

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 8. november 2008

1. 0,20 mooli FeCl_2 sisaldavale lahusele lisati 342 g CuSO_4 lahust, mis oli valmistatud 56,1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ lahustamisel 457 g vees, ja 2,29 kg 5,0% $\text{Ba}(\text{OH})_2$ lahust. Filtrimisel eraldati lahusest sade nr 1. Filtraadist juhiti läbi süsihappegaasi, mida neeldus $7,2 \text{ dm}^3$ (nt). Seejärel lisati 118 cm^3 20% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ lahust ($\rho = 1,115 \text{ g/cm}^3$). Eraldati sade nr 2. Filtraat aurustati kuivaks ja jääki kuumutati portselannõus, kuni mass enam ei muutunud.

a) Arvutage i) kasutatud vask(II)sulfaadi lahuse protsendiline sisaldus ja lisatud ii) CuSO_4 , iii) $\text{Ba}(\text{OH})_2$, iv) CO_2 ja v) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ hulgad (mol).

b) Kirjutage lahuses toimunud reaktsioonide võrrandid.

c) Mis ainetest koosneb i) sade nr 1 ja ii) sade nr 2 (kirjutage valemid)?

d) Mis jääb portselannõusse pärast kuumutamist? (12)

2. Mikroorganismid töötlevad orgaanilisi jääke heitvete bioloogilisel puhastamisel. Anaeroobsel puhastamisel tekib segu, mis sisaldab umbes sama palju CO_2 ja CH_4 : $2\{\text{CH}_2\text{O}\} = 1\text{CH}_4 + 1\text{CO}_2$. Seda segu nimetatakse biogaasiks ja see on hinnaline kütus. Oletame, et biolagundatava materjali $\{\text{CH}_2\text{O}\}$ sisaldus heitvees on 502 mg/dm^3 ja puhastusseade töötab päevas läbi 250000 dm^3 vett. CH_4 , CO_2 ja H_2O tekkentalpiad gaasifaasis on vastavalt $-74,8 \text{ kJ/mol}$, $-393,5 \text{ kJ/mol}$ ja $-241,8 \text{ kJ/mol}$.

a) Kirjutage metaani täieliku põlemise võrrand.

b) Arvutage metaani täieliku põlemise reaktsiooni entalpia.

c) Arvutage energia hulk, mis eraldub 1 päeva jooksul biopuhastist kogutud biogaasi põletamisel.

Tänapäeval saadakse biogaasi ka olmeprügi töötlemisel. Ühest tonnist prügist on võimalik saada 300 m^3 (nt) biogaasi. Kaasaegne puhasti on võimeline läbi töötama 12 tonni prügi päevas.

d) Arvutage energia hulk, mis eraldub ühe päeva jooksul kaasaegse puhasti töötamisel kogutud biogaasi põletamisel. (8)

3. Lubjakivi koostise määramiseks pandi $1,02 \text{ g}$ proov reageerima $25,00 \text{ cm}^3$ $1,101 \text{ mol/dm}^3$ soolhappega. Reageerimata jäänud happe liia tiitrimiseks kulus $24,31 \text{ cm}^3$ $0,3603 \text{ mol/dm}^3$ naatriumhüdroksiidi lahust.

a) Kirjutage välja i) kaltsiumkarbonaadi ja soolhappe, ii) naatriumhüdroksiidi ja soolhappe vahelise reaktsiooni võrrand.

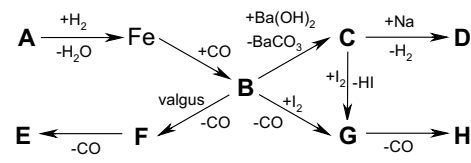
b) Arvutage lubjakivis sisalduva kaltsiumkarbonaadiga reageerinud soolhappe moolide arv.

c) Määrake kaltsiumkarbonaadi protsendiline sisaldus lubjakivis.

d) Mitu korda tuleks vähemalt tiitrimist korrata, et saada korrektne tulemus?

e) Milline viga saadakse CaCO_3 sisalduse arvutamisel, kui happe liig tiitritakse $0,06 \text{ cm}^3$ võrra üle (võrreldes täpse tiitrimisega)? (7)

4. Skeemil on toodud raua ühendite muundumine. Ühendites **A**, **B**, **E**, **F** ja **H** on raua protsendiline sisaldus vastavalt 78%, 29%, 33%, 31% ja 18%. **C** on hape. **A** ja **H** on binaarsed ühendid ning **B**, **E** ja **F** üldvalem on $\text{Fe}_x(\text{CO})_y$. **E** sisaldab kolme raua aatomit. Reaktsioonides $\text{B} \rightarrow \text{C}$ ja $\text{B} \rightarrow \text{G}$ reageerivad lähteained vahekorras 1 : 1. Skeemil näitab „+“, millega lähteaine reageerib ja „-“ eralduvat saadust.



a) Kirjutage ainetes **A–H** valemid. Esitage vajalikud arvutused.

b) Kirjutage vastavad reaktsioonivõrrandid. (13)

5. Tavaline pudeliklaas sisaldab Si (35,21%), O (46,81%), Ca (8,37%) ja elementi **X**, mis annab klaasile kollase värvuse. Leek värvub kollakaks ka seda elementi sisaldava aine puistamisel leeki.

a) Leidke tavalise pudeliklaasi summaarne valem.

Orgaaniline klaas on orgaanilise ühendi **MMA** polümeer, mis sisaldab H, C ja O aatomeid. **MMA** summaarse valem leidmiseks täideti anum ($V = 1,00 \text{ m}^3$) hapnikuga ($V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$) ning lisati 1 mol **MMA**. Saadud segu süüdati. Reaktsiooni lõppedes oli anum molaarne ruumala $21,0 \text{ dm}^3/\text{mol}$ ning peale gaaside segu jahtumist ja veeaurude kondenseerumist – $22,91 \text{ dm}^3/\text{mol}$. Täielikul põlemisel reageeris 13,44% hapnikust.

b) Kirjutage $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ (**MMA**) täieliku põlemise tasakaalustatud võrrand kasutades koefitsente x, y, z.

c) Leidke i) ära reageerinud O_2 , ii) tekkinud vee ja iii) tekkinud CO_2 hulgad.

d) Arvutage **MMA** summaarne valem. (7)

6. Aine **A** on igapäevaelus tuntud mittemetalli (tüüpilised oa-d –II, 0, IV ja VI) lihtaine. Kõrgemal temperatuuril reageerib ta vesinikuga, andes gaasi **B**, mille vesilahus on happeline. Gaas **B** põleb õhus andes gaasi **C**, mille lahustamisel vees same aine **D** happelise lahuse. Kui gaasi **B** põlemisleeki panna külm ese, kattub see hetkeks kollaka kihiga. 400°C kõrgemal temperatuuril katalüsaatori (Pt või V_2O_5) pinnal reageerib gaas **C** hapnikuga, andes gaasi **E**, mis jahutamisel alla 45°C veeldub ja alla 17°C tahkub. Gaasi **E** lahustamine vees on väga eksotermiline protsess. Tekib aine **F** happeline lahus, mis on tuntud ka konservandina E220. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lisamisel aine **F** lahusele sadeneb valkjas aine **G**, mille teatud kristallhüdraati kasutatakse nii meditsiinis kui ka ehituses. Aines **G** on 29,4% Ca, 47,0% hapnikku ja element **A**. Ühendid **B**, **C** ja **E** on ebameeldiva lõhnaga mürgised gaasid. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ja ühend **F** reageerivad moolivahekorras 1 : 1.

a) Tuvastage ained **A – G**. Kirjutage valemid ja nimetused.

b) Joonistage aine **C** ruumiline struktuurivalem.

c) Kirjutage kõikide tekstis märgitud reaktsioonide võrrandid. (13)

(Keemiaülesannete lahendamise lahtine võistlus, noorem rühm, 1997. a)

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Младшая группа (9 и 10 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 8 ноября 2008

1. В раствор, содержащий 0,20 моль FeCl_2 , добавили 342 г раствора CuSO_4 , который был приготовлен растворением 56,1 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 457 г воды, и 2,29 кг 5,0%-ного раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Осадок № 1 выделили из раствора фильтрованием. Через фильтрат пропустили углекислый газ, которого поглотилось $7,2 \text{ дм}^3$ (н.у.). Затем добавили 118 см^3 20%-ного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ($\rho = 1,115 \text{ г/см}^3$). Выделили осадок № 2. Фильтрат выпарили досуха и остаток нагревали в фарфоровом тигле до тех пор, пока его масса не стала постоянной.

a) Рассчитайте i) процентное содержание сульфата меди (II) в использованном растворе и количества добавленных ii) CuSO_4 , iii) $\text{Ba}(\text{OH})_2$, iv) CO_2 и v) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (в молях).

b) Напишите уравнения реакций, происходивших в растворе.

c) Из каких веществ состоит i) осадок № 1 и ii) осадок № 2 (напишите формулы)?

d) Что остается в фарфоровом тигле после нагревания остатка? (12)

2. Биоочистка сточных вод заключается в переработке органических остатков микроорганизмами. При анаэробной переработке образуется смесь, которая содержит примерно равные количества CO_2 и CH_4 : $2\{\text{CH}_2\text{O}\} = 1\text{CH}_4 + 1\text{CO}_2$. Эту смесь называют биогазом, который является ценным топливом. Предположим, что содержание биodeградационного материала $\{\text{CH}_2\text{O}\}$ в сточных водах составляет 502 мг/дм^3 , и очистительная установка перерабатывает 250000 дм^3 воды в день. Энтальпии образования CH_4 , CO_2 и H_2O в газовой фазе равны соответственно $-74,8 \text{ кДж/моль}$, $-393,5 \text{ кДж/моль}$ и $-241,8 \text{ кДж/моль}$.

a) Напишите уравнение реакции полного сгорания метана.

b) Рассчитайте энтальпию реакции полного сгорания метана.

c) Рассчитайте количество энергии, которое выделяется при сгорании биогаза, собранного за 1 день работы очистительной установки.

В настоящее время биогаз получают и при обработке бытового мусора. Одна тонна мусора позволяет получить 300 м^3 (н.у.) биогаза. Современный генератор способен перерабатывать 12 тонн мусора в день.

d) Рассчитайте количество энергии, которое выделяется при сгорании биогаза, собранного за 1 день работы современного генератора. (8)

3. Для определения состава известняка пробу массой 1,02 г оставили реагировать с $25,00 \text{ см}^3$ $1,101 \text{ моль/дм}^3$ соляной кислоты. Для титрования излишка непрореагировавшей кислоты израсходовалось $24,31 \text{ см}^3$ раствора $0,3603 \text{ моль/дм}^3$ гидроксида натрия.

a) Напишите уравнения реакций между i) карбонатом кальция и соляной кислотой, ii) гидроксидом натрия и соляной кислотой.

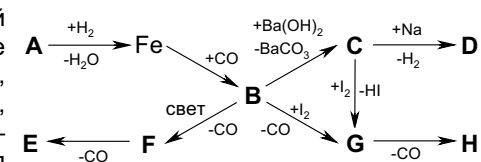
b) Рассчитайте число молей соляной кислоты, прореагировавшей с карбонатом кальция, который содержится в известняке.

c) Определите процентное содержание карбоната кальция в известняке.

d) Сколько по меньшей мере раз нужно повторить титрование, чтобы получить правильный результат?

e) Какая ошибка получится при определении содержания CaCO_3 , если на титрование излишка кислоты израсходовать на $0,06 \text{ см}^3$ больше титранта (по сравнению с правильным титрованием)? (7)

4. Рядом приведена схема превращений соединений железа.



Процентное содержание железа в веществах **A**, **B**, **E**, **F** и **H** равно соответственно 78%, 29%, 33%, 31% и 18%. **C** - кислота. **A** и **H** - бинарные соединения, $\text{Fe}_x(\text{CO})_y$ - общая формула веществ **B**, **E** и **F**. **E** содержит три атома железа. В реакциях **B** → **C** и **B** → **G** исходные вещества реагируют в соотношении 1 : 1.

На схеме „+“ показывает, с чем реагирует исходное вещество, а „-“ обозначает выделяющийся продукт.

a) Напишите формулы веществ **A–H**. Представьте необходимые расчеты.

b) Напишите соответствующие уравнения реакций. (13)

5. Обычное бутылочное стекло содержит Si (35,21%), O (46,81%), Ca (8,37%) и элемент **X**, который дает стеклу желтый цвет. Если вещество, содержащее этот элемент, поместить в пламя горелки, то пламя окрашивается в желтоватый цвет.

a) Определите брутто-формулу обычного бутылочного стекла.

Органическое стекло – полимер органического соединения **MMA**, которое содержит атомы H, C и O. Для определения брутто-формулы **MMA** сосуд ($V = 1,00 \text{ м}^3$) заполнили кислородом ($V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$) и добавили 1 моль **MMA**. Полученную смесь сожгли. По окончании реакции молярный объем в сосуде составил $21,0 \text{ дм}^3/\text{моль}$, а после остывания смеси и конденсации водяного пара – $22,91 \text{ дм}^3/\text{моль}$. Для полного сгорания израсходовалось 13,44% кислорода.

b) Напишите уравнение полного сгорания $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ (**MMA**), используя коэффициенты x, y, z.

c) Найдите количества i) прореагировавшего O_2 , ii) образовавшейся воды и iii) образовавшегося CO_2 .

d) Рассчитайте брутто-формулу **MMA**. (7)

6. Вещество **A** – простое вещество широко известного неметалла (характерные степени окисления –II, 0, IV и VI). При высокой температуре **A** реагирует с водородом, образуя газ **B**, водный раствор которого кислотный. Газ **B** горит на воздухе, образуя газ **C**, при растворении которого в воде получают кислотный раствор вещества **D**. Если в пламя горения вещества **B** внести холодный предмет, то он на какой-то момент покрывается желтоватым слоем. При температуре выше 400°C на поверхности катализатора (Pt или V_2O_5) газ **C** реагирует с кислородом, образуя газ **E**, который при охлаждении ниже 45°C конденсируется и ниже 17°C отвердевает. Растворение газа **E** в воде – очень экзотермический процесс. Образуется кислотный раствор вещества **F**, которое известно как консервант E220. При добавлении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ к раствору вещества **F** осаждается белое вещество **G**, кристаллогидрат которого используют как в медицине, так и в строительстве. В веществе **G** содержится 29,4% Ca, 47,0% кислорода и элемент **A**. Вещества **B**, **C** и **E** – ядовитые газы с неприятным запахом. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и вещество **F** реагируют в молярном соотношении 1 : 1.

a) Определите вещества **A – G**. Напишите формулы и названия.

b) Нарисуйте пространственную структурную формулу вещества **C**.

c) Напишите все обозначенные в тексте уравнения реакций. (13)

(Открытые соревнования по химии, младшая группа, 1997 г)