



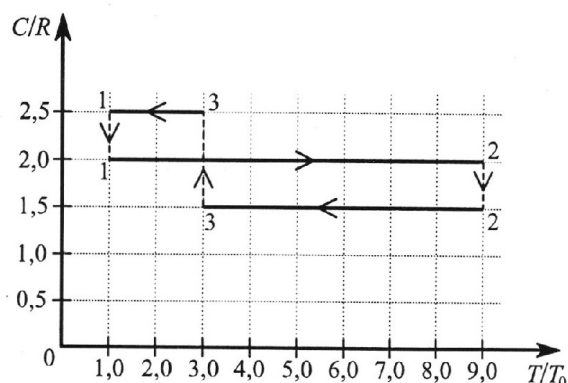
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.

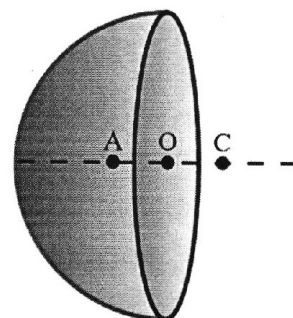


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ 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 . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная

ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы 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.



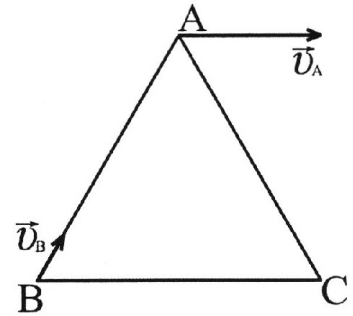
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

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 $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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

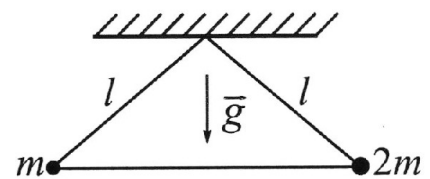
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ 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 $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик массы m скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик массы $2m$ находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ 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.



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

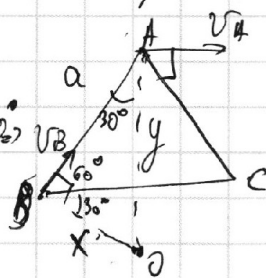
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

№1

Найдем мгновенный центр вращения для
к-во все $v \perp R$. Мы получаем $\perp ABo$

$$\Rightarrow \angle BAO = 30^\circ = 60^\circ + 60^\circ - 90^\circ$$



$$\Rightarrow y = \frac{a}{\sin(60^\circ)} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$x = \frac{a}{\cos(60^\circ)} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\omega = \frac{v_A}{y} = \frac{v_B}{x} \Rightarrow v_A = v_B \cdot \frac{y}{x} = 2v_B = 0,8 \frac{m}{s}$$

При переходе в с.о. центра масс $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow \omega_{y.m.} = \frac{v_B}{x} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \frac{1}{s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} s$$

Поскольку $m \ll M \Rightarrow$ скорости не складываются

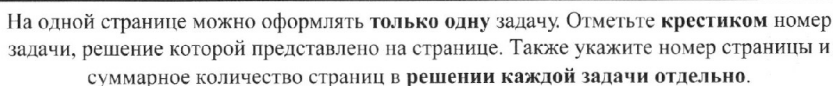
$$\Rightarrow \sum F = \vec{R} = m \vec{a}_c = m \sum \vec{a}; \quad \sum \vec{a} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}; \quad \text{и}$$

$\vec{v} \perp \vec{R}$ отн. точки O $\Rightarrow r = \text{const}; \omega = \text{const}$,

$$\text{так как } \frac{\vec{R}}{m} = \vec{a}_c \rightarrow 0 \Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow v_c = \omega^2 r = \text{const}$$

$$\Rightarrow a_\tau = 0 \Rightarrow \vec{R} = m \vec{a}_n = m \cdot \omega^2 \cdot r_c; \quad \text{из условия}$$

$$r_B = r_c \Rightarrow R = m \omega^2 r_B = 120 (\sqrt{3})^2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = 120 \sqrt{3} a = 48 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$



1

☒

2
□3
□

4

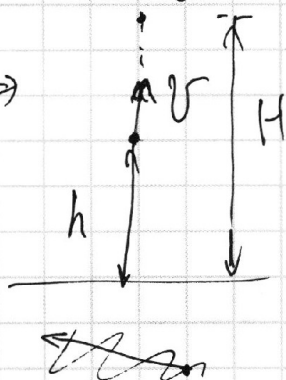
5
6
□7
□

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

Так как старшие топлива мажоранное
 $\Rightarrow$ после полёта действует только d .

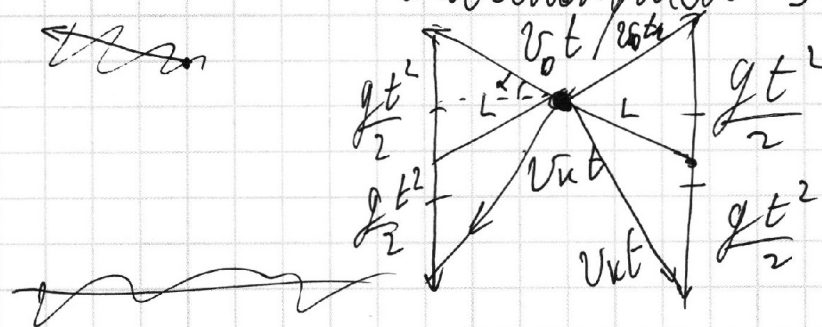
→



$$H-h=l=\frac{v^2}{2g}=3,6\text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \cancel{0.4} = 19,2 \text{ m} = 178 \text{ mm} \cdot 10 \mu$$

Рассмотрим макс. разл.:
 $\frac{1}{2} \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}$



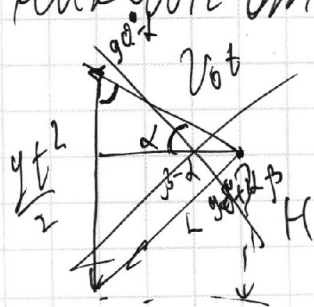
Заметим, что так как вск. ограничен

$\Rightarrow$ картинка будет смещена. $\Rightarrow v_0 = v_1; t_0 = t_1$

$$v_{k_0} = v_{k_1} \Rightarrow \text{нужно макс. } L, \text{ макс. } k_{\text{ок}}$$

$H = \text{const}$, а чем больше L , тем больше

поклон от $H \Rightarrow$ тем больше $L_{max} = 2\sqrt{L^2 - l^2}$.



$$\frac{gt^2}{2} = H + v_0 t \sin(\alpha); L^2 = H^2 + v_0^2 t^2 \cos^2(\alpha)$$

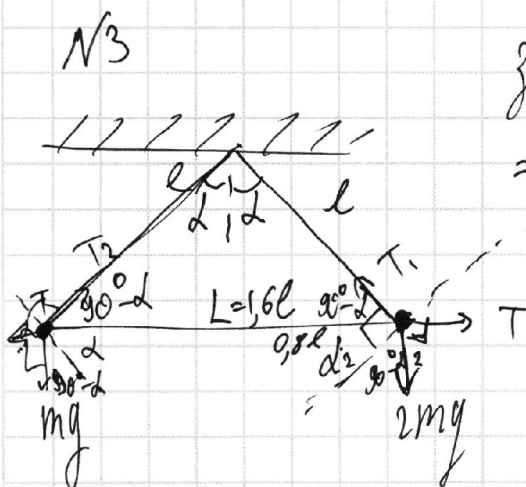


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Заметим что $v_H = 0 \Rightarrow a_n = 0 = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l} \Rightarrow \sum \vec{F} = m \vec{a}_\tau$. Так как

нити нерастяжимые $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ оба шарика вращаются по окр. $R = l$ и так как

$L = \text{const} \Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha = 90^\circ - \alpha_2 = 90^\circ - \alpha$, так как $\vec{a}_2 \perp \vec{l}$, так как движение по окр. $\Rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - 0.8^2 l^2}}{l} = 0.6$.

$T_1 \perp \vec{a}_2$ (аналог. $T_2 \perp \vec{a}_1$) $\Rightarrow$

$\Rightarrow m a_2 = 2mg - T \cos(\alpha)$, заметим, что аналог.

$m a_1 = T \cos(\alpha) - mg \sin(\alpha) \Rightarrow a_1 = a_2$, так как

$\omega = \text{const} \Rightarrow \frac{v_1}{l} = \frac{v_2}{l} = \omega = \frac{a_1 dt}{l} = \frac{a_2 dt}{l}$

(в начальный момент времени) $\Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{1.2mg - 0.8T}{2m} = \frac{0.8T - 0.6mg}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0.6g - 0.4 \frac{T}{m} = 0.8 \frac{T}{m} - 0.6g \Rightarrow 1.2g = 1.2 \frac{T}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = mg; \Rightarrow a_2 = \frac{1.2mg - 0.8mg}{2m} = 0.2g = 2 \frac{m}{c^2}; T = 0.9H$$



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

2 из 2

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!

N2

Для $L \rightarrow L_{\max}$ нужно чтобы $v_0 \perp v_k$, так как тогда $S_0 \rightarrow S_{\max} \Rightarrow H \rightarrow H_{\max} \Rightarrow L = kH \rightarrow L_{\max}$



$L = \frac{g t^2}{2}$, как медиана
 $\frac{v_0 t}{\frac{g t^2}{2}} = \cos(\alpha) \Rightarrow$

$$\frac{g t^2}{2} - v_0 t \cos(\alpha) = H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_0}{g t} = \cos(\alpha). \text{ и}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{g t^2}{2} - v_0 t \cos(\alpha) = H \\ v_0 = g t \cos(\alpha) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{g t^2}{2} - g t^2 \cos^2(\alpha) = H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos(\alpha) = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{H}{g t^2}}; \cos(\alpha) = \frac{v_0}{g t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2}{g^2 t^2} = \frac{1}{2} - \frac{H}{g t^2} \Rightarrow \frac{1}{t^2} \left(\frac{v_0^2}{g^2} - \frac{H}{g} \right) = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{2 \left(\frac{v_0^2}{g^2} - \frac{H}{g} \right)} = \sqrt{2 \left(4 - \frac{1.6}{1.6} \right)} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 3.6} = 2\sqrt{1.2}; \quad v_0 t \sin(\alpha) = \sqrt{L^2 - H^2} =$$

$$= v_0 t \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{H}{g t^2}} = 20 \cdot 2\sqrt{1.2} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1.6}{2 \cdot 1.6}}; \quad t = \sqrt{2 \cdot 3.6} = 2\sqrt{1.2}$$

$$\sqrt{L^2 - H^2} = v_0 t \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{H}{g t^2}} = 20 \cdot 2\sqrt{1.2} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1.6}{4.8}} = 40\sqrt{\frac{6 \cdot 5}{5 \cdot 8}} =$$

$$= 40 \text{ м} \Rightarrow L_{\max} = 80 \text{ м}$$



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 2

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!

№4

$$i=3 \Rightarrow \frac{C}{R} = 2,5 \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{i+2}{2} \Rightarrow \text{это изобара};$$

$$\frac{C}{R} = \frac{i+1}{2} = 2 \Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A + \frac{1}{2} R \Delta T}{\Delta T} = \frac{p \Delta V}{\Delta T} + \frac{1}{2} R$$

$$\frac{C}{R} = \frac{i}{2} = 1,5 \Rightarrow \text{это изотерма}.$$

$$\Rightarrow \frac{\int p \Delta V}{\Delta T} = \frac{R}{2}; \text{рассмотрим малое}$$

$$\Delta V \Rightarrow \frac{p \Delta V}{\Delta T} = \frac{R}{2}; \quad \begin{cases} pV = \nu R T \\ p(V + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T) \end{cases} \Rightarrow \nu R \Delta T = p \Delta V - V \Delta p$$

$$\Rightarrow \nu R T = -\frac{p \Delta V}{2} = p \Delta V - V \Delta p \Rightarrow \frac{p \Delta V}{2} = V \Delta p \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{2V} = \frac{\Delta p}{p} \Rightarrow \frac{1}{2} \ln V = \ln p \Rightarrow \ln V \cdot e^{\frac{1}{2}} = p \Rightarrow$$

изначально процесс как изотерма, потом изобара; $\Rightarrow V_0 p_0 = \nu R T_0$

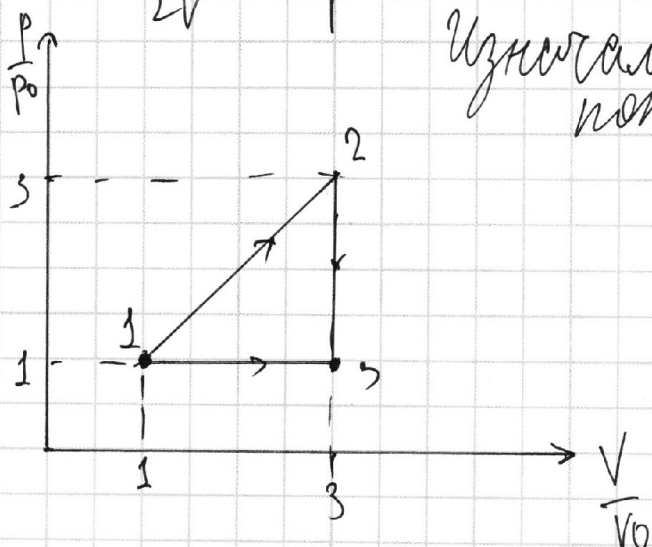
$$V_p = \nu R T = 9 \nu R T_0;$$

$$V \Rightarrow V = 3V_0; p = 3p_0$$

$$A = 2 p_0 V_0 = 2 \nu R T =$$

$$= 2 \cdot 5 \cdot 300 \cdot 8,31 = 3000 \cdot 8,31$$

$$= 24000 + 9000 + 30 = 24930 \text{ Дж}.$$





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
2 из 2

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!

N/ч

$$A \cdot N \cdot \mu = MgH \Rightarrow H = \frac{A \cdot N \cdot \mu}{Mg}; \mu = \frac{1}{2} \text{ по усл.} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow H = \frac{AN}{2Mg} = \frac{24930 \cdot 20}{2 \cdot 400 \cdot 10} = \frac{24930}{400} = \frac{2493}{40} = \frac{249,3}{4} =$$
$$= 62,325 \text{ м}$$



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

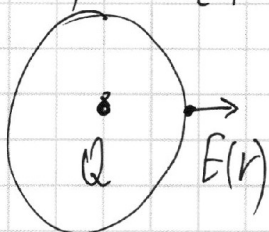
1 ИЗ 1

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!

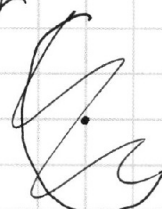
N5

$\varphi_0 = \frac{1}{2} \varphi_0'$; O' - центр полной сферы, это правда, так как при помещении точки в центр сферическая симметрия сохраняется $\Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow d\varphi = f dx \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\varphi_0'}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{1}{2} \varphi_0' = \frac{1}{2} \int_R^\infty E(r) dr = \int_R^\infty \frac{kQ}{2r^2} dr$$



$$\varphi_0 = \frac{1}{2} \int_R^\infty \frac{kQ}{r^2} dr = \frac{1}{2} \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{2R};$$



Заметим ЗСЭ: $\varphi_A = \varphi_0 + E_{k0}$; $\varphi_C = \varphi_A$; так

как $\varphi_\infty = 0 \Rightarrow E_{k0} = E_k - \varphi_0 = E_k - \frac{kQ}{2R} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left(E_k - \frac{kQ}{2R} \right)}$$

Заметим, что при добавлении и одновременно вычитании второй половинки $\Rightarrow$ силы труда точек

A и C, но с минусом $\Rightarrow \varphi_A \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_C \Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi_C = 2\varphi_0 - \varphi_A; \varphi_C + E_{kC} = \varphi_A = 2\varphi_0 - \varphi_A + E_{kC} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{kC} = 2(\varphi_A - \varphi_0) = \frac{mv_C^2}{2} \Rightarrow v_C = \sqrt{\frac{2}{m} \left(E_k - \frac{kQ}{2R} \right)}$$

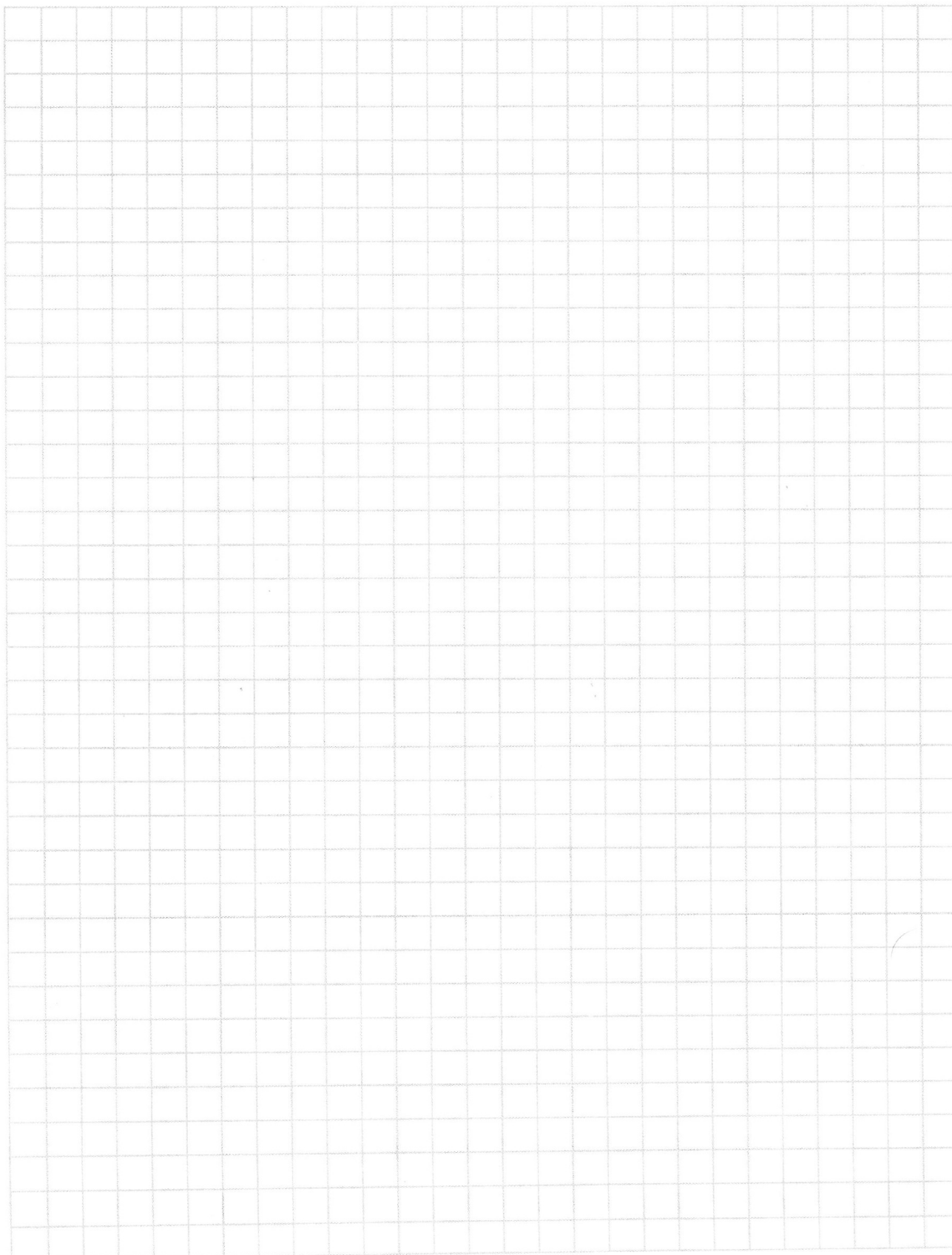


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



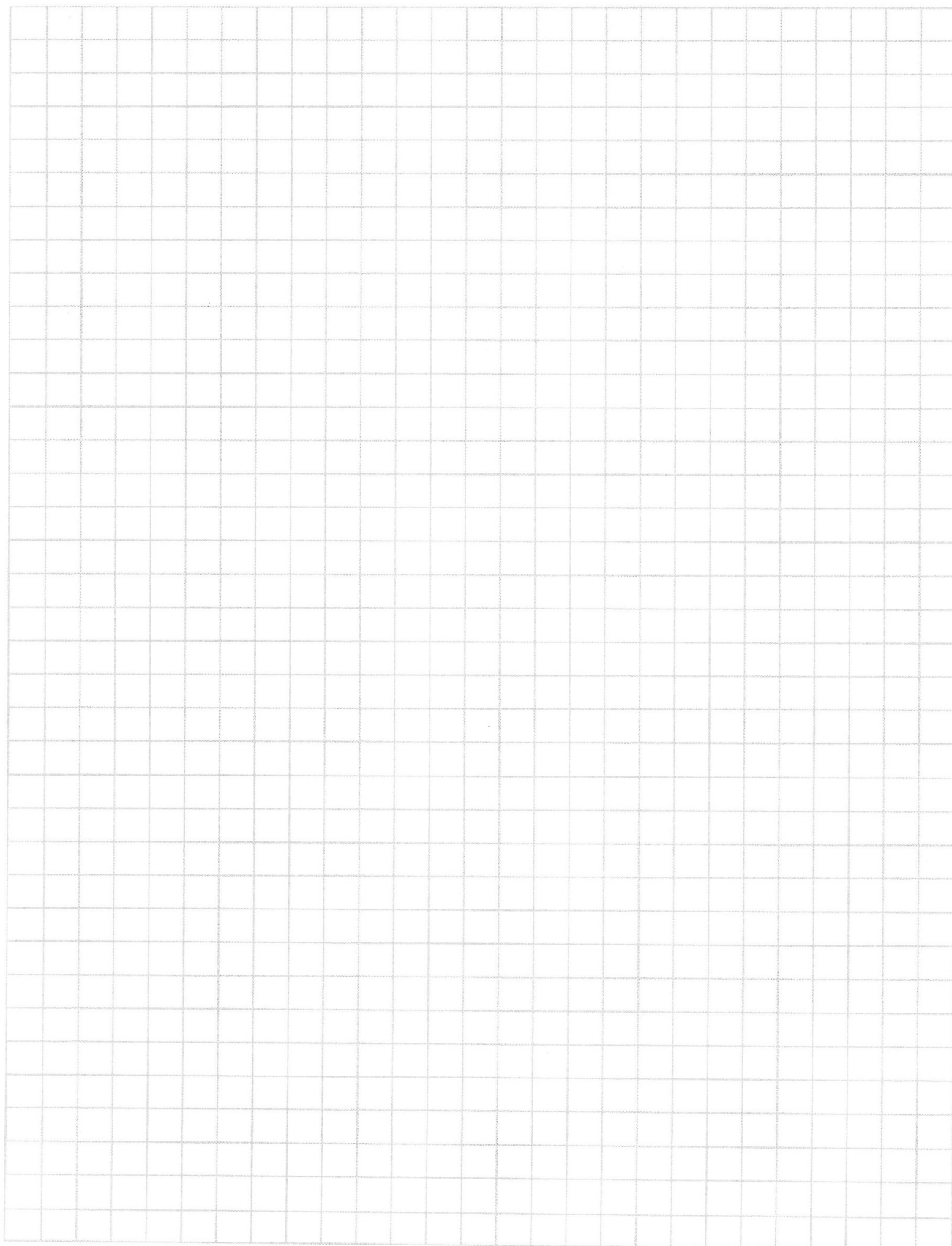


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

