



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



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

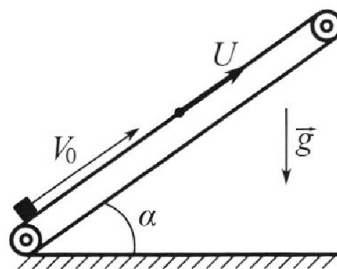
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

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

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

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



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

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

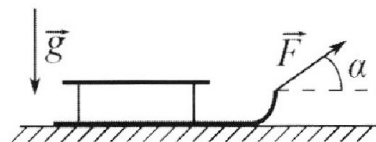
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



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

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

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



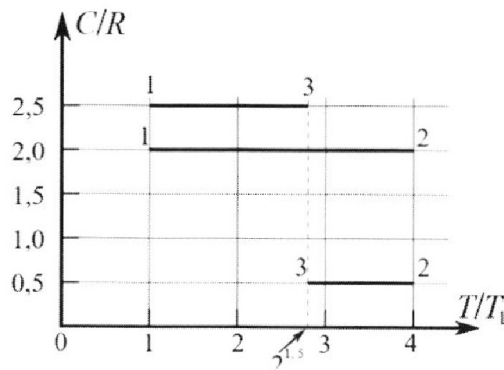
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



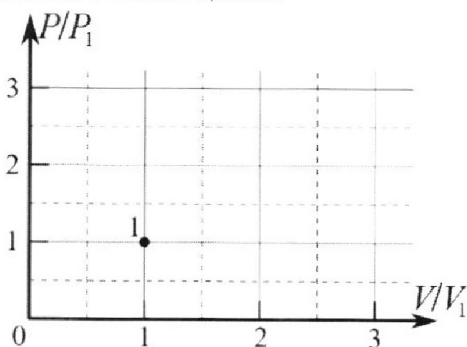
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



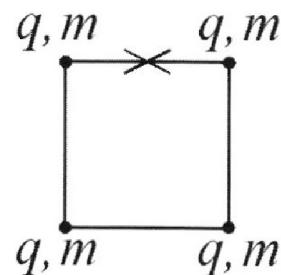
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

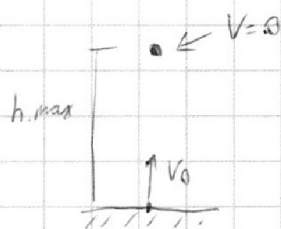
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



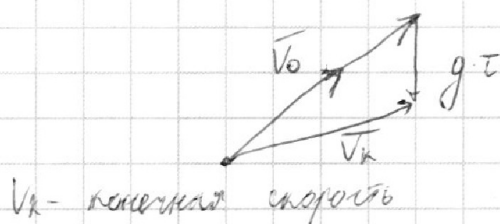
№1

На макс. высоте $V=0$

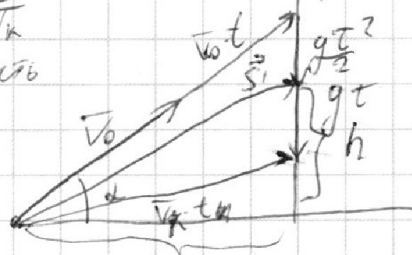
$$\Rightarrow V_0 - g \cdot T = 0$$

$$\Rightarrow V_0 = g \cdot T = 20 \text{ м/с}$$

Рассмотрим векторный треугольник скоростей:



Рассмотрим Δt перемещений;
наложенный на Δt скоростей:



α - угол м/у начальной
скоростью и горизонт.
 $\vec{S}_i$ - вектор перемещения

$$V_0^2 t^2 = S^2 + V_0^2 t^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Rightarrow V_0^2 t^2 (1 - \sin^2 \alpha) = S^2$$

$$\Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$h = V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} = V_0 \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= S \cdot \tan \alpha - \frac{g \cdot S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = S \cdot \left(\tan \alpha - \frac{g S}{V_0^2 \cos^2 \alpha} \right)$$

$h \Rightarrow \max$, при $h'(\alpha) = 0$

$$\tan' \alpha = \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow h'(\alpha) = S \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{g \cdot S \cdot 2 \sin \alpha}{V_0^2 \cos^3 \alpha} \right)$$

$$\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = 0 \cdot (\cos^2 \alpha)' + 1 \cdot 2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \Rightarrow$$

$$\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S}{V_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \left(1 - \frac{2g S}{V_0^2} \tan \alpha \right) \Rightarrow \tan \alpha = \frac{V_0^2}{2g S} = \frac{g \cdot 2^2}{2g S} = \frac{g \cdot 2^2}{2g S} = \frac{2}{S}$$

$$\Rightarrow \alpha = 45^\circ \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$h = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S \cdot g \cdot 2^2}{2g S} - \frac{g \cdot S^2 \cdot 2}{V_0^2} = \frac{g \cdot 2^2}{2} - \frac{2g S^2}{V_0^2} = 0$$



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!

~~Решение~~
Ответ: $v_0 = 20 \text{ м/с}$, $h = 0$

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

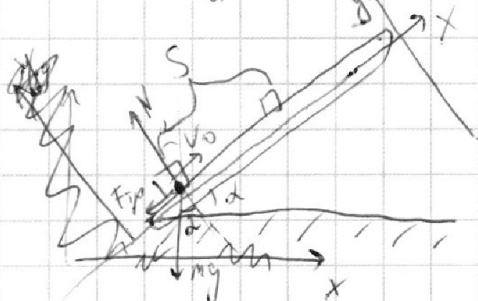
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\sqrt{2}$

$$\sin \alpha = 0.8$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0.6$$



Запишем II-й закон Ньютона на ось x-y:

$$\text{по } y: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$\text{по } x: ma = mg \cdot \sin \alpha - \mu N = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$= -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = -mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

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

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

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

$$\frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} T^2 - v_0 T + S = 0$$

$$T = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$D = v_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) < 0$$

$\Rightarrow$ коробка уже поехала обратно

Развернется коробка в момент t_1 с начальной скоростью

$$v_1 = a_1 t_1 + v_0 = 0$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{-v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

Расстояние до остановки:

$$S' = v_0 t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0.34 \text{ м}$$

После остановки по II-му закону Ньютона:

$$a_2 = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

(сила трения направлена)

t_2 - время от остановки до продолжения пути S.

$$S - S' = -\frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{2(S - S')}{-a_2} = t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S - \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)})}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = \sqrt{\frac{0.24 \cdot 2}{6/2}} = \sqrt{\frac{0.4}{6}} =$$

$$= 2 \sqrt{\frac{1}{60}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(\frac{1}{\sqrt{15}} + 0.4 \right) \text{ с}$$



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!

Во втором этапе сила трения ~~не такая же~~ как и в первом, но ~~меняет~~ ^{меняет} направление ~~и~~ в другие промежуток времени ~~возрастает~~ ^{возрастает} ~~и~~ когда ~~уменьшается~~ ^{уменьшается}.

До $V = 2 \text{ м/с}$, $a = a_1$

$\Rightarrow U = V_0 + a_1 \cdot \tau_3$ где τ_3 - время с начала II этапа, когда $V = U$

$\Rightarrow \tau_3 = \frac{(V_0 - U)}{-a_1} = \frac{(V_0 - U)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$L = V_0 \cdot \tau_3 + \frac{a_1 \tau_3^2}{2} = \frac{V_0(V_0 - U)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{(V_0 - U)^2}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot 2} = (V_0 - \frac{V_0 - U}{2}) \frac{(V_0 - U)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$
 $= \frac{3 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0.6 \text{ м}$

Далее $a = a_2$. $\Rightarrow L_4$ (расстояние от точки, где $V = U$ до остановки)

$a \cdot \tau_4 = U$

$\Rightarrow \tau_4 = \frac{U}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \Rightarrow L_4 = \frac{U^2}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} - \frac{U^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{U^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$

$\Rightarrow L_{\text{всего}} = L + L_4 = 0.6 + \frac{4}{3} = \frac{22}{30} = \frac{11}{15} \text{ м}$

↑
максимальное расстояние от точки начала

$\Rightarrow H = L_{\text{всего}} \cdot \sin \alpha = \frac{11}{15} \cdot \frac{8}{10} = \frac{112}{150} = \frac{56}{75} \text{ м}$

Ответ: $T = (\frac{1}{5} + 0.4) \text{ с}$; $L = 0.6 \text{ м}$; $H = \frac{56}{75} \text{ м}$

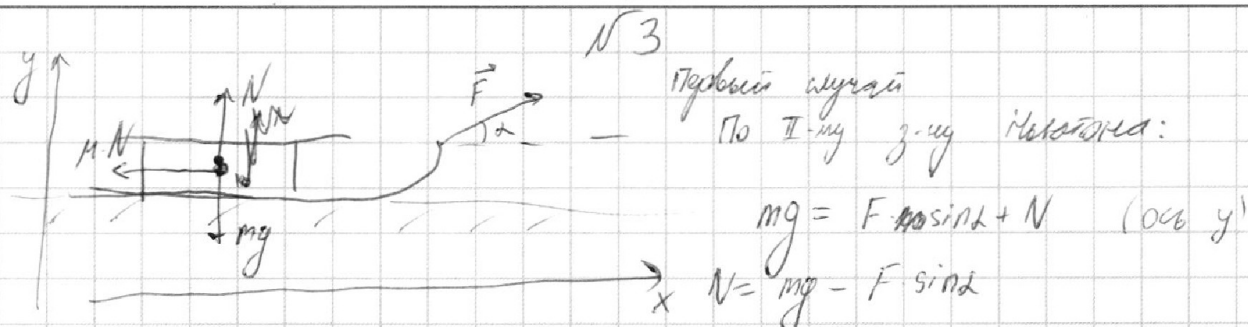
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$mg = F \sin \alpha + N \quad (\text{ось } y)$$

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

ось x: $m \cdot a_1 = F \cos \alpha - \mu \cdot N = \mu (mg - F \sin \alpha) + F \cos \alpha$

$$\Rightarrow a_1 = -\mu g + \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

По II-му з-у Ньютона:

(ось y) $N = mg$; $m a_2 = F - \mu N = F - \mu mg$ (ось x)

$$\Rightarrow a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$$

Т.к. они разогнались до той скорости за одинаковое время, то $a_1 = a_2$

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$$

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

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

После прекращения действия силы, запишем II-й з-н Ньютона.

$$m a = -\mu N = -\mu mg \quad (\text{ось } x)$$

$$\Rightarrow a = -\mu g$$

$$\Rightarrow V_0 - \mu g T = 0$$

$$\Rightarrow T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \cdot g}$$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; $T = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \cdot g}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

МФТИ

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



№4

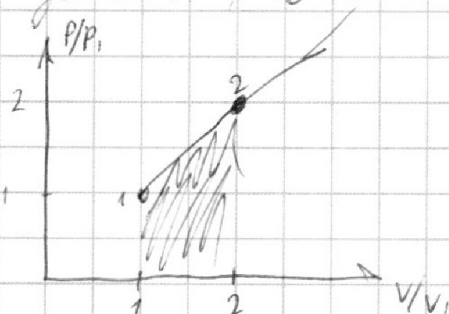
Заметим, что Процесс 3-1- изобарный ($C_p = R \cdot \frac{5}{2}$)

Процесс 1-2 - тоже прямой,

которая в координатах $(\frac{P}{P_1}; \frac{V}{V_1})$ будет наклонной прямой

где $\frac{P}{V} = \text{const}$ Нарисуем такой график

и докажем, что $C = 2$ (для $i = 3$)



$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A, \quad A = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Rightarrow C = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} = 2 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Также можно заметить, что $T \sim P V^{\frac{1}{2}}$, $P \sim V \Rightarrow T \sim P^2 \sim V^2$
 увеличилось в 4 раза, то P и V - в 2 раза

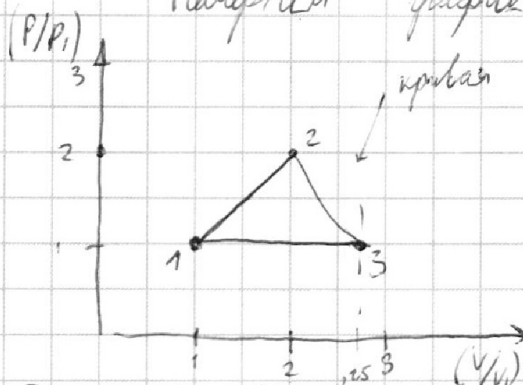
$$\Rightarrow P_2 = 2P_1, \quad V_2 = 2V_1$$

$$A_{12} = \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot (V_1 - V_2) = \frac{3P_1}{2} \cdot V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 400 \cdot 8.31 =$$

$$= 6 \cdot 831 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

$$\begin{matrix} \times 831 \\ 4986 \end{matrix}$$

Нарисуем график в координатах $(\frac{P}{P_1}; \frac{V}{V_1})$



Процесс 2-3 имеет температуру постоянную и $\gamma > 0 \Rightarrow$ этот процесс "круче" отдавать энергии тепло на нем уходит.

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A}{\frac{3}{2} \nu R T_1 + 3 \cdot \nu R T_1} = \frac{1.82}{4.5} \approx 0.4$$

$$\Rightarrow \eta \approx \frac{1.82 \cdot P_1 \cdot V_1}{A_{12} + Q_{12}} = \frac{1.82 \cdot \nu R T_1}{\frac{3}{2} \nu R T_1 + 3 \cdot \nu R T_1} = \frac{1.82}{4.5} \approx 0.4$$

Ответ: $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$; $\eta \approx 0.4$; см. рисунок

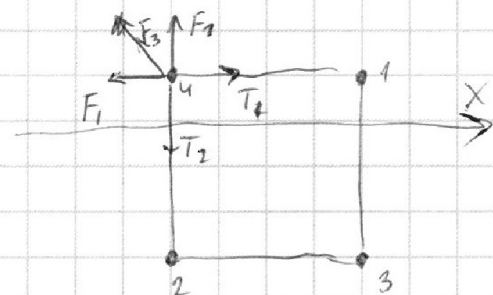
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$\sqrt{5}$

$T_1 = T_2$ из симметрии
 $F_1 = F_2$ из симметрии (силы направлены к 4 шару)
 T_1 — сила натяжения между 4 и 1 шаром
 T_2 — между 4 и 2

На ось x для шарика 4

$$F_1 + F_3 \cdot \cos 45^\circ = T_1$$

$$k \cdot \frac{q^2}{b^2} + k \cdot \frac{q^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = T_1$$

$$T = k \cdot \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = k \cdot \frac{q^2}{b^2} \cdot \frac{(4 + \sqrt{2})}{4}$$

2)

взят шарик (в начальном моменте разрыва)

$$\varphi_4 = k \cdot \frac{q_1}{b} + k \cdot \frac{q_2}{b} + k \cdot \frac{q_3}{b \cdot \sqrt{2}} =$$

$$= k \cdot \frac{q}{b} \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = k \cdot \frac{q}{b} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{2}\right)$$

конечный потенциал

$$\varphi_{\text{кон}} = k \cdot \frac{q}{b} + k \cdot \frac{q}{2b} + k \cdot \frac{q}{3b} =$$

$$= k \cdot \frac{q}{b} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) =$$

$$= k \cdot \frac{q}{b} \left(\frac{11}{6}\right)$$

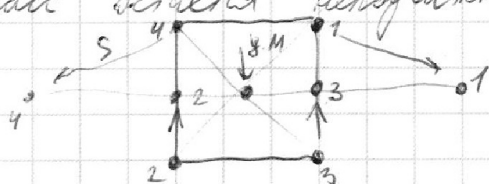
$$A_{\text{эл}} = E_{\text{кин}}$$

$$q \cdot (\varphi_4 - \varphi_{\text{кон}}) = \frac{mV^2}{2}$$

$$k \cdot \frac{q^2}{b} \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6}\right) = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V^2 = k \cdot \frac{q^2}{mb} \left(\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot 2 =$$

$$V = \sqrt{k \cdot \frac{q^2}{mb} \cdot \left(\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)} = q \cdot \sqrt{\frac{k}{mb} \cdot \left(\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)}$$

на систему не действует внешняя сила $\Rightarrow$ центр масс остается неподвижным.



Ответ: $d = \sqrt{\left(\frac{b^2}{2} + b^2\right)} = \frac{b}{2} \cdot \sqrt{5}$

Ответ: $T = k \cdot \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$, $V = q \cdot \sqrt{\frac{k}{mb} \cdot \left(\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)}$



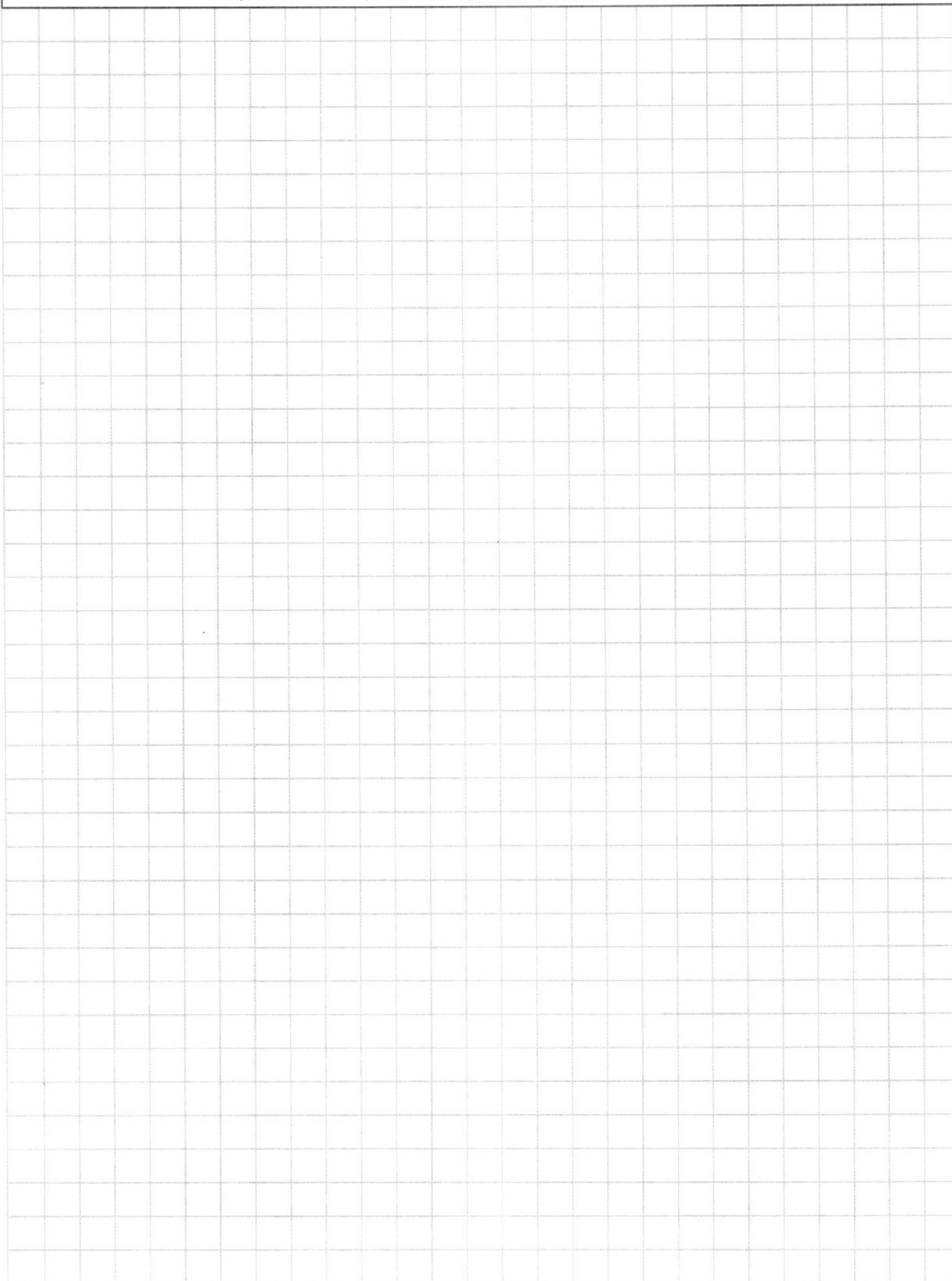
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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





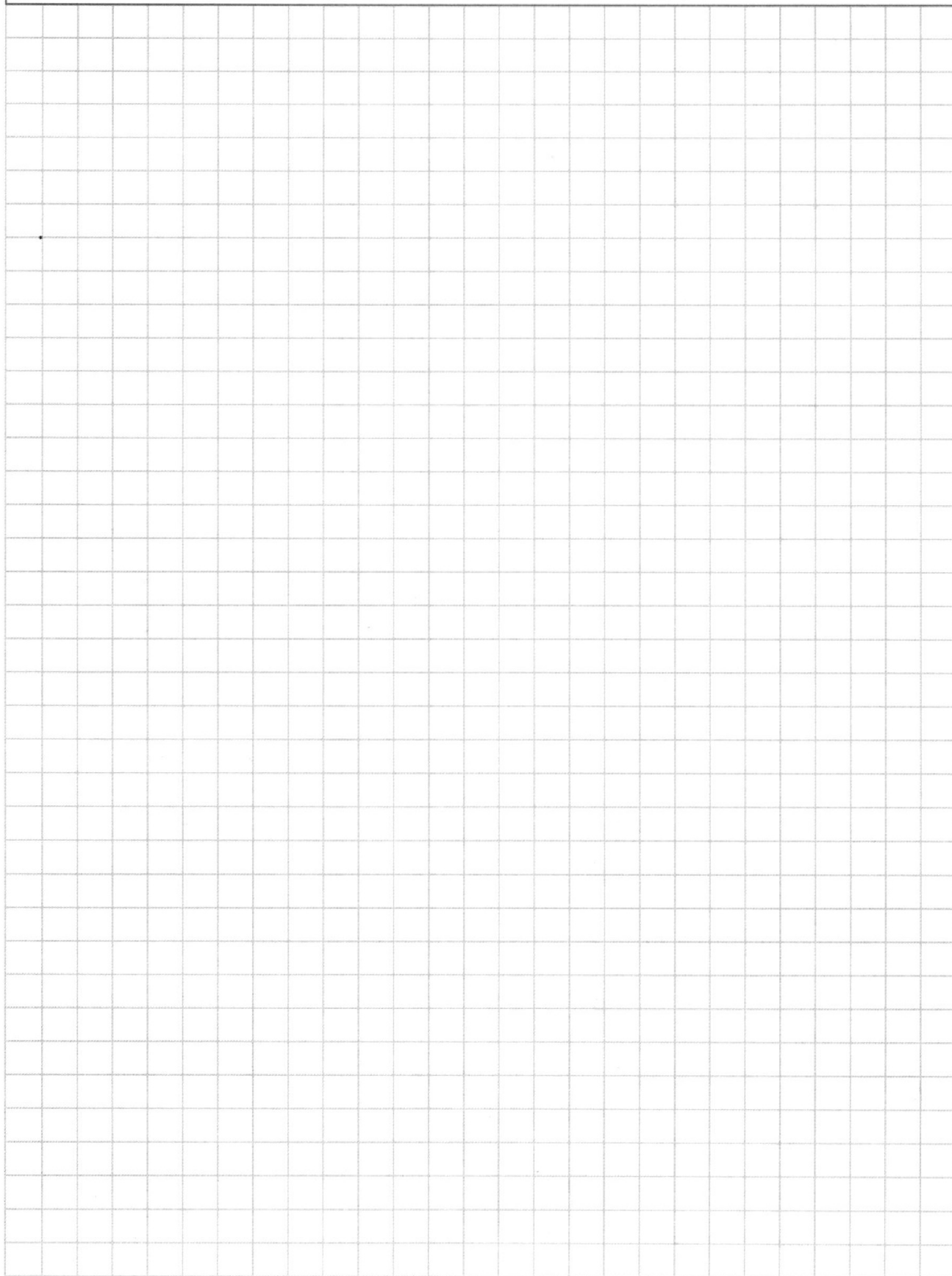
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





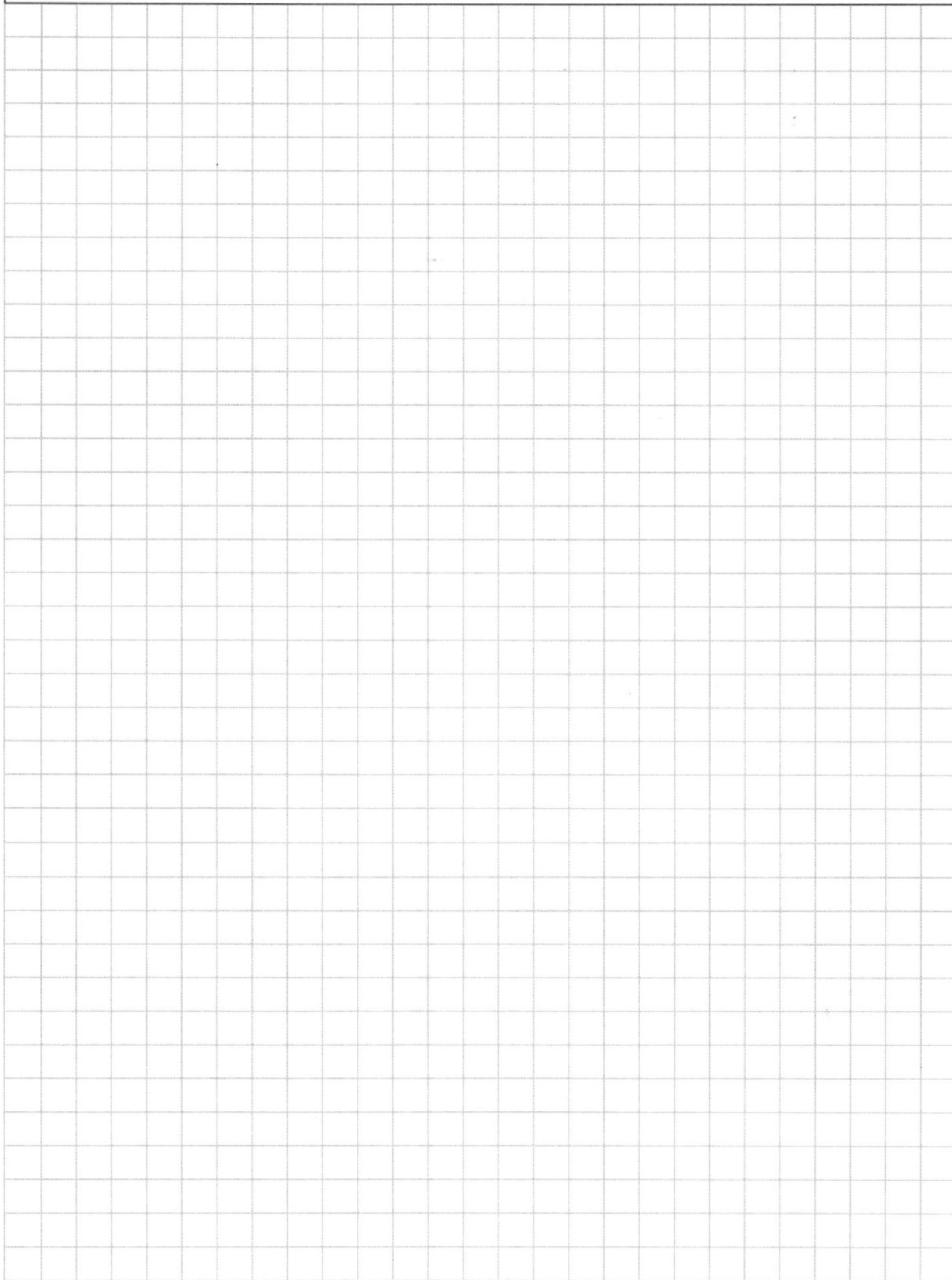
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



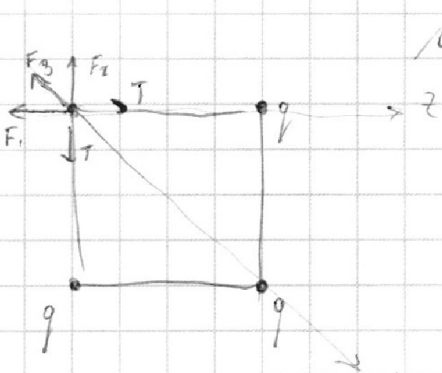
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$T = k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{2b^2} \cos 45^\circ = k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

$$= k \frac{q^2}{b^2} \cdot \frac{(4 + \sqrt{2})}{4}$$

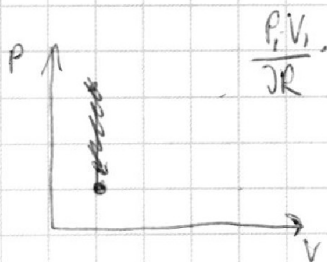
$$V_0 \cos \alpha \cdot t = S$$

$$V_0 \sin \alpha = 2g$$

$$\Rightarrow S = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

$$L = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + b^2} = b \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = \frac{b}{2} \sqrt{5}$$

$$2V_2 = 2V_1 = V_3$$



$$\frac{3}{2}R \quad C_v = \frac{5}{2}R$$

$$C_v + R = C_p$$

$$18,2 \quad 145$$

$$18,2 \quad 145$$

$$92,00 \quad 5,404$$

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

$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{M}{M^2} \cdot M^3 = M \cdot R \cdot T$$

$$\frac{dT}{dT} = 1$$

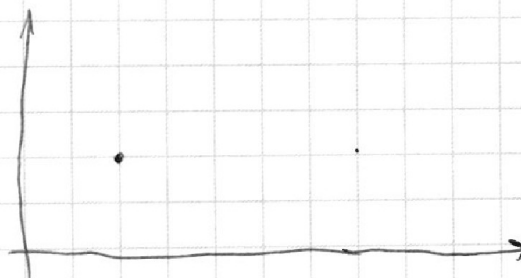
$$P(V^\gamma) + V^\gamma P'$$

$$P \cdot \gamma V^{\gamma-1} dV + V^\gamma P' = 0$$

$$P \cdot dV = -\gamma V dP$$

$$\frac{dV}{dP} = -\frac{V}{\gamma} \quad \frac{dP}{dV} = -\frac{\gamma}{V}$$

$$\frac{1,41}{3,82}$$





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!

