

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр

13-002

(заполняется секретарём)

## Вариант 09-04

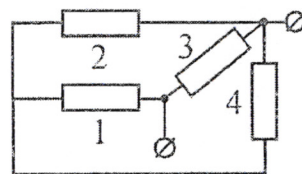
**1** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $L = 12$  м. Через какое время  $T$  после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равномерно.

**2** Начальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту, равна  $V_0 = 10$  м/с, а через  $\tau = 0,5$  с величина скорости камня уменьшилась до  $V = 7$  м/с. Найдите максимальную высоту  $H$  полета камня. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

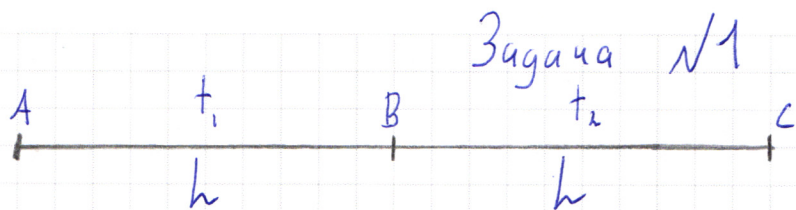
**3** На нити подвешен шарик. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол  $\alpha$  образует нить с вертикалью в тот момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально?

**4** В калориметр, содержащий  $m_1 = 2$  кг льда при температуре  $t_1 = -5$  °С, добавили  $m_2 = 200$  г воды при температуре  $t_2 = +5$  °С. Определите массу  $m$  льда в калориметре после установления равновесия. Удельные теплоемкости льда  $c_1 = 2100$  Дж/(кг·К), воды  $c_2 = 4200$  Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг.

**5** Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения. Сопротивления всех резисторов равны. На резисторе 1 рассеивается мощность  $P_1 = 10$  Вт. Найдите мощность  $P$ , рассеиваемую на всей цепи.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$h = 12 \text{ м}$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$t_{\text{кон}} = ?$$

Уравнение равноускоренного  
движения:

$$S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

Рассмотрим участок АВ:

$$S = h = 12 \text{ м}$$

$$t = t_1 = 1 \text{ с}$$

Подставляем значения в уравнение:

$$12 \text{ м} = v_0 \cdot 1 \text{ с} + \frac{a \cdot (1 \text{ с})^2}{2}$$

$$v_0 + 0,5a = 12$$

Рассмотрим участок АС:

$$S = 2h = 24 \text{ м}$$

$$t = t_1 + t_2 = 1 \text{ с} + 1,5 \text{ с} = 2,5 \text{ с}$$

Подставляем значения в уравнение:

$$24 \text{ м} = v_0 \cdot 2,5 \text{ с} + \frac{a \cdot (2,5 \text{ с})^2}{2}$$

$$2,5 v_0 + 3,125 a = 24$$

Получили систему уравнений:

$$\begin{cases} v_0 + 0,5a = 12 & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2,5 v_0 + 3,125 a = 24 & (2) \end{cases}$$

Выражение №1:

$$v_0 + 0,5a = 12$$

$$2v_0 + a = 24$$

Приравниваем оба выражения:

$$2v_0 + a = 2,5v_0 + 3,125a$$

$$-0,5v_0 = 2,125a$$

$$v_0 = -4,25a$$

Подставляем в выражение №1:

$$v_0 + 0,5a = 12$$

$$-4,25a + 0,5a = 12$$

$$~~4,75a~~ 3,75a = 12$$

$$a = -3,2 \text{ м/с}^2$$

Снова работаем с тем же выражением, подставляя значение ускорения:

$$v_0 + 0,5a = 12$$

$$v_0 - 1,6 = 12$$

$$v_0 = 13,6 \text{ м/с}$$

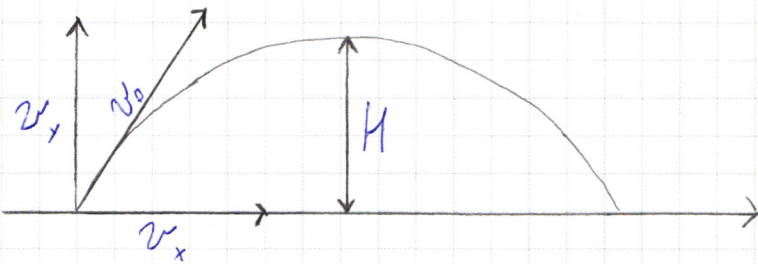
Теперь находим точку времени, когда  $v_x = 0$ , для этого делим  $v_0$  на  $|a|$ :

$$v_0 / a = 13,6 / 3,2 = 4,25 \text{ с}$$

Ответ:  $T = 4,25 \text{ с}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача №2



$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$t = 0,5 \text{ с}$$

$$v = 7 \text{ м/с}$$

$H = ?$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Выражаем  $v_0$  через  $v_x$  и  $v_y$ :

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v_0$$

⇓

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10 \text{ м/с} \Rightarrow v_x^2 + v_y^2 = 100 \quad (1)$$

Выражаем  $v$  через  $v_x$  и  $v_y$ :

Уравнение скорости в равноускоренном движении:

$$v = v_0 + at$$

Отсюда:

$$v_{yк} = v_y - gt$$

Отсюда:

$$\sqrt{v_x^2 + (v_y - gt)^2} = v$$

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 10v_y + 25} = 7 \text{ м/с} \Rightarrow v_x^2 + v_y^2 - 10v_y = 24$$

Подставляем значение  $v_x^2 + v_y^2$  в вышеуказанное

выражение:

$$v_x^2 + v_y^2 - 10v_y = 24$$

$$100 - 10v_y = 24$$

$$10v_y = 76$$

$$v_y = 7,6 \text{ м/с}$$

~~Подставив~~ Формула нахождения пути для равноускоренного движения:

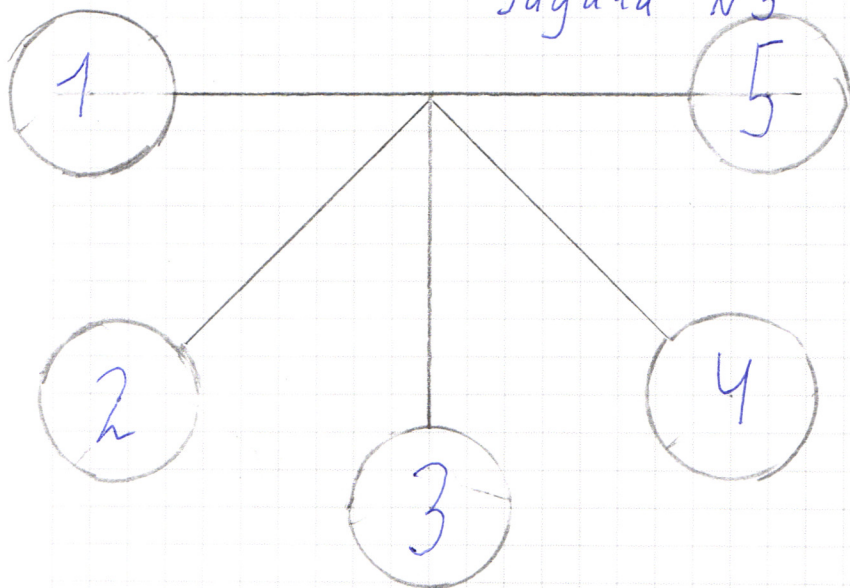
$$S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$$

Работаем отдельно с  $v_y$ . Подставляем значения в формулу, тем самым находим  $M$  ( $S_y$ ):

$$M = \frac{(7,6)^2 - 0^2}{20} = \frac{57,76}{20} = 2,98 \text{ м}$$

Ответ:  $M = 2,98 \text{ м}$

Задача №3



Сейчас я буду доказывать, почему шарик не испытывает горизонтального ускорения ни на одном промежутке своих колебаний

Выше вы видите фазы колебания шарика. Сейчас будем разбирать их по порядку

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Фазы 2 и 4:

Силы, действующие на шарик:

Центробежная, центростремительная и сила тяжести.

Будь сумма всех сил горизонтальной (как известно из 2 закона Ньютона  $F=ma$  вектор силы сонаправлен с вектором скорости), шарик бы двигался прямолинейно и горизонтально, чего мы не наблюдаем.

Фазы 1 и 5:

Сумма всех сил направлена вертикально, ведь на шарик действует только сила тяжести

Фаза 3:

Казалось бы, шарик движется горизонтально (ведь касательная к линии его движения горизонтальна), но всё-таки, ускорение не наблюдается ~~я~~, так как сумма всех сил (силы тяжести, центробежной и центростремительной сил) равна нулю  $\Rightarrow$  шарик на этом участке движется равномерно, без ускорения

Ответ: Такого угла нет

Задача №4

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = -5^\circ\text{C}$$

$$c_1 = 2100 \text{ Дж / (кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_2 = 5^\circ\text{C}$$

$$c_2 = 4200 \text{ Дж / (кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$\lambda = 330000 \text{ Дж} \cdot \text{кг}$$

Находим  $Q_{обш}$

За абсолютный моль  
• я взял  $-10^\circ\text{C}$

$$Q_{обш} = c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2$$

$$Q_{обш} = 2 \cdot 5 \cdot 2100 + 0,2 \cdot 10 \cdot 2100 + 0,2 \cdot 330000 + 0,2 \cdot 5 \cdot 4200 =$$
$$= 21000 + 4200 + 66000 + 4200 = 95400 \text{ Дж}$$

Теперь отнимаем теплоту, требуемую для нагрева  
льда до  $0^\circ\text{C}$

$$Q_{обш} - c_1 \cdot 10^\circ\text{C} \cdot 2,2 \text{ кг} = 95400 - 21000 \cdot 2,2 =$$
$$= 95400 - 46200 = 39200 \text{ Дж}$$

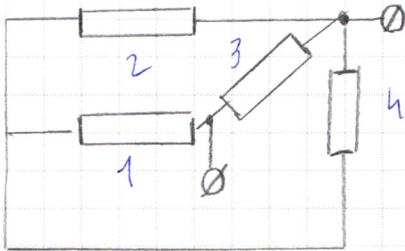
Теперь считаем, сколько льда можно расплавить  
этой теплотой:

$$\frac{39200 \text{ Дж}}{330000 \text{ Дж} \cdot \text{кг}} \approx 0,118 \text{ кг}$$

И отнимаем от общей массы вещества  
 $2,2 - 0,118 = 2,082 \text{ кг}$

Ответ:  $m = 2,082 \text{ кг}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

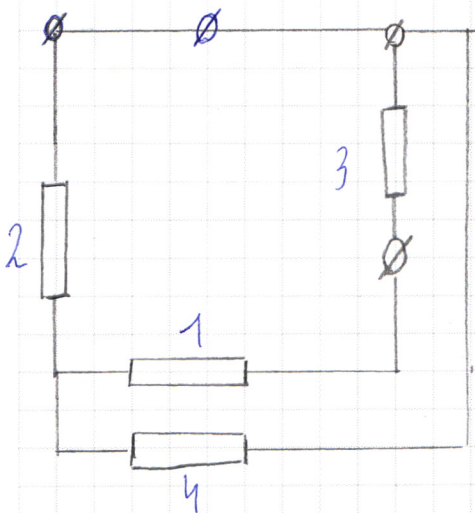


$$P_1 = 10 \text{ Вт}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

$$P_{\text{общ}} - ?$$

Для начала перерисуем схему для более простого понимания



Ручкой я нарисовал лишние клеммы для полного упрощения схемы.

Зная, что  $P_1 = 10 \text{ Вт}$ , мы с уверенностью можем сказать что и  $P_2 = 10 \text{ Вт}$ , так как оба резистора находятся в похожем положении.

На резисторе 4 выделяется мощность в 2 раза меньшая суммарно чем на резисторах 1 и 3 в сумме, так как сила тока не меняется, а для этого, при в 2 раза меньшем



сопротивления ~~нужно~~ нужно в 2 раза меньше  
напряжение.

Теперь находим ~~отнош~~ отношение мощности  
резистора 2 к сумме мощностей резисторов  
1, 3 и 4:

$$\frac{R}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}} = \frac{R}{\frac{1}{\frac{3}{2R}}} = \frac{R}{\frac{2R}{3}} = \frac{R}{\frac{2}{3}R} = \frac{1}{\frac{2}{3}} = 1 \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$$

Находим мощность на резисторе 2 через  
отношение мощностей:

$$\frac{P_2}{30 \text{ Вт}} = \frac{3}{2} \quad P_2 = 45 \text{ Вт}$$

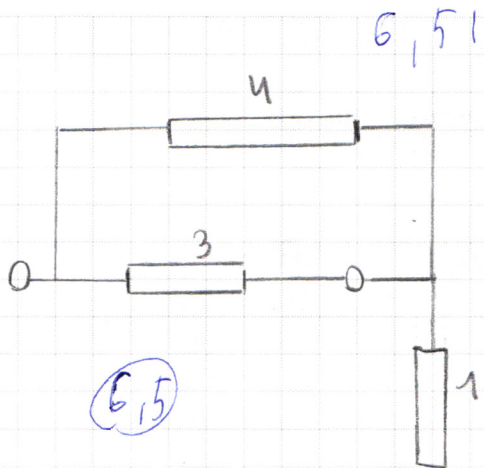
Суммируем все мощности

$$30 \text{ Вт} + 45 \text{ Вт} = 75 \text{ Вт}$$

Ответ: 75 Вт

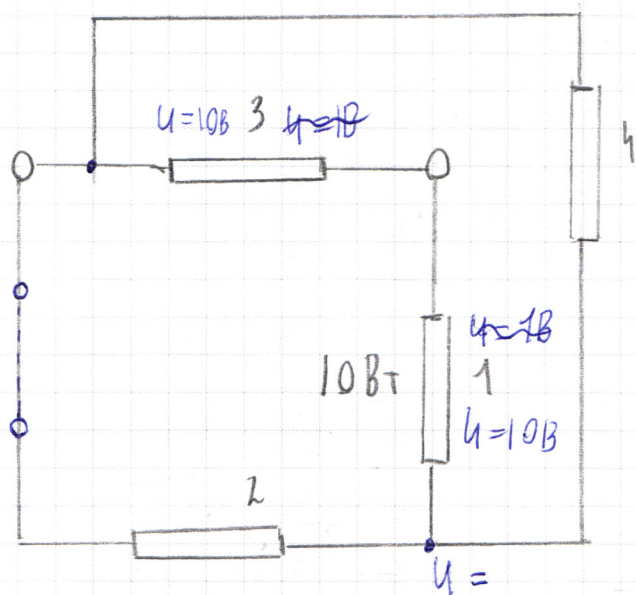


$$\begin{array}{r} \times 67 \\ 67 \\ \hline 469 \\ 492 \\ \hline 1489 \end{array}$$



$$+ \sqrt{36} \cdot \sqrt{4} \cdot \sqrt{2,25} = 6 \cdot 2 \cdot 1,5 = 18$$

$$\begin{array}{r} 65 \\ 65 \\ \hline 322 \\ 390 \\ \hline 4222 \end{array}$$



$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{2R} + \frac{2}{2R} = \frac{2R}{3}$$

$$\frac{2R}{3} + R$$

$$U_0 = 100 \text{ (к примеру)}$$

$$R = 10$$

тоже к примеру

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

$$13,6 / 3,2$$

$$2,24$$

$$3,2 \cdot 4 = 12,8$$

$$0,8$$

$$\frac{0,8}{3,2} = \frac{8}{32} = \frac{1}{4} = 0,25 \quad 6,215$$

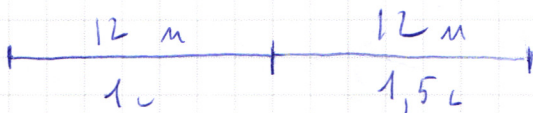
$$\begin{array}{r} 4,25 \times 6,55 \\ 6,55 \\ \hline 3275 \\ 3275 \\ \hline 39030 \\ 43030 \\ \hline 10,56 / 0 \\ 8 \\ \hline 2,5 \\ 2,4 \\ \hline 16 \\ 16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 4,25 \\ 32 \\ \hline 850 \\ 1275 \\ \hline 13,600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 6,215 \\ 6,215 \\ \hline 31075 \\ 6215 \\ \hline 12430 \\ 36290 \\ \hline 37626,225 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



$$2^3 \quad 2 \frac{1}{4} = \frac{9}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{9}{8} = 1 \frac{1}{8}$$

$$S = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 - 0,5 a \\ 24 = 1,5 v_0 - 1 \frac{1}{8} a \end{cases}$$

$$S = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 - 0,5 a \\ 24 = 2,5 v_0 - 3,125 a \end{cases}$$

$$2 v_0 - a = 2,5 v_0 - 3,125 a$$

$$-0,5 v_0 = -2,125 a$$

$$v_0 = 4,25 a$$

$$2 v_0 - a = 1,5 v_0 - 1 \frac{1}{8} a$$

$$0,5 v_0 = -\frac{1}{8} a$$

$$v_0 = -0,25 a$$

$$12 = v_0 + 2 v_0$$

$$12 = v_0 - 0,5 a$$

$$12 = 4,25 a - 0,5 a$$

$$12 = 3,75 a$$

$$a = 3,2 \text{ м/с}^2$$

$$12 = 3 v_0$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$\frac{12}{1} : \frac{15}{4} = \frac{12}{1} \cdot \frac{4}{15} = \frac{4}{1} \cdot \frac{4}{5} = \frac{16}{5} = 3 \frac{1}{5}$$

$$12 \text{ м} = 13,6 - \frac{3,2}{2}$$

$$= 13,6 - 1,6 = 12$$

$$12 = v_0 - 1,6$$

$$13,6 = v_0$$

13,6  
4,4 c  
12,8

2

$$\begin{cases} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10 \text{ м/с} \\ \sqrt{v_x^2 + (v_y - g t)^2} = 7 \text{ м/с} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x^2 + v_y^2 = 100 \text{ м/с} & (1) \\ v_x^2 + (v_y - g t)^2 = 49 \text{ м/с} & (2) \end{cases}$$

$$2) v_x^2 + (v_x - 5)^2 = 49 \text{ м/с}$$

$$v_x^2 + v_y^2 - 10v_y + 25 = 49$$

$$\underline{v_x^2 + v_y^2} - 10v_y = 24$$

$$100 - 10v_y = 24$$

$$10v_y = 76$$

$$v_y = 7,6 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{v_x^2 - 6,76} = 10$$

$$v_x^2 - 6,76 = 100$$

$$v_x^2 = 106,76$$

$$\underline{v_x = \sqrt{106,76} = 2\sqrt{26,66} = 4\sqrt{6,665}}$$

$$106,76$$

$$\begin{array}{r} 106,76 \quad | \quad 4 \\ \underline{8} \quad \quad \quad | \quad 26,66 \\ 26 \quad \quad \quad \\ \underline{24} \quad \quad \quad \\ 27 \quad \quad \quad \\ \underline{24} \quad \quad \quad \\ 36 \quad \quad \quad \\ \underline{36} \quad \quad \quad \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ \underline{156} \\ 52 \\ \hline 6,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26,66 \quad | \quad 4 \\ \underline{24} \quad \quad \quad | \quad 6,665 \\ 26 \quad \quad \quad \\ \underline{24} \quad \quad \quad \\ 20 \quad \quad \quad \\ \underline{20} \quad \quad \quad \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,665 \quad | \quad 4 \\ \underline{4} \quad \quad \quad | \quad 1,66 \\ 26 \quad \quad \quad \\ \underline{24} \quad \quad \quad \\ 20 \quad \quad \quad \\ \underline{20} \quad \quad \quad \\ 0 \end{array}$$

Q = -10°C - 0

$$Q_1 = 2100 \cdot 5 \cdot 2 = \underline{21000 \text{ Дж}}$$

$$Q_B = \cancel{4200 \cdot 2100} + 2100 \cdot 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 330000 + 4200 \cdot 0,2 \cdot 5$$

$$4200 + 66000 + 4200 = 66000 + 8400 = 74400 \text{ Дж}$$

$$Q = 95500 \text{ Дж}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_x = \text{const}$$

$$v_y = |v_{y0} - gt|$$

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10$$

$$\sqrt{v_x^2 + (v_y - 5)^2} = 7$$

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10$$

$$v_x^2 + v_y^2 = 100$$

$$v_x^2 + 57,76 = 100$$

$$v_x = \sqrt{42,24} \approx 6,5$$

$$\begin{array}{r} 100,00 \\ - 57,76 \\ \hline 42,24 \end{array} \quad \begin{array}{r} 7,6 \\ \times 7,6 \\ \hline 456 \\ 532 \\ \hline 57,76 \end{array}$$

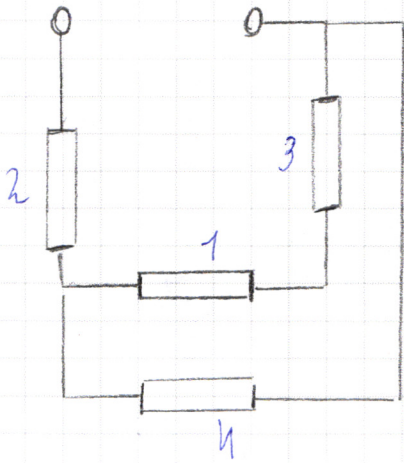
$$\begin{array}{l} v_x \\ 1) v_x^2 + v_y^2 - 10v_y + 25 = 49 \\ 100 - 10v_y = 24 \\ 10v_y = 76 \\ v_y = 7,6 \end{array}$$

$$0,76 \text{ с}$$

$$S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$$

$$S = \frac{7,6^2 - 0^2}{20} = \frac{57,76}{20}$$

$$\approx 2,98 \text{ м}$$



$$U = 100$$

$$R = 10$$

$$R_{\pi} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20} = \frac{20}{3} = 6\frac{2}{3}$$

$$16\frac{2}{3} R_{\text{общ}}$$

$$A = \frac{100}{16\frac{2}{3}} = \frac{100 \cdot 20}{3 \cdot 100} = \frac{3}{20} = \frac{5}{1} \cdot \frac{3}{1} =$$

$$= 15$$

$$A = \frac{100}{16\frac{2}{3}} = \frac{100}{1} \cdot \frac{50}{3} = \frac{100}{1} \cdot \frac{3}{50} = \frac{2}{1} \cdot \frac{3}{1} = 6$$

$$U_2 = IR = 60$$

40 Вт

20 Вт

20 Вт

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{2R} = \frac{2R}{3} = 60 \text{ Вт}$$

100 Вт

$$= \frac{2}{3} R$$

$$\frac{3}{2}$$