



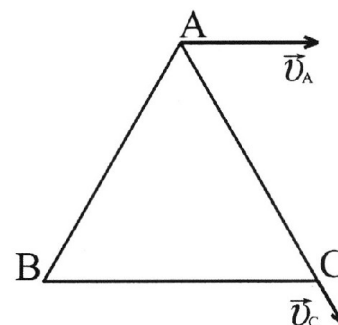
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

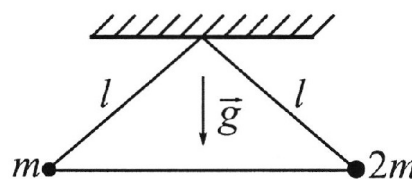
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 200$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



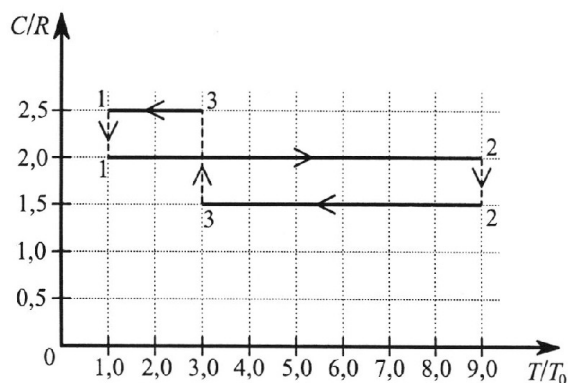
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.

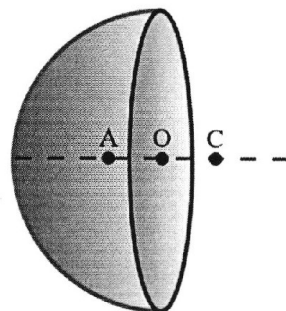


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415$ кг за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . В точке О кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

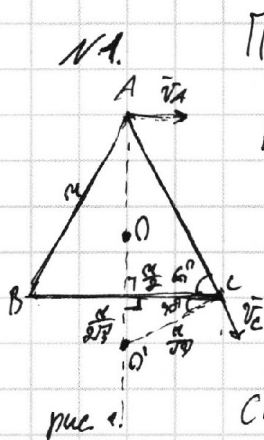


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Пусть O — центр масс треугольника ABC . Т.к. тв. тело неразрывно, то ~~оно~~ ^{точки этого тела} движется вокруг мгновенного центра скоростей (в дальнейшем — МЦС). Пусть O' — МЦС. Тогда он должен быть перпендикулярен скорости любой точки треугольника. Длина точки показана на рис. 1. Каждый радиус AO' и CO' : $AO' = \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$; $CO' = \frac{a}{\sqrt{3}}$ ($\angle ACO = 90^\circ \Rightarrow \angle CO' = 90^\circ \Rightarrow CO' = \frac{a}{\sqrt{3}}$). Т.к. точки вращаются вокруг O' , то: $\omega_A = \omega_C \Rightarrow \frac{v_A}{\frac{2a}{\sqrt{3}}} = \frac{v_C}{\frac{a}{\sqrt{3}}} \Rightarrow v_C = \frac{v_A}{2} = 0,3 \text{ м/с}$.

Аналогично v_C найдём скорость ЦМ O : $CO' = \frac{a}{\sqrt{3}} + \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$; $\frac{v_C}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{v_O}{\frac{2a}{\sqrt{3}}}$; $v_{ЦМ} = v_C = 0,3 \text{ м/с}$. Перейдём в систему ЦМ: тогда все точки ABC вращаются со скоростью $\omega = \frac{v_A - v_{ЦМ}}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3}v_A}{2a}$. По уравнению $\varphi = \omega \cdot t$ найдем: $T = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{16\pi}{\frac{\sqrt{3}v_A}{2a}} = \frac{32\pi a}{\sqrt{3}v_A} = \frac{32 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,3}{\sqrt{3} \cdot 0,6} = \frac{16 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{\sqrt{3}} = \frac{16\pi}{3} \text{ с}$.



Т.к. пластина вращается и на неё ~~действует~~ ^{действует} внеш. сил равно 0, то на тело будет действовать сила реакции опоры и сила трения, которая будет двигаться и т.д. Запишем уравнения для сил: $N = mg$; $F_{тр} = m a_y = m \omega^2 R$, где R — расстояние от ЦМ до точки. Получим, что $R = \sqrt{N^2 + F_{тр}^2}$ (т.к. $N \perp F_{тр}$) $= \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \omega^2 R^2} = m \sqrt{g^2 + \omega^2 R^2} = [60 \text{ Н} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}] = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{100 + 9 \cdot \frac{0,3^2}{9}} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{100 + 0,9} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{100,9} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$.

Ответ: $0,3 \text{ м/с}$; $\frac{16\pi}{3} \text{ с}$; $6 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№3

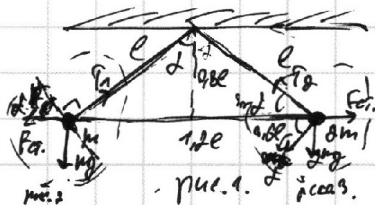


рис. 1.

Т.к. нить нерастяжимая, то очевидно, что ускорение должно быть направлено перпендикулярно нити (в направлении: α). Т.к. стержень стальной, то $F_{ст}$ направленна от стержня.

Т.к. ускорение перпендикулярно, то $\sin \alpha = \frac{3}{5}$.

Знайдем длину и условие нерастяжимости стержня:

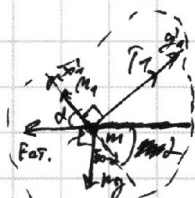


рис. 2.

$$\begin{aligned} x_1: F_{ct} \cos \alpha - mg \cos \alpha - \lambda = m_1 a_1 \\ y_1: F_{ct} \sin \alpha - mg \sin \alpha + P_1 = 0 \\ x_2: 2mg \cos \alpha - F_{ct} \cos \alpha = 2m a_2 \\ y_2: 2mg \sin \alpha - F_{ct} \sin \alpha + P_2 = 0 \end{aligned}$$

$$Ук: a_1 \cos \alpha = a_2 \sin \alpha; \lambda = 0.$$

из уравнений x_1 и x_2 :

$$\text{Тогда } 2mg \sin \alpha = 2m a_1, a_1 = g \sin \alpha \text{ (вниз по наклонной).}$$

$$\text{Значит } a_2 = \frac{g}{5}$$

Знайдем x_1 :

$$\frac{4}{5} F_{ct} - \frac{2}{5} mg = \frac{2}{5} mg; \frac{4}{5} F_{ct} = \frac{4}{5} mg; F_{ct} = \frac{2}{5} mg = 2 \text{ Н.}$$

$$\text{Тогда: } \sin \alpha = \frac{3}{5}; a_2 = \frac{g}{5}; F_{ct} = \frac{2}{5} mg$$

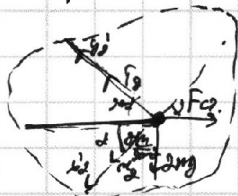


рис. 3.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№9

Г.в. газ одноатомный, то C_V^R (мольная теплоёмкость при $V=const$) $= 1,5R$ и C_p^R (мольная теплоёмкость при $P=const$) $= 2,5R$, то соответствует — будет графикам 2-3 и 3-1 соответственно. Запишем первое начало

Термодинамики $Q = \frac{3}{2} \nu k dP + P dV$. Г.в. $PV = \nu k T$, то $(P dV + V dP) = \nu k dT = \nu k (dT + dT) = \nu k (2 dT)$ и (при малом сжатии) $\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$. Тогда:

$$Q = \frac{3}{2} \nu k dT + \frac{dV}{V} \nu k T = \left[\frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} - \frac{dP}{P} \right] = \frac{3}{2} \nu k dT + \nu k dT - \frac{dP}{P} \nu k T$$

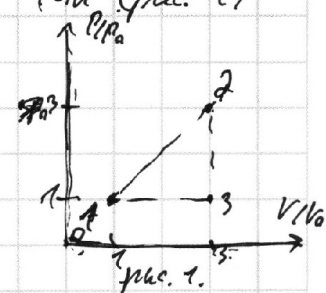
Г.в. C^M в процессе 1-2 равен $2R$, то $\frac{dP}{P} \nu k T$ можно заменить $\frac{1}{2} \nu k dT$ (г.в. тогда $Q = 2 \nu k dT$, $C^M = \frac{Q}{dT} = 2R$). Записав: $\frac{dP}{P} \nu k T = \frac{1}{2} \nu k dT$

$$\frac{dP}{P} \nu k T = \frac{1}{2} \nu k dT; \quad 2 \frac{dP}{P} \frac{T}{dT} = 1; \quad 2 \frac{dP}{P} \left(\frac{P dV + V dP}{P dT} \right) = 1;$$

$$2 dPV = P dV + V dP, \quad dPV = P dV, \quad \frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} \text{ — график прямой.}$$

Тогда график в координ. $(P/P_0; V/V_0)$ будет выглядеть так (рис. 1)

(г.в. темн. газ в 9 раз и $\frac{P_0}{P_2} = \frac{V_0}{V_2}$, то $P_2 = k P_0$, $V_2 = k V_0$ и $T_2 = k^2 T_0$, то есть k_{23} , k_{31}). 1-2 прямая; 2-3



и 3-1 изобара.

Тепло передается газу в процессе 1-2 и равно;

$$Q_{12} = C^M \nu dT = 2k \nu \cdot 8 T_0 = 16 \nu k T_0 = 16 \cdot 820 R$$

Аналогично $= 2 P_0 V_0 = 2 \nu k T_0$. Г.в. газ был наклонен падает на угол α и на высоте h над уровнем земли, то $\frac{A_{газ}}{2} \cdot 2S = mgh$; $M = \frac{2 \nu k T_0}{mg} = \frac{8 \cdot 10 \cdot 820}{9.8 \cdot 10} \approx 10 \text{ м.}$

Ответ: $3200 R$; 10 м.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

NS

Энергия частицы в точке O равна: $W_0 = k + P_0$, где

P_0 — потенциальная энергия в точке O. Очевидно, что $P_0 = k \frac{qR}{R}$ (т.к.

$\phi_0 = k \frac{q}{R}$). Т.к. на данном расстоянии $L \gg R$ потенциал от

сферы $\rightarrow 0$, то вся энергия перейдет в кинетическую. Значит

$$\frac{mv^2}{2} = k + k \frac{qR}{R} = k + \frac{qR}{4\pi\epsilon_0 R} \quad v = \sqrt{\frac{2(k + \frac{qR}{4\pi\epsilon_0 R})}{m}}$$

P_0 при помощи суперпозиции потенциалов полу сфер до сферы. (Заряд сферы $2q$)

Очевидно, что $E_{сферы} = 0$ (направленность внутри сферы). Т.к. это



Очевидно, что направленность от полу сфер на

прямой AC отменяется ~~вправо~~ ^{вправо} (т.к. для каждого

точки полу сферы можно найти сим. относительно

плоск. AC и они будут добавлять не на прямой AC.

Рассмотрим точки A' и C', находящиеся на равном расстоянии от точки O на прямой AC. Т.к. если рассмотреть полу сферу q в E=0, то напряженность от полу сфер в точках A' и C' одинакова. Т.к. без полу сфер ~~направление~~ ^{направление} ~~направление~~ ^{направление} в E.C' направлено

вправо, а при рассмотрении E=0, то E от правой полу сфер

равно E от левой полу сфер и они направлены противоположно

т.к. это работает для правой полу сфер, то и для левой

в точке A' напряженность равна напряженности в C'.

Отсюда можно сделать вывод, что $E_A - E_O = E_O - E_{C'}$ или $E_A - E_{C'} = 2(E_O - E_O)$ (т.к. $E_A = E_{C'}$, а в прямоугольнике AOC E_O равно). Значит если в точке O заряд приобрел кин.

энергию K, то в точке E заряд приобретает кин. энергию $2K$.

Значит $2K = \frac{mv^2}{2}$, то есть $v = \sqrt{\frac{4K}{m}} = 2\sqrt{\frac{K}{m}}$, где v — скорость в точке C.

Ответ: $v = \sqrt{\frac{2(k + \frac{qR}{4\pi\epsilon_0 R})}{m}}$; $v_C = 2\sqrt{\frac{K}{m}}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





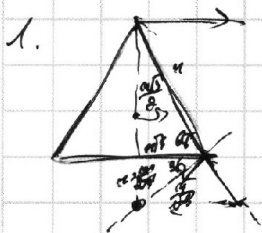
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{a}{2\sqrt{3}}; a' = \frac{a}{2\sqrt{3}}; \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{4a}{2\sqrt{3}} = \frac{2a}{\sqrt{3}}; \frac{a\sqrt{3}}{6} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{2a\sqrt{3}}{6} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{\partial V_1}{\partial x} = \frac{\partial V_2}{\partial x}; V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$V_{2m} = V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$\omega = \frac{V_2}{R} = \frac{\sqrt{3}V_2}{2}; P_2 = \frac{16\sqrt{3} \cdot 2}{\sqrt{3}V_2} = \frac{64\sqrt{3}}{\sqrt{3}V_2}$$

$$2V_1^2 \sin^2(\alpha) \cos^2(\alpha) + 2V_2^2 \sin^2(\alpha) \cos^2(\alpha)$$

$$F_{\text{н}} = m \frac{v^2}{r}; N = mg$$

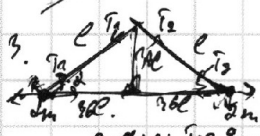
$$V_1^2 \sin^2(\alpha) \cos^2(\alpha)$$

$$2(1 + \cos 2\alpha)$$

$$\cos 2\alpha = \cos 4\alpha$$

$$2. a) V_{01} = \frac{2\sqrt{2}}{3} \approx 0.94; V_{02} = 2 \text{ м/с}; V_{03} = \sqrt{2gH}; H = \frac{V_{02}^2}{2g}$$

$$b) m_1 = m_2; m_1 \vec{V}_0 + m_2 \vec{V}_2 = 0; \vec{V}_0 = -\vec{V}_2$$



на $V_{01} = 0$, V_{02} и V_{03} в начале не движ.

д.р.

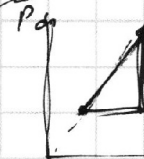
$$a) T_1 = 2 \text{ м/с}; a) T_1 = 2 \text{ м/с}; a) T_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$a) T_1 = 2 \text{ м/с}; a) T_1 = 2 \text{ м/с}; a) T_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$T_{01} = 0.6 T_1; P_{01} = 0.6 P_1 - T_{01}$$

$$\frac{\partial V_1}{\partial x} = 0.6 \left(\frac{\partial V_1}{\partial x} \right); T_{01} = 0.6 (T_1 + T_2) = mg$$

$$k = 0.5; T_2 = 0.6 P_1 + 0.6 T_2 = mg$$



$$\left(\frac{V_0}{2g} \cos^2(\alpha) - (1) \sin^2(\alpha) \right)$$

$$\cos^2(\alpha) = \frac{2H}{V_0^2} = \frac{9}{9} \cdot \frac{1}{16}$$

$$\cos^2(\alpha) = \frac{9}{16}; \sin^2(\alpha) = \frac{7}{16}$$

$$1. \frac{mv^2}{2} = k + \frac{mv^2}{R}; V_2 = \sqrt{\frac{2k}{m} + \frac{2v^2}{R}}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2k}{m} + \frac{2v^2}{R}}$$

$$K_0 = 2k_0; V_0 = \sqrt{2gH_0}$$



$$\frac{dp}{p} + \frac{dv}{v} = \frac{dV}{V}$$

$$V_0 = 2V; V_0 = 2V; V_0 = 2V$$

$$C = \frac{2}{3} V R dV + P dV = \frac{2}{3} V R dV + \frac{dV}{V} V k V = \frac{2}{3} V R dV + V k V \neq \frac{dp}{p} V k V$$

$$2H R = 2H R + H R$$

$$R R = R R; \frac{dV}{V} = \frac{dV}{V}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{P}{V R + P R}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{P}{V R + P R}; \frac{dp}{p} = \frac{P}{V R + P R}; \frac{dp}{p} = \frac{P}{V R + P R}$$



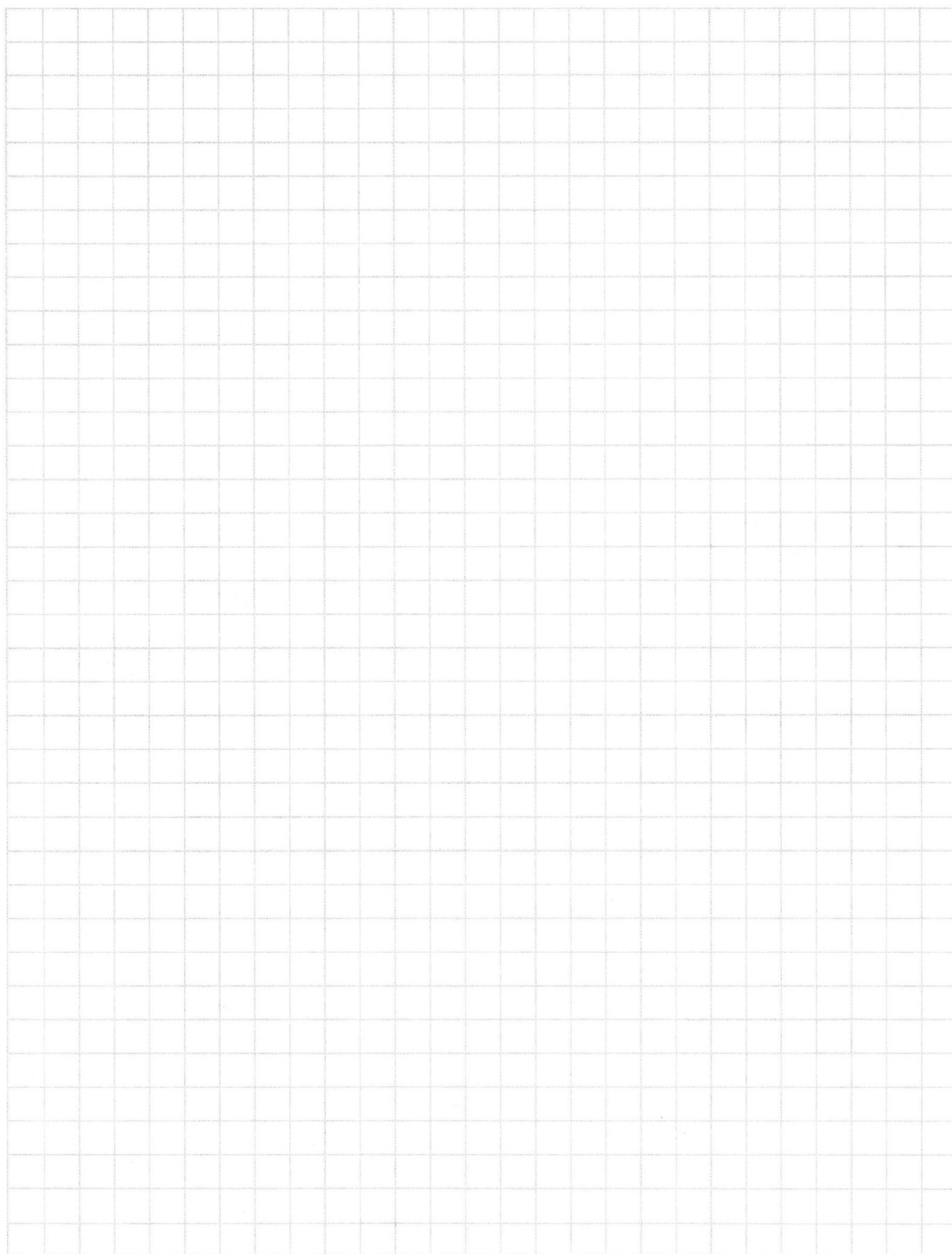


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

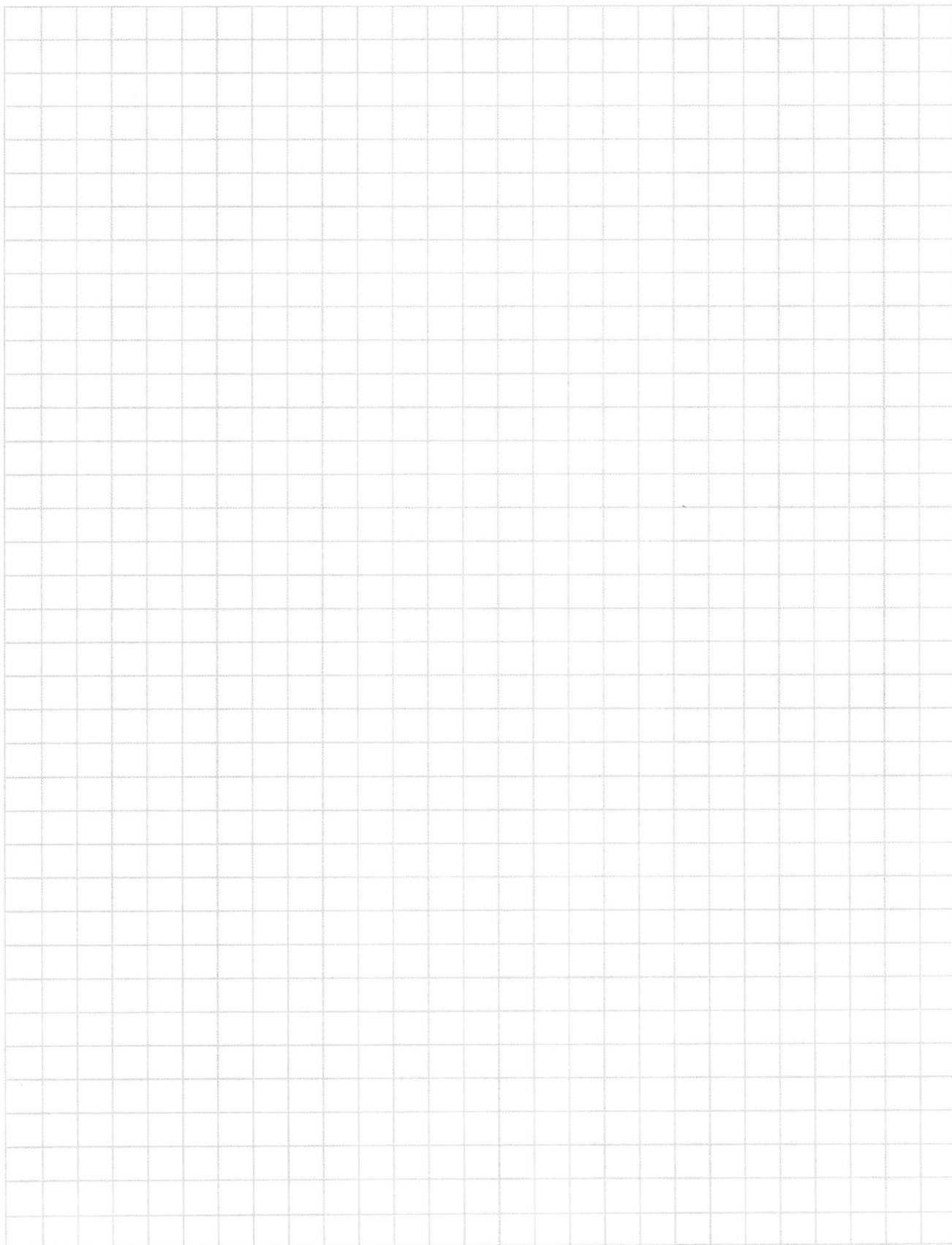
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

