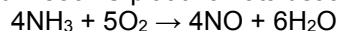


2014/15 õ.a keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded
10. klass

1. Lämmastikoksiidi tööstuslikuks tootmiseks kasutatakse ammoniaagi oksüdatsiooni temperatuuril 850 °C plaatina katalüsaatori juuresolekul:



a) Kasutades tabelis toodud reaktsioonide entalpiaid, arvuta ühe mooli ammoniaagi oksüdeerumisreaktsiooni entalpia ($\Delta_r H$).

| Reaktsioon | $\Delta_r H$ (kJ/mol) |
|---|-----------------------|
| $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{v})$ | -44,0 |
| $\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{v})$ | -285,8 |
| $0,5\text{N}_2 + 1,5\text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ | -46,2 |
| $\text{NO} \rightarrow 0,5\text{N}_2 + 0,5\text{O}_2$ | -90,4 |

b) Arvuta ammoniaagi oksüdatsiooni Gibbsi energia ($\Delta_r G$) 25°C juures. Reaktsiooni entroopia $\Delta_r S = 45,1 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

c) Leia N–H sideme energia $E(\text{N–H})$, kui on teada, et $E(\text{N}\equiv\text{N}) = 941 \text{ kJ/mol}$ ja $E(\text{H–H}) = 436 \text{ kJ/mol}$. (10)

2. Element **A** on Maal üsna levinud (0,03 aatomprotsenti). Selle ühend **I** leiab rakendust laborites, autoakudes, ravimite, värv- ja lõhnaainete ning paljude muude ainete tootmisel. Ühendi **I** tootmiseks on vaja esmalt ühendit **G**. Ühendit **G** võib saada lihtaine **D** reageerimisel lihtainega **A** või **A** ühenditega (**F** tüüpi ühendid või **E**). Element **C** järjenumbr on elemendi **A** omast 10 võrra suurem. Ühendis **F** on **A** o.a –l. Järgnevalt on esitatud mõned asjasse puutuvad sünteesiskeemid, mis pole täielikud võrrandid:

- 1) **A** + **B** → **E**; 2) **A** + **C** → **F**; 3) **A** + **D** → **G**; 4) **E** + **D** → **G**; 5) **F** + **D** → **G**;
6) **G** + **D** → **H**; 7) **H** + H_2O → **I**; 8) **I** (lahja) + **C** → **B**;
9) **I** (kange) + **C** → passiveerub; 10) **I** (kange, soojendamise) + **C** → **G**;
11) **E** + **G** → **A**

a) Kirjuta tähtedele **A** – **I** vastavad ainete valemid.

b) Kirjuta tasakaalustatult välja täielikud reaktsioonivõrrandid skeemidele 5), 10) ja 11). Reaktsiooni 11) saadustes esineb **A** ainult lihtainena. (8)

3. Naatrium on leelismetall, mida saadakse sulatatud naatriumkloriidi (NaCl) elektrolüüsil. NaCl -i sulamistemperatuuri vähendamiseks ($T_{\text{sul}} = 801 \text{ °C}$) lisatakse sellele kaltsiumkloriidi (CaCl_2), mis võimaldab protsessi läbi viia temperatuuril 570 – 580 °C. Joonisel on toodud elektrolüüsirakk, kus toimub naatriumi tootmine.

a) Millise laenguga on anood ja katood? Kirjutage neil toimuvate reaktsioonide võrrandid.

b) Kas lisatav CaCl_2 mõjutab elektrolüüsil saadava naatriumi puhtust? Põhjendage.

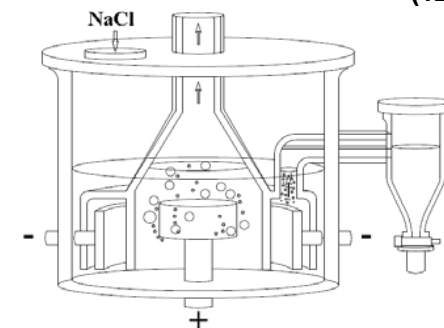
c) Miks ei kasutata naatriumi tootmiseks NaCl -i vesilahust, vaid sulatatud NaCl -i? Kirjuta NaCl vesilahuses olevatel elektroodidel toimuvate reaktsioonide võrrandid.

d) Elektrolüüsil saadud naatrium pandi reageerima vähemaktiivse metalli soola vesilahusega. Kirjuta toimuv reaktsioon.

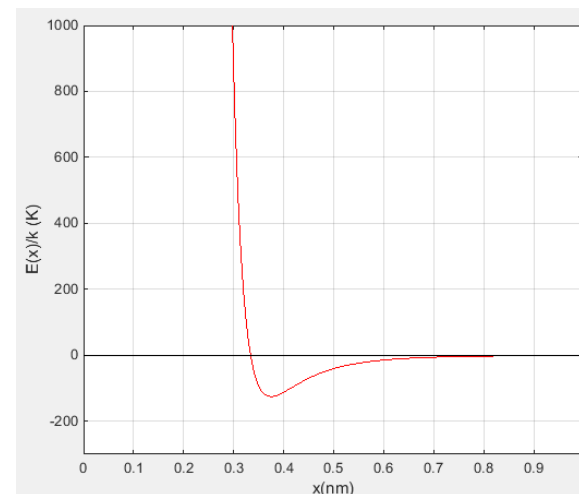
e) Võeti 0,250 liitrit merevett soolusega 3,5% ($\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$). Kõigist sooladest moodustab NaCl ($M = 58,4 \text{ g/mol}$) 78%. Vesi aurustati ja teostati sulatatud soolasegu täielik elektrolüüs. Kogu anoodil saadud gaas, mis tuli eranditult NaCl -ist, juhiti KI lahusesse, mida oli 500 ml. Saadud lahusest võeti 100 ml proov, mille tiitrimiseks kulus 23,1 ml 1,00 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ lahust. Tiitrimise käigus $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

i) Kirjuta kõigi asjasse puutuvate reaktsioonide võrrandid, k.a elektrolüüs.

ii) Arvuta, mitu protsenti merevees olnud naatriumkloriidist leidis pärast elektrolüüsi katselist kinnitust. (12)

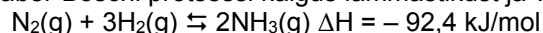


4. Kahe molekuli vahelist energiat saab kujutada Lennard-Jonesi mudeli kaudu. Ühe teatud aine ($M = 82 \text{ g/mol}$) molekulide energia-kauguse diagramm on selline:



- a) Märgi joonisel x-teljele molekulidevaheline tõmbe- ja tõukepiirkond.
- b) Mis on antud juhul optimaalseks kauguseks kahe molekuli vahel?
- c) On olemas ka teisi mudeleid, mis kujutavad molekulidevahelist energiat. Skitseeri kahe molekuli vaheline energia-kauguse diagramm, kui tegu on:
- ideaalse gaasiga (molekulide vahel ei ole vastasmõju);
 - kõva kestaga molekulidega, kus puuduvad tõmbe- ja tõukejõud;
 - kõva kestaga molekulidega, kus on ainult tõmbejõud.
- d) Gaaside molekulaarkineetilise teooria järgi saab gaaside viskoossuse (η) sõltuvust temperatuurist arvutada järgmise valemiga (kõik suurused SI-ühikutes): $\eta = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{mkT}{\pi}} \frac{1}{\pi d^2}$, kus m – molekuli mass, k – Boltzmanni konstant ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K), d – molekuli diameeter, T – absoluutne temperatuur.
- Arvuta selle aine viskoossus toatemperatuuril (20°C), kui molekuli diameeter on 0,33 nm.
 - Skitseeri viskoossuse temperatuurist sõltuvuse graafik.
- e) On teada, et uurimise all olev aine moodustab kristalliseerudes lihtsa kuubilise struktuuri (molekulid on ühikkuubi tippudes). Arvuta
- pakkimistegur ehk mitu protsenti ühikkuubist on täidetud molekulidega?
 - aine tihedus. (11)

5. Ammoniaagi süntees õhulämmastikust on üks olulisemaid keemiatööstuse protsesse, sest ammoniaagist saab valmistada lämmastikväetisi, mille tootmine muudab võimalikuks tänapäevase põllumajanduse. Ammoniaaki valmistatakse Haber-Boschi protsessi käigus lämmastikust ja vesinikust:



Temperatuuril 400°C on ammoniaagi tekkereaktsiooni kontsentratsioonide järgi antud tasakaalukonstant $K_c = 0,51 \text{ l}^2/\text{mol}^2$.

- a) Kirjutage ammoniaagi tekkereaktsiooni tasakaalukonstandi K_c avaldis ainete kontsentratsioonide järgi.
- b) i) Arvutage ammoniaagi lagunemisreaktsiooni ($2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$) K_c temperatuuril 400°C . ii) Arvutage ammoniaagi tekkereaktsiooni osarõhkude järgi antud tasakaalukonstant K_p . *Universaalne gaasikonstant $R = 0,0831 \text{ L}\cdot\text{bar}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ja $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$*
- c) Reaktoris suurusega 1000 L , milles viiakse läbi ammoniaagi sünteesi, on püstitunud keemiline tasakaal. Reaktoris on 400 mol vesinikku ja 500 mol lämmastikku. Kui suur on reaktoris ammoniaagi kontsentratsioon?
- d) Millises suunas nihkub ammoniaagi tekkereaktsiooni tasakaal, kui i) tõsta temperatuuri; ii) tõsta rõhku gaaside kokkusurumise teel; iii) tõsta rõhku mittereageeriva gaasi lisamise teel reaktsioonikeskkonda?

NB! Eeldage, et tegemist on ideaalgaasidega!

(10)

6. Nelja veega täidetud keeduklaasi lisati soolad CH_3COONa , KCN , KNO_3 ja NH_4Br .

- a) Millise keskkonna (aluseline, happeline või neutraalne) annavad need soolad vesilahuses? Millised nendest sooladest hüdrolüüsuvad? Hüdrolüüsi korral kirjuta välja seda näitavad võrrandid.
- b) Vali eelmisest punktist välja üks vesilahuses happelise keskkonna andev sool. Leia selle soola lahuse pH, kui 300 ml veele lisati $36,5 \text{ grammi}$ soola. $K_a(\text{HCN})=6,17 \cdot 10^{-10}$, $K_b(\text{CH}_3\text{COO}^-)=5,70 \cdot 10^{-10}$, $K_b(\text{NH}_3)=1,78 \cdot 10^{-5}$ (9)