

**Всероссийская олимпиада школьников по химии**  
**Муниципальный этап, Московская область**  
**2025 – 2026 уч. г.**  
**9 класс**

**Задача 1.**

Путешествуя по миру, в одном из храмов народов майя, в тайном подземелье, юный алхимик Аль-Бируни обнаружил таинственный свиток, в котором были собраны все знания древних племен о загадочном металле **X**. В описании простого вещества **X** было сказано: «Минералы его сверкают словно звезды, и в дар приносят королям и королевам их. Самый тугоплавкий из металлов своей группы». Про растворы солей **X** писали: «Сладки на вкус растворы всех солей его и называют **X** *глюцинием* за это».

Перейдя к способам получения и химическим свойствам данного металла, Аль-Бируни обнаружил, что **X** в древности получали предельно просто по реакции металлического калия с солью **A** ( $\omega(\text{Cl}) = 88,75\%$ ) (*р-ция 1*). Полученный твердый порошок **X** делили на 3 равные части. К первой добавляли концентрированную азотную кислоту (*р-ция 2*), в результате формировался раствор соли **B**, попытка кристаллизации которого приводила к образованию вещества **B**, причем молярная масса **B** в 1,54 раза больше, чем у **B**. Кристаллы **B** подвергали термическому разложению (*р-ция 3*) с образованием бинарного соединения **Г**. К второй части порошка добавили раствор концентрированного гидроксида натрия (*р-ция 4*), в результате чего весь металл растворился с образованием вещества **Д**. Наконец, к третьей части добавили раствор концентрированного фторида аммония (*р-ция 5*), что также привело к полному исчезновению твердого блестящего порошка, формированию раствора соединения **Е** ( $\omega(\text{X})=7,438\%$ ) и выделению двух газов, один из которых имеет резкий запах, а другой представляет собой простое вещество.

В заключении тайной рукописи, найденной Аль-Бируни, было описано еще одно превращение соли **A** под действием раствора карбоната аммония (*р-ция 6*) в твердое нерастворимое в воде соединение **Ж**, которое по своему составу напоминает малахит.

***Вопросы:***

1. Химия какого металла **X** описана в древнем свитке?
2. Определите все вещества **A-Ж**, описанные в условии задачи, если известно, что координационное число **X** в **Д** и **Е** составляет 4. Ответ подтвердите расчётами!

3. Запишите все уравнения реакций (6 реакций).

### Задача 2.

#### Толстый и тонкий

Металл **А** обладает самым большим атомным номером среди элементов естественного происхождения. Он играет ключевую роль в ядерной энергетике, а его самой устойчивой степенью окисления является +6. В природе **А** встречается в виде смешанного оксида **Б** ( $\omega(\text{O}) = 15.20\%$ ). Данное соединение растворяют в концентрированной азотной кислоте (*реакция 1*), в результате чего образуется соль **В** ( $\omega(\text{O}) = 32.49\%$ ), содержащая в своём составе сложный двухзарядный катион. Соль **В** подвергают воздействию аммиака, а продукт реакции восстанавливают до оксида **Г**, мольная доля металла **А** в котором составляет  $1/3$ . Дальнейшая обработка плавиковой кислотой и фтором приводит к формированию газообразного соединения **Д** (*реакция 2*). Если подвергнуть **Д** центрифугированию, произойдёт разделение тяжёлых и лёгких молекул **Д**. В ядерной промышленности особую роль играют именно лёгкие молекулы **Д'** ( $\omega(\text{F}) = 32.66\%$ ).

1. Определите соединения **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д** и **Д'**. Ответ подтвердите расчётами!
2. Напишите уравнение *реакций 1 и 2*.
3. Как используются молекулы **Д'**?

### Задача 3.

Аспирант Пробиркин, работая в лаборатории профессора фон Бюксова, помогал ему в написании большого учебника по неорганической химии. Изучая свойства неметаллов, аспирант обнаружил, что элементы **Х** и **У** образуют ряд бинарных соединений, которые обладают различными свойствами. Вот выдержка из текста, написанного Пробиркиным:

*«...Неполярное соединение **А1** является бесцветным газом, термически крайне стабильным и химически инертным. При нормальных условиях **А1** не реагирует с водой, щелочами и даже расплавленными металлами. Лишь с кипящим натрием данный газ способен взаимодействовать (*реакция 1*), при этом образуются две соли слабых кислот: **В** и более лёгкая **С**. При температуре  $370^\circ\text{C}$  под большим давлением **А1** реагирует с водой с образованием кислот **Д** и **Е** (*реакция 2*). Сам газ **А1** можно получить прямым синтезом из элементов **Х** и **У** (*реакция 3*). Атомная доля элемента **Х** в этом соединении составляет  $1/7$ .*

*Соединение **А2** также является бесцветным газом, но в отличие от **А1**, является сильнейшим окислителем, бурно и зачастую со взрывом реагирующий с водой (*реакция 4*) с*

образованием газа **E** и оксида **F**. Синтезируют **A2**, пропуская **A1** над раскалённым порошком металлического кобальта (**реакция 5**), побочным продуктом реакции является соль кобальта с массовой долей металла 50.86%, а массовая доля **Y** в **A2** составляет 70.33%».

1. Определите элементы **X** и **Y** и соединения **A1**, **A2**, **B** – **F**, ответ подтвердите расчётами.
2. Напишите уравнения **реакций 1–5**.
3. Приведите примеры ещё хотя бы двух молекул, состоящих из элементов **X** и **Y**.

#### Задача 4.

##### **ПП – прозрачный полупроводник**

ИТО (от англ. *Indium Tin Oxide*) – полупроводниковый материал, представляющий собой твердый раствор оксидов олова (IV) и индия (III). Он прозрачен для видимого света и, благодаря этому свойству, широко применяется в производстве сенсорных экранов и прозрачных электродов.

Для получения тонкой пленки ИТО, нанесенной на стекло, используют различные методики. Наиболее популярным промышленным способом является соосаждение  $\text{SnO}_2$  и  $\text{In}_2\text{O}_3$  в необходимом массовом соотношении при помощи процесса магнетронного распыления, при этом ИТО формируется в виде тонкой пленки.

Также существует следующая методика: 1.2115 г соединения **A** и 0.1478 г вещества **B** растворяют в 100 мл дистиллированной воды в аргоновом боксе (инертной атмосфере), после чего осаждают соединения **C** и **D** (**реакции 1, 2**) добавлением 2 мл 25% раствора  $\text{NH}_3$ . Осадок промывают сначала водой, потом раствором этанола с стабилизирующими органическими добавками. После сушки, полученная смесь наносится на стеклянную подложку, которую затем обжигают (**реакции 3,4**) при  $550^\circ\text{C}$  для получения необходимых оксидов.

Для некоторых применений ИТО необходимо получить в виде наночастиц. Для этого в качестве реагентов, содержащих олово и индий, берут соединения **E** и **F** соответственно. Их выдерживают при  $40^\circ\text{C}$  в водном растворе в течение двух часов, после чего полученный осадок, состоящий из все тех же веществ **C** и **D**, отжигают при  $450^\circ\text{C}$ .

*Дополнительная информация:*

- Массовое соотношение оксидов в ИТО составляет 1:9 ( $\text{SnO}_2:\text{In}_2\text{O}_3$ ).
- Соединение **C** содержит олово.
- **B** – кристаллогидрат соединения **E**, при этом, массовая доля воды в **B** составляет 25,64%.
- Качественный состав **A** отличается от состава **B** только металлом.

- F – нитрат, при разложении которого (*реакция 5*) потеря массы составляет 56,43%.
- При расчетах все атомные массы элементов принимать целыми числами (кроме хлора).

### Вопросы

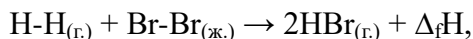
1. В каком мольном соотношении берут оксиды индия и олова для получения ИТО?
2. Установите формулы соединений **A-F**. Ответ подтвердите расчетами и рассуждениями!
3. Напишите уравнения *реакций 1-5*.
4. Где, помимо получения ИТО, применяется олово? Приведите два примера.

### Задача 5.

Энтальпию реакции можно рассчитать различными способами. К примеру, через энтальпию образования веществ ( $\Delta_f H$ , кДж/моль). Для реакции вида:  $aA + bB \rightarrow cC + \Delta_r H$ , где  $a, b, c$  – коэффициенты,

$$\Delta_r H = c\Delta_f H(C) - b\Delta_f H(B) - a\Delta_f H(A)$$

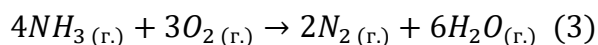
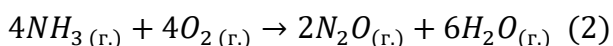
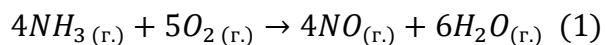
Стоит упомянуть еще один способ, позволяющий рассчитать  $\Delta_r H$ , используя данные по энергиям связей. Рассмотрим, например, реакцию образования бромоводорода.



$$\text{Тогда: } \Delta_f H = E_{св}(H-H_{(г.)}) + E_{св}(Br-Br_{(ж.)}) - 2E_{св}(H-Br_{(г.)})$$

Резюмируя, энтальпия реакции представляет собой разность суммы энергий разорвавшихся связей и суммы энергий образовавшихся связей.

Теперь применим на практике полученные знания. В реакции взаимодействия аммиака с кислородом могут образовываться различные продукты. Рассмотрим данные реакции:



Известно, что  $\Delta_f H^\circ_{298}(NH_{3(г.)}) = -46,2$  кДж/моль,  $\Delta_f H^\circ_{298}(N_2O_{(г.)}) = 82,01$  кДж/моль,  $\Delta_f H^\circ_{298}(NO_{(г.)}) = 90,31$  кДж/моль,  $\Delta_f H^\circ_{298}(H_2O_{(г.)}) = -241,82$  кДж/моль.

### Вопросы:

1. Рассчитайте энтальпию каждой реакции.
2. Найдите энергии связи в молекулах  $O_2$  и  $N_2$ , если  $E_{св}(N=O) = 630$  кДж/моль,  $E_{св}(O-H) = 465$  кДж/моль,  $E_{св}(N-H) = 391$  кДж/моль.
3. В свою очередь, образовавшийся оксид азота (I) может также окислять аммиак до азота (*реакция 4*). Запишите уравнение *реакции 4* и определите ее энтальпию.