

### Задача 8-3

В наше время привыкли к тому, что краски бывают любого цвета. Но в древности при изготовлении красок определенного цвета возникали большие проблемы. Самым ценным цветом красок считался голубой. Его было довольно трудно достать. В Древнем Египте для придания краскам этого цвета использовался минерал, который получил соответствующее название – Египетский голубой ( $w(\text{Si})=29.89\%$  масс.,  $w(\text{O})=42.55\%$  масс.,  $w(\text{Cu})=16.89\%$  масс.). Следы этого минерала нашли даже на короне царицы Нефертити. А в другой части мира в качестве пигмента использовали минерал с современным названием Китайский голубой ( $w(\text{Si})=23.75\%$  масс.,  $w(\text{O})=33.81\%$  масс.,  $w(\text{Cu})=13.42\%$  масс.). Им была украшена известная археологическая достопримечательность Китая – Терракотовая армия.

1. Установите формулы этих двух пигментов, если известно, что они имеют одинаковый стехиометрический состав, содержат по четыре элемента, отличительные элементы находятся в одной группе Периодической системы. Также известно, что два элемента в каждом минерале имеют одинаковую степень окисления и их мольное соотношение в обоих минералах равно 1:1.

2. Приведите примеры двух соединений, используемых в качестве пигментов для изготовления голубых красок в последние несколько веков.

Ответы подтвердите соответствующими объяснениями и вычислениями. В расчетах молярные массы элементов берите с точностью до десятых.

### Решение

1. Найдем соотношение кремния и кислорода в минерале Египетском голубом:  
 $n(\text{Cu}) : n(\text{Si}) : n(\text{O}) = 16.89 / 63.5 : 29.89 / 28.1 : 42.55 / 16 = 0.266 : 1.064 : 2.66 = 1 : 4 : 10$ .  
Таким образом, в формуле пигмента присутствует фрагмент  $\text{CuSi}_4\text{O}_{10}$ . С учетом степеней окисления элементов Cu (+2), Si (+4), O (-2), можно записать  $\text{CuSi}_4\text{O}_{10}^{2-}$ . Из условия известно, что оба минерала содержат по четыре элемента и два элемента в каждом минерале имеют одинаковую степень окисления, а их мольное соотношение в обоих минералах равно 1:1. В этой связи общую формулу минералов можно записать следующим образом:  $\text{MCuSi}_4\text{O}_{10}$ .

Найдем молярную массу M в первом минерале:

$$w(\text{Si}) = 4 \cdot 28.1 / (M(\text{M}) + 63.5 + 4 \cdot 28.1 + 10 \cdot 16) = 0.2989$$

Отсюда находим, что  $M(\text{M}) = 40.1$ . В состав первого минерала входит кальций. Формула минерала:  **$\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$** .

Для второго минерала:

$$w(\text{Si}) = 4 \cdot 28.1 / (M(\text{M}) + 63.5 + 4 \cdot 28.1 + 10 \cdot 16) = 0.2375$$

Отсюда находим, что  $M(\text{M}) = 137.3$ . В состав второго минерала входит барий. Формула минерала:  **$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$** .

2. Примеры пигментов.

Ультрамарин. Представляет собой синтетический алюмосиликат натрия с включением полисульфидов натрия. В зависимости от своего состава может быть белым, зелёным, синим, фиолетовым и красным. Наибольшее практическое значение имеет высококремнистый многосернистый продукт насыщенного синего цвета, отвечающий составу  $2(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_4$ ;

Азурит,  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ . Один из наиболее распространённых вторичных минералов, содержащих медь.





