

3. В Древнем Египте приблизительно в 3600 г. до н. э. начали получать и широко использовать искусственный пигмент «египетский синий». Это соединение постоянного состава, и его можно легко получить, нагревая смесь известняка, кварцевого песка и малахита в присутствии воздуха до 800–900 °С. Если в печи, в которой получали «египетский синий», не хватало воздуха, то образовывался продукт красного цвета. Анализ наиболее качественных образцов «египетского синего» дал следующие результаты:

«Египетский синий»	Состав (в масс. %%)		
	Ca	Cu	Si
	10.66	16.90	29.88

Позже в печь стали вводить небольшое количество добавок, например, каменной соли или поташа, что облегчало проведение процесса, но практически не влияло на качество продукта.

- 1) Установите химическую формулу пигмента «египетского синего»
- 2) Напишите уравнение реакции его синтеза.
- 3) Какой химический процесс, приводящий к изменению цвета, происходит в печи при недостатке кислорода воздуха?
- 4) Какова роль добавок (каменной соли, поташа) в улучшенных методах приготовления пигмента?

№ 3

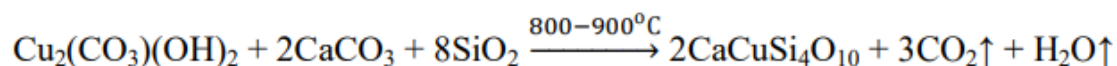
1. Сумма массовых долей кальция, меди и кремния в проанализированном образце меньше 100%. Исходя из способа получения «египетского синего» можно предположить, что оставшиеся 42,55% приходятся на кислород.

Установим молекулярную формулу пигмента:

$$\frac{\omega(\text{Ca})}{A(\text{Ca})} : \frac{\omega(\text{Cu})}{A(\text{Cu})} : \frac{\omega(\text{Si})}{A(\text{Si})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} = \frac{10,66}{40,08} : \frac{16,90}{63,55} : \frac{29,88}{28,09} : \frac{42,55}{16,00} = 0,266 : 0,266 : 1,064 : 2,66 = 1 : 1 : 4 : 10$$

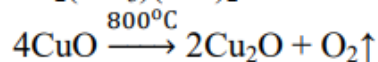
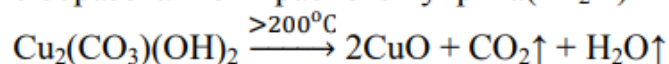
Следовательно, химическая формула «египетского синего»: $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$.

2. Синтез пигмента протекал согласно уравнению



Малахит Известняк Песок

3. В условиях получения «египетского синего» малахит уже при температуре выше 200°C разлагается до CuO, который при более высокой (>800°C) температуре начинает разлагаться с образованием красного куприта(Cu_2O):



Продувка через печь кислорода воздуха значительно уменьшала количество образовывавшегося куприта (сдвигая равновесие последней реакции влево).

1. Добавлявшиеся в минеральную смесь NaCl или K_2CO_3 выступали в роли флюса, снижая температуру плавления смеси минералов, что облегчало протекание процесса. Кроме того, они способствовали стеклообразованию после охлаждения продукта, что делало его более однородным. Использованная литература: Н. Berke, *Chem. Soc. Rev.*, **2007**, 36, 15–30 |

Рекомендации к оцениванию:

1.	Правильная химическая формула «египетского синего» – 4 балла	4 балла
2.	Уравнение реакции синтеза «египетского синего» – 3 балла	3 балла
3.	Роль кислорода воздуха в процессе производства – 2 балла Роль флюсов – 1 балл	3 балла
ИТОГО:		10 баллов

