



# 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.

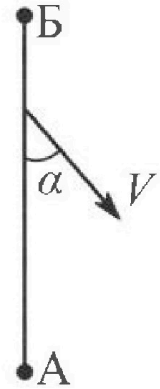
1. Найдите скорость  $U$  аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью  $V = 16$  м/с под углом  $\alpha$  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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

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

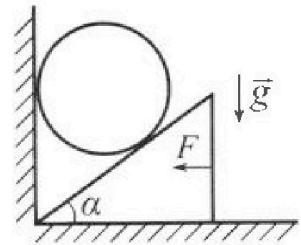
2. Найдите максимальную высоту  $H$  полета.

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/с<sup>2</sup>.

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  $\alpha$  ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение  $a_{MAX}$  клина.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

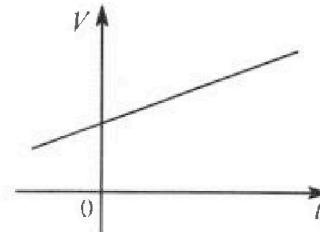
Вариант 09-01



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/см<sup>3</sup>. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

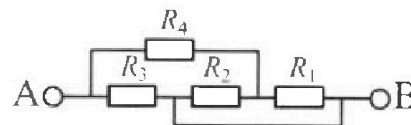


1. Следуя представленным опытными данным, запишите формулу зависимости объема  $V(t)$  ртути от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины:  $m, \rho, \beta, t_0, t_{100}, t$ .
2. Найдите приращение  $\Delta V$  объема ртути при увеличении температуры от  $t_1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

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  $P_{\text{MIN}}$ .



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.

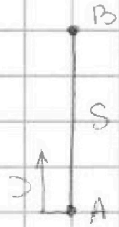
1  2  3  4  5  6  7

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

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

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

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

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

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

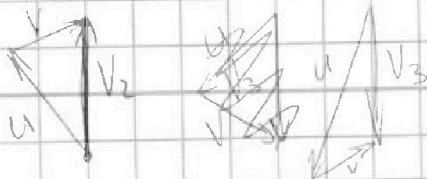
$$\sqrt{256}$$

$$= -12,8 \pm \sqrt{16^2 \cdot 0,8^2 - 16^2 + 24^2} = -12,8 \pm 8 \cdot \sqrt{256} = -12,8 \pm 20,8 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = V_1 \cdot T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{9,6 \cdot 10^3}{8 \sqrt{256} - 12,8} = 1200 \text{ с}$$

1.2 Ответ:  $1200 \text{ с} = 20 \text{ мин}$ ,  $T_1 = \frac{9600}{8\sqrt{256} - 12,8} \text{ с}$

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



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!

$$V_1^2 + 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{2} - (40 \cdot 8) = 0 \quad V_2 = -16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8}$$

$$V_3^2 - 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{2} - (40 \cdot 8) = 0 \quad V_3 = 16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot 8}$$

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

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

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

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

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

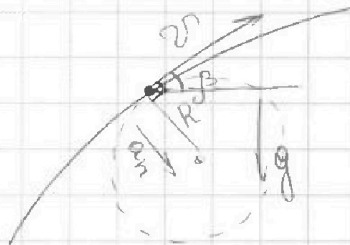
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

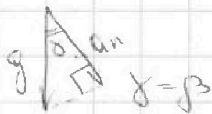
2.3



$a_n$  — нормальное ускорение в м/с<sup>2</sup>  
— 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:  $\frac{20}{\sqrt{3}}$



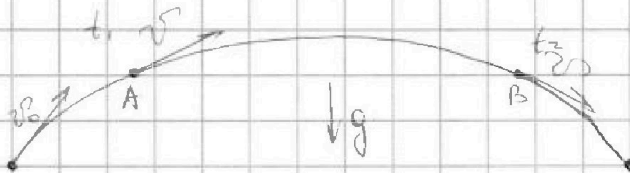
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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  $t_2$  -  $v$

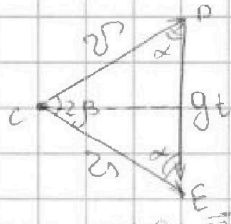


Движение меча происходит по параболе, поэтому она симметрична, а значит равные по модулю скорости находятся на одной высоте. После времени  $t_1$  меч будет парить столько же, сколько и  $t_2$  порхивался по времени на ту высоту  $t_1$  и  $t_2$  обратится движение.

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

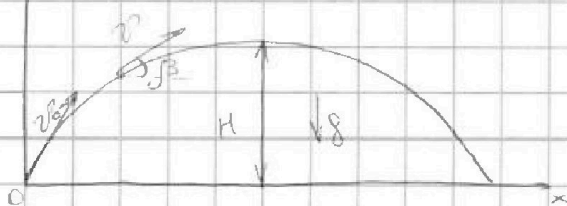
$$\alpha = \frac{180 - 2\beta}{2} = 90 - 30 = 60^\circ$$

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

$$v = gt = 10 \cdot 1 = 10 \frac{M}{c}$$

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

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



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

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

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

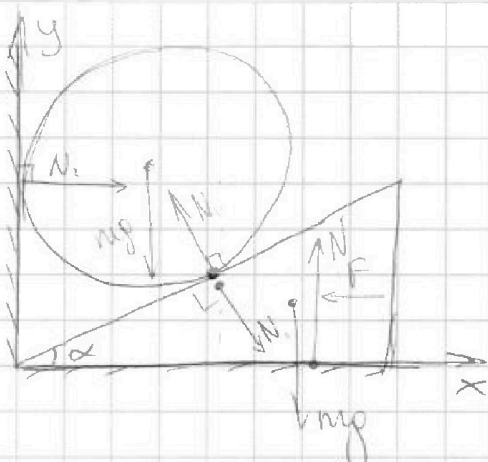
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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:

$$OX: N_2 = N_1 \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = N_1 \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

$$OY: mg = N_1 \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Для клина:

$$OX: N_1 \cdot \sin \alpha = F$$

$$OY: mg = N_1 \cdot \cos \alpha$$

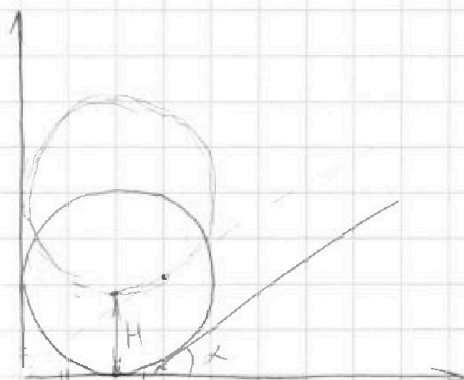
$$N_1 = \frac{F}{\sin \alpha} \quad (3)$$

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

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

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

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



$h = 2r$



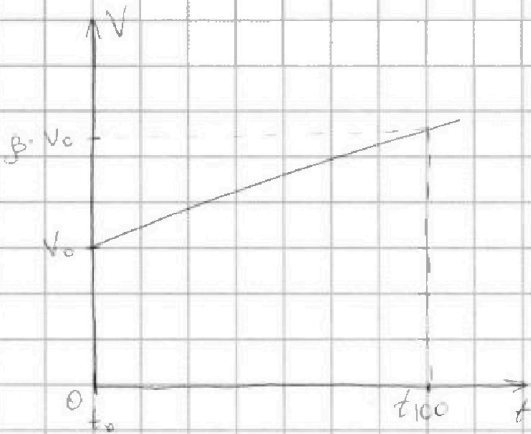
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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  $t_0$   $V_0 = \frac{m}{\rho}$

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

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

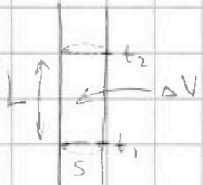
при  $t_1$  объем ртути -  $V_1$

при  $t_2$  объем ртути -  $V_2$

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

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

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



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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$P_2$  - самый мал. мощности

$$\text{В } P_2 = P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$$

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.

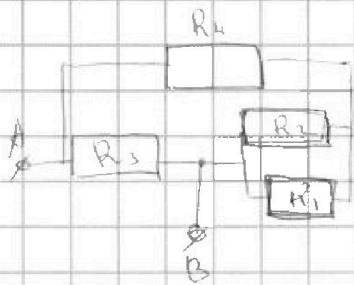


1  2  3  4  5  6  7

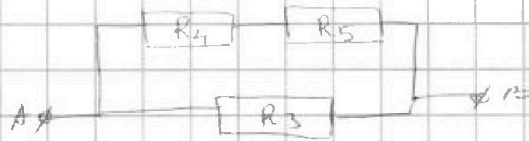
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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



$$\frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = \frac{20 \cdot 5}{25} = \frac{20}{5} = 4 \Omega = R_5$$



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

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

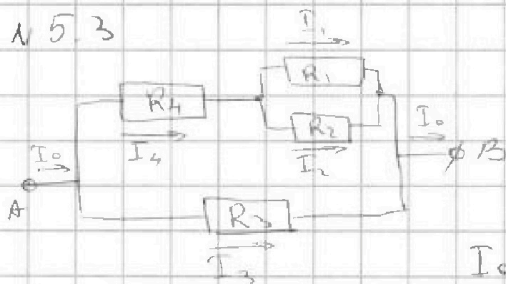
5.2



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

5.2 Ответ:  $P = 20 \text{ Вт}$

5.3



$$I_0 = I_4 + I_3$$

$$I_4 = I_1 + I_2$$

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

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

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

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



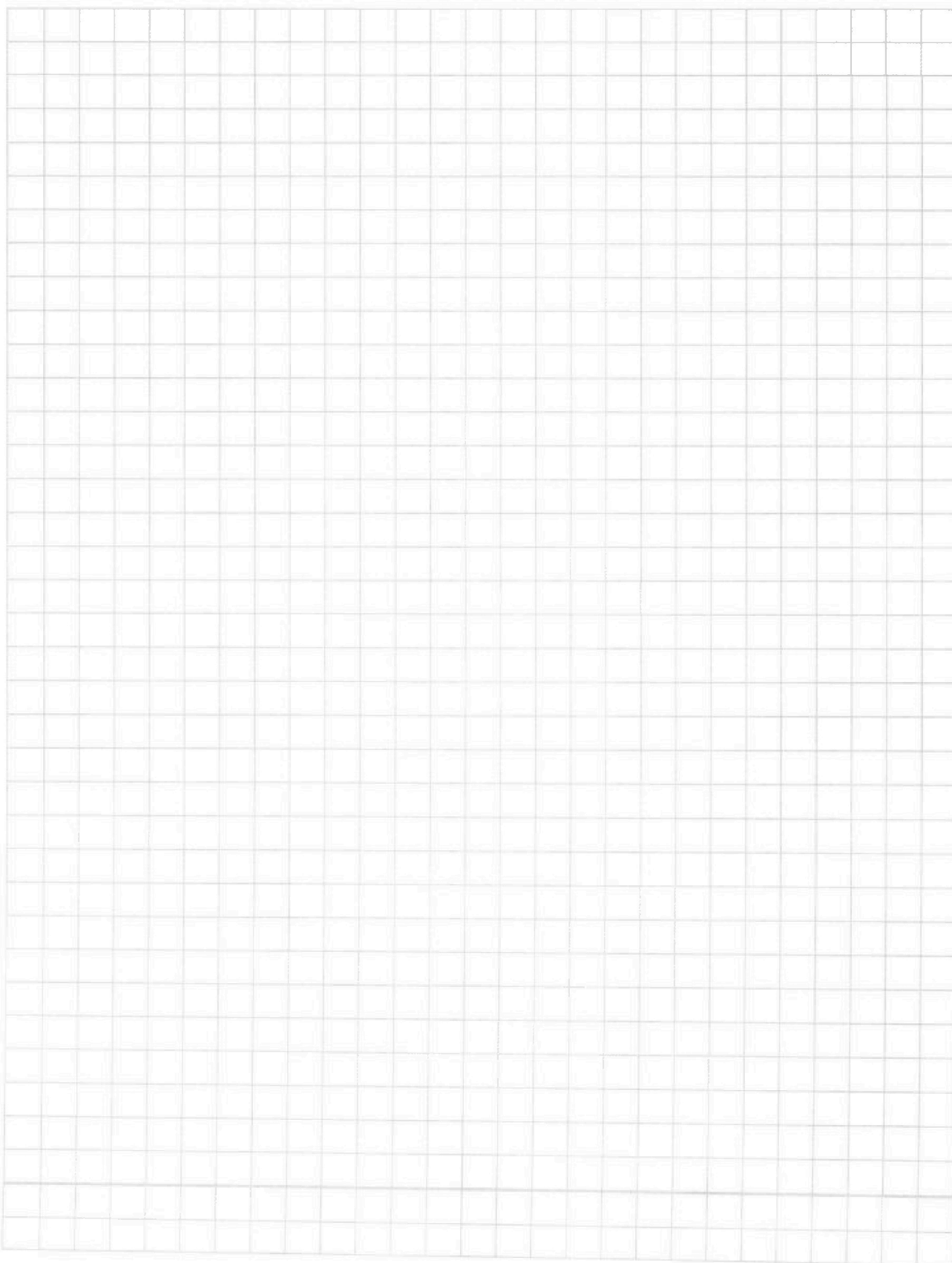
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер странички и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1    2    3    4    5    6    7

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!

Handwritten physics solution on grid paper. The solution includes:

- A right-angled triangle with a 30-degree angle. The hypotenuse is labeled  $0 = v_{0y}^2 = -2gH$ . The vertical side is  $\sin 30 = \frac{1}{2}$ . The horizontal side is  $\cos^2 + \frac{1}{4} = 1$ , leading to  $\cos = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .
- Force diagrams showing gravity  $g$  and acceleration  $a_n$  at an angle  $\beta$ . Angles  $180 - 90 - \alpha$  and  $90 - \alpha$  are noted.
- Equation:  $\theta = 90 - 90 + \beta$
- Power calculation:  $P = I \cdot U = \frac{U^2}{R} = \frac{16^2}{40} = 0,8$
- Velocity vectors  $v_1$  and  $v_2$  with components and magnitudes. Calculations include  $v_2 = \sqrt{24^2 - 16^2} = 20$ .
- Work and energy calculations:  $W = 2 \cdot 18 = 20 + 18$ ,  $W = 2,52 \cdot 13,6$ ,  $W = 3,6 \cdot 10^3$ .
- Final calculations:  $W = 3,6 \cdot 10^3 + 3,6 \cdot 10^3 = 7,2 \cdot 10^3$ ,  $W = 12,8 \cdot 10^3$ .
- Diagrams of vectors and angles  $\alpha$ .