

## 9-10 классы

**Задача 1.**

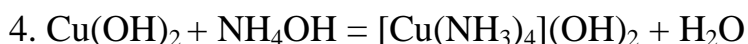
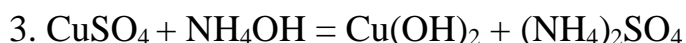
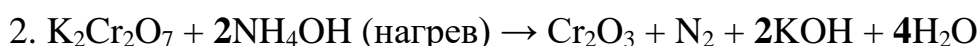
Студенты разбирали старый склад реактивов и нашли три неподписанные банки. В одной находились оранжевые кристаллы (А), во второй белый порошок, который при растворении дает синий раствор (В), а в третьей – жидкость с резким запахом (С)

Чтобы узнать, что в банках, они решили провести реакции между всеми веществами попарно (вещества А и В предварительно растворили в воде) и получили вот такую таблицу с результатами:

	А	В	С
А	-	Реакция не идет	Сначала раствор желтеет, затем при нагревании выделяется бесцветный газ без запаха и выпадает серо-зеленый осадок (D)
В		-	При медленном добавлении С к раствору В сначала выпадает голубой осадок, который при дальнейшем добавлении С растворяется и образуется темно-синий раствор

Кроме того, они выяснили, что вещество В не разлагается при нагревании до 600°C

Какие вещества находились в банках? Напишите уравнения всех проведенных реакций. Какие еще методы можно использовать для доказательства?

**Возможное Решение:**

Варианты дополнительных методов:

Реакция с солями Ва – белый осадок с  $SO_4^{2-}$ , желтый с  $Cr_2O_7$

Цвет пламени –  $CuSO_4$  – сине-зеленый,  $K_2Cr_2O_7$  - фиолетовый

**Критерии.**

1. Правильно определено вещество – 2 балла за каждое (максимально 6 баллов); правильно определен ион – 1 из 2 баллов.
  2. Правильно составлены уравнения реакций – по 3 балла за каждое (максимально 12 баллов)
  3. Правильно выполнено уравнивание ОВР (реакция 2) и расставлены верные коэффициенты – 3 балла
  4. Приведены дополнительные методы исследования – по 2 балла за каждый подходящий метод (не более 4 суммарно)
- Максимум баллов за эту задачу: **25** баллов.

**Задача 2.**

В большой стеклянный сосуд налили 50 ложек некоторого раствора различной концентрации (по массе). Первая ложка содержала 1%-й раствор, вторая ложка – 2%-й раствор, третья – 3%-й раствор и т.д. Последняя, пятидесятая, ложка содержала 50%-й раствор. Какова концентрация получившегося раствора в большом стеклянном сосуде? Считать, что все ложки имеют одинаковый объём.

**Возможное Решение:**

Согласно определению, массовая концентрация определяется как отношение массы растворённого вещества к объёму раствора (растворителя) по формуле:

$$c = \frac{m_{\text{вещества}}}{V_{\text{растворителя}}} \cdot 100\% \quad (\text{или } c = \frac{m_{\text{вещества}}}{V_{\text{растворителя}}}).$$

Обозначим объём растворителя в ложке через  $V$ .

Тогда концентрация раствора в первой ложке равна  $c_1 = \frac{m_1}{V}$ , во второй ложке равна  $c_2 = \frac{m_2}{V}$ , ..., пятидесятой ложке  $c_{50} = \frac{m_{50}}{V}$ . Здесь  $m_1, m_2, \dots, m_{50}$  – массы соли в первой, второй, ..., пятидесятой ложках соответственно.

Значит,  $m_1 = c_1 \cdot V$ ;  $m_2 = c_2 \cdot V$ ; ...  $m_{50} = c_{50} \cdot V$ , где  $c_1 = 1\%$ ;  $c_2 = 2\%$ ; ...,  $c_{50} = 50\%$ .

Тогда концентрация получившегося раствора соли в большом стеклянном сосуде равна:

$$c = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_{50}}{V \cdot 50} \cdot 100\%$$

Окончательно получаем:

$$\begin{aligned} c &= \frac{c_1 \cdot V + c_2 \cdot V + \dots + c_{50} \cdot V}{V \cdot 50} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_{50}}{50} = \frac{1\% + 2\% + \dots + 50\%}{50} = \\ &= \frac{(1+50) \cdot 50/2}{50} = 25,5\% \end{aligned}$$

**Примечание.** Для вычисления числителя дроби полезно воспользоваться формулой для суммы арифметической прогрессии  $S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} \cdot n$ . Здесь  $a_1 = 1$ ;  $a_n = 50$ ;  $n = 50$ .

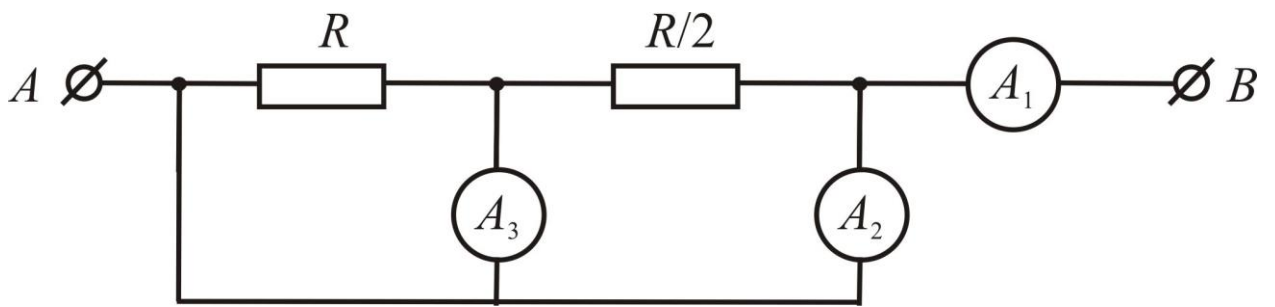
**Ответ:** Концентрация получившегося раствора в большом стеклянном сосуде равна  $c = 25,5\%$ .

**Критерии:**

- 1) Записаны формулы для нахождения масс соли в первой, второй, ..., пятидесятой ложках через соответствующие концентрации  $c_1, c_2, \dots, c_{50}$  и объём ложки  $V$ . – 5 баллов.
- 2) Записана формула для нахождения концентрации получившегося раствора соли в большом стеклянном сосуде – 14 баллов.
- 3) Получен правильный численный ответ – 6 баллов.  
Максимум баллов за эту задачу: **25** баллов.

**Задача 3.**

Два резистора сопротивлениями  $R$  и  $R/2$  и три неидеальных одинаковых амперметра, сопротивления которых равны  $R_A = R$ , соединены в электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Напряжение на клеммах  $U_{AB} = 6$  В, сопротивление  $R = 2$  Ом. Определите, чему равно общее сопротивление цепи на участке  $AB$  и найдите показания амперметров  $A_1, A_2$  и  $A_3$ .

**Решение.**

Поскольку неидеальные амперметры обладают сопротивлениями  $R$ , то их можно представить их как идеальные амперметры, последовательно соединённые с резисторами  $R$ . Перерисуем эквивалентную схему электрической цепи:

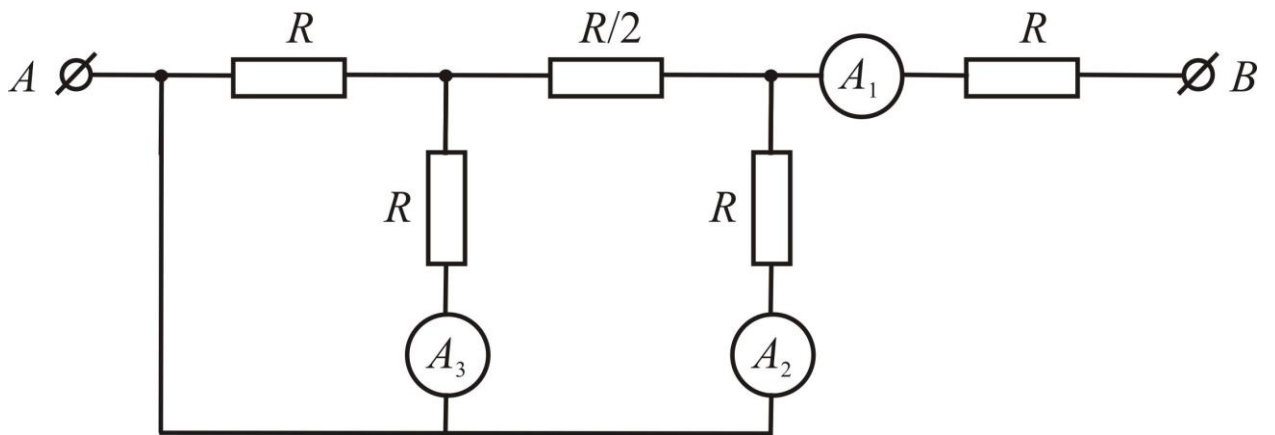


Рис. 1.

Далее сводим нашу электрическую схему к последовательности последовательно и параллельно соединённых элементов:

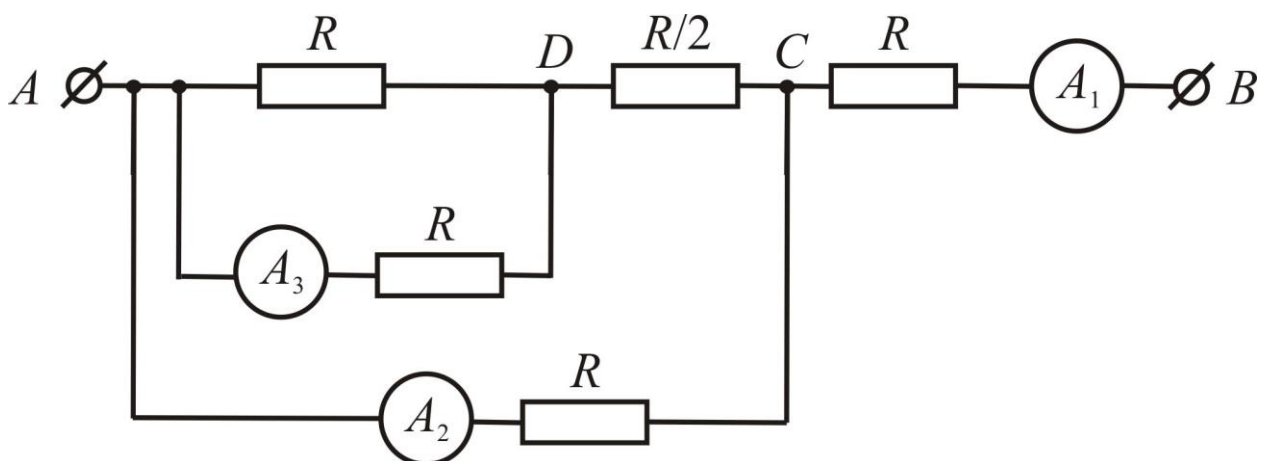


Рис. 2.

Из получившейся схемы уже легко определить общее сопротивление цепи на участке  $AB$ :

Сопротивление участка  $AD$ :  $R_{AD} = R/2 = 2/1 = 1$  (Ом)

Сопротивление участка  $AC$ :  $R_{AC} = \frac{(R_{AD} + R/2) \cdot R}{(R_{AD} + R/2) + R} = \frac{(1+1) \cdot 2}{(1+1) + 2} = \frac{4}{4} = 1$  (Ом)

Сопротивление участка  $AB$ :  $R_{\text{общ}} = R_{AC} + R = 1 + 2 = 3$  (Ом)

Сила тока, протекающего через амперметр  $A_1$ :  $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{\text{общ}}} = \frac{6\text{В}}{3\text{Ом}} = 2$  А.

После прохождения первого амперметра  $A_1$  в точке  $C$  ток разделяется на две ветви, имеющие одинаковые сопротивления. Следовательно, ток  $I_1$  делится пополам, и амперметр  $A_2$  покажет силу тока  $I_2 = I_1/2 = 1$  А.

Аналогично, после прохождения резистора  $R/2$  в точке  $D$  ток  $I_1$  разделится пополам, и амперметр  $A_3$  покажет силу тока  $I_3 = I_2/2 = 0,5$  А.

**Ответ:** Общее сопротивление электрической цепи на участке  $AB$  равно  $R_{\text{общ}} = 3$  Ом.

Показание амперметра  $A_1$ :  $I_1 = 2$  А.

Показание амперметра  $A_2$ :  $I_2 = 1$  А.

Показание амперметра  $A_3$ :  $I_3 = 0,5$  А.

### Критерии.

- 1) Представление неидеальных амперметров как идеальных амперметров, последовательно соединённых с резисторами. Приведение схемы электрической цепи к рис. 1. – 5 баллов.
  - 2) Приведение схемы электрической цепи к рис. 2. – 10 баллов.
  - 3) Расчёт общего сопротивления цепи. – 5 баллов.
  - 4) Нахождение сил токов, текущих через амперметры  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ . – 5 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: **25** баллов.

### Задача 4.

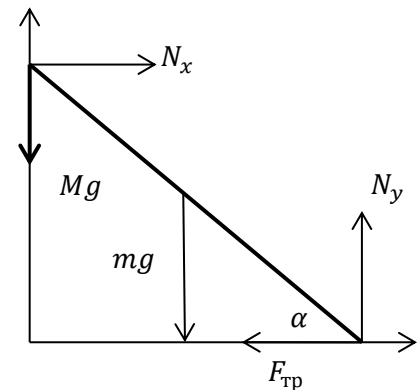
Маляру массой  $M=90$  кг требуется покрасить гладкую вертикальную стену. Он решил проверить сцепление лестницы массой  $m=15$  кг с полом. Оказалось, что лестница начинает скользить, если она составляет с полом угол, меньший 45

градусов. Под каким минимальным углом к полу маляру следует поставить лестницу, чтобы он смог подняться как можно выше и не упасть?

Примечание: считать, что лестница однородная.

### Решение:

Рассматривая условия равновесия лестницы с человеком на ней, необходимо считать, что оно выполняется для любого положения человека на лестнице. Таким образом, достаточно выяснить выполнение этих условий в случае, когда человек находится в верхней точке лестницы, что мы и будем полагать. Итак, пусть «критический угол» при этом равен  $\beta$ , и силу трения можно считать равной силе трения скольжения. Введем длину и массу лестницы и человека. Запишем условия равновесия – векторная сумма сил, приложенных к лестнице, равна нулю. Кроме того, необходимым условием отсутствия вращения является равенство нулю моментов всех сил относительно любой точки (в качестве потенциальной оси вращения удобнее выбрать точку горизонтальной опоры, так как относительно ее моменты сразу двух сил равны нулю). Итак, проектируя силы на рисунке, имеем три уравнения:



$$N_y = (m + M)g$$

$$N_x = F_{\text{тр}} = kN_y$$

$$N_x \sin \beta = \left( \frac{m}{2} + M \right) \cos \beta$$

Отсюда находим:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2k} \cdot \frac{m + 2M}{m + M}$$

Полагая  $M = 0$ , находим условие равновесия лестницы без человека  $\beta = \alpha$ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2k}$$

откуда коэффициент трения:

$$k = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{2} = 0.5$$

Подставляя данные, приведенные в условии, получаем:

$$\beta = 61,7^\circ$$

### Критерии:

1. Правильно записаны все условия равновесия — 8 баллов.

2. Из условий равновесия найден угол— 5 баллов.
3. Проведено сравнение случаев с маляром и без —8 баллов.
4. Исключен не заданный в условии коэффициент трения – 4 балла.

Максимум баллов за эту задачу: **25** баллов.