

## Десятый класс

(Ильин М.А.)

1. Метод разделения и анализа, о котором идет речь – **хроматография** (автор метода – Михаил Цвет).

2. Основоположник современной теории строения комплексных соединений – Альфред Вернер.

3. Вещество оранжевого цвета –  $K_2Cr_2O_7$ , голубую окраску имеет медный купорос –  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ .

4, 7, 8. Один из возможных вариантов ответа приведен ниже (могут быть другие варианты решения, удовлетворяющие условиям задания).

Цвет соединения	Формула	Уравнение реакции, соответствующей цветовому переходу
<b>к</b> расный	$CrO_3$	$K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_{4 \text{ конц.}} \rightarrow 2CrO_3 \downarrow + 2KHSO_4 + H_2O$
<b>ж</b> елтый	$BaCrO_4$	$K_2Cr_2O_7 + BaCl_2 + H_2O \rightarrow BaCrO_4 \downarrow + 2KCl + H_2CrO_4$
<b>з</b> еленый	$Cr(OH)_3$	$K_2Cr_2O_7 + 3C_2H_5OH + 4H_2SO_4 \rightarrow$ $\rightarrow 2K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3COH + 7H_2O$ $Cr_2(SO_4)_3 + 6NaOH_{\text{без изб.}} \rightarrow 2Cr(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4$ (или $Cr_2(SO_4)_3 + 3NH_3_{\text{водн.}} + 3H_2O \rightarrow 2Cr(OH)_3 \downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$ )
<b>с</b> иний	$Cu(OH)_2$	$2NaOH + CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$
<b>ф</b> иолетовый	$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$	$CuSO_4 + 4NH_3_{\text{конц. водн. р-р}} \rightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4_{\text{р-р}}$ добавление к полученному фиолетовому раствору этанола приводит к осаждению $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$
<b>ч</b> ерный	$CuO$	$2NaOH_{\text{гор. р-р}} + CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} CuO \downarrow + Na_2SO_4 + H_2O$
<b>б</b> елый	$BaSO_4$	$CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + CuCl_2$

5-6. Если вещество поглощает все цвета спектра, оно нам кажется **черным**, если отражаются все цвета спектра – вещество **белое**.

## Рекомендации к проведению реакций

**Цветовой переход оранжевый → красный ↓**

К насыщенному раствору дихромата калия (приготовленному из ~0,1 г твердого  $K_2Cr_2O_7$  и ~1 мл дистиллированной воды) осторожно с помощью пипетки приливают при перемешивании двукратный объем концентрированной серной кислоты. Оксид хрома (VI) постепенно выпадает в виде ярко-красного осадка при охлаждении содержимого пробирки до комнатной температуры.

***Цветовой переход оранжевый → желтый ↓***

К разбавленному раствору дихромата калия добавляют по каплям равный объем хлорида бария. Тотчас выпадает желтый осадок хромата бария.

***Цветовой переход оранжевый → ... → зеленый ↓***

К 1 мл насыщенного раствора дихромата калия осторожно с помощью пипетки добавляют 5–6 капель концентрированной серной кислоты и приливают при перемешивании равный объем этанола. Спустя 1–2 мин. раствор приобретает зеленую окраску (при необходимости, для ускорения процесса содержимое пробирки можно слегка подогреть на водяной бане).

К полученному раствору добавляют по каплям при перемешивании раствор NaOH (без избытка!) до образования зеленого осадка  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Для осаждения  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  можно использовать также раствор аммиака, его тоже необходимо добавлять по каплям.

***Цветовой переход голубой → синий ↓***

К раствору гидроксида натрия добавляют по каплям при перемешивании равный объем раствора сульфата меди (II). Выпадает голубовато-синий осадок гидроксида меди (II). Если поменять последовательность добавления (к раствору соли меди (II) добавлять раствор щелочи) в осадок выпадают голубовато-зеленые основные сульфаты меди (II).

***Цветовой переход голубой → фиолетовый ↓***

К раствору сульфата меди (II) добавляют по каплям при перемешивании концентрированный раствор аммиака сначала до выпадения осадка, а затем до его полного растворения. В результате образуется фиолетовый раствор, содержащий амминокомплекс меди (II). Для осаждения  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  к полученному раствору добавляют равный объем этилового спирта. Попытка выделения этого комплексного соединения в виде осадка упариванием реакционного раствора на водяной бане приводит к его распаду и образованию  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  и  $\text{CuO}$ .

***Цветовой переход голубой → черный ↓***

~1 мл раствора гидроксида натрия в пробирке нагревают в течение 5–10 минут на водяной бане и, не дожидаясь охлаждения раствора до комнатной температуры, добавляют по каплям при перемешивании равный объем раствора сульфата меди (II). Ввиду термической нестойкости  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , в осадок выпадает черный оксид меди (II).

**Цветовой переход голубой → белый ↓**

К раствору сульфата меди(II) добавляют по каплям при перемешивании равный объем раствора хлорида бария. Выпадает белый осадок сульфата бария, а раствор при этом остается окрашенным в голубой цвет.

**Система оценивания****Часть 1**

1. Название метода разделения и анализа ..... 1 балл  
 2. Фамилия основоположника теории строения комплексных соединений ..... 1 балл  
 3. Соотнесение голубой и оранжевой окраски вещества с формулой  
 ..... 1 б. × 2  
 = 2 балла
4. Формулы окрашенных соединений (**к-ф**)  
 ..... 2 б. × 5  
 = 10 баллов
- (если предложены формулы веществ, соответствующих окраске, но нет подтверждения уравнением реакции его образования, ставится 1 балл за каждое вещество)
5. Окраска вещества, поглощающего все цвета спектра ..... 1 балл  
 6. Окраска вещества, отражающего все цвета спектра ..... 1 балл  
 7. Формулы черного и белого соединений  
 ..... 2 б. × 2  
 = 4 балла
- (если предложены формулы веществ, соответствующих окраске, но нет подтверждения уравнением реакции его образования, ставится 1 балл за каждое вещество)
- Всего за часть 1.....20 баллов**

**Часть 2**

- Полученные окрашенные вещества (**к-ф, ч и б**, всего 7 веществ) в склянках  
 ..... 3 б. × 7  
 = 21 балл
- (если окрашенное вещество представлено члену Жюри только в виде раствора (а не в виде осадка или геля, как это требует задание), ставится 1 балл за каждое вещество)
- Уравнения осуществленных реакций  
 ..... 1 б. × 7  
 = 7 баллов
- Всего за часть 2.....28 баллов**
- Техника проведения эксперимента ..... 2 балла**
- Итого за экспериментальный тур (максимальный балл).....50 баллов**