



Всероссийская химическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2020—2021 учебный год. Заключительный этап

## Задачи для 10 класса

### Задача 10.1

Максимальный балл: 26. Автор: Попов Р. А.

Существуют реакции между газами, продуктами которых при обычных условиях являются жидкие и даже твердые вещества. Так, газ **AB** при смешении с газом **BC** дает твердое вещество **ABC**. Такая реакция известна как "дым без огня":



Два других газа **DE** и **BD** помимо твердого вещества **D** дают еще и жидкое **BE**:



А вот если **DE** ввести в реакцию с **BG**, то получается целых два твердых продукта **D** и **G**, а также жидкое **BE**:



1. Определите вещества **AB**, **BC**, **ABC**, **BD**, **BE**, **D**, **DE**, **G**, **BG**. Известно, что плотность **BG** по водороду равна 40,5. Каждая буква обозначает один элемент, вещества даны без индексов.

При сгорании на воздухе и **BG**, и **G** образуют твердое вещество **1** (реакции **4**, **5**), его молекулярная масса на 30 а.е.м больше, чем молекулярная масса **BG**.

**1** хорошо растворяется в воде с образованием слабой двухосновной кислоты **2** (реакция **6**), которая также может быть получена при окислении **G** азотной кислотой, при этом выделяется оксид азота (II) (реакция **7**). При взаимодействии **2** с эквимолярным количеством пероксида водорода образуется сильная двухосновная кислота **3** (реакция **8**), которая является сильным окислителем, способным растворить даже золото, при этом продуктами реакции являются кислота **2** и соль **4**, содержащая 47.87% золота (реакция **9**).

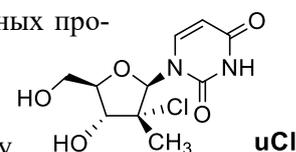
2. Определите вещества **1** – **4**
3. Запишите 9 уравнений реакций.

### Задача 10.2

Максимальный балл: 26. Автор: Калиничев А. В.

При производстве противовирусного лекарства Уприфосбувира образуется много побочных продуктов, среди которых находится водорастворимый нуклеозид хлоруридин (**uCl**).

Для очистки целевого вещества от **uCl** используется метод высаливания, заключающийся в добавлении неорганической хорошо растворимой соли к исходному раствору для выделения растворённого вещества в виде осадка.



Для количественного описания процесса высаливания с использованием электролитов используется уравнение Сеченова:

$$\log S = \beta - K_s I,$$

где  $S$  — растворимость осаждаемого вещества в г/мл,  $\beta$  и  $K_s$  — константы высаливания, а  $I$  — ионная сила исходного раствора, которая имеет смысл полусуммы попарных произведений квадратов зарядов ионов ( $z_i$ ) на их молярную концентрацию ( $C_i$ ):

$$I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 C_i.$$

1. Определите физический смысл константы  $\beta$ , а также размерности  $\beta$ ,  $K_s$  и  $I$ .

Значения констант высаливания были получены экспериментально при 22 °С:  $\beta = -0.248$ ,  $K_s = 0.215$ . Эксперимент проводился следующим образом: к 8.96 мл водного раствора  $uCl$  прибавляли 6.54 мл органического растворителя, который не смешивается с водой и не растворяет в себе неорганические соли, и 4.20 мл насыщенного водного раствора сульфата аммония, смесь активно встряхивали в течение 3 минут, после чего оставляли на 2 минуты до полного расслоения двухфазной системы. Затем методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определяли концентрацию  $uCl$  в водной фазе.

Справочные данные о температурной зависимости растворимости сульфата аммония ( $P$ , г соли/100 г воды) и плотности его водных растворов ( $\rho$ , г/мл) представлены ниже:

$$P \text{ (г/100 г воды)} = 70.19 + 0.244 \cdot T + 7.21 \cdot 10^{-4} \cdot T^2, T = [^\circ\text{C}]$$
$$\rho \text{ (г/мл)} = 1.00 + 5.57 \cdot 10^{-3} \cdot P - 1.85 \cdot 10^{-5} \cdot P^2, P = [\text{г/100 г воды}]$$

2. Рассчитайте молярную концентрацию 1 мл раствора  $uCl$  при 22 °С до добавления сульфата аммония.
3. Оцените, во сколько раз уменьшится растворимость  $uCl$  (в г/мл) после добавления сульфата аммония
4. На основании приведённых данных предложите, как можно улучшить описанный способ очистки водных растворов целевого компонента от  $uCl$  без изменения химической природы используемых веществ.

### Задача 10.3

Максимальный балл: 30. Автор: Попов Р. А.

Органическая кислота **A** и ее производные – важные реагенты в различных областях химии, встречаются и в быту, например в качестве чистящих средств для сантехники. При взаимодействии раствора, содержащего 0.18 г **A**, с эквимольным количеством хлора образуется 89.6 мл парникового газа без цвета и запаха, органических продуктов не остается.

1. Определите кислоту **A**, запишите уравнение реакции.

**B** и **C** – кислоты, способные окисляться сернокислым раствором перманганата калия, взаимодействовать с бромоводородом и вступать в реакции поликонденсации. На титрование 0.1179 г **B** требуется 17.6 мл 0.1 М раствора гидроксида натрия. Если взять одинаковые массы кислот **A** и **C**, то на нейтрализацию кислоты **A** требуется в 2 раза больше щелочи, чем на нейтрализацию кислоты **C**, которая также является продуктом распада одного из главных углеводов для живых организмов.

2. Определите соединения **B**, **C**. Дополнительно известно, что они состоят из 3 элементов и имеют неразветвленный углеродный скелет.
3. Приведите тривиальные названия кислот **A** – **C**, если известно, что их названия произошли от пищевых продуктов.

При осторожном нагревании **B** масса навески уменьшается на 26.87%, образуется соединение **X**, при растворении которого в воде образуется кислота **D**, которая при определенных условиях может быть превращена в **B**.

4. Определите вещества **X**, **D**, запишите реакцию образования **D**, а также превращения **D** в **B**. Какие условия нужны для этого превращения?

Кислота **E**, используемая в пищевой химии в качестве консерванта, может быть получена при окислении многих органических соединений, например симметричного углеводорода **Y** ( $\omega_C = 92.31\%$ ), перманганатом калия в кислой среде. При этом других углеродсодержащих соединений не образуется. Известно, что молярная масса **Y** больше, чем молярная масса тетрахлорэтана, но меньше, чем дибромпропана.

5. Определите вещества **E**, **Y**