

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11. и 12. класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 10 ноя. 2007

1. *Состав карбонатной смеси.* 75,0 г смеси NaHCO_3 и K_2CO_3 с неизвестным содержанием влажности прореагировало с раствором HCl , в результате чего образовалось 19,7 л CO_2 (1,00 атм, 25°C). При выпаривании досуха жидкости из раствора получили 56,72 г твёрдого остатка.

- Напишите систематические и тривиальные названия веществ NaHCO_3 , K_2CO_3 , HCl и CO_2 , а также уравнения произошедших реакций.
- Какого цвета твёрдый остаток?
- Рассчитайте, **i)** сколько моль CO_2 образовалось и **ii)** массовое отношение между NaHCO_3 и K_2CO_3 в смеси. **iii)** Какого содержание влажности в исходной смеси?
- В каком массовом соотношении необходимо смешать сухие NaHCO_3 и K_2CO_3 , чтобы масса полученного таким же образом твёрдого остатка была равна массе исходной смеси? **(14)**

2. *Бензохинон.* 1,4-дигидробензохинон - растворимое в воде органическое вещество, которое состоит из атомов С, Н и О, а также содержит ароматический цикл. При окислении обеих фенольных гидроксильных групп образуется 1,4-бензохинон, жёлтые кристаллы которого хорошо растворимы в органических растворителях. При окислении одной молекулы дигидробензохинона отнимается 2 протона и образуется одна молекула бензохинона.

- Напишите реакцию, происходящую на аноде (не участвующую в реакции часть 1,4-дигидробензохинона обозначить как ДНВ)
- В 100 см^3 55,0 мМ раствора 1,4-дигидробензохинона проводили электролиз ровно 1 час при 206 мА. В результате на аноде осадилось 415 мг жёлтого вещества. Найдите молярную массу полученного соединения. $F = 96485\text{ C/мол}$.
- Напишите плоскостные структуры исходного вещества и продукта.
- При синтезе образуется смесь 1,4-бензохинона и 1,4-дигидробензохинона. Назовите два метода, которые позволяют отделить вещества друг от друга. **(9)**

3. *Загадка старого профессора.* Старый профессор, решил продемонстрировать своим коллегам-химикам «фокус». Он наполнил четыре колбы бесцветной жидкостью – «волшебной водой», которая

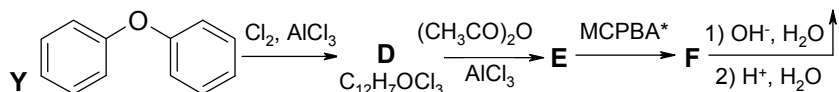
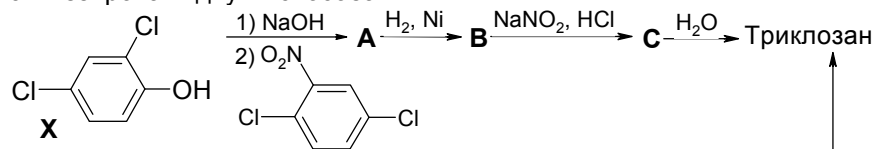
представляет собой водный раствор сильной неорганической бинарной кислоты **A**. Первую колбу профессор выставил на солнечный свет. В результате окисления раствора кислоты **A** кислородом воздуха началось осаждение кристаллов простого вещества **B**, и все увидели, что «вода» в первой колбе быстро пожелтела, а через полчаса сменилась на бурую. Это обусловлено связыванием образующегося вещества **B** с кислотой **A** в растворимый комплекс (1:1), придающий раствору бурый цвет. Во вторую колбу профессор сначала добавил чёрно-фиолетовые кристаллы **B**, что вызвало образование комплекса **C**. Затем к бурому раствору **C** профессор аккуратно добавил красный порошок простого вещества **D**. В результате последней реакции образовались сравнительно сильные кислоты **A** и **E**, и раствор обесцветился. В третью колбу профессор всыпал порошок Ag , и в колбе началась бурная реакция. На первом этапе серебро растворилось с образованием жёлтого осадка соли **F** и выделением газа **G**, который вспыхивает и загорается в пламени лучины. На втором этапе происходит растворение осадка: кислота **A** связывает соль **F** в растворимый комплекс **H** (в соотношении 1:1). В четвёртую колбу прилили концентрированный раствор сильной неорганической кислоты **I**. Из колбы сразу стал выделяться бинарный красно-бурый газ **J** (46.01 г/моль; $\%(\text{O})=69.55$), и образовалась сильная одноосновная кислородсодержащая кислота **K**. Кислоты **A** и **I** реагируют в соотношении 1:6.

- i)** Рассчитайте формулу газа **J** и **ii)** напишите формулы веществ **A - K**.
- Напишите уравнения следующих реакций: **i)** $\text{A} + \text{O}_2 \rightarrow$, **ii)** $\text{A} + \text{B} \rightarrow$, **iii)** $\text{C} + \text{D} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$, **iv)** $\text{A} + \text{Ag} \rightarrow$, **v)** $\text{F} + \text{A} \rightarrow$ и **vi)** $\text{A} + \text{I} \rightarrow$. **(14)**

4. *Энергетика природы.* Для получения энергии многие организмы используют реакцию окисления глюкозы: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ($\Delta G = -2823,2\text{ кДж/моль}$). Получаемая от сжигания 1 молекулы глюкозы энергия запасается в ангидридных связях 38 молекул АТФ (АТФ - аденозинтрифосфат; АДФ - аденозиндифосфат; P_i - фосфат): $\text{ADP} + \text{P}_i = \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$ ($\Delta G = 50\text{ кДж/мол}$). Процесс, объединяющий в себе обе реакции, носит название окислительное фосфорилирование. Значения ΔG даны для внутриклеточных условий.

- Напишите суммарное уравнение реакции окислительного фосфорилирования.
- Сколько энергии затрачивает на образование 38 моль АТФ?
- Каково значение ΔG для реакции окислительного фосфорилирования?
- Какова эффективность этого процесса, т.е. какой процент энергии от окисления глюкозы запасается в химических связях? **(5)**

5. Синтез антибактериального препарата. Триклозан (по массе 49,78 % C, 2,44 % H, 11,05 % O и 36,73 % Cl) является известным в медицине антибактериальным препаратом. Данный препарат можно синтезировать двумя способами:



*MCPBA сильный окислитель

- Рассчитайте брутто-формулу триклозана. Напишите названия веществ X и Y.
 - Напишите плоскостные структурные формулы веществ A - F и триклозана.
- Из вещества X и хлороуксусной кислоты можно изготовить ещё один широко используемый гербицид - 2,4-D, который содержит 2 атома хлора и один кислый протон.
- Изобразите структурную формулу 2,4-D. (8)

6. Кислотные дожди. Услышав в школе, что кислотные дожди вредны для природы, у Пети возникло желание рассчитать, насколько "кислая" дождевая вода. От учителя химии он узнал, что основным источником кислотности воды является растворённый в воде CO_2 . Из книг Петя выяснил, что в воздухе содержится 0,0355 объёмных процента газа и его растворимость в воде описывает закон Генри ($c(\text{CO}_2)_v = k_H \cdot p(\text{CO}_2)$), где c обозначает молярную концентрацию, p - парциальное давление и $k_H = 3,38 \cdot 10^{-2} \text{ М/атм}$).

- Помогите Пете рассчитать **i)** $p(\text{CO}_2)$ в воздухе, зная, что сумма парциальных давлений компонентов газовой смеси равна общему давлению и **ii)** концентрацию растворённого в воде, если давление воздуха было 1,0 атм.
- Напишите **i)** уравнение образования H_2CO_3 из растворённого в воде CO_2 , **ii)** уравнение диссоциации H_2CO_3 (по первой ступени) и соответствующее выражение для константы равновесия диссоциации K_a . **iii)** Рассчитайте концентрацию протонов водорода и pH в чистой дождевой воде, если $K_a = 4,45 \cdot 10^{-7}$.
- Рассчитайте степень диссоциации угольной кислоты по первой ступени. (10)