

## 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  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  с неизвестным содержанием влажности прореагировало с раствором  $\text{HCl}$ , в результате чего образовалось 19,7 л  $\text{CO}_2$  (1,00 атм,  $25^\circ\text{C}$ ). При выпаривании досуха жидкости из раствора получили 56,72 г твёрдого остатка.

- Напишите систематические и тривиальные названия веществ  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{CO}_2$ , а также уравнения произошедших реакций.
- Какого цвета твёрдый остаток?
- Рассчитайте, i) сколько моль  $\text{CO}_2$  образовалось и ii) массовое отношение между  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в смеси. iii) Какого содержание влажности в исходной смеси?
- В каком массовом соотношении необходимо смешать сухие  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , 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  $100\text{ см}^3$  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

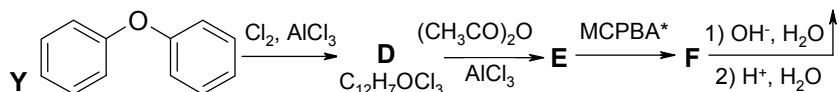
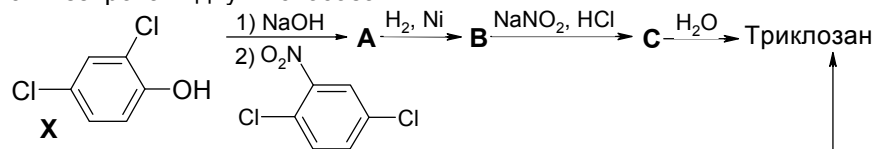
представляет собой водный раствор сильной неорганической бинарной кислоты **A**. Первую колбу профессор выставил на солнечный свет. В результате окисления раствора кислоты **A** кислородом воздуха началось осаждение кристаллов простого вещества **B**, и все увидели, что «вода» в первой колбе быстро пожелтела, 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  $\text{Ag}$ , 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;  $\text{P}_i$  - 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  $\Delta G$  даны для внутриклеточных условий.

- Напишите суммарное уравнение реакции окислительного фосфорилирования.
- Сколько энергии затрачивает на образование 38 моль АТФ?
- Каково значение  $\Delta G$  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 % С, 2,44 % Н, 11,05 % О 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  $\text{CO}_2$ . 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  $\text{H}_2\text{CO}_3$  из растворённого в воде  $\text{CO}_2$ , **ii)** уравнение диссоциации  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (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)