt{2})}} = 4a \sqrt{\frac{T \pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$$

Потенциальная энергия системы:

$$W_0 = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a}$$



ЗУ для систем:

$$y: 0 = 2m\psi - 2m\psi \Rightarrow C = 4$$

м.е. кинетическая энергия
всех шариков друг к другу равна

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

$$3 \text{ ЗН: } W_0 = W_k + 4K$$

$$4K = \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a} - \frac{kq^2}{3a}$$

$$K = \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a} - \frac{kq^2}{12a} = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right) =$$

$$K = \frac{4\pi\epsilon_0 a^2 T \pi \epsilon_0}{4\pi\epsilon_0 a (4 + \sqrt{2})} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right) = 4aT \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right)$$

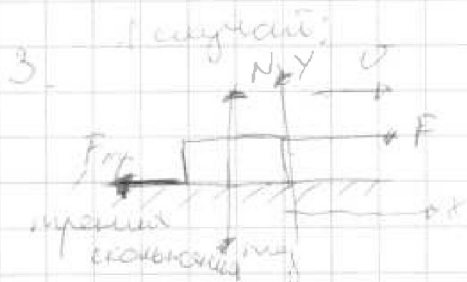
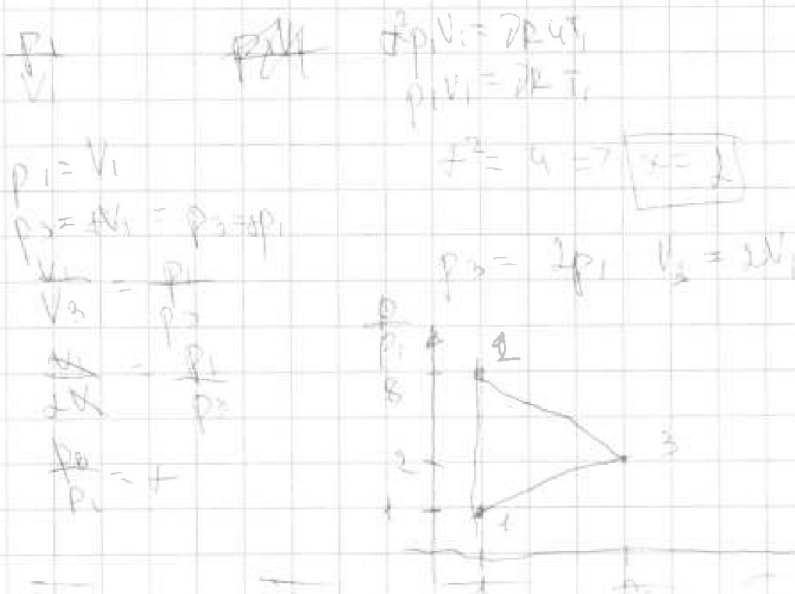
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

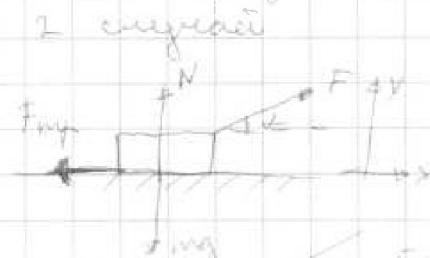
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$2 \text{ ЗН: } \mu N = mg - F_{tr} = \mu mg$
 $F L - \mu mg L = 2$



$2 \text{ ЗН: } N + F \sin \alpha = mg$
 $N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{tr} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$
 $\frac{\mu v^2}{2} = FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu F \sin \alpha L$

$FL - \mu mg L = FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu F \sin \alpha L$

$FL = FL \cos \alpha + \mu F \sin \alpha L$
 $1 = \cos \alpha + \mu \sin \alpha \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$\frac{\mu v^2}{2} = \mu mg S \Rightarrow S = \frac{v^2}{2g}$

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

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



$K = \mu mg S \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg}$

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!



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

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} \Rightarrow \boxed{v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}}}$$

2. а) леска невесомая:



$$2 \text{ шт. } x: N = mg \cos \alpha$$

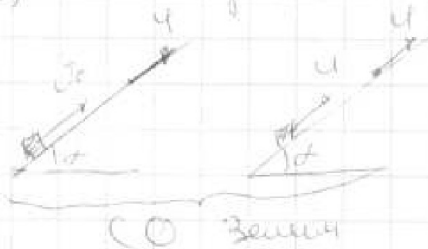
$$y: ma = F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$$

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

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

$$\boxed{S = v_0 T - \frac{aT^2}{2} = v_0 T - \frac{1}{2} g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}$$

б) леска разорвалась со скоростью $U = 1 \text{ м/с}$



CO Звонил

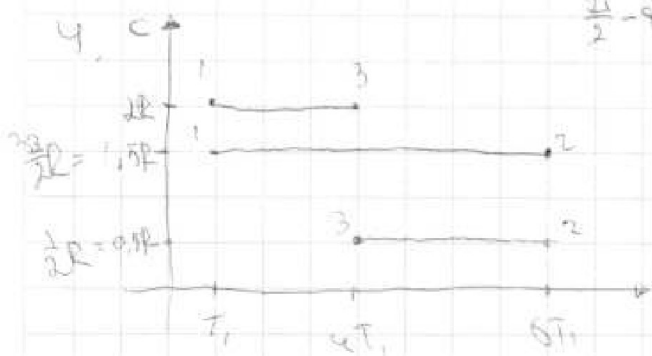


$$v_{0\text{н}} = v_0 - U$$

При переходе из одного ИСО в другое координаты сил не меняются $\Rightarrow$
 $\vec{a}$ тоже не меняется

$$0 = v_{0\text{н}} - aT_1 \Rightarrow \boxed{T_1 = \frac{v_{0\text{н}}}{a} = \frac{v_0 - U}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}$$

$$\frac{21}{2} - 9T_1^2 = \frac{21}{2} - \frac{16}{2} = \frac{5}{2} T_1 = T_1 \quad T_3 = 4T_1 \quad T_2 = 8T_1$$



$$Q_{12} = C_{12} \Delta T$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\frac{3}{2} R \Delta T (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + A_{12}$$

$$A_{12} = 0 \Rightarrow 1-2: V = U_{\text{ср}}$$

$$\boxed{\Delta_{\text{ср}} = -\Delta_{31} = \frac{3}{2} R T_1}$$

$$\frac{3}{2} R \Delta T (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} R \Delta T (T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$\frac{3}{2} R \Delta T (T_1 - 4T_1) = A_{31} = \frac{3}{2} R \Delta T \cdot (-3T_1) = -\frac{9}{2} R T_1$$

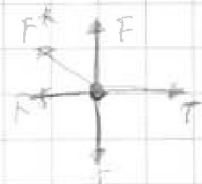
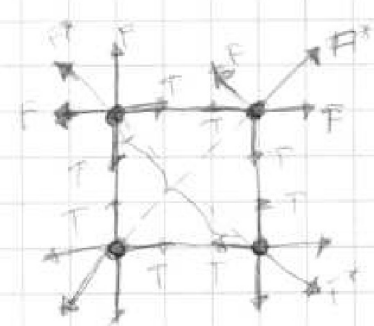
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$F^* = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F^* = \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$r^2 = a^2 + a^2$$

$$r^2 = 2a^2 \Rightarrow r = a\sqrt{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$$

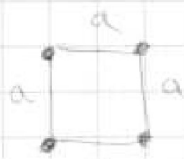
$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2 \sqrt{2}}{4a^2}$$

$$T = \frac{4kq^2 + kq^2 \sqrt{2}}{4a^2} = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4a^2}$$

$$4a^2 T = kq^2(4 + \sqrt{2})$$

$$|q| = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(4 + \sqrt{2})}} = \frac{2a}{\sqrt{k(4 + \sqrt{2})}}$$



$$W_0 = 4 \frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a}$$

$$0 = \Delta W_0 \Rightarrow \Delta W_0 = 0$$

$$W_2 = 3 \frac{kq^2}{a} + 2 \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} =$$

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

$$= \frac{12kq^2 + kq^2}{3a} = \frac{13kq^2}{3a}$$

$$\frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} = \frac{13kq^2}{3a} + 4K$$

$$\frac{4 \cdot 52kq^2 + 2kq^2}{52a} = \frac{13kq^2}{3a}$$

$$\frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} - \frac{kq^2}{a} - \frac{kq^2}{3a} = 4K$$

$$K = \frac{1}{4} \left(\frac{2kq^2}{2a} - \frac{kq^2}{3a} \right) = \frac{kq^2}{20a} - \frac{kq^2}{12a}$$

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 - no beg
23 - on beg
31 - on beg

$$Q_{12} = \frac{1}{2} R (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R (4T_1 - 8T_1) = \frac{1}{2} R (-4T_1) = -2RT_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} RT_1 (8T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 7T_1 \cdot 2R = \frac{21}{2} RT_1$$

$$Q_{31} = 2RT_1(T_1 - \frac{1}{2}T_1) = 2RT_1(\frac{1}{2}T_1 - T_1) = 2RT_1(-\frac{1}{2}T_1) = -RT_1$$

В процессе нагрева масса в процессе 12 $\Rightarrow Q_{12} = \frac{21}{2} RT_1$

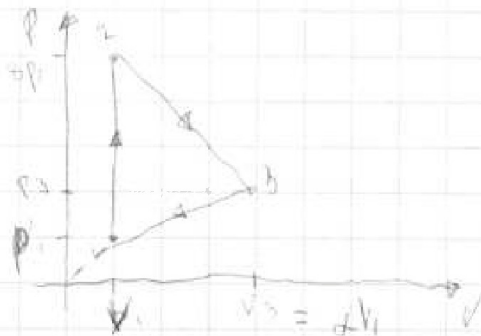
В процессе охлаждения масса в процессе 31 $\Rightarrow Q_{31} = -RT_1$

$$Q_{12} = 2RT_1 + 6RT_1 = 8RT_1$$

$$Q_{12} - Q_{31} = 2RT_1(\frac{1}{2} - 8) = \frac{1}{2} RT_1 = A_{12}$$

$$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{31}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} RT_1}{8RT_1} = \frac{1}{16}$$

$V_1 = V_2$, м.к. 1-2 - изохорный



$$P_1 V_1 = RT_1$$

$$P_2 V_1 = 2RT_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 2 \Rightarrow P_2 = 2P_1$$

$$P_3 V_3 = 2RT_1 = 4RT_1$$

$$Q_{23} = \frac{1}{2} R (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R (T_3 - T_2) : A_{23} > 0 (V \uparrow, T \uparrow)$$

$$A_{23} < 0 (V \downarrow, T \downarrow)$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \alpha h$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1)(V_3 - V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_3 - \frac{1}{2} P_1 V_1$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} P_1 (2V_1 - V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (2 - 1) = \frac{1}{2} RT_1 (2 - 1)$$

$$\frac{1}{2} RT_1 = \frac{1}{2} RT_1 (2 - 1) \quad 5 = 2(2 - 1)$$

$$C_{p+V} = \frac{1}{2} R + \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R$$



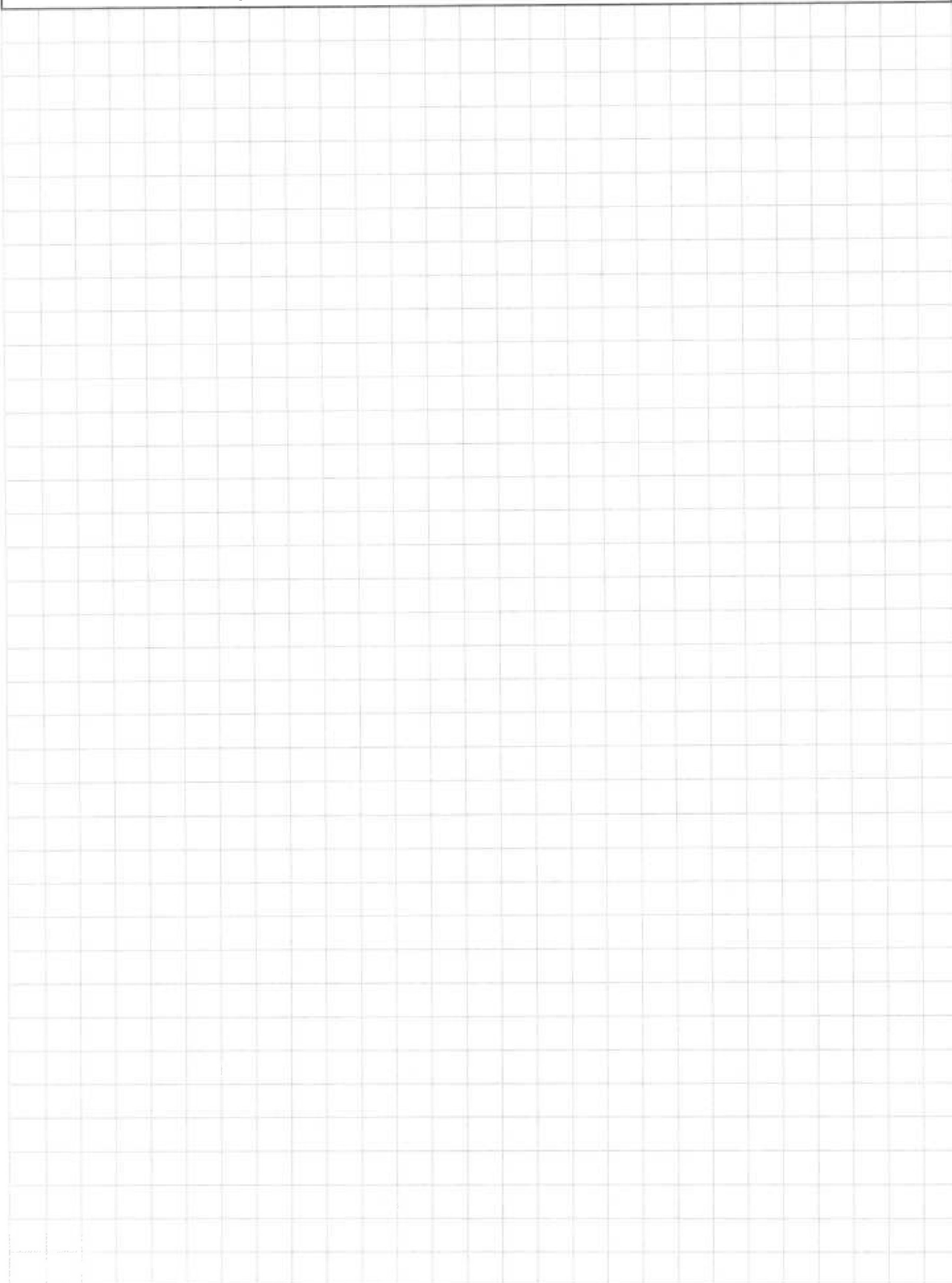
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$S = \frac{1}{2} v^2 \quad S = \frac{1}{2} L^2 = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \varphi}{g} = \frac{v_0^2 \cdot 2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{2g} = \frac{v_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \varphi}{2g}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m v_0^2 \cos^2 \varphi}{2} \quad \times 4,8$$

$$\begin{array}{r} 0,48 \overline{) 5} \\ 16,96 \\ \underline{-4} \\ 20 \\ \underline{-16} \\ 40 \\ \underline{-40} \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \varphi}{2} = g H$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \varphi}{2} = g H$$

$$\sin \varphi = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0}$$

$$v_0 = \frac{10^3 \cdot 10}{\sin 90} = \frac{2000}{1} = 2000 \text{ м/с}$$

$$\sin \varphi = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3,6}{10 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 36}}{10 \cdot \sqrt{2}} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8 \quad 2 \cdot 10 \cdot 0,48 = 0,48 \cdot 20 =$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{10} = \frac{2 \cdot 0,48}{10} = \frac{0,96}{5} = 0,192 \text{ м}$$

$$2. \quad S = v_0 T - \frac{1}{2} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2 = 6 - 1 - \frac{1}{2} \cdot 10 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) \cdot 1^2$$

$$= 6 - 5 (0,4 + 0,6) \cdot 1^2 = 6 - 5 = 1$$

$$T = \frac{6 - 1}{10 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{5}{10 \cdot 1} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с}$$

$$3. \quad A_{\text{max}} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 9,81 \cdot 200 = 3 \cdot 981 = 2943 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{5}{21} \approx 0,24 \text{ или } 24\% \quad \times 4,8$$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 21} \\ 10,5 \\ \underline{-10} \\ 10 \\ \underline{-10} \\ 0 \end{array}$$



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!

