



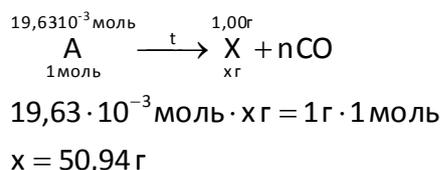
## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 1. Металлические наночастицы

1. Определим газ **Y**. Его молярная масса равна

$$M(Y) = D_{H_2} \cdot M(H_2) = 14 \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

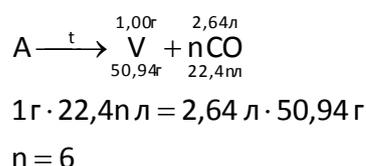
Такая молярная масса соответствует азоту  $N_2$ , оксиду углерода (II)  $CO$  и этилену  $C_2H_4$ . Азот горение не поддерживает, при горении этилена образуются два продукта ( $CO_2$  и  $H_2O$ ), при горении  $CO$  образуется один продукт ( $CO_2$ ). Следовательно, газ **Y** – это  $CO$ .

Определим молярную массу металла **X**.



Рассчитанное значение соответствует молярной массе ванадия. Металл **X** – ванадий **V**.

Определим соотношение молекул  $CO$  и атомов ванадия в соединении **A**.



Следовательно, на 1 моль ванадия приходится 6 моль  $CO$ . Состав соединения **A** –  $V(CO)_6$ . Это карбонил ванадия.

2.  $V(CO)_6 \xrightarrow{t} V + 6CO$
3. Степень окисления ванадия в карбониле равна 0.
4. Объем одной шарообразной наночастицы равен

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Объем  $N$  наночастиц равен

$$V = V_1 N$$

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

С другой стороны, объем синтезированных металлических наночастиц равен

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

Значит,

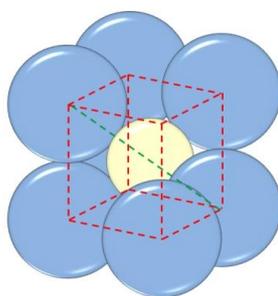
$$\frac{4}{3}\pi R^3 N = \frac{m}{\rho}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho N}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,00 \text{ г}}{4\pi \cdot 6,11 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 3,13 \cdot 10^{17}}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 5 \text{ нм}$$



## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 2. Шаровая упаковка



Максимальный радиус встроенного атома ограничен шариками, расположенными вокруг него. Это значение может быть достигнуто в том случае, когда дополнительный атом касается всех остальных восьми шариков, то есть когда пространственная диагональ куба (зелёная линия) выходит из центра одного шарика, проходит через центр встроенного шарика и попадает в центр другого шарика, как показано на рисунке (один из синих шариков удалён для наглядности). Таким образом, пространственная диагональ куба равна

$$D = R + 2r + R = 2R + 2r$$

Так как пространственная диагональ куба равна

$$D = a\sqrt{3},$$

то

$$2R + 2r = a\sqrt{3}$$

$$r = \frac{a\sqrt{3} - 2R}{2}$$

Так как

$$a = 2R,$$

то

$$r = \frac{2R\sqrt{3} - 2R}{2} = \frac{2R(\sqrt{3} - 1)}{2} = R(\sqrt{3} - 1)$$

$$r = 0,14 \cdot (\sqrt{3} - 1) \approx 0,102 \text{ нм}$$

Поместятся  $\text{Li}^+$  ( $R = 0,074 \text{ нм}$ ),  $\text{Na}^+$  ( $R = 0,102 \text{ нм}$ ) и  $\text{Ca}^{2+}$  ( $R = 0,100 \text{ нм}$ ).



## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 3. Красное и черное

1. Решение задачи удобно начать с последней реакции. Требуется рассчитать ее выход.

$$w = \frac{3,97 \text{ г}}{4,0 \text{ г}} = 0,9925 \text{ или } 99,25\%$$

Из условия известно, что при взаимодействии вещества **A** с разбавленной азотной кислотой выделяется бесцветный газ **B**, окисляющийся на воздухе, это – NO.

Выделяющийся газ имеет объем 1,51 л, что при нормальных условиях соответствует:

$$n(\text{NO}) = \frac{1,513 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,06754 \text{ моль}$$

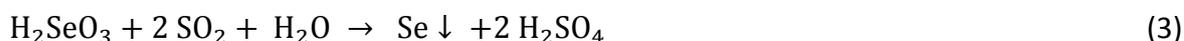
Рассчитаем молярную массу вещества **A**.

$$M(\text{A}) = \frac{4,0 \text{ г}}{0,067545 \text{ моль} \cdot 0,75} = 78,9 \text{ г/моль}$$

Эта молярная масса соответствует селену, имеющему окрашенный в красный цвет модификацию, известную как «красный селен». Красный кристаллический селен имеет три моноклинные модификации, содержащие кольцевые молекулы Se<sub>8</sub> и другие структурные фрагменты.

При нагревании красного селена, происходит его превращение в серый селен (продукт **Г**). Серый кристаллический селен обладает металлическим блеском и является наиболее устойчивой модификацией селена.

2. Протекающие превращения можно описать следующими реакциями:



3. Селен имеет несколько аллотропных модификаций, физические свойства которых различаются. Наиболее устойчивой модификацией является серый селен (продукт **Г**). Ширина запрещенной зоны материала составляет 1,7 – 1,8 эВ, что соответствует полупроводниковым свойствам. Электрическое сопротивление серого селена зависит от освещённости, материал является фотопроводником.

Вещество **A** соответствует аморфному красному селену, так как именно такая форма селена образуется по реакции (3). Вещество является аморфным и обладает свойствами изолятора.

È % A# A 9! (# = &10 t í í !# {-( (/ (, (8 & < > / \*  
 À 9 & 8 4. Á ( & & A - , ,

1.  $t \text{Ag}_2\text{S}, \text{tAg}_2\text{O}_2 \quad Z(\text{Ag}) = 2 \cdot 108 / 248 = 0,871$

! tNO<sub>2</sub> (D<sub>2</sub> = 46/2 = 23), § tO<sub>2</sub> (D<sub>H2</sub> = 32/2 = 16).



3. ! Ag<sub>2</sub>S - / \* & = (! - # Ag<sup>+1</sup>, A Ag<sub>2</sub>O<sub>2</sub> t - % 9 & & < (! - (-I,II), , / X X  
 Ag<sup>+1</sup>Ag<sup>+3</sup>O<sub>2</sub>.

È % A #A9! (# & !( 10 t í í !# - ( ( (/ (, (8 & < > / \*)  
 À 9 & 8 5. Á A = (#( %

1. a # A\*, # & A , 1 / ( 4 (, % 1 # < ( & & AA & ( 5 ( % ( (\*, # / = ( , 1 / ( 4 (, % 1 # X

a # A / (( \* 9 % , & & A\*, (/ ! @ : 5 ! 6 W

Á 8 / AU 8 ( (, & - ( & & A\*, ( / ! ( , ( & @ / , 5 (( , & < 5  
 \*, ( 1 / ( U , & & , ! 6 % / < / = \* - & - # 1 @ % ( , (% W

$\%_a^* \text{à } 0_p 5_b \text{ E } 1_6 \setminus \text{J} \% \text{d} \text{E} \frac{p}{6} \text{ Q} \text{ E } \text{E} \frac{1}{6} \text{ E} \frac{\text{à}}{6} * 6 1$  (1)

¿ , > / (% U - / & ( U 8 / ( < # A @ / - A / , ( & & < 5 & \* 5 ( t ! /  
 (! - 1 # , ( X a , 1 % (( , & < % \*, ( 1 ! / % % ( 1 / < / =  
 (/ U (! - - , < U 5 # ( , ( ( ( X ¿ , > / (% U ( - 6 8 / = , - /  
 ! # A - \* ( - ( & # 9 = (! - - , < X

! % ( - / (! - - , < - 5, ! (% A (% , (/ ! / \* ( - # 1 @ :  
 , ! 6 W

$-_6 \%_6 \text{N}; \text{E} \text{t} 6^* 5 \text{b} \text{E} \text{E} \frac{1}{6} \setminus \text{t} - * 5_8 1 \text{E} \%_6 \text{N} 5 \text{b}; 7 \text{E} * 1$  (2)

Ñ / ( \* ( (# A / & / ! (# 8 - / ( - ( , < & & A

$$\text{J}: 5 \text{b}; \text{L} \frac{\text{u} \text{ @wrráy}}{\text{r á s í}} \text{L} \text{r á s w t i Ñ í B } \text{b}$$

° 1 - # ( A ( 8 & ( U 8 / ( , 1 5 (( , & < 5 \*, ( 1 ! / & ( #  
 ( - - / & ( / # A - / & % - - (- ! U ( , 1 @ : (- A \*, \*, (\* 1  
 , - / ( , - / ! ( ( < X ! , - / ( , \*, (/ ! / - # 1 @ : A , ! 6 AW

$\% \text{d} \text{E} \% \text{è} 1 * ;_6 \text{L} \% = \% ] 1 \text{E} 6 \uparrow$  (3)

À - - / ! (> 4 4 6 & / < 1, & & ( & - (î • & / ! (# 8 - / ( 1 # , (  
 - (- / - ( & & A

$$\text{J}: \% \text{d}; \text{L} \frac{\text{s} \text{ @ s t á Æ}}{\text{s r r } \text{ Æ } \text{ I N I B}} \text{L} \text{r á } \{ \text{s t i Ñ í B } \text{d}$$

- & A ( : ( ; % < # 9 (-A & ,/&( ( U & -#( &( & /  
< # 9 (-A (/ X

$$J:0_6; L \frac{t \acute{a} v w \acute{u} \acute{x}}{t \acute{t} \acute{a} \acute{r} \acute{i} \acute{a} \acute{i} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta}}$$

Á 1 % % , 1 A , 1 # = / / < U & 5 ( % % (# = & ( - ( / & ( 9 & / , 5 > #  
- ( & & A X

$$\acute{A} NWS = 6 : 1 : 1$$

« - # 8 - # ( % (# = - ( \acute{x} - (& / & / A / 1 / ! (# 8 - / 1 - , < ~ - ( & & - ( & - / & & 1 @ - , ( - ( , : 1 @ 4 1 & ! 6 ( & # = & 1 @ , 1 \* \* 1 \bullet U / ( - ( & & A \acute{x} % ( / < / = , - - 8 / & - # 1 @ : % ( , (% W

$$/ L \frac{s \acute{a} \{ \acute{A} E}{r \acute{a} s w t \acute{i} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta}} \Big| s t w \acute{A} \acute{i} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta}$$

\acute{c}, & - / & (% - (- / - ( \acute{x} U & % & & A ( & (# 8 - / ( ( ( , ( - (- / - ( & & A U - 8 / A ( : - (- / C H N S & & A

$$| L \frac{s \acute{a} \{ \acute{A} E F s w r t \acute{a} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta} : s \textcircled{R} x E v E u t ; \acute{A} E \acute{i} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta}}{s \acute{A} E \acute{i} \acute{N} \acute{i} \acute{\beta}} \Big| L y$$

\acute{A} ! % ( , (% U \* , (- / 9 4 A , % 1 # / ( - ( & \acute{x} & # A 1 @ : C H N S

» - / & ( : - / ( % t & / ( 4 & U # % @ : - , 4 1 ( / , % 1 # C H N S  
1 ( # / ( , A @ : 1 @ 1 - # ( @ & A X

« ( % (# A , & A % - - 1 2 5 - / 1 % # \# = X

\acute{A} / , ( & % (# ! % # & / ( 4 & (# - , \* \* , (# & % % - / / # A \* (! & & , - 1 . & !

2. \acute{A} , & & , ! 6 - : ( , & A

$$t \% ; 0.5 E s y \acute{a} w_6 1 \setminus s t \% \acute{d} E \theta E t 5 \acute{b} E y_6 \acute{r} \quad (1)$$

\acute{A} , & & A \sim \acute{i} \bullet \sim \acute{i} \bullet - , - - / # & & < % !( > 4 4 6 & / % \* , & <

3. \acute{a} # A - & / 5 % 8 - ! - / # , ( & & < 5 & & ( 8 - / 6 (# (/ #  
\* (- # 1 @ : % % ( # 5 6 \* ( , 5 & (- / U \* , % & A @ - / , ! # 1 8 & <  
( % , < - ( & & A & / ( 4 & (#

Á/, 1!/1; % ð & (/ (4 & (# \* (! < X ° (% , < - - (%/ / \* (# ( & %  
% - / / # \* , - / # & < & , - 1 & ! X

2- % & (/ (4 & #

3- % & (/ (4 & #

4. Á 5 % < ( , ( & A - A - / , 1!/1 , & < 5 (% , ( \* (% , 85 & ( (- 4 = 80 (#  
& & (8 - / 6 (# (/ U - , , U ! , % & & # 8 & (( & # // , / 1 , X

mìCE ŠoXal. Chem.  
2014, 86, 1, 351 t356

LeeC.H. et al. Molecules 2018, 23, 2712



## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 6. «Угадайка»

Найдём молярную массу газа, выделяющегося при действии соляной кислоты:

$$M = 13 * 2 = 26 \text{ г/моль.}$$

Этой массе соответствует только ацетилен  $C_2H_2$ .

Безводный сульфат меди является хорошим поглотителем воды, которая образовалась при восстановлении вещества **X** водородом. Найдём

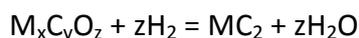
$$n(H_2O) = 10.8/18 = 0.6 \text{ моль}$$

По закону сохранения массы рассчитаем массу прореагировавшего водорода

$$m(H_2) = 6.4 + 10.8 - 16 = 1.2 \text{ г}$$

$$n(H_2) = 1.2/2 = 0.6 \text{ моль}$$

Можем предположить, что вещество **Y** – это ацетиленид и в его структурной единице есть 2 атома углерода



$$M+24 \quad 18z$$

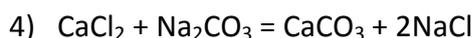
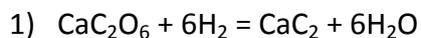
$$6.4 \quad 10.8$$

Решая пропорцию, получаем  $M = 10.67z - 24$

перебором  $z$  от 3 до 8 получаем при  $z = 6$ ,  $M = 40$ , металл кальций

В **X**  $x:y:z = 0.1:0.2:0.6 = 1:2:6$  тогда простейшая формула **X** –  $CaC_2O_6$

Уравнения реакций:



Газ **L** –  $C_2H_2$ .

Нанотрубки **M** – углерод.



## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 7. Графен для сорбции

1. Нужно определить массу сухого образца графена, затем поместить образец в атмосферу азота, подержать некоторое время и снова взвесить образец. Определить увеличение массы образца  $\Delta m$ .
2. При температуре ниже комнатной, чтобы улучшить сорбцию. Однако, давление азота должно быть ниже давления насыщенного пара, чтобы не произошла конденсация.
3. Расчетная формула:

$$S = \frac{\Delta m}{M_{N_2}} \times N_A \times s;$$

$N_A$  – число Авогадро;  $M_{N_2}$  – мол. масса азота.

4. Предполагаем, что азот покрыл поверхность графена равномерно, одним слоем.
- 5,6. Графен состоит из правильных шестиугольников. В вершинах – атомы углерода. Возьмем один моль углерода и придадим ему форму графена. Тогда количество шестиугольников

$$N_A \times \frac{3}{6} = \frac{N_A}{2}$$

Площадь одного шестиугольника равна

$$\frac{3\sqrt{3}}{2} \times a^2$$

Полная площадь в расчете на один моль

$$\frac{N_A}{2} \times \frac{3\sqrt{3}}{2} \times a^2 = 7,8 \times 10^{23} \times a^2 = 7,8 \times 10^{23} \times 2,0 \times 10^{-20} = 15,6 \times 10^3 \text{ м}^2 \cdot \text{моль}^{-1} = 1300 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$$

Можно умножить эту площадь на 2 для расчета сорбции с двух сторон.

È % A # A 9! ( # = & 10 t í í ! # { - ( ( / ( , ( 8 & < > / \*  
 À 9 & 8 8. È % A % ( # # @ - ! (

1. ÈtFeOOH

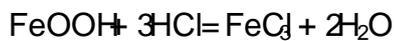
Y tFeC<sub>3</sub>



$$m(\text{Fe}) / m(\text{FeOOH}) = 55,8 / 88,8 = 0,628.$$

2. Ä, & & A, !6 W

¿ ( # 1 8 & :



Ñ! - \* , % & / < W



È % A # A 9! ( # & ! ( 10 t í í ! # - ( ( ( / ( , ( 8 & < > / \*  
 À 9 & 8 9. ¿ ( , - / < ( ! - # @ % & A

1. U=m/ V, V=Sh

$$Q = KSh \quad K = 2 \pi \cdot l \cdot \sim \% ! \% \checkmark - \%$$

$$V = Q / K$$

° , 4 ( , - X) Q<sub>1</sub> = í l î Ž ñ ð Ž í ó ì ï - A ò ó ñ ï ¶ # X

$$V_1 = 6750 / 2 = 3375 \% ! \% \checkmark - \% \text{ à U ï ï ð ñ } - \%$$

$$\rho(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1,08 \quad \text{I ì U ï ï ð ñ } - \% \hat{\text{I}}^3 \cdot \text{I} - \%$$

2. ° , 4 ( , - X) Q<sub>2</sub> = í l î Ž ó ð Ž í ò ì ï - A ò ò ñ ï ¶ # X

$$V_2 = 6650 / 2 = 3325 \% ! \% \checkmark - \% \text{ à U ï ï ð ñ } - \%$$

$$\rho(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1,08 \quad \text{I ì U ï ï ð ñ } - \% \hat{\text{I}}^3 \cdot \text{I} - \%$$

¿ # ( / & ( - / = % & # - = U / ! ! ! , ( - / \* ( , - / ( / - # < / ( ! X a ,  
 & ( & ( ( ! - # & A ( \* , # # & 1 @ \* ( , - / ( - / = ( , 6 X



## Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Решение задачи 10. Материал для ап-конверсии

1. Z, M и L – это родственные металлы, образующие оксиды  $\text{Э}_2\text{O}_3$ . Используя приведенные в условии факты, выбираем пару элементов-лантаноидов: Z – Yb, M – Tm. Соединение X содержит в своем составе натрий, фтор и элемент L, который образует оксид  $\text{L}_2\text{O}_3$ . Возможно предположить, что это фторометаллат натрия, содержащий 4 или 6 атомов фтора, то есть имеющий формулу  $\text{NaLF}_4$  или  $\text{Na}_3\text{LF}_6$ . Расчет показывает, что в первом случае атомная масса L равна 89, что соответствует иттрию. В случае второй формулы химически верного решения нет.



2. Эту процедуру проводят для роста наночастиц X в пластине. При комнатной температуре рост наночастиц затруднен из-за высокой вязкости.
3. После длительного вторичного нагревания получена стеклокерамика.
4. При первом нагревании элементы покрываются слоем оксида кремния, который выполняет защитную функцию. Но при плавлении смесей, содержащих фториды, образуется фтороводород, который разрушает нагревательные элементы.