



## Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Решения. Простые задачи (вариант 1)

### Решение задачи 1.

Формула вещества – MeN.  $M(\text{Me}) = 14 \cdot 1.93 = 27$  г/моль – это Al. Вещество – **AlN**.

Уравнение реакции:  $2\text{Al} + 2\text{NH}_3 = 2\text{AlN} + 3\text{H}_2$ .

### Решение задачи 2.

$$m(\text{Au}) = 0.050 \text{ г}, \nu(\text{Au}) = 0.050 / 197 = 2.54 \cdot 10^{-4} \text{ моль} = \nu(\text{HAuCl}_4).$$

$$V(\text{p-ра}) = \nu / C = 2.54 \cdot 10^{-4} \text{ моль} / 0.001 \text{ моль/л} = 0.254 \text{ л} = \mathbf{254 \text{ мл}}.$$

### Решение задачи 3.

Каждый атом углерода имеет валентность IV и связан с тремя другими атомами, следовательно с одним соседним атомом он образует двойную связь, а с двумя другими – одинарные связи. В одной двойной связи участвует два атома, то же – в одной одинарной. Общее число двойных связей:  $84 \cdot 1 / 2 = \mathbf{42}$ , общее число одинарных связей:  $84 \cdot 2 / 2 = \mathbf{84}$ .

### Решение задачи 4.

Ядро –  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ , 3-е поколение.

### Решение задачи 5.

Возьмем одну наночастицу. Сторона куба  $a = 20 \text{ нм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ .

Куб имеет 6 граней общей площадью:  $S = 6a^2 = 2.4 \cdot 10^{-11} \text{ см}^2 = 2.4 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ .

Масса куба:  $m = \rho V = \rho a^3 = 12.4 \text{ г/см}^3 \cdot (2 \cdot 10^{-6} \text{ см})^3 = 9.92 \cdot 10^{-17} \text{ г}$ .

Удельная поверхность:  $S_{\text{уд}} = S / m = 2.4 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2 / 9.92 \cdot 10^{-17} \text{ г} = \mathbf{24.2 \text{ м}^2/\text{г}}$ .



**Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур)**  
**Решения. Простые задачи (вариант 3)**

**Решение задачи 1.**

Разложением гидроксидов получают оксиды. Формула вещества – MeO.

$M(\text{Me}) = 16 \cdot 4,09 = 65,4$  г/моль – это Zn. Вещество – ZnO.

Уравнение реакции:  $\text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ .

**Решение задачи 2.**

$m(\text{Pt}) = 0,060$  г,  $\nu(\text{Pt}) = 0,060 / 195 = 3,08 \cdot 10^{-4}$  моль =  $\nu(\text{H}_2\text{PtCl}_6)$ .

$m(\text{H}_2\text{PtCl}_6) = \nu \cdot M = 3,08 \cdot 10^{-4} \cdot 410 = 0,126$  г.

$m(\text{p-ра}) = m(\text{H}_2\text{PtCl}_6) / \omega = 0,126 / 0,002 = 63$  г.

**Решение задачи 3.**

Каждый атом углерода имеет валентность IV и связан с тремя другими атомами, следовательно с одним соседним атомом он образует двойную связь, а с двумя другими – одинарные связи. В одной двойной связи участвует два атома, то же – в одной одинарной. Общее число двойных связей:  $76 \cdot 1 / 2 = 38$ , общее число одинарных связей:  $76 \cdot 2 / 2 = 76$ .

**Решение задачи 4.**

Ядро –  $\text{CH}_3\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_3$ , 4-е поколение.

**Решение задачи 5.**

Возьмем одну наночастицу. Радиус шара  $r = 2$  нм =  $2 \cdot 10^{-7}$  см.

Площадь поверхности шара:  $S = 4\pi r^2 = 5,03 \cdot 10^{-13}$  см<sup>2</sup> =  $5,03 \cdot 10^{-17}$  м<sup>2</sup>.

Масса шара:  $m = \rho V = \rho \cdot (4/3\pi r^3) = 19,3$  г/см<sup>3</sup> ·  $4/3\pi \cdot (2 \cdot 10^{-7}$  см)<sup>3</sup> =  $6,47 \cdot 10^{-17}$  г.

Удельная поверхность:  $S_{\text{уд}} = S / m = 5,03 \cdot 10^{-17}$  м<sup>2</sup> /  $6,47 \cdot 10^{-17}$  г = **77,7 м<sup>2</sup>/г**.



**Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур)**  
**Решения. Более сложные задачи**

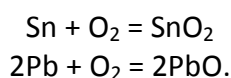
**Решение задачи 6. Псевдо-фарфор**

Предположим, что полученный пепел – это оксиды металлов PbO и  $XO_{n/2}$ , тогда зная массовую долю X в оксиде найдем неизвестный металл:

$$X / (X+8n) = 0.7881$$

$$X = 29.75n, \text{ при } n = 4, X = 119, X - \text{Sn.}$$

Теперь можно определить состав сплава олова со свинцом:



Пусть было x моль олова и y моль свинца, тогда получилось x моль оксида олова и y моль оксида свинца (II). Составим систему уравнений:

$$119x + 207y = 1$$

$$151x + 223y = 1.147$$

y = 0.00307 моль, или 3.07ммоль, m(Pb) = 0.6356 г, ω%(Pb) = 63.56%.  
 x = 0.00306 моль, или 3.06 ммоль, m(Sn) = 0.3654 г, ω%(Sn) = 36.54%.

Металлы взяты в эквимольном количестве.

Уравнение образования Z:  $\text{SnO}_2 + \text{PbO} = \text{PbSnO}_3$ .

Наночастицы оксида олова формируются при разложении станната свинца при температуре выше 660°C.

**Решение задачи 7. Как ОГ-фит превращается в ОГ-фен**

1. Таких растворителей нет. Эксфолиация графита с помощью растворителей невозможна.
2. Для эксфолиации ОГ-фита подходят полярные растворители. В списке таких два: метанол и ацетонитрил. Бензол, гексан и циклогексан – не подходят.
3. Объем 1 г ОГ-фита равен:  $V = \frac{1}{\rho} = 0.5 \text{ см}^3$ .

Глядя на рис. 1 из условия задачи, отношение общего объема пустот к общему объему слоев ОГ можно оценить как

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{с}}} = \frac{d_{\text{п}}}{d_{\text{с}}} = \kappa = 1.7$$

Объем межплоскостного пространства равен:

$$V = V_{II} + V_C = V_{II} \times \left(1 + \frac{1}{k}\right) = V_{II} \times 1.6;$$

$$V_{II} = \frac{V}{1.6} = \frac{0.5}{1.6} = 0.31 \text{ см}^3 / \Gamma$$

4. В одном мл оказалось 10 мг сухого ОГ-фита. Слои ОГ в этом количестве ОГ-фита занимают объем

$$V = V_{II} + V_C = V_C \times (1+k) = V_C \times 2.7;$$

$$V_C = \frac{m}{\rho \times (1+k)} = \frac{10^{-3}}{2 \times 2.7} = 1.85 \times 10^{-4} \text{ см}^3$$

Объем одного слоя ОГ по условию задачи равен

$$V_{1C} = d_c \times S = 3.5 \times 10^{-8} \text{ см} \times 10^{-2} \text{ см}^2 = 3.5 \times 10^{-10} \text{ см}^3$$

Количество слоев равно

$$N = \frac{V_C}{V_{1C}} = \frac{1.85 \times 10^{-4}}{3.5 \times 10^{-10}} = 0.53 \times 10^6$$

По условию задачи ОГ-фен в растворе образует стопки, состоящие из  $n = 1-10$  слоев, причем эти структуры образуются с равной вероятностью, поэтому

$$n_1 = n_2 = \dots = n_{10}$$

$$N = n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 10n_{10} = 55n_1$$

Таким образом,

$$n_1 = \frac{N}{55} = \dots = \frac{0.53}{55} 10^6 \approx 10^4 \text{ штук/мл}$$

5. Для решения этой задачи нужно внимательно посмотреть на рис. 2. Из формулы видно, что величины межплоскостных расстояний обратно пропорциональны синусам углов.

$$\frac{d_{НП}}{d_{II}} = \frac{\sin \theta_{II}}{\sin \theta_{НП}}$$

Нижний индекс НП относится к «набухшему» ОГ-фиту, а II – к сухому.

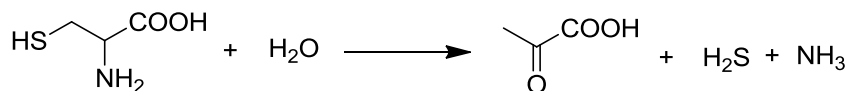
Величины углов можно  $\vartheta$  определить по положению максимумов на графике. Обратите внимание, что по оси абсцисс отложены двойные углы! Поэтому

$$\theta_{II} = 5.5^\circ, \theta_{НП} = 2^\circ; \sin \theta_{II} = 0.096; \sin \theta_{НП} = 0.034$$

$$d_{НП} = d_{II} \times \frac{0.096}{0.034} = 6 \times 2.82 = 16.9 \text{ А}$$

## Решение задачи 8. Неожиданные превращения бактерии

1. Реакция гидролиза цистеина, которая приводит к эквимольной смеси трех продуктов, два из которых бинарные, может иметь только один вид (реакция катализируется несколькими ферментами, в частности цистатионин-гамма-лиазой):



При этом образуются пировиноградная кислота (**X3**), сероводород (**X1** или **X2**), а также аммиак (**X1** или **X2**).

2. Рассчитаем массовые доли элементов в соединении **X**:

$$\omega(\text{элемент}_1) = (100 - 55.6)/2 = 22.2\%; \quad \omega(\text{элемент}_2) = 100 - 22.2 = 77.8\%$$

Так как в биосинтезе **X** принимает участие именно серосодержащая аминокислота цистеин, а не любая другая (реакции дезаминирования крайне распространены в живой материи), можно заключить, что **X1** – именно сероводород. Тогда **X** – сульфид, и можно рассчитать молярную массу второго элемента:

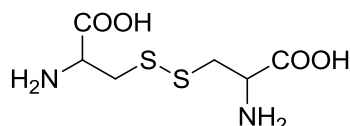
- 1) Если сера – элемент\_1, то тогда имеем следующий набор атомных масс (формула **X** –  $\text{Э}_2\text{S}_n$ ), рассчитанных по формуле  $A(\text{элемент}_2) = 224.8/n$ :

n	1	2	3	4	5	6
A	224,8	112,4	74,9	56,2	45,0	38,5
Элемент_2	?	Cd	As	?	Sc	?

- 2) Если сера – элемент\_2, то набор атомных масс (формула **X** –  $\text{Э}_2\text{S}_n$ ), рассчитанных по формуле  $A(\text{элемент}_1) = 18.3/n$ , не будет отвечать реальным элементам.

С учетом химических свойств в рассмотрении остаются сульфид кадмия и сульфид мышьяка (III), которые оба имеют желтый цвет, однако, на роль **A** соли мышьяка (III) подойти не могут, поэтому **X** – CdS, соединение, нашедшее широкое применение в нанотехнологических исследованиях.

3. С учетом того, что на схеме из восьми молекул цистеина образуются 4 молекулы **Z** и восемь частиц  $\text{H}^+$ , для соединения **Z** можно предложить только структуру цистина (дицистеина,  $\text{C}_2\text{S}_2$ ):



4. В метаболизме бактерий, например, при построении клеточной стенки, активную роль играют не только *L*-аминокислоты, но и их *D*-изомеры (для процесса рацемизации существуют отдельные ферменты – рацемазы). Поэтому однозначно установить стереохимию молекул цистеина, принимающих участие в описанных выше реакциях, невозможно.

5. С учетом неизменности количества атомов азота в производных витамина можем составить систему уравнений (1) и (2), приняв за  $a$  – число атомов N,  $b$  – число атомов всех элементов, образующих **A2**,  $b + n$  – число атомов всех элементов, образующих **A1**:

$$\frac{a}{b} = 0.12727 \quad (1); \quad \frac{a}{b+n} = 0.12069 \quad (2)$$

$$b = 18.34 \cdot n$$

В таком случае ограничение общего числа атомов (<100) в молекулах **A1** и **A2** можно записать как  $n < 6$ . С учетом целочисленности значения  $b$  возможно только одно решение:

$$b = 55 \text{ и } n = 3.$$

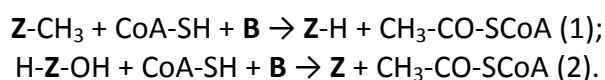
Окончательно: молекулы **A1** и **A2** содержат 58 и 55 атомов, соответственно. Другими словами, в ходе реакции образования ацетил-КоА происходит утеря трех атомов соединением **A1**.

6. Для начала определим изменение числа атомов Н в соединениях **A1** и **A2**:

$$\Delta N_H = 58 \cdot 0.43103 - 55 \cdot 0.41818 = 2$$

Тем самым, из группировки трех атомов, переходящих в состав ацетил-КоА от соединения **A1**, два являются атомами водорода. Третьим атомом может быть или кислород (утеря  $H_2O$ ), или углерод (утеря  $CH_2$ , что эквивалентно переносу метильной группы и присоединению взамен атома водорода).

Рассмотрим два варианта реакции биосинтеза ацетил-КоА с учетом информации о значениях коэффициентов в его уравнении:



Видно, что уравнение (2) невозможно ни при каких  $E$ . Тогда как уравнение (1) справедливо в случае, если соединение **B** – оксид углерода (II) CO, образующийся при ферментативном восстановлении углекислого газа (**Y**) теми самыми частицами  $[H^+]$ , которые образуются при участии наночастиц CdS (смотри рисунок в условии задачи).

7.  $2CO_2 + 8 Cys \rightarrow CH_3COOH + 2H_2O + 4 CySS$