



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.

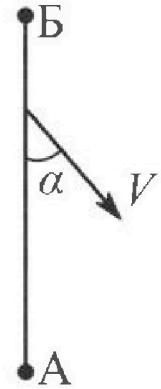
1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

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.

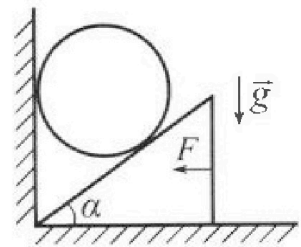
2. Найдите максимальную высоту H полета.

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.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

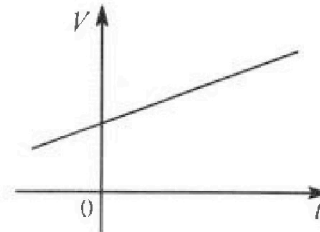
Вариант 09-01



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.

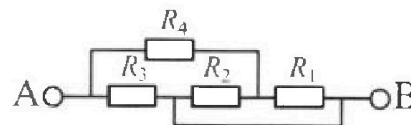


1. Следуя представленным опытными данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: $m, \rho, \beta, t_0, t_{100}, t$.
2. Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ 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 $R_{\text{ЭКВ}}$ 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} .



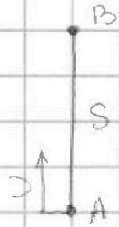
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N 1.1.



$$S = U \cdot T_0$$

$$U = \frac{S}{T_0} = \frac{9,6 \cdot 1000}{400} = \frac{96}{4} = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

N 1.2



Из-за того что появился ветер аппарат сносит с маршрута, поэтому ему приходится лететь под углом к траектории AB

$$\vec{V}_1 = \vec{U} + \vec{V}$$

По т. косинусов

$$U^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos(180 - \alpha) = V^2 + V_1^2 + 2VV_1 \cos \alpha$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$V_1^2 + 2 \cdot 16 \cdot 0,8 V_1 - 24^2 - 16^2 = 0$$

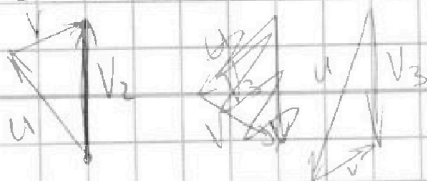
$$V_1 = \frac{-2 \cdot 16 \cdot 0,8 \pm \sqrt{2^2 \cdot 16^2 \cdot 0,8^2 + 4 \cdot (16^2 - 24^2)}}{2}$$

$$= -12,8 \pm \sqrt{16^2 \cdot 0,8^2 - 16^2 + 24^2} = -12,8 \pm 8 \cdot \sqrt{0,64 - 1 + 2,25} = -12,8 \pm 8 \cdot \sqrt{1,89} = -12,8 \pm 8 \cdot 1,375 = -12,8 \pm 11$$

$$S = V_1 \cdot T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{9,6 \cdot 10^3}{8 \sqrt{1,89} - 12,8} = 1200 \text{ с}$$

1.2 Ответ: $1200 \text{ с} = 20 \text{ мин}$, $T_1 = \frac{9600}{8 \sqrt{1,89} - 12,8} \text{ с}$

1.3 Ответ: $\alpha = 0^\circ$ или 180°



Запишем для двух случаев т. косинусов



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!

$$V_1^2 + 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha \cdot 2 - (40 \cdot 8) = 0 \quad V_2 = -16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8}$$

$$V_3^2 - 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha \cdot 2 - (40 \cdot 8) = 0 \quad V_3 = 16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8}$$

$$T_{\text{АВВ}} = \frac{9600}{\sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8} + 16 \cos \alpha} + \frac{9600}{\sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8} - 16 \cos \alpha} - \frac{9600 \cdot 2 \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8}}{40 \cdot 8} =$$

$$= 30 \cdot 2 \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8} \quad \text{— отсюда макс значение } T_{\text{АВВ}} \text{ достигается при } \cos^2 \alpha \text{ — макс}$$

$\cos^2 \alpha \text{ — макс, когда } \alpha = 180^\circ \text{ или } 0^\circ$

$$T_{\text{max}} = 30 \cdot 2 \sqrt{16^2 \cdot 1 + 40 \cdot 8} = 60 \cdot \sqrt{576} \text{ с}$$

Ответ: $60 \cdot \sqrt{576} \text{ с}$



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

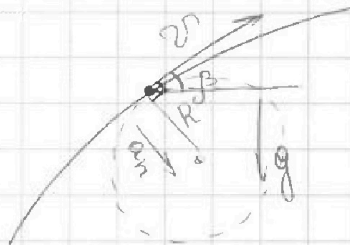
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\text{OY: } H = 0 \cdot \frac{T}{2} + \frac{g \cdot \left(\frac{T}{2}\right)^2}{2}$$

$$H = \frac{g \cdot T^2}{8} = \frac{10 \cdot 3^2}{8} = \frac{90}{8} = 10 \cdot \frac{10}{8} = 11,25 \text{ м}$$

2.2 Ответ: ~~22~~ $H = 11,25 \text{ м}$

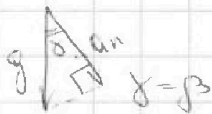
2.3



a_n — нормальное ускорение в м/с²
— скорость в момент времени t .

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{v^2}{a_n}$$



$$a_n = g \cdot \cos \beta = g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$R = \frac{10^2}{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

2.3 Ответ: $\frac{20}{\sqrt{3}}$



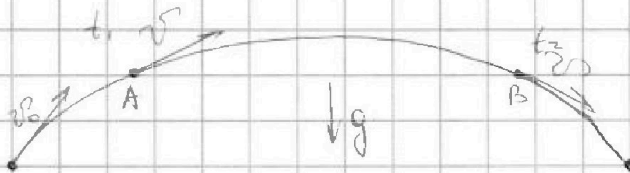
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

Мет начинает движение после удара со скоростью v_0 .
 v_0 - модуль скорости меча после t_1 и t_2 - v

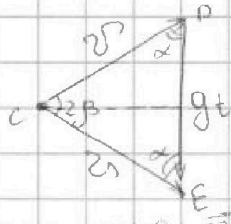


Движение меча происходит по параболе, поэтому она симметрична, а значит равные по модулю скорости находятся на одной высоте. После времени t_1 меч будет парить столько же, сколько и $\frac{g}{2}$ портивался по времени на ту высоту t , из-за обратимости движения.

Тогда общее время полета $T = t_1 + t_2 = 1 + 2 = 3$ с

2.1 Ответ: $T = 3$ с

2.2 Составим треугольник скоростей между v , где t - время за которое меч пролетел из точки A в точку B, $t = t_2 - t_1 = 2 - 1 = 1$ с



$\triangle CDE$ - P/B

углы при основании DE равны

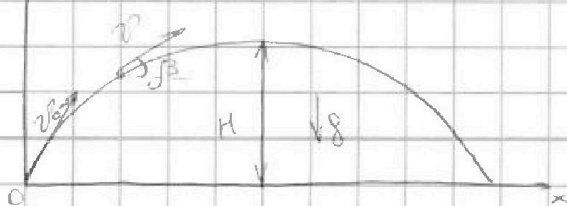
$$\alpha = \frac{180 - 2\beta}{2} = 90 - 30 = 60^\circ$$

Отсюда мет можем понять, что $\triangle CDE$ P/B, значит $v = gt$

$$v = gt = 10 \cdot 1 = 10 \frac{м}{с}$$

β - угол между v и горизонтал
 $\beta = 30^\circ$

Тогда $v_x = v \cdot \cos \beta$
 $v_y = v \cdot \sin \beta$



$$OX: v_{0x} = v_x = v \cdot \cos \beta$$

$$OY: v_y = v_{0y} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v \cdot \sin \beta$$

$$v_{0y} = \frac{v \cdot \sin \beta \cdot t + \frac{gt^2}{2}}{t} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{10 \cdot 1}{2}}{1} = 10 \frac{м}{с}$$

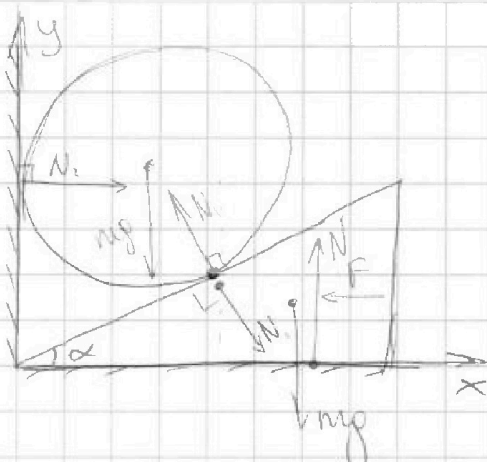
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



Для шара:

$$\begin{aligned} OX: N_2 &= N_1 \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = N_1 \cdot \sin \alpha \quad (1) \\ OY: mg &= N_1 \cdot \cos \alpha \quad (2) \end{aligned}$$

Для клина:

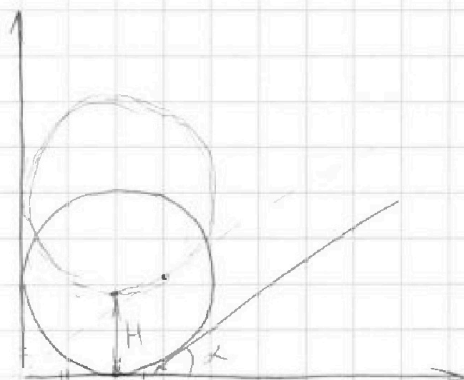
$$\begin{aligned} OX: N_1 \cdot \sin \alpha &= F \\ OY: mg &= N_1 \cdot \cos \alpha \\ N_1 &= \frac{F}{\sin \alpha} \quad (3) \end{aligned}$$

$$(3) \rightarrow (2)$$

$$mg = \frac{F}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha$$

$$F = mg \cdot \tan \alpha = 1 \cdot 10 \cdot \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

3.1 Ответ: $\frac{10}{\sqrt{3}} \text{ Н}$



$h = 2R$



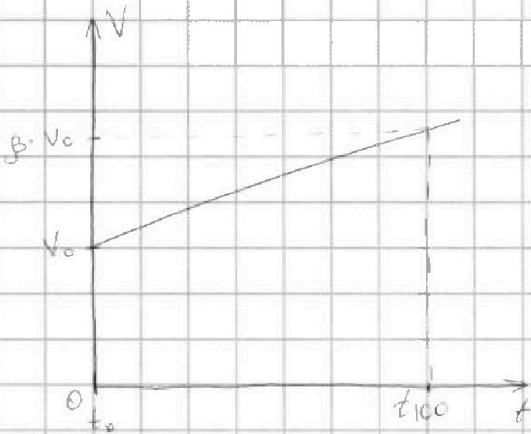
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

V_0 - объем ртути при $t_0 = 0^\circ\text{C}$



$$V(t) = V_0 + \frac{V_0 \cdot (\beta - 1)}{t_{100} - t_0} \cdot t$$

при t_0 $V_0 = \frac{m}{\rho}$

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

4.1 Ответ: $V(t) = \frac{m}{\rho} + \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0)} \cdot t$

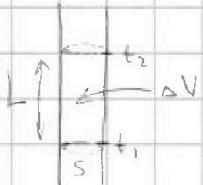
при t_1 объем ртути - V_1

при t_2 объем ртути - V_2

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \left(\frac{m}{\rho} + \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)}{t_{100} - t_0} \cdot t_2 \right) - \left(\frac{m}{\rho} + \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0)} \cdot t_1 \right) = \frac{m}{\rho} \frac{(\beta - 1)}{t_{100} - t_0} \cdot (t_2 - t_1) =$$

$$= \frac{2}{100 - 0} \cdot (1,018 - 1) \cdot (42 - 35) = \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 10^{-3}}{13,6 \cdot 100} \cdot 7 = \frac{36 \cdot 0,07}{13,6} \approx 0,19 \text{ мм}^3$$

4.2 Ответ: $\Delta V = \frac{m(\beta - 1)}{\rho(t_{100} - t_0)} \cdot (t_2 - t_1) \approx 0,19 \text{ мм}^3$



$$L \cdot S = \Delta V$$

$$S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{0,19}{50} = \frac{0,38}{100} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$$

4.3 Ответ: $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$



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!

$$I_0 = I_4 + I_3 = 5I_2 + 5I_2 = 10I_2$$

$$I_2 = \frac{I_0}{10} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ A}$$

$$I_1 = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ A}$$

$$I_4 = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = 1 \text{ A}$$

~~Напряжение на R_1 - $U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ В}$~~

~~Напряжение на R_2 - $U_2 = I_2 \cdot R_2 = 20 \cdot 0,2 = 4 \text{ В}$~~

Мощность на R_1 - $P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 0,8^2 \cdot 5 = 3,2 \text{ Вт}$

Мощность на R_2 - $P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 0,2^2 \cdot 20 = 0,8 \text{ Вт}$

Мощность на R_3 - $P_3 = I_3^2 \cdot R_3 = 1^2 \cdot 10 = 10 \text{ Вт}$

Мощность на R_4 - $P_4 = I_4^2 \cdot R_4 = 1^2 \cdot 6 = 6 \text{ Вт}$

P_2 - самая мал. мощность

$P_2 = P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$

3 5.3 Ответ: $P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$

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.

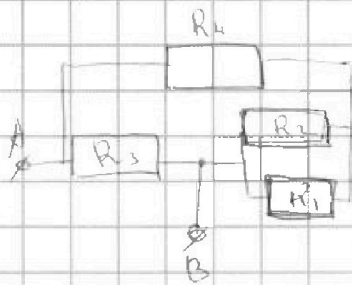


1 2 3 4 5 6 7

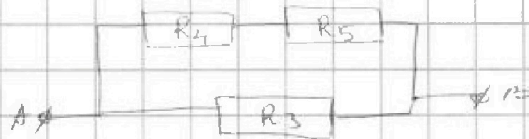
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

Перерисуем схему



$$\frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = \frac{20 \cdot 5}{20 + 5} = \frac{20}{5} = 4 \Omega = R_5$$



$$R_{\text{экв}} = \frac{(R_4 + R_5) \cdot R_3}{R_4 + R_5 + R_3} = \frac{(6 + 4) \cdot 10}{6 + 4 + 10} = \frac{100}{20} = 5 \Omega$$

5.1 Ответ: $R_{\text{экв}} = 5 \Omega$

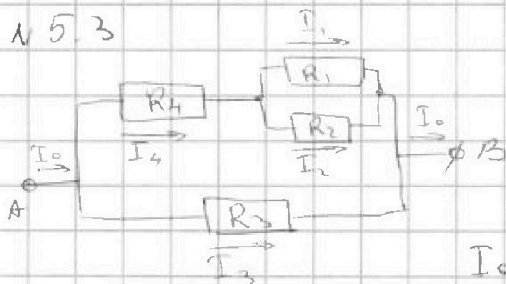
5.2



$$P = \frac{U^2}{R_{\text{экв}}} = \frac{100}{5} = 20 \text{ Вт}$$

5.2 Ответ: $P = 20 \text{ Вт}$

5.3



$$I_0 = I_4 + I_3$$

$$I_4 = I_1 + I_2$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{10}{5} = 2 \text{ А}$$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

$$I_1 = 4 I_2 \Rightarrow I_4 = 5 I_2$$

$$I_4 \cdot (R_4 + R_5) = I_3 \cdot R_3 \Rightarrow I_4 = I_3 = 5 I_2$$

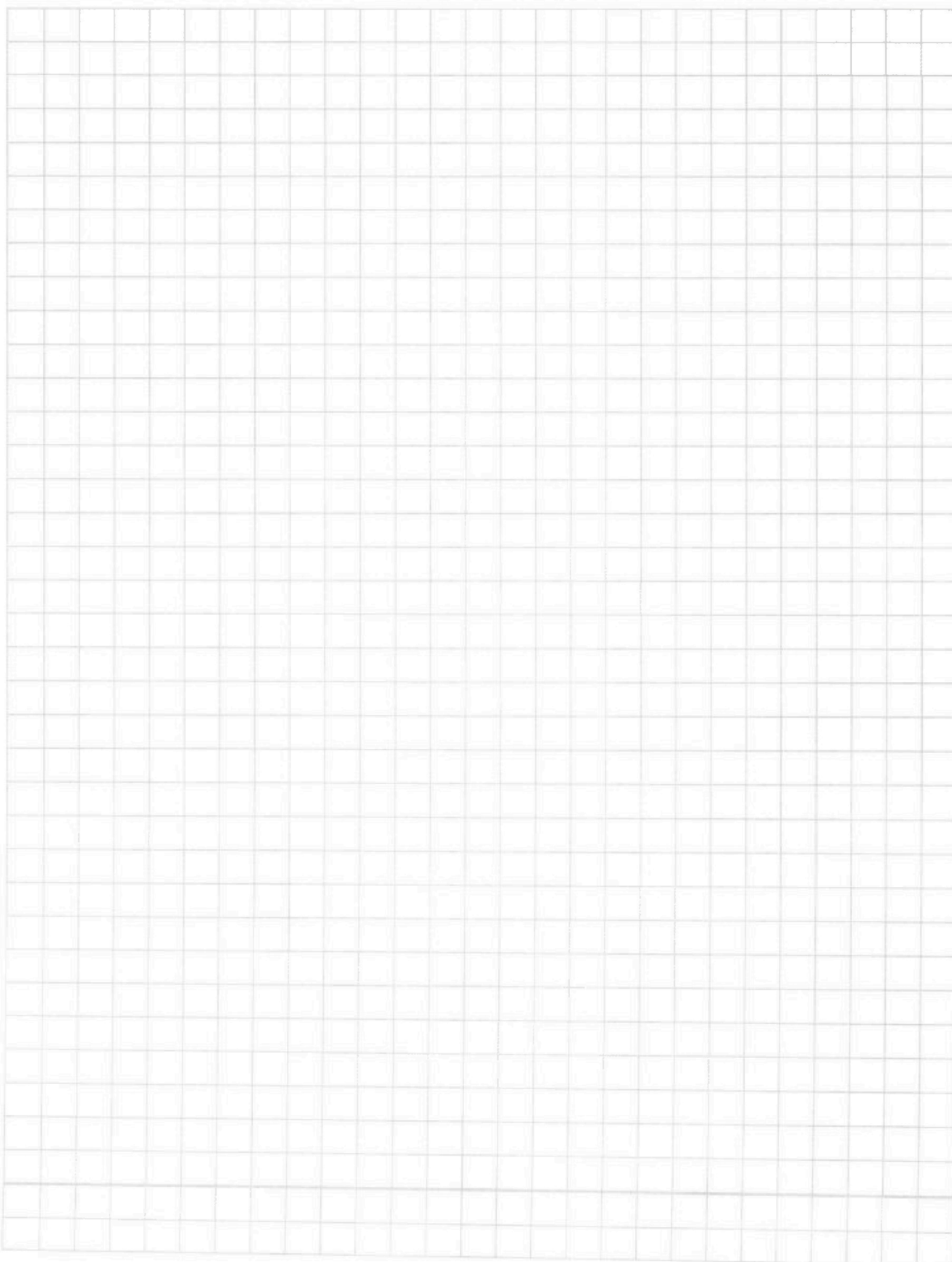


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер странички и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!



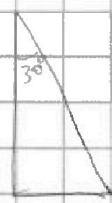
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$0 = v_{by}^2 = -2gH$$

$$\sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$\cos^2 + \frac{1}{4} = 1$$

$$\cos^2 = \frac{3}{4}$$

$$\cos = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$180 - 90 - \alpha = 90 - \alpha$$

$$90 - \beta = 90 - \alpha$$

$$\beta = 90 - 90 + \alpha$$

$$P = I \cdot U = \frac{U^2}{R}$$

$$= \frac{16^2}{40} = 6,4$$

$$20 \cdot 0,07 = 1,4$$

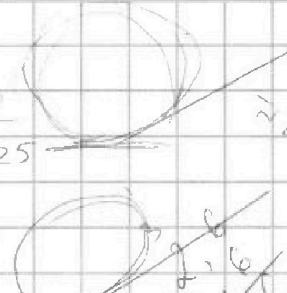
$$1,4 \cdot 16 = 22,4$$

$$22,4 + 1,4 = 23,8$$

$$23,8 \cdot 10^3 = 23800$$

$$\frac{23800}{40} = 595$$

$$595 \cdot 10^3 = 595000$$



$$v_1 = \dots$$

$$v_2 = \dots$$

$$v = \dots$$

$$v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 18$$

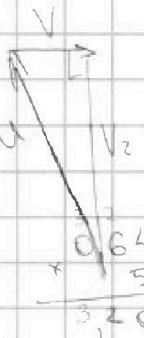
$$18 + 2 = 20$$

$$20 + 18 = 38$$

$$38 \cdot 10^3 = 38000$$

$$\frac{38000}{40} = 950$$

$$950 \cdot 10^3 = 950000$$



$$v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 18$$

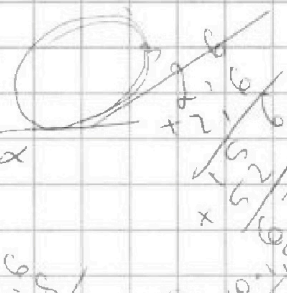
$$18 + 2 = 20$$

$$20 + 18 = 38$$

$$38 \cdot 10^3 = 38000$$

$$\frac{38000}{40} = 950$$

$$950 \cdot 10^3 = 950000$$



$$v_1 = \dots$$

$$v_2 = \dots$$

$$v = \dots$$

$$v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 18$$

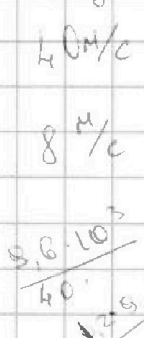
$$18 + 2 = 20$$

$$20 + 18 = 38$$

$$38 \cdot 10^3 = 38000$$

$$\frac{38000}{40} = 950$$

$$950 \cdot 10^3 = 950000$$



$$v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 18$$

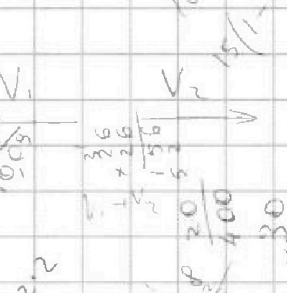
$$18 + 2 = 20$$

$$20 + 18 = 38$$

$$38 \cdot 10^3 = 38000$$

$$\frac{38000}{40} = 950$$

$$950 \cdot 10^3 = 950000$$



$$v_1 = \dots$$

$$v_2 = \dots$$

$$v = \dots$$

$$v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 18$$

$$18 + 2 = 20$$

$$20 + 18 = 38$$

$$38 \cdot 10^3 = 38000$$

$$\frac{38000}{40} = 950$$

$$950 \cdot 10^3 = 950000$$