



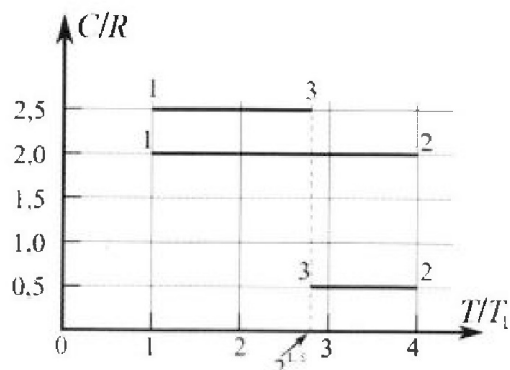
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



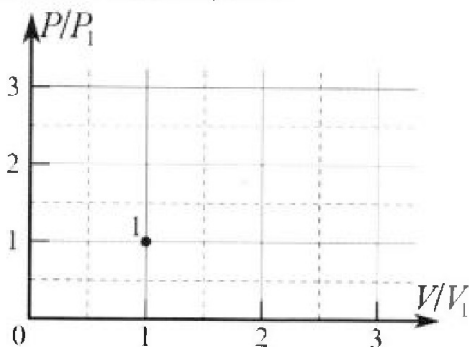
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



1) Найдите работу A_2 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.



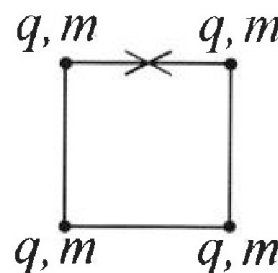
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 как ом 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.



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.

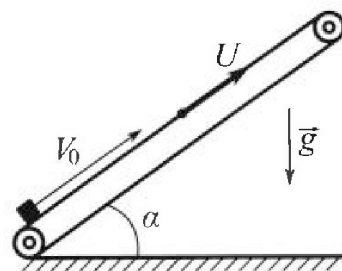
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

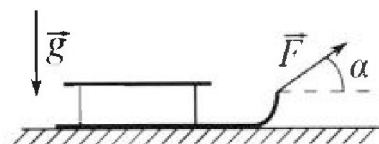
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.



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!

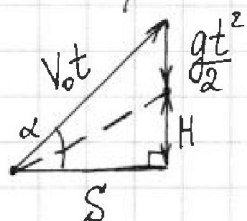
Задача 1.

Решение:

1) На максимальной высоте скорость мяча равна нулю,
 $\Rightarrow 0 = V_0 - gT$, откуда $V_0 = gT = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2) Пусть мяч был выпущен под некоторым углом α к горизонту, время полета мяча до удара об стенку равно t .

Построим "треугольник перемещений":



Из него видно, что независимо от угла α величины V_0 , t , g , H и S связаны следующим образом:

$$(V_0 t)^2 = \left(\frac{gt^2}{2} + H\right)^2 + S^2 \quad (\text{т. Пифагора}),$$

$$\text{откуда } H(t) = \sqrt{V_0^2 t^2 - S^2} - \frac{gt^2}{2}.$$

$$H(t) = H_{\max} \text{ при } H'_t = 0:$$

$$0 = \frac{1}{2\sqrt{V_0^2 t^2 - S^2}} \cdot 2V_0^2 t - gt$$

$$\text{Из уравн. высоты где } t \neq 0, \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{V_0^2 t^2 - S^2}} \cdot V_0^2 = g, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_0^4}{g^2} = V_0^2 t^2 - S^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2} + \frac{S^2}{V_0^2}} = t_0$$

$$H_{\max} = H(t_0) = \sqrt{V_0^2 \cdot \frac{V_0^2}{g^2} + V_0^2 \cdot \frac{S^2}{V_0^2}} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g^2} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2} =$$

$$= \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2}$$

$$H_{\max} = \frac{20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{400}{20} \text{ м} - \frac{10}{2} \text{ м} = 15 \text{ м}.$$

У функции $H(t)$ существует только максимум (минимум нет), поэтому $H(t_0)$ - именно искомая максимальная высота.

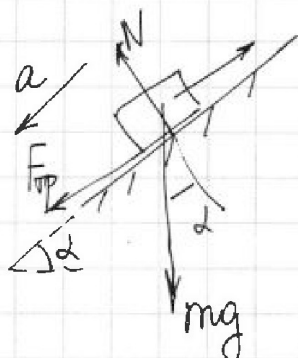
Ответ: $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $H_{\max} = 15 \text{ м}$.

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!

Задача 2.

Решение:



В первом опыте коробка будет двигаться с ускорением $a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$, направленном против скорости коробки.

($F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$, m - масса коробки)

Уравнение кинематики:

$$S = V_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2}$$

$$\left(\sin \alpha = 0,8 = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}; \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5} \right) = 0,6$$

$$\sin \alpha + \mu \cos \alpha = 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 = 0,8 + 0,2 = 1, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = V_0 T - \frac{g T^2}{2};$$

$$-\frac{g}{2} \cdot T^2 + V_0 \cdot T - S = 0;$$

$$g \cdot T^2 - 2V_0 \cdot T + 2S = 0;$$

$$T = \frac{2V_0 \pm \sqrt{4V_0^2 - 4g \cdot 2S}}{2g} = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS}}{g}$$

Получаем два значения времени: $T_1 = \frac{V_0}{g} - \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2\frac{S}{g}}$ и $T_2 = \frac{V_0}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2\frac{S}{g}}$. Однако правильное значение - T_1 , т.к. $T_1 < T_2$, $\Rightarrow T_2$ соответствует моменту движения коробки вниз, однако там будет уже другое ускорение (сила трения направлена



1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

ние), что не соответствует действительности

Путь до полки остановки "наверху" равен

$$S_{\text{ост}} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{16}{20} \text{ м} < 1 \text{ м} = S, \Rightarrow$$

$\Rightarrow T_1$ — верное искоемое время. $\Rightarrow T_1$ — верно.

$$T = T_1 = \frac{V_0}{g} - \sqrt{\left(\frac{V_0}{g}\right)^2 - 2 \frac{S}{g}} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \sqrt{\left(\frac{4}{10} \text{ с}\right)^2 - 2 \cdot \frac{1 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}$$

т.е. коробка пройдет $\frac{16}{20} \text{ м} = 0,8 \text{ м}$ до полки
остановки "наверху" и ещё $0,2 \text{ м}$ пройдет, съезжая
вниз. ($g \sin \alpha > \mu g \cos \alpha$, $\Rightarrow$ коробка поедет вниз с
ускорением $a' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = g(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = g(0,8 - 0,2) =$
 $= 0,6g$)

Время, за которое коробка опустится на $0,2 \text{ м}$
равно t ;

$$S - S_{\text{ост}} = \frac{0,6g \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(S - S_{\text{ост}})}{0,6g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{0,6 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{6}} \text{ с} = \sqrt{\frac{2}{30}} \text{ с} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

Время, за которое коробка достигнет до полки
остановки: $t_{\text{ост}} = \frac{V_0}{g} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ с}$

Общее время: $T = t_{\text{ост}} + t = (0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}}) \text{ с}.$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

2) П.к. $V_0 > u$, то ускорение коробки будет направлено против её движения и равно $g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = g$.

По ЗСЭ:

~~В системе отсчёта транспорта~~

Перемещение коробки будет складываться из перемещения ~~из~~ лент транспорта l_1 и перемещения коробки относительно транспорта l_2 ;

$$l_1 = ut; \quad l_2 = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = (V_0 - u)t - \frac{gt^2}{2};$$

$$u = V_0 - gt \Rightarrow t = \frac{V_0 - u}{g} \Rightarrow l_2 = \frac{(V_0 - u)^2}{2g},$$

$$l_1 = \frac{u(V_0 - u)}{g}, \Rightarrow L = \frac{u(V_0 - u)}{g} + \frac{(V_0 - u)^2}{2g} = \frac{V_0 - u}{g} \left(u + \frac{V_0 - u}{2} \right) =$$

$$= \frac{V_0 - u}{g} \cdot \frac{u + V_0}{2} = \frac{V_0^2 - u^2}{2g} = \frac{(16 - 4) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{12}{20} \text{ м} = 0,6 \text{ м}.$$

3) По ЗСЭ:

$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \mu mg \cos \alpha \cdot l$, где l — расстояние путь смещения коробки относительно ленты транспорта за время движения

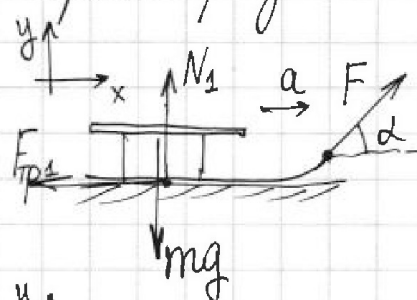
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

Задача 3.

Решение:

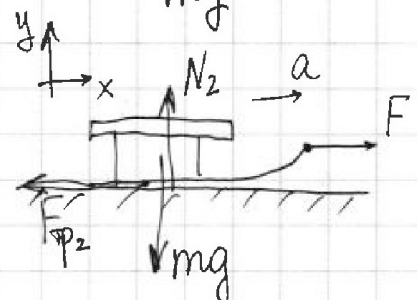
1) В обоих случаях санки движутся с ~~одн~~ одинаковым постоянным ускорением $a = \frac{V_0}{\tau}$, где τ - время разгона санок до V_0 .



В первом случае II з-к Ньютона по осям даёт:

$$\text{по } x: F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma;$$

$$\text{по } y: F \sin \alpha + N_1 - mg = 0;$$



Во втором случае II з-к Ньютона по осям даёт:

$$\text{по } x: F - F_{\text{тр}2} = ma;$$

$$\text{по } y: N_2 - mg = 0;$$

В обоих случаях m - масса санок; а силы трения равны силам трения скольжения, т.е. $F_{\text{тр}1} = \mu N_1$, $F_{\text{тр}2} = \mu N_2$. Отсюда:

$$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg;$$

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

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

2) После прекращения действия сил санки будут тормозиться с постоянным ускорением $-\mu g$. Из кинематики $0 = V_0 - \mu g \cdot T \Rightarrow T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}.$

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

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!

Задача 4.

Решение:

Сначала поймём, как давление зависит от ~~объёма~~ ~~объёма~~ в процессах $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 1$.

В процессе $1 \rightarrow 2$: $C = 2R = \text{const}$, $\Rightarrow$ это изохора
($PV^n = \text{const}$) C $n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{-\frac{1}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1$, $\Rightarrow$
 $\Rightarrow PV^{-1} = \text{const}$, т.е. $P = \alpha V$, где α - некоторый коэффициент.

В процессе $2 \rightarrow 3$: $C = \frac{1}{2}R = \text{const}$, $\Rightarrow$ это изохора с
 $n = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-1R} = 2$, $\Rightarrow PV^2 = \text{const}$.

В процессе $3 \rightarrow 1$: $C = \frac{5}{2}R = C_p$, $\Rightarrow P = \text{const}$.

1) Работа A_{12} газа в процессе $1 \rightarrow 2$ есть $A_{12} = \int P(V) dV$ ~~##~~

~~##~~ Для молекулы составление газа верно $PV^{\frac{1}{2}} = \nu RT$,
где $V = 1$ моль, т.е. $\alpha V^2 = \nu RT$, $\Rightarrow 2\alpha V dV = \nu R dT$,
т.е. $2P(V) dV = \nu R dT$, $\Rightarrow P(V) dV = \frac{1}{2} \nu R dT$, $\Rightarrow A_{12} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{2} \nu R dT =$
 $= \frac{1}{2} \nu R \cdot \int dT = \frac{1}{2} \nu R \cdot (T_2 - T_1)$, где T_2 - температура в
состоянии 2, $T_2 = 4T_1$ (из графика), $\Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} \nu R \cdot 3T_1 =$
 $= \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = 8,31 \cdot 600 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$.

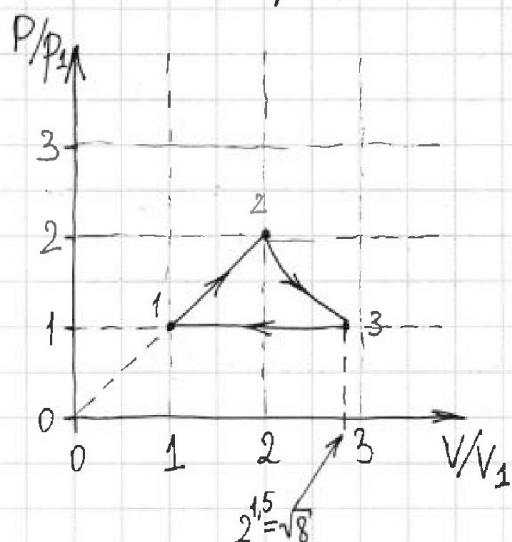
$T_2 = 4T_1$, $\Rightarrow V_2 = 2V_1$; $P_2 = 2P_1$ - объём и давление газа
в состоянии 2.

П.к. в $1 \rightarrow 3$ $P = \text{const}$, то $P_3 = P_1$, ~~##~~ $T_3 = 2^{1,5} T_1 = \sqrt{8} T_1$, $\Rightarrow$
 $\Rightarrow V_3 = \sqrt{8} V_1$

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!

3) Имея данные о состоянии газа в 1, 2 и 3, построим график $P/P_1 (V/V_1)$:



2) Из графика становится видно, что газ получает тепло на участках $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$.

Найдем работу газа A_{23} на участке $2 \rightarrow 3$:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23};$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} =$$

$$= \frac{1}{2} R \nu (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} R \nu (T_3 - T_2) =$$

$$= -R \nu (T_3 - T_2) = \nu R (T_2 - T_3) = \nu R (4T_1 - \sqrt{8}T_1) = (4 - \sqrt{8}) \nu R T_1 =$$

$$= 2(2 - \sqrt{2}) \nu R T_1.$$

Видно, что $Q_{23} = \frac{1}{2} R \nu (T_3 - T_2) < 0$, $\Rightarrow$ можно сделать вывод, что газ получает тепло только на участке $1 \rightarrow 2$, $Q_{12} = 2 \nu R (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1$

Найдем работу над газом в процессе $3 \rightarrow 1$:

$$A_{31} = P_1 \cdot (V_3 - V_1) = P_1 \cdot (\sqrt{8} - 1) V_1 = (\sqrt{8} - 1) \nu R T_1$$

$$\text{КПД цикла равен } \eta = \frac{\frac{1}{2} \nu R \cdot 3T_1 + 2(2 - \sqrt{2}) \nu R T_1 - (\sqrt{8} - 1) \nu R T_1}{\frac{3}{2} + 2(2 - \sqrt{2}) - \sqrt{8} + 1} = \frac{3 + 4(2 - \sqrt{2}) - 2\sqrt{8} + 2}{4} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{4}$$

* Ответ: $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$; $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{4}$; см. график.

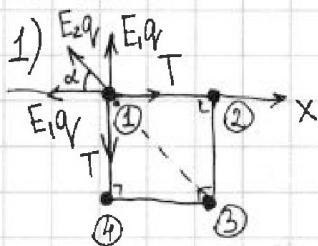
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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



Задача 5.

Решение:



Траектории шариков, как показано на рисунке.

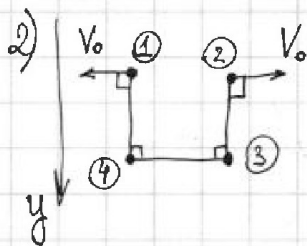
В силу симметрии все силы натяжения всех нитей будут равны T .

II закон Ньютона для шарика ① по

оси x : $0 = T - E_1q - E_2q \cos \alpha$, где E_1 и E_2 — напряженности полей, создаваемых остальными шариками ② и ④ и ③ соответственно. Угол $\alpha = 45^\circ$, т.к. фигура — квадрат.

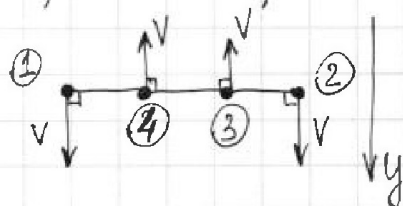
$$\text{Отсюда } T = E_1q + E_2q \cos \alpha = k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{(\sqrt{2}b)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

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



В момент перерезания нити сила натяжения мгновенно обращается в нуль, при этом по оси y нет (см. рис.) в начальный момент силы остаются скомпенсированными, а

по оси x , например, на шарик ① начинают действовать нескомпенсированные силы, поэтому шарик ① и ② начнут движение по оси x . Отсюда можно заключить, что общий начальный импульс системы будет равен 0 (по оси y). Все силы между зарядами в процессе их движения являются внутренними, поэтому по оси y импульс всей системы шариков сохраняется.



В силу симметрии движения в момент, когда шарик вогнуто в прямую, скорости

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!

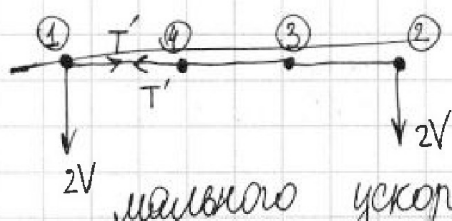
шариков ① и ②, ③ и ④ (попарно) должны быть одинаковыми.

В силу нерастяжимости нитей скорости каждого шарика в этот момент должны быть направлены перпендикулярно нитям.

Из закона сохранения импульса по оси y и из всего вышесказанного можно заключить, что скорости всех шариков равны между собой и направлены так, как показано на рисунке выше.

В силу закона сохранения энергии в системе отсчёта, связанную с шариками ③ и ④, тогда в этой С.О. шарики ① и ② движутся по окружностям радиуса b вокруг шариков ③ и ④ соответственно.

В момент, когда шарики будут на одной прямой, скорость шарика ①, например, будет равна $2V$, тогда:



Скорости шариков v_0 до перерезания нити должны быть равны нулю, т.к. сила по y скампенсирована и нет кор-

мального ускорения.

В силу ЗСЭ: $W_{\text{взго}} = W_{\text{взносе}} + 4 \frac{mV^2}{2}$

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

$W_{\text{взносе}} = k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b} + k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{b} =$

$= k \frac{q^2}{b} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 + 1 + \frac{1}{2}\right) = k \frac{q^2}{b} \cdot \frac{13}{3} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{W_{\text{взго}} - W_{\text{взносе}}}{2m}} =$

$= \sqrt{\frac{(4 + \sqrt{2}) - 13/3}{2m} k \frac{q^2}{b}}$

Ответ: $T = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) k \frac{q^2}{b^2}$; $V = \sqrt{\frac{(4 + \sqrt{2}) - 13/3}{2m} k \frac{q^2}{b}}$



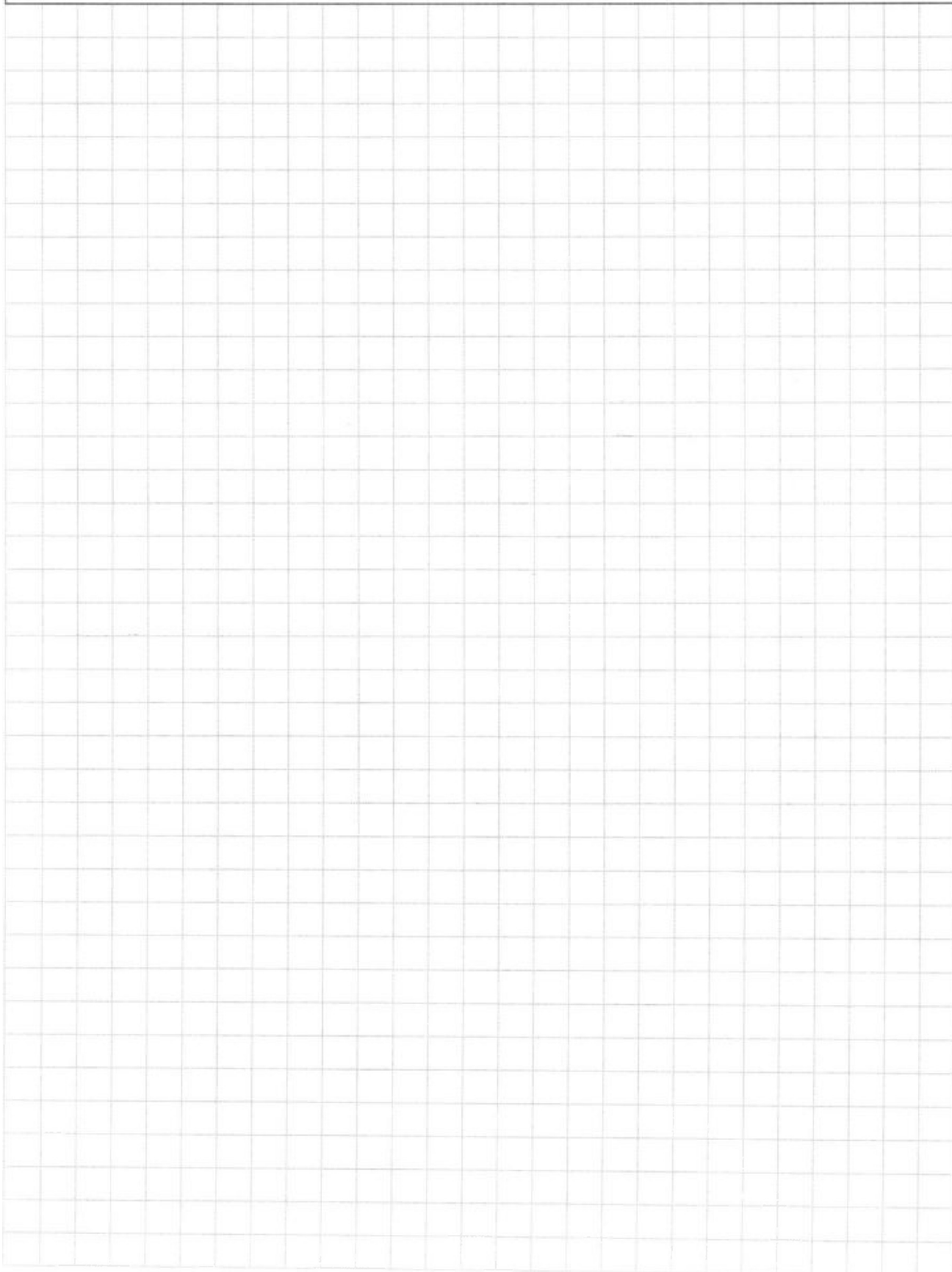
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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





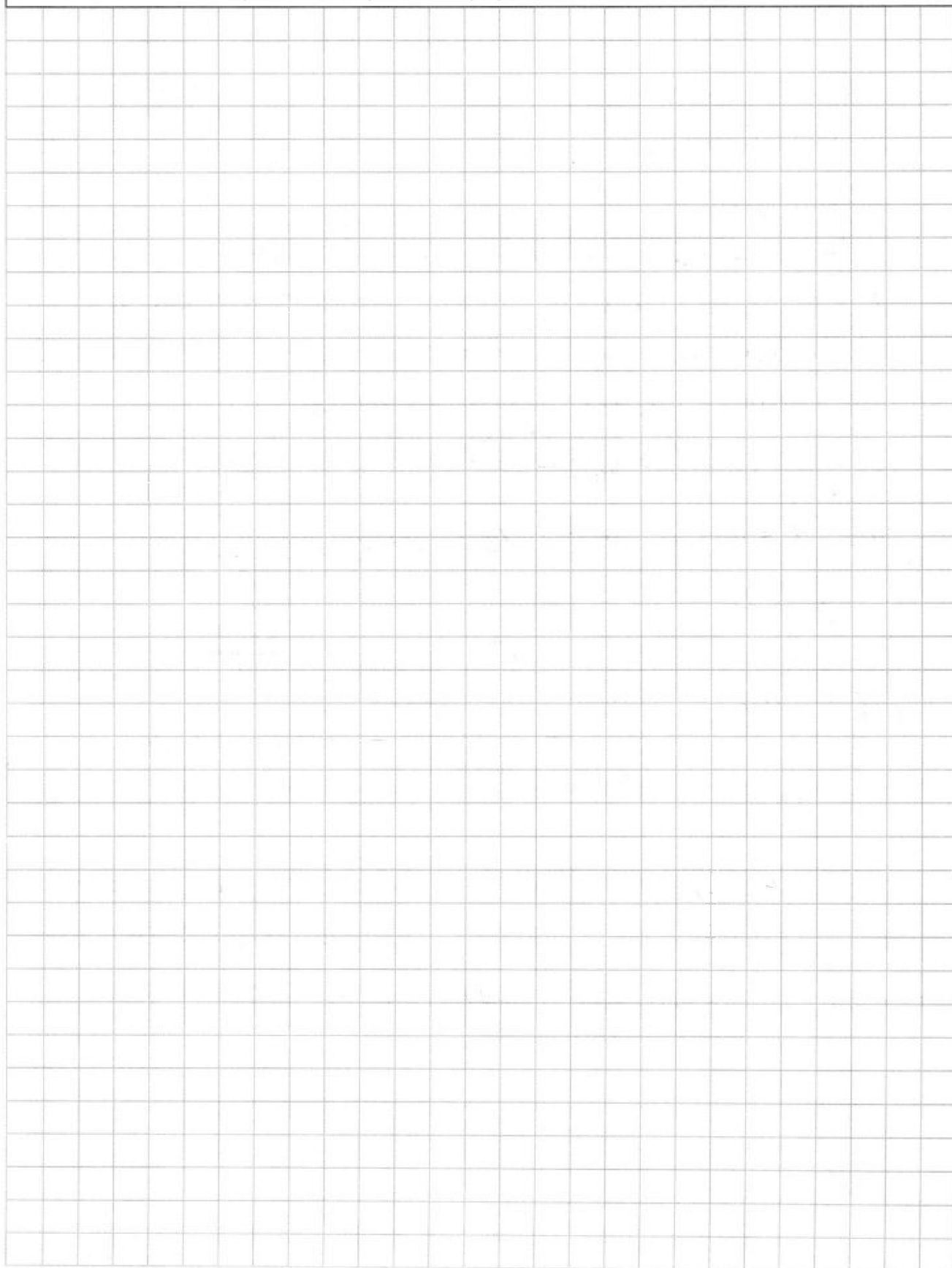
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!





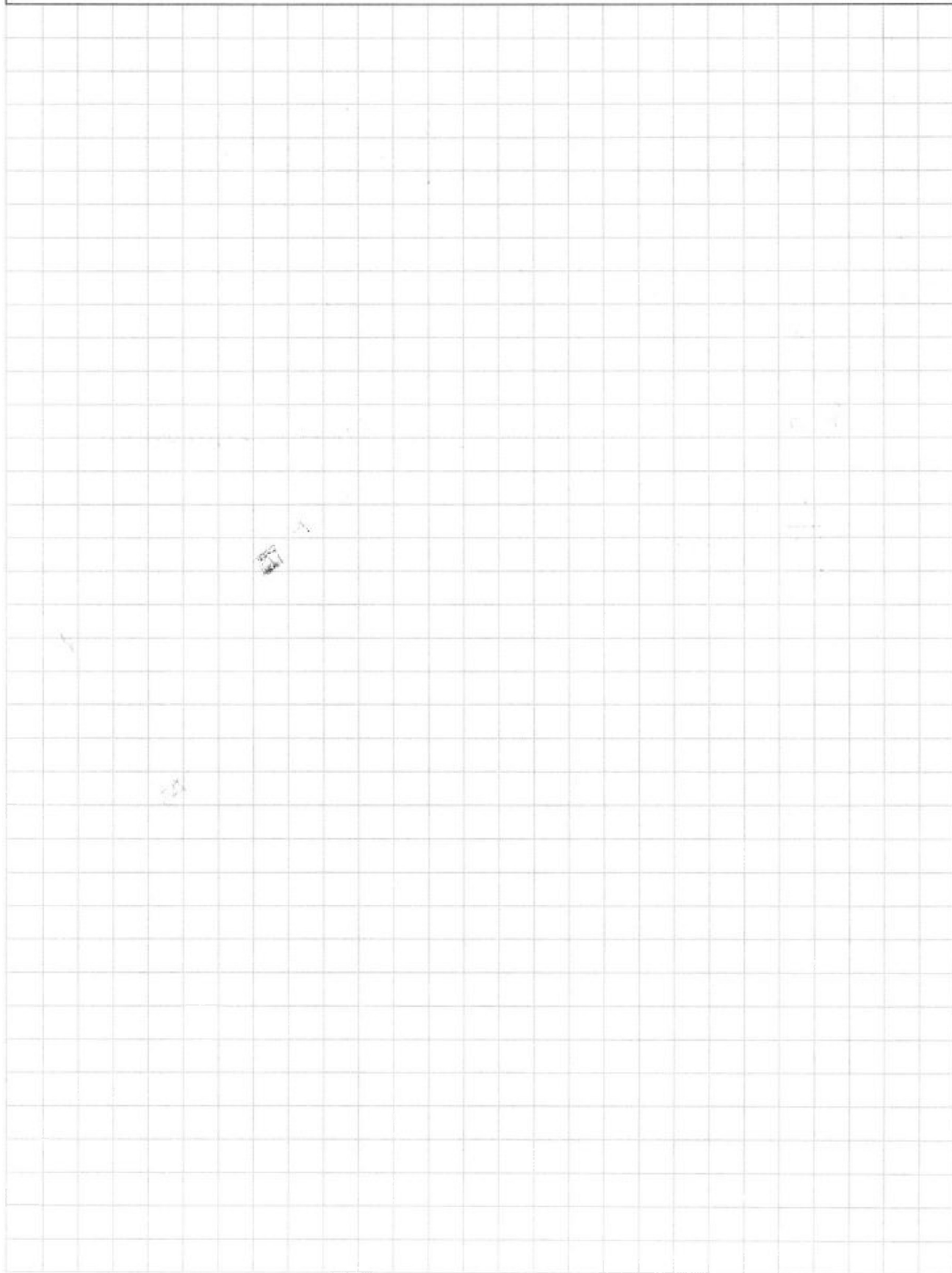
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



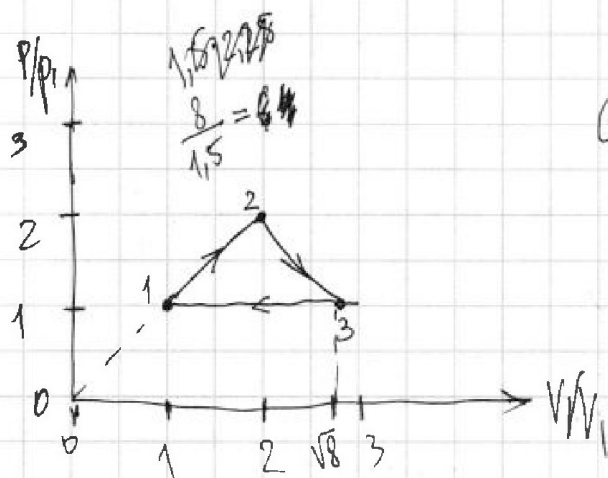
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$Q = A + \Delta U = 2\nu R(T_2 - T_1) =$$

$$\left(\Delta U = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \right)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m \cdot 0^2}{2} + mgh + A_{F_{fp}}$$

$$A_{F_{fp}} = \mu mg \cos \alpha \cdot L$$

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

$$F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha$$

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

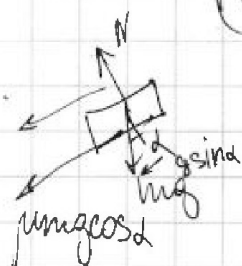
$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$2) N = mg$$

$$(F - \mu N) t = m v_0$$

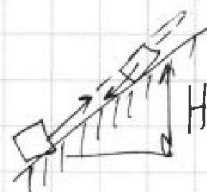
$$1) N + F \sin \alpha = mg$$

$$(F \cos \alpha - \mu N) t = m v_0$$



$$N = mg \cos \alpha$$

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



$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{m v^2}{2} + A_{F_{fp}}$$

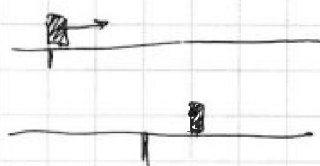
$$L_{\text{cascb}} = v_0 \cdot \frac{v_0 - u}{a} - \frac{1}{2}$$

$$L = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$$

$$L = L_{\text{тран}} + L_{\text{cascb}}$$

$$L_{\text{cascb}} = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad \vec{u} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$L_{\text{тран}} = \vec{u} t$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

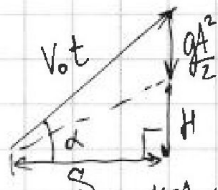
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1. $T=20$

ΔV_0
TTT

$$0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT$$

$$S = v_0 \cos \alpha t$$



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

$$V_0^2 t^2 = g$$

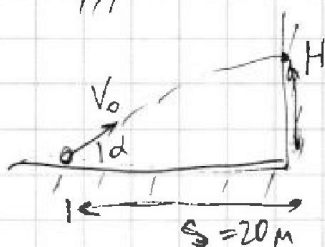
$$H = \sqrt{V_0^2 t^2 - S^2} - \frac{g^2}{2}$$

$$(\sqrt{x})'_x = \frac{1}{2} x^{-1/2} = \frac{1}{2\sqrt{x}} \quad H'_t = 0: \frac{1}{2\sqrt{V_0^2 t^2 - S^2}} \cdot 2V_0^2 t - g$$

$$\frac{V_0^2}{\sqrt{\dots}} = g$$

$$\frac{V_0^4}{g^2} = V_0^2 t^2 - S^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{V_0^4}{g^2} + S^2}$$

$$v = \sqrt{5} \sqrt{2gh}$$



$$H_{max} = \sqrt{V_0^2 \frac{V_0^4}{g^2 + S^2} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^4}{g^2 + S^2} - \frac{V_0^4}{2g^2} = \frac{V_0^4}{2g^2} - \frac{gS^4}{2V_0^2}$$

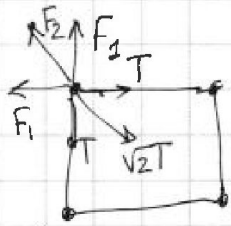
$$mV_0 = F \cos \alpha - \mu mg$$

$$\vec{r} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$2^{1.5} = 2^{3/2} = \sqrt{8}$$

$$\sqrt{4} < \sqrt{8} < \sqrt{9}$$

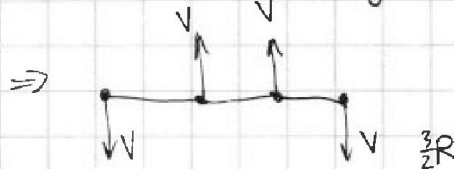
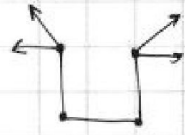
N5.



$$\sqrt{2}F_1 + F_2 = \sqrt{2}T$$

$$T = F_1 + \frac{F_2}{\sqrt{2}}$$

$$W_{Bz1} + \frac{m \cdot 0^2}{2} = W_{Bz2} + \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V$$



$$C = \frac{1}{2}R + \frac{pdV}{pdV + Vdp}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

$$1 \rightarrow 2: C = 2R \quad (p = dV)$$

$$2 \rightarrow 3: C = 0.5R = \frac{1}{2}R \quad (PV^n = \text{const})$$

$$3 \rightarrow 1: C = 2.5R = \frac{5}{2}R \Rightarrow p = \text{const}$$

$$PV = \nu RT$$

$$A_{12}$$

$$\times \frac{831}{6}$$

$$p_1 V_1 = \nu RT_1$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta V_1^2 = \nu RT_1$$

$$\Delta V^2 = \nu RT \Rightarrow$$

$$2 \nu dV dV = \nu R dT$$

$$p dV = \frac{1}{2} \nu R dT$$

$$T_3 = \sqrt{8} T_1$$

$$V_3 = \sqrt{8} V_1$$

$$\Delta V^2 = \nu RT_1 \cdot 4$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$p_2 = 2p_1$$

$$C = C_v + \frac{R}{1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV}} = \text{const}$$

$$1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = -1$$

$$1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = -1$$

$$\frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = -2$$

$$V dp = -2 p dV$$

$$\frac{dp}{p} = -2 \frac{dV}{V}$$

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -2 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2$$

$$p_2 V_2^2 = \text{const}$$

$$8 p_1 V_1^2 = p_3 \cdot 8 V_1^2$$