

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11 и 12 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 6 ноября 2010 г.

Простые неорганические вещества вокруг нас

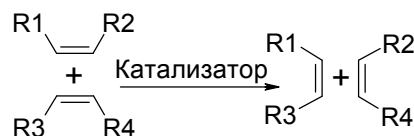
1. Элемент **X** находится в природе как в виде простого вещества, так и в составе сложных веществ. В случае простого вещества речь идет об одной составной части воздуха (вещество **A**). В минералах элемент **X** находится, в основном, в виде двух солей – **B** и **C** (разные катионы металлов группы IA, одинаковые анионы). Радиус катиона металла, содержащегося в соли **C**, больше, чем радиус катиона металла в соли **B**. Реакция вещества **A** с водородом происходит при высокой температуре в присутствии катализатора (**реакция 1**), образуется хорошо растворимый в воде бесцветный газ **D** с резким запахом. Газ **D** окисляется в кислороде до простого вещества **A** с выделением воды (**реакция 2**). При температуре 150-900 °C в присутствии катализатора (Pt) газ **D** реагирует с кислородом, образуя содержащий элемент **X** оксид **E** (%O)=53,3, степень окисления элемента **X** равна II), также выделяется вода (**реакция 3**). Оксид **E** реагирует дальше с простым веществом **F**, которое участвует в реакциях в качестве окислителя, с образованием оксида **G** (**реакция 4**). При реакции **D** с угольной кислотой образуется кислая соль **H**, которую используют в кондитерской промышленности для поднятия теста. **H** разлагается при нагревании на два оксида и газ **D** (**реакция 5**). Сильную кислоту **I** производят реакцией газа **G** с водой: образуется сильная кислота **I** и газ **E** (**реакция 6**).

- Напишите тривиальные названия солей **B**, **C** и **H**. (1)
- Напишите формулы и названия элемента **X** и веществ **A-I**. (5)
- Напишите уравнения **реакций 1-6** и расставьте коэффициенты. (6)

12 б

Метатезис

2. В 2005 году Нобелевскую премию по химии получили Р. Граббс, Р. Шрок и И. Шовен за создание метода метатезиса. Схема метатезиса представлена на рисунке.



- Напишите все изомеры цепи и изомеры положения для вещества C₄H₇. (3)
- Напишите структурные формулы и названия для продуктов метатезиса 3-иодобут-1-ена. (2)

Для проведения синтеза 1,0 ммоль 3-иодобут-1-ена растворили в 25 см³ дихлорметана и добавили катализатор. Реакция прошла с

выходом 97%. Предположите, что газообразные вещества улетучиваются.

- Рассчитайте молярные концентрации (mM) всех веществ в растворе после окончания реакции. (2) 7 б

Реакции студента

3. Студент-химик Глеб смешал раствор аммиака с сульфатом меди и добавил к полученному раствору этанол. В результате этого в осадок выпал синий кристаллический комплекс [Cu(NH₃)_x]SO₄, который Глеб отфильтровал и высушил. Глеб добавил к 0,1805 г кристаллов (содержали немного воды) 20,00 см³ 0,2097 M раствора HCl, в результате чего комплексная соль разложилась и в растворе образовались простые соли. На обратное титрование избытка кислоты израсходовалось 12,19 см³ 0,1000 M раствора NaOH.

- Напишите уравнения произошедших реакций. (3)
- Рассчитайте содержание (x) NH₃ в комплексной соли. (5)
- Определите процентное содержание воды в комплексной соли. (2)

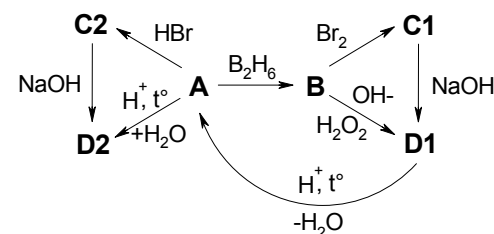
10 б

Изомеры

4. Объем вещества **A** массой 6,4 г больше, чем 3 дм³ при температуре 25°C и давлении 101 кПа.

- Найдите максимально возможную молярную массу вещества **A**. (2)
($pV = nRT$,
 $R = 8,314 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$)

Вещество **A** участвует в приведенной последовательности превращений, в которой вещества **C1** и **C2**, а также **D1** и **D2** являются парами изомеров положения, формулу вещества **B** можно представить в виде RBH₂ (R – алкильная цепь).



- Напишите структурные формулы зашифрованных веществ **A**, **B**, **C1**, **C2**, **D1** и **D2**. (6) 8 б

Две капли кислоты

5. I. 10 капель 39,4% раствора HCl (36,5 г/моль) (1,195 г/см³) разбавили до 100,0 миллилитров. Для титрования 20,0 см³ полученного разбавленного раствора HCl израсходовалось 12,7 см³ 0,1015 M раствора NaOH.

- Найдите количество HCl, взятого для разбавления. (2)
- Найдите объем одной капли 39,4% раствора HCl. (2)

II. К деминерализованной воде при 70 °C [$K_w(70^\circ\text{C}) = 2,1 \cdot 10^{-13} \text{ M}^2$] добавили 1 каплю 39,4% раствора HCl (дополнительные данные взять

из I части). Значение pH полученного раствора должно равняться точно 6. Предположите, что при 70 °C CO₂ полностью улетучивается из раствора.

- a) i) Чему равен pH чистой деминерализованной воды при 70 °C?
ii) Обоснуйте, является эта вода кислой, нейтральной или щелочной. (3)
- b) Найдите объем деминерализованной воды, добавление к которому 1 капли кислоты дает среду, pH которой равен точно 6. (4) **11 б**
(Открытые соревнования по химии, старшая группа, 2003 г.)

Топливный элемент

6. Для разработки топливных элементов синтезировали смешанный оксид $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$, $0 < \delta < 0,25$ и исследовали его состав. Для синтеза использовали раствор нитрата лантана(III) и раствор нитрата никеля(II), которые смешали между собой в стехиометрическом соотношении. Затем добавили стехиометрическое количество топлива (H₂NCH₂COOH, глицин). При нагревании полученного раствора до 500 °C произошла химическая реакция между топливом и нитратами, в результате чего образовался продукт $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$.

- a) Если воздух не участвует в реакции, то $\delta = 0$, и в продуктах реакции углерод и азот присутствуют только в виде газов (CO₂, N₂).
Напишите для этого случая:
i) уравнения полуреакций окисления и восстановления,
ii) окислитель и восстановитель,
iii) уравнение реакции между топливом и нитратами с расставленными коэффициентами. (5)

Для определения δ полученного в результате реакции оксида $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$ использовали иодометрическое титрование в атмосфере N₂. Для этого взвесили 0,200 г полученного оксида и 1,000 г KI и растворили в 10 см³ 6 М раствора HCl. Раствор перенесли в 50,00 см³ колбу и заполнили дистиллированной водой до метки. Полученный раствор, который содержал иод, оттитровали 0,00100 М раствором Na₂S₂O₃, используя в качестве индикатора крахмал. На титрование 10,00 см³ раствора израсходовалось 29,5 см³ раствора Na₂S₂O₃.

- b) Напишите
i) ионное уравнение реакции образования молекулярного иода и
ii) ионное уравнение реакции, происходящее при иодометрическом титровании. (2)
- c) Рассчитайте δ . (5) **12 б**