

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту $A \rightarrow B$ в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние AB равно $S=9,6$ км.

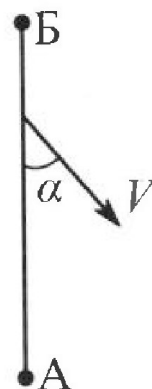
1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью $V = 16$ м/с под углом α к прямой AB (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.

2. Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту $A \rightarrow B$ в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .

3. При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$ максимальная? Движение аппарата прямолинейное.

4. Найдите максимальную продолжительность $T_{\max}$ полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$. Движение аппарата прямолинейное.



2. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через $t_1 = 1$ с и $t_2 = 2$ с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол $2\beta = 60^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.

2. Найдите максимальную высоту H полета.

3. Найдите радиус R кривизны траектории в момент времени $t_1 = 1$ с.

3. Клин с углом при вершине $\alpha = 30^\circ$ находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина покоится однородный шар (см. рис.), касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны $m=1$ кг. Трения нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите горизонтальную силу F , которой систему удерживают в покое.

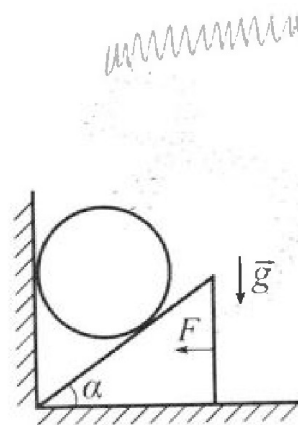
Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на $H=0,8$ м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2. Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.

3. Найдите ускорение a клина в процессе разгона.

4. При каком значении угла α ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение $a_{\max}$ клина.



$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{10}{3} \\ 0,8 &= \frac{10}{3} \cdot t^2 \\ 1,6 &= \frac{10}{3} \cdot t^2 \\ 0,48 &= t^2 \\ 1 &= 3 \cdot 0,48 \end{aligned}$$



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

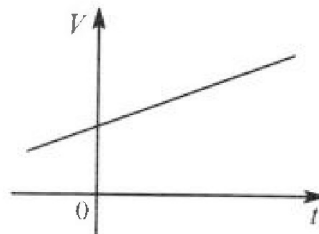
Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $t_2 = 42^\circ\text{C}$ равно $L=5$ см. В термометре находится $m=2$ г ртути.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ объем ртути в $\beta = 1,018$ раза больше объема ртути при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Плотность ртути при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ считайте равной $\rho = 13,6$ г/см³. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

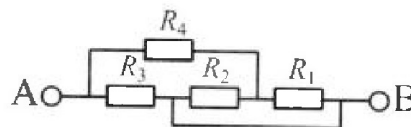


1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
2. Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до $t_2 = 42^\circ\text{C}$. В ответе приведите формулу и число в мм³.
3. Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм².

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 10$ Ом, $R_4 = 6$ Ом.

1. Найдите эквивалентное сопротивление $R_{ЭКВ}$ цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного напряжения $U=10$ В.



2. Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.
3. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность P_{MIN} .



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!

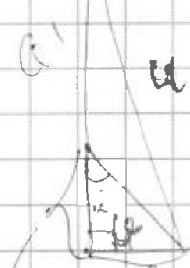
1) $S = 9,6 \text{ км}$ $T_0 = 4000 \text{ с}$

$$u = \frac{S}{T_0} = \frac{9,6 \text{ км}}{4000 \text{ с}} = \frac{9600 \text{ м}}{4000 \text{ с}} = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Векторы $\vec{u}$ и $\vec{u}'$ должны давать вектор параллельный AB , чтобы аппарат летел от A к B .



u' - результирующая скорость
 $\vec{u}' = \vec{u} + \vec{u}$



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

$$u = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$u = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\sin \alpha \cdot u = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,6 = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cos \alpha \cdot u = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot u = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} \cdot 16 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= \frac{4}{5} \cdot 16 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 12,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По теореме Пифагора:

$$u'^2 = 9,6^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + (u' + 12,8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2$$

$$u' = \sqrt{576 - 32,76 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} - 12,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 9,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{S}{u'} = \frac{9600 \text{ м}}{9,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1043,5 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 24 \\ \hline 96 \\ 480 \\ \hline 576 \\ \times 92 \\ 92 \\ 1040 \\ \hline 3276 \end{array}$$



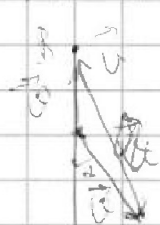
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

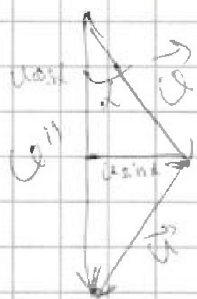
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3) Как нужно идти и при какой скорости, чтобы время пути было минимально.



$$u' = \sqrt{u^2 - (v \sin \alpha)^2} = u \cos \alpha$$

u'' - скорость самолета в обратную сторону.



$$u'' = u \cos \alpha + \sqrt{c^2 - (v \sin \alpha)^2}$$

$$T_{\text{обл}} = \frac{S}{u'} + \frac{S}{u''} = S \left(\frac{u' + u''}{u' u''} \right) =$$

$$= S \left(\frac{2 \sqrt{u^2 - (v \sin \alpha)^2}}{u^2 - (v \sin \alpha)^2 - u^2 \cos^2 \alpha} \right) =$$

$$= S \left(\frac{2 \sqrt{u^2 - (v \sin \alpha)^2}}{u^2 - v^2} \right)$$

Тогда, минимально $v \sin \alpha$ минимально.

$$\sin \alpha = 0$$

$$4) T_{\text{max}} = S \left(\frac{2 \sqrt{u^2}}{u^2 - v^2} \right) = S \cdot \left(\frac{2u}{u^2 - v^2} \right) = 3600 \text{ м} \cdot \frac{2 \cdot 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{(24 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 - (6 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}$$

$$= 3600 \text{ м} \cdot \frac{48 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{576 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 36 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 3600 \text{ м} \cdot \frac{3}{20} \frac{\text{с}}{\text{м}} = 480 \cdot 3 \text{ с} =$$

$$= 1440 \text{ с}$$



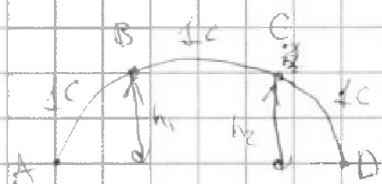
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

2) 1) Т.к. модуль скорости одинаков, это v_1 , это v_2 , то кинетические энергии меча в эти моменты, также равны. По З.С.Э. $W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}$.

$W_{k1} = W_{k2} \Rightarrow W_{p1} = W_{p2} \Rightarrow$ меч находится на одной высоте.
 $h_1 = h_2$



В силу обратности движения

$$(t_{AB} = t_1; t_{AC} = t_2) \quad t_{CD} = t_{AB} = t_1$$

$$= t_1$$

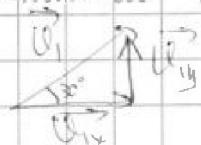
$$\Rightarrow T_{\text{полета}} = t_{AC} + t_{CD} = t_1 + t_2 = 3 \text{ с.}$$

2) За Δ с. направление U изменилось на $60^\circ \Rightarrow$ верен такой треугольник скоростей:

$U_1 = U_2 = U \Rightarrow \Delta - \text{р/б}$ т.к. $\angle(\vec{U}_1; \vec{U}_2) = 60^\circ$ и $\Delta - \text{р/б}$, $\Rightarrow \Delta - \text{р/б}$.

$\Rightarrow U_1 = U_2 = U = gt = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с} = 10 \text{ м/с}$

Разложим проекцию вектора U_1 на Oy :



$$U_{1y} = U_0 - g \cdot t_{AB}$$

проекция начальной скорости

$$\Rightarrow U_0 = U_{1y} + g \cdot t_{AB} = U_1 \cdot \sin 30^\circ + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с} = 10 \cdot \frac{1}{2} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



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

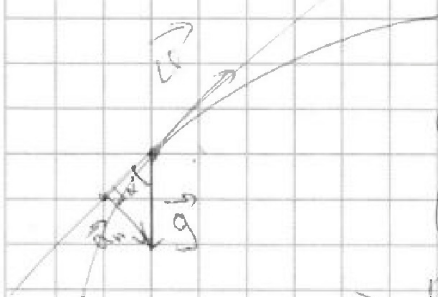
2 ИЗ 2

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!

~~$\Rightarrow R_{\text{пог}} = 10 \cdot \frac{1,5}{2} - g \cdot \frac{(1,5)^2}{2}$~~

$$\Rightarrow R_{\text{пог}} = 10 \cdot \frac{1,5}{2} - g \cdot \frac{(1,5)^2}{2} = 15 \text{ м} - 1,50 - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,5^2}{2} = 2,25 \text{ м} - 2,25 \cdot 5 \text{ м} = 11,25 \text{ м}.$$

3) $R = \frac{a_n \cdot t^2}{a_n}$



$$a_n = g \cdot \sin \alpha = g \cdot \sin 30^\circ = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow R = \frac{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 20 \text{ м}$$



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
☐

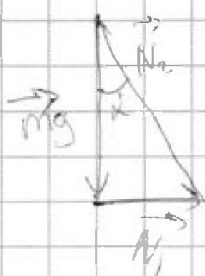
7
☐

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!

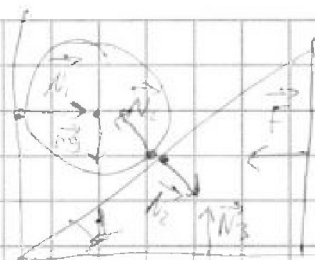
3) 1) $\alpha = 30^\circ$
 $\beta = 10^\circ$
 $m = 1 \text{ кг}$

Т.Е.



Векторная сумма

$$N_1 + mg + N_2 = 0 \text{ по } \Pi \text{ З.Н.}$$

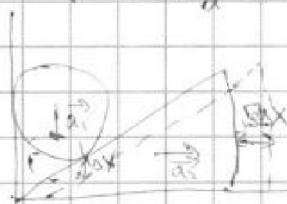


Аналогично для клина:



$$F = N_2 \cdot \sin \alpha = N_1 = mg \cdot \tan \beta = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

2) $y \uparrow$



Сударение произошло
с пол. Шар отскочил, подлетел

с упр. $\Rightarrow$ Перемещение было равно 0.

3) Если ускорение шара $a_1 \neq a$ клина a_2 , тогда
возможные кинематической связи и скажем,
то перемещение шара Δx , тогда перемещение
клина вправо $\Delta x / \tan 30^\circ = \sqrt{3} \Delta x$

Продифференцировав ^{по времени} отношение получим: $\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

получим, что $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

Спишем Π З.Н. для клина: $m a_2 = N_3 + N_2$

$$\text{ок: } m a_2 = N_2 \cdot \sin \alpha = N_1 = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

$$\Rightarrow a_2 = \frac{N_1}{m} = \frac{10}{\sqrt{3}} \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$



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!

4) 1) Спирометр выдает зависимость $\beta'(t^\circ\text{C})$:

Она линейна, $\Rightarrow$ вернее, что $\beta = t_0 \cdot K + b$
 $\beta = t_{100} \cdot K + b$

$$\Rightarrow K = \frac{1 - \beta}{t_0 - t_{100}} = \frac{\beta - 1}{t_{100} - t_0}$$

$$b = 1 - \frac{t_0}{t_{100} - t_0} \cdot (\beta - 1)$$

$$\Rightarrow \beta' = t \cdot \frac{\beta - 1}{t_{100} - t_0} + 1 - \frac{t_0}{t_{100} - t_0} (\beta - 1)$$

$$\Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \left(t \cdot \frac{\beta - 1}{t_{100} - t_0} + 1 - \frac{t_0}{t_{100} - t_0} (\beta - 1) \right)$$

2) В этом случае ~~$\beta_2 = 100^\circ\text{C}$~~ ~~$\beta_1 = 35^\circ\text{C}$~~ : нужно найти

$$\Delta V = V_2 - V_1:$$

$$V_2 = \frac{0,002 \text{ м}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \left(42^\circ\text{C} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C}} + 1 \right) \text{ м}$$

$$V_1 = \frac{0,002 \text{ м}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \left(35^\circ\text{C} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C}} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow \Delta V = V_2 - V_1 = (42 - 35) \cdot \frac{0,002 \text{ м}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C}}$$

$$= \frac{0,009 \text{ м} \cdot 0,018}{136000} \text{ м}^3 = 1,175 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 = 0,001175 \text{ мм}^3$$

$$\odot 7^\circ\text{C} \cdot \frac{0,018}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot \frac{0,018}{100^\circ\text{C}} = \frac{14 \cdot 10^{-12}}{13,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cdot 0,00018 = 0,00018 \text{ м}^3 = 0,18 \text{ мм}^3$$

$$3) S = \frac{\Delta V}{h} = \frac{0,18 \text{ мм}^3}{50 \text{ мм}} = \frac{0,36 \text{ мм}^3}{100 \text{ мм}} = 0,0036 \text{ мм}^2$$



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!

В общем виде
 $= 1003 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$a_2 = \frac{M}{m} =$$

~~Слабая~~

$$\frac{mg \cdot \lg \alpha}{m} = g \cdot \lg \alpha$$

α будет максимальна, когда $\lg \alpha$ будет максимальна
т.е. при $\alpha \approx 90^\circ$



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
☐

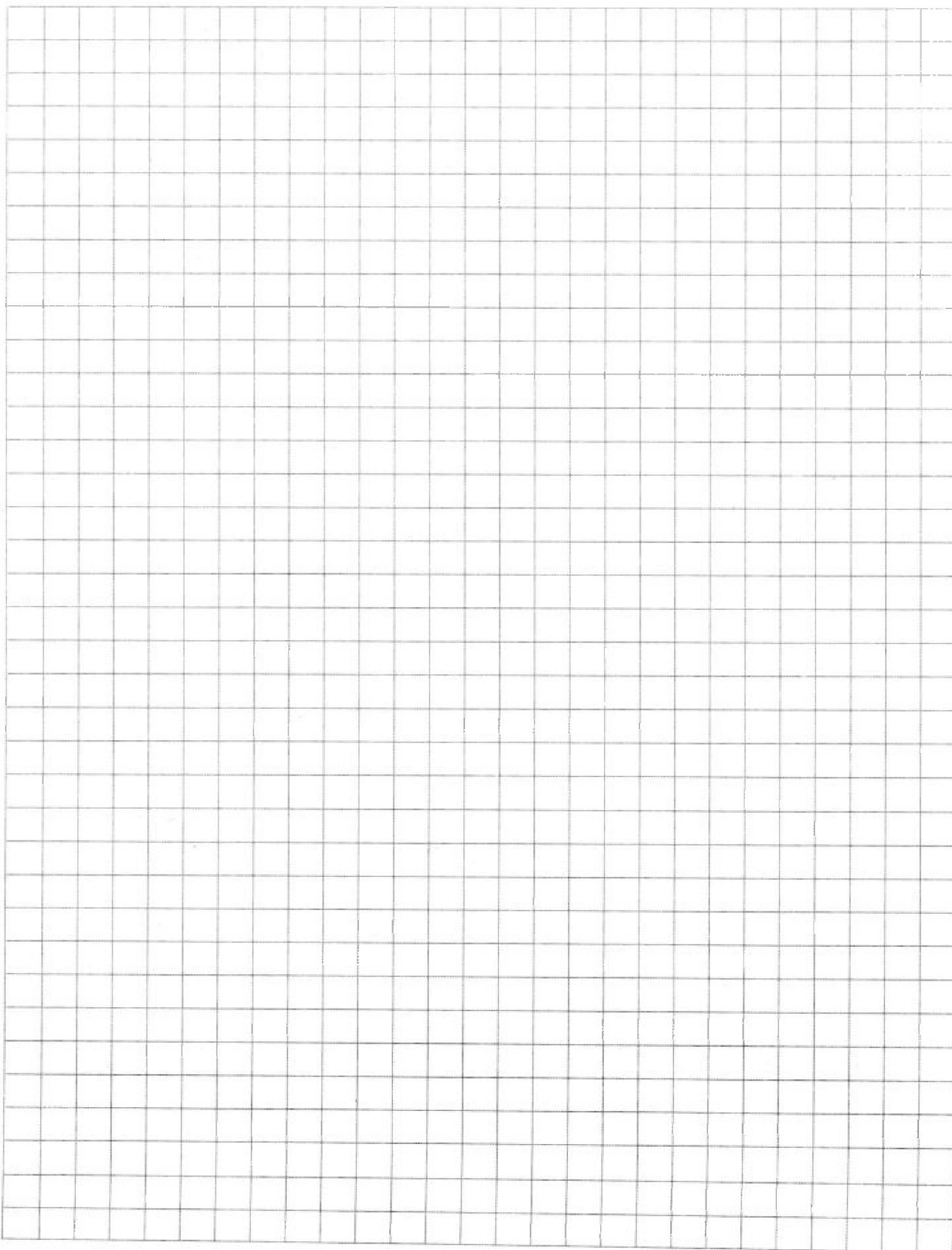
5
☐

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!



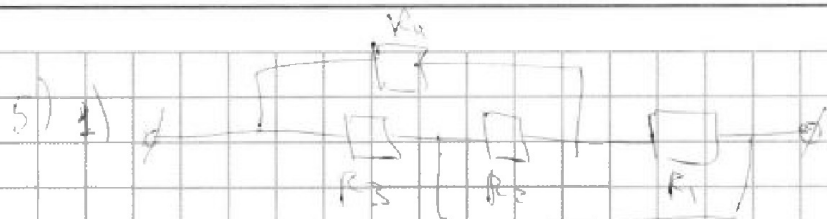


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \cdot 20 \text{ Ом}^2}{25 \text{ Ом}} = 4 \text{ Ом}$$

$$R_{24} = 4 \text{ Ом} + 6 \text{ Ом} = 10 \text{ Ом}$$

$$R_{1234} = \frac{R_{124} \cdot R_3}{R_{124} + R_3} = \frac{10 \text{ Ом} \cdot 10 \text{ Ом}}{20 \text{ Ом}} = 5 \text{ Ом}$$

$$2) U = 10 \text{ В}; P = \frac{U^2}{R_0} = \frac{(10 \text{ В})^2}{50 \text{ Ом}} = 20 \text{ Вт}$$

$$3) P_3 = \frac{U^2}{R_3} = \frac{10^2 \text{ В}^2}{10 \text{ Ом}} = 10 \text{ Вт}$$

$$\frac{U_{12}}{U_4} = \frac{R_{12}}{R_4} = \frac{2}{3}$$

$$U_{12} + U_4 = U = 10 \text{ В} \Rightarrow U_{12} = 4 \text{ В}; U_4 = 6 \text{ В}$$

$$P_4 = \frac{U_4^2}{R_4} = 6 \text{ Вт}$$

$$P_1 = \frac{U_{12}^2}{R_1} = \frac{4^2 \text{ В}^2}{50 \text{ Ом}} = 3,2 \text{ Вт}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{4^2 \text{ В}^2}{20 \text{ Ом}} = 0,8 \text{ Вт}$$

1) В первом резисторе $P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$



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
☐

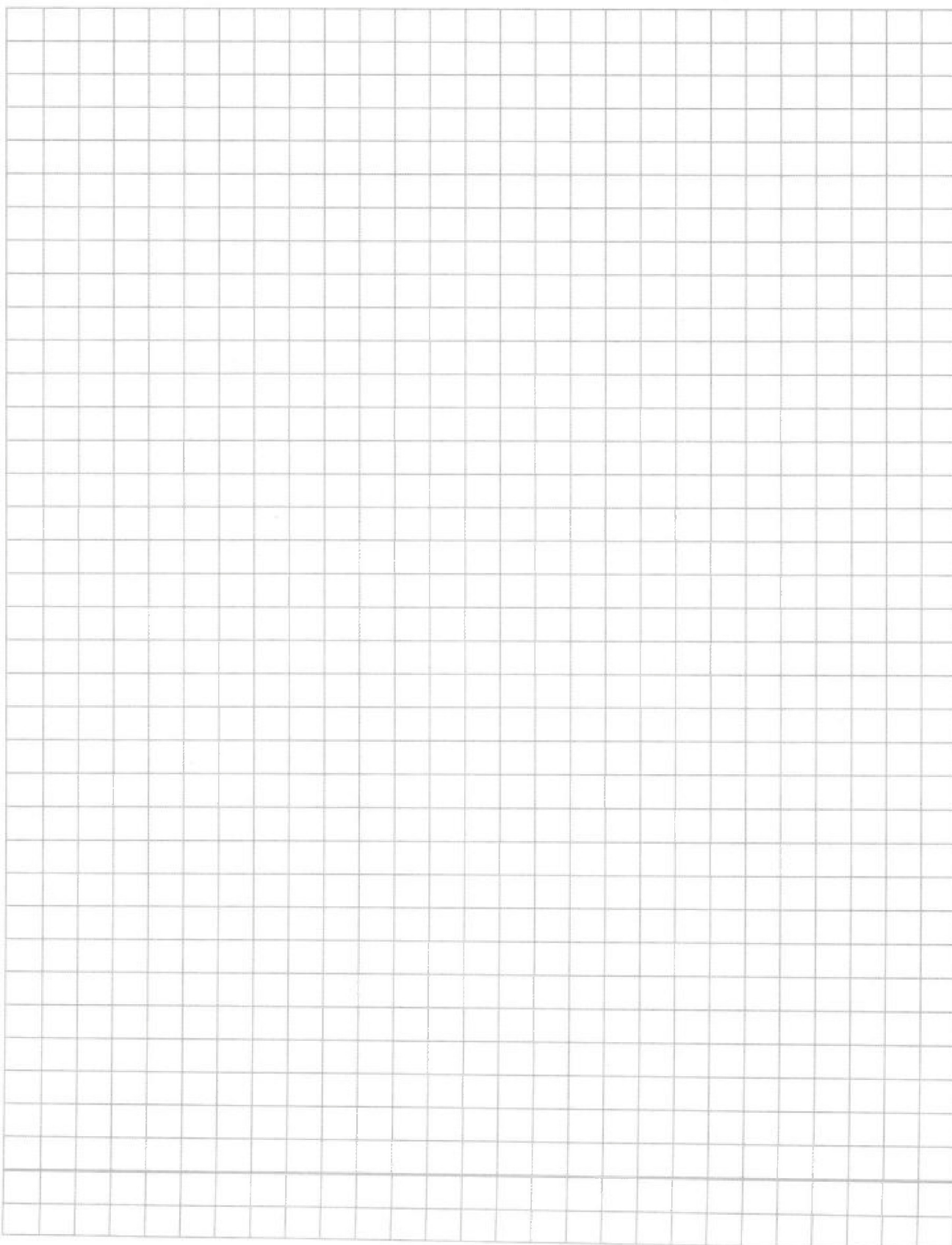
5
☐

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!



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!

