

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 10. november 2007

1. *Karbonaatse segu koostis.* 75,0 g teadmata niiskusesisaldusega NaHCO_3 ja K_2CO_3 segu reageeris HCl lahusega, mille tulemusena tekkis 19,7 l CO_2 (1,00 atm, 25° C). Lahuse kuivaksaurutamisel saadi 56,72 g tahket jääki.
- Kirjutage NaHCO_3 , K_2CO_3 , HCl ja CO_2 süstemaatilised ja rahvapärased nimetused ning toimunud reaktsioonide võrrandid.
 - Mis värv on tahke jääk?
 - Arvutage, i) mitu mooli CO_2 tekkis ja ii) NaHCO_3 ja K_2CO_3 massivahe-kord segus. iii) Milline oli algse segu niiskuse sisaldus?
 - Millises massivahekorras tuleb kokku segada kuiva NaHCO_3 ja K_2CO_3 , et samal viisil saadud tahke jäägi mass oleks võrdne lähtesegu massiga.

(14)

2. *Bensokinoon.* 1,4-dihüdrobensokinoon on vees lahustuv orgaaniline aine, mis koosneb C, H ja O aatomitest ning sisaldab aromaatsset tsükli. Aine mõlema fenoolse hüdroksüülrühma oksüdeerumisel moodustub 1,4-bensokinoon, mille kollased kristallid lahustuvad hästi orgaanilistes lahustites. Ühe dihydrobensokinooni molekuli oksüdeerumisel loovutatakse kaks prootonit ning tekib üks molekul bensokinooni.

- Kirjutage anoodil toimuva reaktsiooni võrrand (reaktsioonis mitteosalevat 1,4-dihüdrobensokinooni osa tähistada DHB).
- 100 cm³ 1,4-dihüdrobensokinooni 55,0 mM lahust elektrolüüsi täpselt 1 h jooksul 206 mA juures. Tulemusena sadestus anoodiruumi 415 mg kollast tahkist. Leidke saaduse molaarmass. $F = 96485 \text{ C/mol}$.
- Kirjutage lähteaine ja saaduse tasapinnalised struktuurivalemid.
- Sünteesis saadakse 1,4-bensokinooni ja 1,4-dihüdrobensokinooni segu. Nimetage kaks meetodit, millega saab neid aineid teineteisest lahutada.

(9)

3. *Vana professori mõistatus.* Vana professor demonstreeris oma kolleegidele-keemikutele trikki. Ta täitis neli kolbi värvitu vedelikuga – „nõiaveega“, mis kujutas endast tugeva binaarse anorgaanilise happe **A** vesilahust. Esimese kolvi jättis professor päikese valguse kätte. **A** lahuse oksüdeerumisel õhuhapniku toimel algas kristalse lihtaine **B** sadenemine ning kõik nägid, et esimeses kolvis muutus „vesi“ kiiresti kollakaks ja poole tunni pärast muutus see pruuniks. See oli tingitud aine **B** ja happe **A** vahelise lahustuva kompleksi (1:1) tekkest, mis andis lahusele pruuni värvuse. Teise kolbi valas professor algul mustjas-violetseid kristalle **B**, mis kutsus esile kompleksi **C** moodustumise. Seejärel valas professor pruunile **C** lahusele ettevaatlikult punast lihtaine **D** pulbrit. Selle reaktsiooni tulemusel

moodustusid suhteliselt tugevad happed **A** ja **E** ning lahus muutus värvituks. Kolmandasse kolbi puistas professor Ag pulbrit ja kolvis käivitus äge reaktsioon. Esimesel etapil hõbe lahustus, moodustus kollane soola **F** sade ja eraldus gaas **G**, mis süttib põleva tiku leegis. Teisel etapil toimus sademe lahustumine: hape **A** seob soola **F** lahustuvaks kompleksiks **H** (suhtega 1:1). Neljandasse kolbi valati tugeva anorgaanilise happe **I** kontsentreeritud lahust. Kolvist hakkas seejärel eralduma binaarne punakas-pruun gaas **J** (46,01 g/mol, %O) = 69,55) ja moodustus tugev üheprotoniline hapnikhape **K**. Happed **A** ja **I** reageerivad suhtega 1:6.

- i) Leidke arvutustega gaasi **J** valem ja ii) kirjutage ainete **A** – **K** valemid.
- Kirjutage järgmiste reaktsioonide võrrandid: 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) $\text{F} + \text{A} \rightarrow$ ja vi) $\text{A} + \text{I} \rightarrow$.

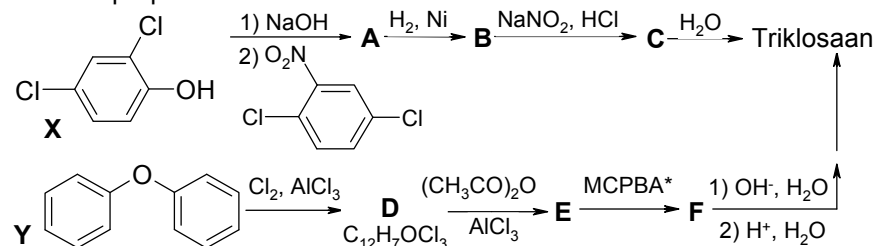
(14)

4. *Energeetika eluslooduses.* Paljud organismid kasutavad energia saamiseks glükoosi oksüdatsiooni: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ($\Delta G = -2823,2 \text{ kJ/mol}$). Ühe molekuli glükoosi põletamisel saadud energia salvestatakse 38 molekuli ATP anhüdriidsidemetes (ATP – adenosindifosfaat, P_i – fosfaat): $\text{ADP} + \text{P}_i = \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$ ($\Delta G = 50 \text{ kJ/mol}$). Protsess, mis ühendab endas mõlemat reaktsiooni kannab nimetust oksüdeeriv fosforüleerimine. ΔG väärtused on antud rakusiseste tingimuste kohta.

- Kirjutage oksüdeeriva fosforüleerimise reaktsiooni summaarne võrrand.
- Palju energiat kulutatakse 38 mooli ATP moodustumiseks?
- Milline on oksüdeeriva fosforüleerimise reaktsiooni ΔG väärtus?
- Milline on selle protsessi efektiivsus, st milline osa glükoosi oksüdatsiooni energiast protsentides salvestub keemilistes sidemetes?

(5)

5. *Bakteritevastase preparaadi süntees.* Triklosaan (massi järgi 49,78 % C, 2,44 % H, 11,05 % O ja 36,73 % Cl) on meditsiinis hästi tuntud bakteritevastane preparaat. Seda toimeainet sünteesitakse kahel meetodil:



*MCPBA on tugev oksüdeerija

- Arvutage triklosaani brutovalem. Kirjutage ühendite **X** ja **Y** nimetused.
- Joonistage ühendite **A-F** ja triklosaani tasapinnalised struktuurivalemid. Ainest **X** ja kloroetaanhapest võib valmistada ühe enim kasutatud herbitsiidi – 2,4-D, mis sisaldab kahte Cl aatomit ja ühte happelist prootonit.
- Joonistage 2,4-D tasapinnaline struktuurivalem.

(8)

6. *Happevihmad*. Kuuldes koolis, et happevihmad on pahad loodusele, tekkis Peetril tahtmine arvutada, kui hapu vihmavesi on. Keemiaõpetaja käest sai ta teada, et vihmavee happelisuse põhiliseks allikaks on vees lahustunud CO₂. Raamatud ütlesid, et õhus on CO₂ 0,0355 mahuprotsenti ja selle lahustumist vees kirjeldab Henry seadus ($c(\text{CO}_2)_v = k_H \cdot p(\text{CO}_2)$), kus c tähistab molaarset kontsentratsiooni, p osarõhku ja $k_H = 3,38 \cdot 10^{-2} \text{ M/atm}$.
- a) Aidake Peetril arvutada i) $p(\text{CO}_2)$ õhus, teades et gaasidesegu komponentide osarõhkude summa on võrdne kogurõhuga ja ii) vees lahustunud CO₂ kontsentratsioon, kui õhurõhk oli 1,0 atm.
- b) Kirjutage i) H₂CO₃ moodustumise võrrand vees lahustunud CO₂-st, ii) H₂CO₃ dissotsiatsiooni võrrand (I aste) ja vastav happe dissotsiatsiooni tasakaalukonstandi avaldis K_a . iii) Arvutage vesinikiooni kontsentratsioon ja pH väärtus puhtas vihmavees, kui $K_a = 4,45 \cdot 10^{-7}$.
- c) Arvutage süsihappe dissotsiatsioonimäär (I aste). **(10)**

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

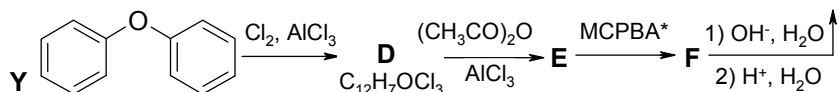
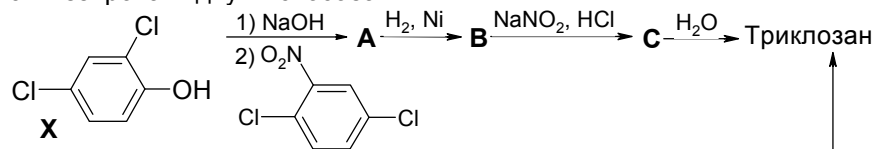
представляет собой водный раствор сильной неорганической бинарной кислоты **A**. Первую колбу профессор выставил на солнечный свет. В результате окисления раствора кислоты **A** кислородом воздуха началось осаждение кристаллов простого вещества **B**, и все увидели, что «вода» в первой колбе быстро пожелтела, 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)