



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-01

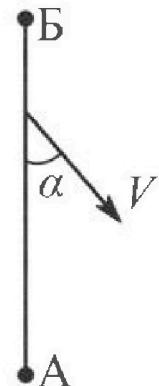


*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту А → Б в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние АБ равно $S=9,6$ км.

- 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 АБ (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.



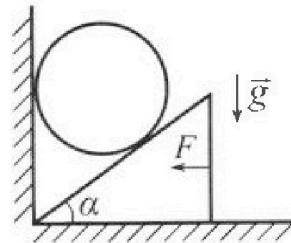
- Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту А → Б в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .
- При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту А → Б → А максимальная? Движение аппарата прямолинейное.
- Найдите максимальную продолжительность T_{MAX} полета по маршруту А → Б → А. 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.

- Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.
- Найдите максимальную высоту H полета.
- 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 покоятся 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.

- 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.

- Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.
- Найдите ускорение a клина в процессе разгона.
- При каком значении угла α ускорение клина максимальное?
- Найдите максимальное ускорение a_{MAX} клина.



Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2024

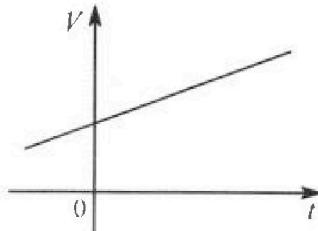


Вариант 09-01

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 $\rho = 13,6 \text{ г}/\text{см}^3$. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

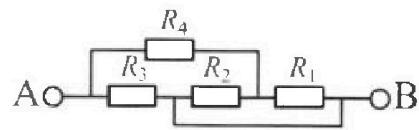


- Следуя предоставленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
- Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до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

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

- Найдите эквивалентное сопротивление R_{eq} цепи.

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



- Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.
- 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.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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.



$$S = V \cdot T_0$$

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

Ответ: $24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

N 1.2.

Из-за того что поднялся ветер аэропорт сносит с маршрута, поэтому ему приходится лететь под углом к траектории AB.



$$T_1^2 = U^2 + V^2$$

по т. косинусов

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

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

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

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

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

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

56

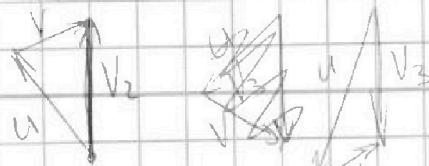
$$= -12,8 \pm \sqrt{16^2 \cdot 0,8^2 - 16^2 + 24^2} = -12,8 \pm \sqrt{256 \cdot 0,64 - 12,8} = -12,8 \pm \sqrt{128} = -12,8 \pm 12,8 = 0$$

$$V_1 = 12,8 + 12,8 = 25,6$$

$$S = V_1 \cdot T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{9,6 \cdot 10^3}{25,6} = 375 \frac{\text{с}}{\text{с}}$$

$$\approx 1,2 \text{ мин.} \quad T_1 = \frac{9,6 \cdot 10^3}{25,6} = 375 \text{ с}$$

1.3 ~~д~~ ~~с~~ Ответ $x = 0^\circ$ или 180°



Задачи с физикой
где сдвиги в косинусах

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!

$$V_1^2 + 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha - (40 \cdot \delta) = 0$$

$$V_2 = -16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta}$$

$$V_3^2 - 2 \cdot 16 \cdot \cos \alpha - (40 \cdot \delta) = 0$$

$$V_3 = 16 \cos \alpha + \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta}$$

$$T_{ABA} = \frac{3600}{\sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta}} + \frac{3600}{\sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta} - 16 \cos \alpha} = \frac{3600 \cdot 2 \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta}}{40 \cdot \delta} =$$

$$= 30 \cdot 2 \sqrt{16^2 \cos^2 \alpha + 40 \cdot \delta}$$

- отсюда max значение T_{ABA}

остигается при $\cos^2 \alpha = \text{max}$

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

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

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



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
2 ИЗ 2

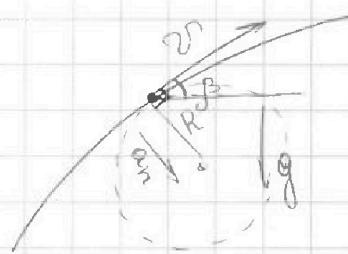
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$OY. H = 0 + \frac{I}{2} + \frac{g \cdot (\frac{I}{2})^2}{2}$$

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

2.2 Ответ: ~~23~~ $H = 11,25 \text{ м}$

2.3



a_n — нормальное ускорение в любой
текущий момент времени t .

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

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

$$\begin{array}{l} g \\ \diagdown \\ \theta = \beta \end{array} \quad a_n = g \cdot \cos \beta = g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

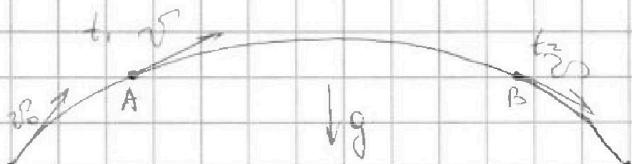
2.3 Ответ: $\frac{20}{\sqrt{3}}$

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.

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!

Метательное движение после удара со скоростью v_0 и времени t_1 . Угол между начальной и конечной скоростями $\alpha = 70^\circ$



Движение метла происходит по параболе, поэтому она симметрична, а значит равные по модулю скорости находятся на одной высоте.

После времени t_1 метла будет находиться столько же сколько и в первом полете

по времени ту высоту t_1 , из-за обратимости движения.

Тогда общее время полета

$$T = t_1 + t_2 = 1 + 2 = 3 \text{ с}$$

2.1 Ответ: $T = 3 \text{ с}$

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

$\triangle CDE = PIS$

Углы при основании DE равны

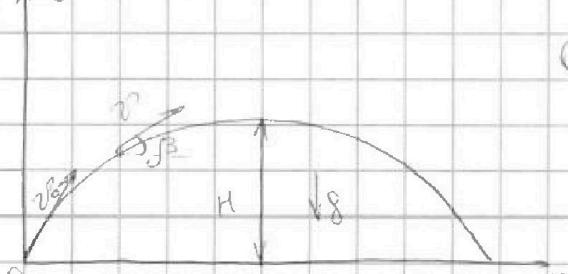
$$\alpha = 180 - 2\beta = 90 - 30 = 60^\circ, \text{ отсюда мет может}$$

погануть, т.к. $\triangle CDE PIS/t$, значит $\theta = g t$

$$v^2 = g t = 10 \cdot 1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

Тогда $\theta = 70^\circ$



$$Ox: v_{ox} = v_x = v \cdot \cos \beta$$

$$Oy: v_y = v_{oy} - gt = v \cdot \sin \beta - gt$$

$$v_{oy} = v \cdot \sin \beta + \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} + 10 \cdot \frac{1}{2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

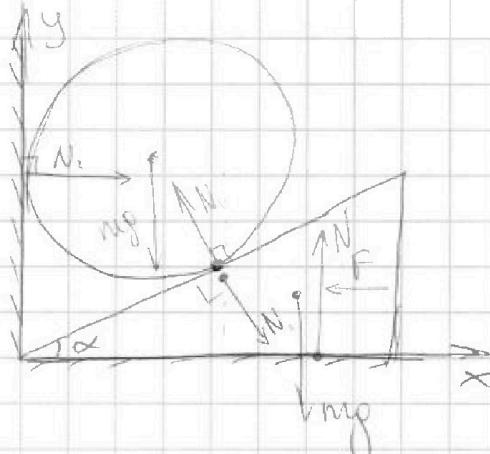


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



Две шары:

$$OX: N_2 = N_1 \cdot \cos(50^\circ - \alpha) = N_1 \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

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

Две клины:

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

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

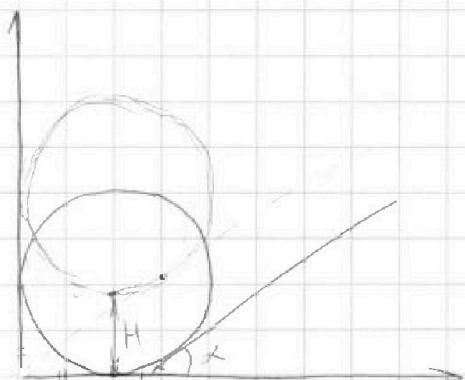
$$N_1 = \frac{F}{\sin \alpha} \quad (3)$$

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

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

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

3.1 Ответ: $\frac{10}{\sqrt{3}}$ Н



$$h = H$$

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.

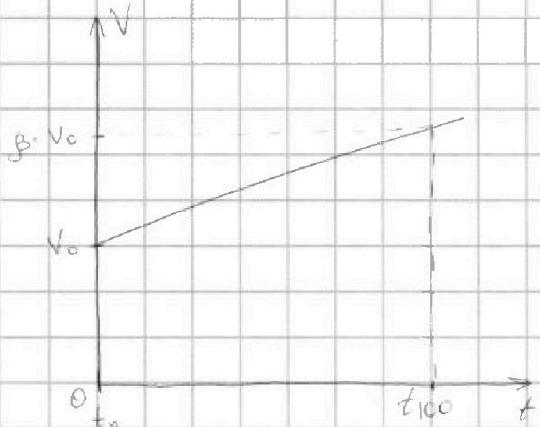


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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 $t_0 = 0^\circ\text{C}$



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

$$\text{При } t_0 \quad V_0 = \frac{m}{P}$$

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

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

При t_1 объем ртути $- V_1$

При t_2 объем ртути $- V_2$

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

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

$$4.2 \text{ Ответ: } \Delta V = \frac{\frac{m}{P}(\beta-1)}{t_{100}-t_0} \cdot (t_2 - t_1) \approx 0,18 \text{ mm}^3$$

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

$$S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{0,18}{50} = \frac{0,38}{100} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$$

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

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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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

Напр

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

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

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

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

P_2 - самая малая мощность

$$P_2 = P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$$

$$\text{3.5.3 Омег: } P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$$



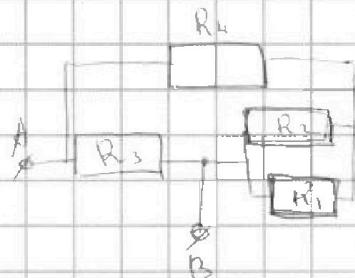
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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



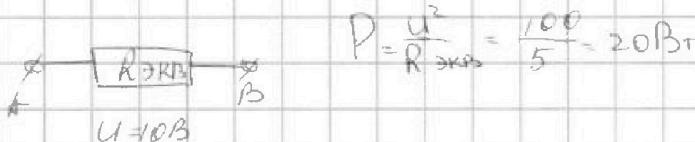
$$R_2 + R_1 = \frac{20+5}{25} = \frac{20}{5} = 4\Omega = R_5$$



$$R_{\text{ЭКР3}} = \frac{(R_4 + R_5) \cdot R_3}{R_4 + R_5 + R_3} = \frac{(6+4) \cdot 10}{4+10+6} = \frac{100}{20} = 5\Omega$$

5.1 Ответ: $R_{\text{ЭКР3}} = 5\Omega$

№ 5.2

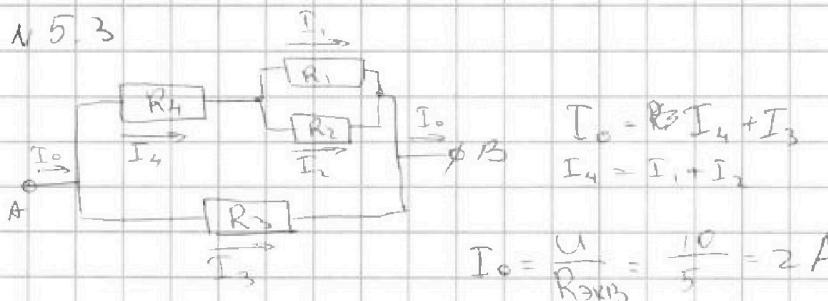


$$P = \frac{U^2}{R_{\text{ЭКР3}}} = \frac{10^2}{5} = 20 \text{ Вт}$$

$$U = 10 \text{ В}$$

5.2 Ответ: $P = 20 \text{ Вт}$

№ 5.3



$$I_0 = R_3 I_4 + I_3$$

$$I_4 = I_1 + I_2$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{\text{ЭКР3}}} = \frac{10}{5} = 2 \text{ А}$$

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер 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!

3

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

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

$$\frac{S}{2} \quad 180 - 80 - x \\ 80 - x$$

90 - 3

$$\delta = 80 - 90 + \beta$$

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

$$\begin{array}{r} \times 20 \\ 0,0' \\ \hline 0,080 \end{array}$$

$$\frac{964}{5} = 192 \text{ R } 4$$

$$\begin{array}{r} 320 \\ \times 4 \\ \hline 1280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2^{\circ} 3^{\circ} 6^{\circ} 10^{\circ} \\ \times 5 \\ \hline 10 \end{array}$$

10/10

2/3

$$\begin{array}{c}
 0^{\circ} 10' \\
 8.6^{\circ} 10' + 8.6^{\circ} 10' \\
 \hline
 40' \\
 45.6^{\circ} 20' \\
 \hline
 8
 \end{array}$$

$$\frac{2520}{1360}$$

~~3600,1~~

~~7~~ 4 12

Fig. 10. *Continued*.

$$\begin{array}{r} \cancel{1} \\ 6 \cancel{9} 6 \\ + 8 \\ \hline \cancel{5} \cancel{4} 6 \end{array} \quad 1^2 = 0, 36$$