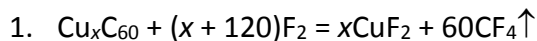




**Химия для школьников 7 – 11 класса (заключительный этап)**  
**Простые задачи. Решения**

**Решение задачи 1. Фуллерид меди (10 баллов)**



2.  $M(\text{Cu}_x\text{C}_{60}) / (xM(\text{CuF}_2)) = 4.36$   
 $(63.5x + 720) / (101.5x) = 4.36$   
 $x = 1.9$

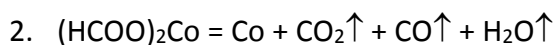
Ответ.  $\text{Cu}_{1.9}\text{C}_{60}$ .

**Решение задачи 2. Синтез нанопорошка (10 баллов)**

1. Газы –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . (2 балла)

Проверка:  $M_{\text{ср}} = (44 + 28 + 18) / 3 = 30$  г/моль,  $D_{\text{H}_2}(\text{смеси}) = 30 / 2 = 15$ . (3 балла)

Соль X –  $(\text{HCOO})_2\text{Co}$ , формиат кобальта. (формула – 2 балла, название – 1 балл)



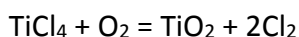
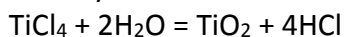
Ответ.  $(\text{HCOO})_2\text{Co}$ .

**Решение задачи 3. Неорганические нанотрубки (10 баллов)**

1. Наиболее вероятно, неметалл – двухвалентный, тогда его простейшая формулу  $\text{XY}_2$ , где X – металл, Y – неметалл. Молярная масса в 2.222 раза превосходит утроенную молярную массу углерода:  $M(\text{XY}_2) = 2.222 \cdot 3M(\text{C}) = 80$  г/моль. Такой формуле и молярной массе соответствует диоксид титана  $\text{TiO}_2$ .

2. Из рисунка видно, что средний диаметр трубок немного превышает отрезок 100 нм, т.е. составляет 100-150 нм.

3. Способы получения  $\text{TiO}_2$ :



(по 2 балла за уравнение, принимается любая разумная реакция образования  $\text{TiO}_2$ ).

Ответ.  $\text{TiO}_2$ .

### Решение задачи 4. Растворение оксида (10 баллов)

1. С одной стороны, масса растворённого оксида алюминия равна

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \rho V = \rho S h,$$

где  $V$  – объём растворённого оксида алюминия,  $\rho$  – его плотность,  $h$  – толщина барьерного слоя,  $S$  – площадь оксидной плёнки. С другой стороны, масса алюминия в растворе равна

$$C_{\text{Al}^{3+}} = \frac{v_{\text{Al}^{3+}}}{V_p} = \frac{m_{\text{Al}^{3+}}}{M_{\text{Al}} V_p}$$

$$m_{\text{Al}^{3+}} = C_{\text{Al}^{3+}} M_{\text{Al}} V_p$$

где  $v_{\text{Al}^{3+}}$  – количество алюминия,  $C_{\text{Al}^{3+}}$  – концентрация ионов алюминия,  $M_{\text{Al}}$  – молярная масса алюминия,  $V_p$  – объём раствора,  $m_{\text{Al}^{3+}}$  – масса алюминия в растворе.

Так как в оксиде алюминия на два атома алюминия приходится три атома кислорода, то массу оксида можно выразить через массу металла:

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{2M_{\text{Al}} + 3M_{\text{O}}}{2M_{\text{Al}}} m_{\text{Al}^{3+}} = \frac{2M_{\text{Al}} + 3M_{\text{O}}}{2M_{\text{Al}}} C_{\text{Al}^{3+}} M_{\text{Al}} V_p$$

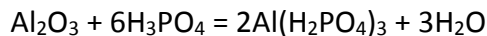
Таким образом,

$$\rho S h = \frac{2M_{\text{Al}} + 3M_{\text{O}}}{2M_{\text{Al}}} C_{\text{Al}^{3+}} M_{\text{Al}} V_p$$

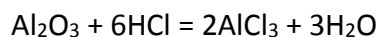
$$h = \frac{(2M_{\text{Al}} + 3M_{\text{O}}) \cdot C_{\text{Al}^{3+}} V_p}{2\rho S} =$$

$$= \frac{\left( 2 \cdot 27 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} + 3 \cdot 16 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} \right) \cdot 1.4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \cdot 20.0 \cdot 10^{-3} \text{Л}}{2 \cdot 3.6 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} \cdot 1.0 \text{СМ}^2} \approx 40 \text{ нм}$$

2. Из предложенного списка для растворения оксида алюминия можно использовать фосфорную и соляную кислоты:



(образуется именно кислая соль, поскольку кислота взята в большом избытке; иначе нерастворимый фосфат алюминия  $\text{AlPO}_4$  препятствовал бы растворению)



Кремниевую кислоту использовать для растворения оксида алюминия нельзя, так как она сама нерастворима в воде.

*Ответ.* 40 нм.

## Решение задачи 5. Металлические наночастицы (10 баллов)

1. С одной стороны, суммарный объём наночастиц равен

$$V = \frac{m}{\rho},$$

где  $m$  – масса наночастиц,  $\rho$  – плотность металла **X**. С другой стороны,

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 N,$$

где  $R$  – радиус наночастицы,  $N$  – число наночастиц. Следовательно,

$$N = \frac{3m}{4\pi\rho R^3}.$$

Суммарная площадь поверхности наночастиц равна

$$S = 4\pi R^2 N.$$

Значит,

$$\rho = \frac{3m}{SR} = \frac{3 \cdot 0.58 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{12.0 \text{ м}^2 \cdot \frac{15 \cdot 10^{-9}}{2} \text{ м}} = 19333 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Используя приведённую таблицу, находим, что металл **X** – это золото Au.

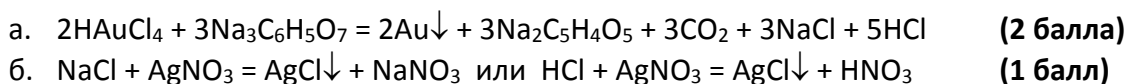
2. Определим молярную массу соединения **A**. Для этого составим пропорцию

$$\begin{array}{ccc} 1.00 \text{ г} & & 0.58 \text{ г} \\ \mathbf{A} & \rightarrow & \mathbf{X} \\ a \frac{\text{г}}{\text{моль}} & & 196.97 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{array}$$

$$a = \frac{1.00 \text{ г} \cdot 196.97 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0.58 \text{ г}} \approx 340 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Так как раствор, оставшийся после извлечения наночастиц золота, образует белый творожистый осадок с раствором нитрата серебра, то он содержит хлорид-анионы. Следовательно, соединение **A** также содержит хлорид-анионы. На 4 атома хлора приходится  $4 \cdot 35.5 = 142$  г/моль. Остальная масса  $340 - 197 - 142 = 1$  г/моль приходится на водород. Формула соединения **A** –  $\text{HAuCl}_4$ .

3. Уравнения реакций:



Ответ. **X** – Au, **A** –  $\text{HAuCl}_4$ .