Вопросы и задания к лекции «Стекло – от древности до нанотехнологий».

I. Предварительные вопросы. Вопросы до лекции, позволяющие определить степень осведомленности о тематике лекции и наличие знаний, необходимых понимания лекции.

1) Какие вещества называют аморфными? Приведите примеры
2) Где вы встречаетесь со стеклом в повседневной жизни?
3) Какими общими свойствами обладают стекла?

II. Промежуточные вопросы. Вопросы, которые можно задать во время лекции, позволяющие определить степень освоения материала, необходимого для продолжения лекции.

1) Чем аморфные вещества отличаются от кристаллических?
2) Что такое температура стеклования?
3) Чем вызвана окраска стекла «золотой рубин»?
4) В какой степени окисления находятся атомы железа в бутылочном стекле голубоватого, зеленого, коричневого цвета?
5) На чем основан принцип действия оптических отбеливателей?
6) Где и когда возникло стеклоделие?
7) Почему долгое время не удавалось получить прозрачные стекла?
8) Назовите исходные вещества для варки стекла.
9) При какой температуре размягчается оконное стекло?
10) Что такое витраж?
11) Как надо мыть изделия из хрусталя?
12) Сравните оконное стекло со стеклом органическим

III. Итоговые вопросы. Вопросы, позволяющие определить уровень освоения материалов лекции.

1) Что такое «золотой рубин»? Чем он отличается от медного рубина и селенового рубина?
2) В какой стране научились изготавливать стекло «селеновый рубин»?
3) Какие стекла называют армированными?
4) Что означают слова «хрусталь», «триплекс», «витраж», «золотой рубин», «наночастица», «ситалл», «композит»?

5) Как проводят закалку стекла?
6) Из каких стекол изготавливают лобовые стекла автомобилей? Боковые стекла автомобилей? Небьющиеся витрины?
7) Что такое пуленепробиваемые стекла и из чего они состоят?

Задача. Нанохимия кремлевских звезд

Первые кремлевские звезды из рубинового стекла были установлены в 1937 году. Современное остекление они получили сразу после великой отечественной войны. Сейчас звезды представляют собой стальной каркас заполненный рубиновым и молочно-белым стеклом, прослоённым прозрачным хрустальным. Молочное стекло рассеивает свет ламп и отражает значительную долю дневного света, тем самым делая рубиновое стекло светлее. Окрашивание стекла в рубиново-красный цвет объясняется присутствием в нем наночастиц вещества X_1. Для их синтеза используют желтый порошок X_2 (бинарное соединение, встречающееся в природе в виде минерала, массовая доля одного из элементов равна 22,16%) и простое вещество X_3 серого цвета с неярким серебристым блеском. Эти вещества вводят в расплавленное стекло и нагревают его в печи. Известно, что X_3 легко сгорает в кислороде, причем продукт этой реакции дает с водным раствором газа, образующегося при обжиге X_2 на воздухе, другую аллотропную форму вещества X_3 красного цвета. А обжиг X_2 в кислороде приводит к образованию коричневого соединения X_4, которое легко восстанавливается водородом до металла.

Что происходит при взаимодействии X_2 с X_3? Запишите уравнения всех упомянутых реакций и назовите все неизвестные вещества.

Какие частицы придают стеклу рубиново-красный цвет?

Приведите способы получения этих веществ в виде водного раствора.

Решение

Анализ условия задачи (X_2 при обжиге дает коричневый порошок X_4, который восстанавливается водородом до металла) позволяет предположить, что X_2 – это сульфид металла. В природе встречаются только сульфиды металлов, атомная масса которых больше атомной массы серы, поэтому разумно предположить, что число 22,16% - это массовая доля серы. Тогда, количество вещества серы в 100 г X равно 22,16/32 = 0,6925. Оно соотносится с количеством вещества металла (равным 77,84/M) как простые целые числа m : n. При m = n = 1 получаем M = 112,4 г/моль, что соответствует кадмию. Таким образом, X_2 – это сульфид кадмия CdS. Обжиг его в кислороде приводит к оксиду CdO

коричневого цвета (вещество X_4), который легко восстанавливается до металла водородом, и сернистому газу:

$2CdS + 3O_2 = 2CdO + 2SO_2$,

X_2 X_4

$CdO + H_2 = Cd + H_2O$

Простое вещество X_3, по-видимому, неметалл, так как при комнатной температуре образует 2 аллотропные модификации. Цвет этих простых веществ (красный и серый) позволяет предположить селен (так как фосфор образует серо-черную модификацию только при высоких давлениях, бром аллотропных модификаций не имеет, а другие красные при комнатной температуре простые вещества-неметаллы неизвестны). При сжигании селена на воздухе образуется оксид SeO_2, который восстанавливается сернистым газом до селена, выделяющегося в виде красной модификации (в отличии от полимерного серого селена состоит из молекул Se_8):

$Se + O_2 = SeO_2$

$SeO_2 + SO_2 + H_2O = Se + H_2SO_4$

Таким образом, при варке стекла происходит реакция

$CdS + Se = CdSe + S$

X_2 X_3 X_1

При температуре варки сера переходит в пар и выделяется из шихты. Рубиново-красный цвет стеклу придают наночастицы селенида кадмия (вещества X_1). Такое стекло называют селеновым рубином. Он пришел на смену более древним золотому и медному рубинам, в которых красный цвет стеклу придают наночастицы золота или меди. Производство селенового рубина было налажено в нашей стране в 1930-е годы на заводе Красный Май в Тверской области.

Из водного раствора селенид кадмия может быть получен действием на раствор соли кадмия (например ацетата) сульфидом аммония. При замене сульфида аммония тиомочевиной и введении поверхностно-активных веществ удается получить квантовые точки селенида кадмия.