

TARTU ÜLIKOOL
TEADUSKOOL

TÄIENDAVID TEEMASID KOOLIKEEMIALE I

METALLIDE REAGEERIMINE HAPETEGA

Natalia Nekrassova

Õppevahend TK õpilastele
Tartu 2008

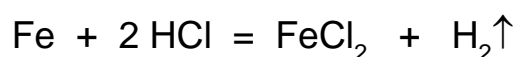
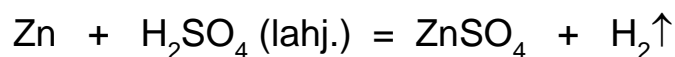
METALLIDE REAGEERIMINE HAPETEGA

Metallide reaktsioone tähtsamate hapetega (HCl, H₂SO₄, HNO₃) võib jagada kahte rühma selle alusel, mis on antud redoksreaktsioonis oksüdeerijaks.

Esimesse rühma kuuluvad metallide reaktsioonid hapetega (lahjendatud H₂SO₄ ja mistahes kontsentratsiooniga HCl), kus oksüdeerija - happevesinikioonid - redutseerub vabaks vesinikuks. Nimetatud happed reageerivad vaid nende metallidega, mis asuvad metallide pingereas vesinikust vasakul.

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Ni Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au

Näiteks:

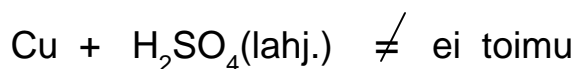


Nendes reaktsioonides on oksüdeerijaks happevesinikioonid ja redutseerijaks metall. Mida vasemal vesinikust metall paikneb, seda aktiivsem ta on, seda kergemini ta oksüdeerub ja tõrjub hapetest välja vesiniku. Näiteks Mg reageerib HCl-ga palju intensiivsemalt, kui tsink ja raud.

Kuigi Pb seisab pingereas enne vesinikku, ta praktiliselt ei "lahustu" lahjendatud H₂SO₄-s, sest plii pind kattub vähelahustuva PbSO₄ kihiga, mis kaitseb metalli edasisest "lahustumisest".

Pingereas vesinikust paremal asuvad metallid vesinikkloriidhappega ja lahjendatud väävelhappega ei reageeri.

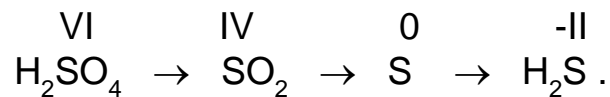
Näiteks:



Teise rühma kuuluvad metallide reaktsioonid hapetega, mille anioon on tugevam oksüdeerija kui vesinikioon. Antud reaktsioonides vesinikku **ei eraldu**. Nende reageerimisel metallidega on oksüdeerijaks happe anioonid, mitte vesinikioonid. Sellisteks hapeteks on kontsentreeritud H₂SO₄ ja mistahes kontsentratsiooniga HNO₃. Nimetatud happed võivad reageerida ka nende metallidega, mis asuvad pingereas vesiniku järel (sest oksüdeerijaks on happe anioon, mitte

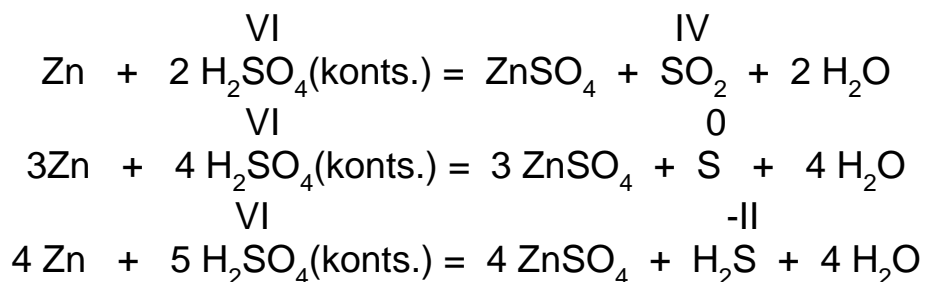
vesinikioon). Sõltuvalt reaktsiooni tingimustest (metalli asetus pingereas, lahuse kontsentratsioon, temperatuur) võivad happe aniooni redutseerumisel tekkida erinevad saadused.

Olenevalt metalli aktiivsusest võib **kontsentreeritud H_2SO_4** redutseeruda erinevalt (väävli oksüdatsiooniaste väheneb):



Peale nimetatud väävliühendite tekib vastava metalli sulfaat ja vesi.

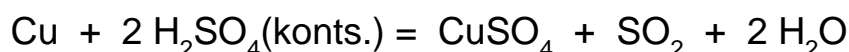
Metallidega, mis seisavad pingerea keskel, võib kulgeda üheaegselt mitu reaktsiooni:



Vaba väävel ja eriti divesiniksulfiid võivad tekkida kõrgematel temperatuuridel.

Väheaktiivsete metallide (Cu, Ag, Hg) reageerimisel kontsentreeritud H_2SO_4 -ga eraldub SO_2 .

Soojendamisel kulgeb reaktsioon

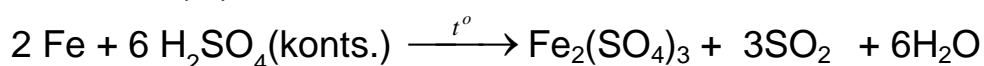


Kuld ja plaatina ei reageeri kontsentreeritud H_2SO_4 -ga isegi kuumutamisel.

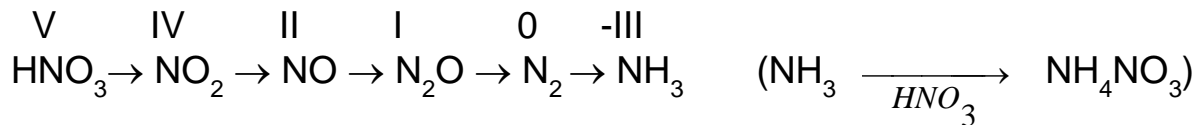
Mõnel keskmise aktiivsusega metallil (näit. Fe, Cr, Ni, Al) tekib toatemperatuuril kontsentreeritud H_2SO_4 toimel pinnale oksiidikiht. Metall passiveerub ja ei reageeri enam ka lahjendatud happega. Kontsentreeritud H_2SO_4 võib hoida ja vedada terastsisternides. Terastsisternides hoitakse ka kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhappete segu - melanži.

Soojendamisel reageerib kontsentreeritud H_2SO_4 ka nende metallidega, mis külma kontsentreeritud happe toimel passiveeruvad, kusjuures metall oksüdeerub kõrgeima oksüdatsiooniastmeni:

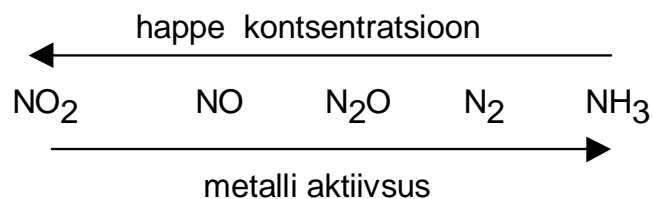
Fe \rightarrow Fe (III):



Lämmastikhappe reageerimisel metallidega happeaniooni redutseerumisel tekib mõni madalama oksüdatsiooniastmega ühend:



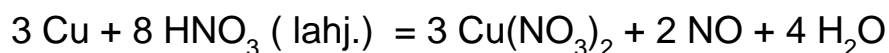
Reaktsioonisaaduse koostis sõltub metallist, happe kontsentratsioonist jm katsetingimused. Enamasti tekib erinevate saaduste segu. Kuid teatud tingimuste korral tekib eelistatult üks ühend (põhisaadus), mille järgi kirjutamegi reaktsioonivõrrandi. Tuleb silmas pidada, et mida lahjem on lämmastikhape ja mida aktiivsem on metall, seda rohkem redutseerub NO_3^- -ioon:



Peale lämmastikuühendite tekib reaktsioonis vastava metalli nitraat ja vesi.

Väheaktiivsete metallide (Cu, Ag, Hg) reageerimisel kontsentreeritud HNO_3 -ga tekib NO_2 , lahjendatud HNO_3 -ga NO.

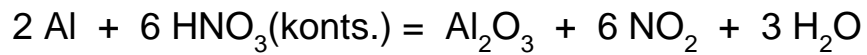
Näiteks Cu-ga kulgevad reaktsioonid:



Neid reaktsioone kasutatakse keemialaboratooriumis lämmastikoksiidide saamiseks. Tugevasti lahjendatud HNO_3 -ga (~ 1-3 %) väheaktiivsed metallid ei reageeri.

Pingerea keskel seisvate metallide (näit. Zn) reageerimisel kontsentreeritud HNO_3 -ga on põhisaaduseks NO_2 . Zn reageerimisel lahjendatud HNO_3 -ga sõltuvalt happe kontsentratsioonist võivad tekkida NO, N_2O , N_2 või nende gaaside segu. Tugevasti lahjendatud HNO_3 puhul on põhisaaduseks NH_4NO_3 .

Fe, Co, Ni, Cr, Al pinnal tekib kontsentreeritud HNO_3 toimel toatemperatuuril oksiidne kaitsekiht ja nad passiveeruvad:



Oksiidset kaitsekihti saab eemaldada puhastades metallipinda liivapaberiga või töödeldes lühikest aega kuuma leeliselahusega.

Kontsentreeritud HNO_3 võib hoida ja transportida klaas- ja alumiiniumanumates.

Au ja Pt ei reageeri lahjendatud ega ka kontsentreeritud HNO_3 -ga. Need metallid reageerivad vaid kuningveega (1 ruumala kontsentreeritud HNO_3 + 3 ruumala kontsentreeritud HCl):



* * *

Keemiaülesannete lahendamine koosneb neljast põhilisest etapist: ülesandest arusaamine, lahendamisplaani koostamine, selle plaani realiseerimine ehk ülesande lahendamine ning saadud tulemuse hindamine.

Ei ole olemas üldist retsepti, mille abil saaks lahendada ükskõik millist keemiaülesannet, kuid on otstarbekohane järgida lahendamisel teatud skeemi.

Ülesande lahendamist tasub alustada lähteandmete analüüsist ja lahendamisplaani koostamisest. Selle etapi käigus selgub:

- millised on lähteandmete arvulised väärtused ning milliste andmete puhul on vaja teha ühikute teisendamist (ülesande kvantitatiivne pool);
- milliste keemiliste ainete ja nähtustega on tegemist (ülesande kvalitatiivne pool)
- milline on seos ülesande kvalitatiivse ja kvantitatiivse poolte vahel; siit selgub \Rightarrow milliseid valemeid, võrrandeid, võrdeid ning keemia põhiseadusi tuleks kasutada antud ülesande lahendamisel;
- milline peab olema lahendustehete järjekord, et jõuda lõppküsimuse vastuseni.

Lahendades ülesandeid teemal "Metallide reageerimine hapetega", tuleks analüüsida järgmisi andmeid:

\Rightarrow **metalli** kohta

- tema asukoht metallide pingereas;
- kas ta reageerib ülesandes toodud happega (külma konts. HNO_3 või H_2SO_4 puhul ärge unustage kontrollimast metalli passiveerumist);
- kui metall reageerib, siis millise oksüdatsiooniastmeni ta oksüdeerib. Näiteks, Fe o.a. võib olla kas II või III: vesiniku väljatõrjumisel lahjendatud hapetest tekib Fe(II), väga tugevasti lahjendatud HNO_3 -ga tekib samuti Fe(II), kuid kontsentreeritumates HNO_3 lahustes moodustub Fe(III).

Tuleb eristada juhtumeid, kui metall ei reageeri ja kui ta passiveerub. Passiveerumise puhul ei ole korrektne kirjutada, et metall ei reageeri, sest ka õhukese oksiidse kihi tekkimise puhul on tegemist keemilise reaktsiooniga.

Kui on tegemist arvutusülesandega, kus vaadeldakse passiveeruvat metalli, siis tasub meeles pidada järgmist:

Metalli passiveerumisel reaktsioon toimub metalli õhukeses pealiskihis, tekib oksiidkiht (nt. Al_2O_3). Kuna metalli passiveerumisel reeglina selle metallikihi osa on niivõrd väike võrreldes ülejäänud (reageerimata) metalli hulgaga, siis arvutusülesannetes ei ole vaja arvestada passiveerumisel oksüdeerunud metalli.

Näiteks arvutusülesanne: Cu ja Al pulbrite segu töödeldakse konts. HNO_3 -ga, mille käigus eraldub **A** dm^3 gaasi.

Al passiveerub ($2 \text{Al} + 6 \text{HNO}_3(\text{konts.}) = \text{Al}_2\text{O}_3 + 6 \text{NO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$);

Cu reageerib: $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3(\text{konts.}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Mõlema reaktsiooni käigus eraldub NO_2 , kuid Al passiveerumisel eraldunud NO_2 hulk (ruumala) on tühiselt väike võrreldes NO_2 hulgaga (ruumalaga), mis eraldub Cu lahustumisel konts. HNO_3 -s. Seega Cu reageerimisel konts. HNO_3 -ga eraldunud gaasi ruumala võib võtta võrdseks **A**-ga.

⇒ **oksüdeerivate omadustega hapete kohta:**

- millise saaduseni happe redutseerub;
- kas ülesande tingimustes võib tekkida mitu saadusainet.

⇒ Pärast ülesande lähteandmete analüüsi tuleb kirjutada toimunud **reaktsiooni(de) võrrand(id)**.

⇒ Seejärel tuleks hinnata, kas ei ole tegemist mõne reagendi **liiaga**.

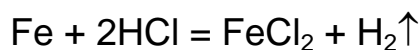
Liiga ülesanded saab ära tunda sellest, et on antud kahe lähteaine kogused. Tuleb kindlaks teha, kumb lähteaine (antud juhul kas metall või hape) on liias ning edasised arvutused teha "**vähemuses**" oleva aine järgi.

Selleks on vaja leida kõigepealt lähteainete **hulgad** (moolides) ning seejärel, võttes arvesse eelnevalt koostatud reaktsioonivõrrandi stöhhiomeetrilisi koefitsiente, teha kindlaks, kumb lähteaine on liias.

Üks lihtne näide:

5,59 g Fe reageerib 18,25 g 20,0% HCl lahusega. Mitu dm³ (nt) H₂ eraldub reaktsioonis?

Reaktsioonivõrrand:



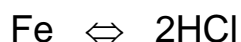
On antud arvilised suurused nii Fe kui HCl kohta; teeme kindlaks, kas on tegemist ühe lähteaine liiaga.

Kõigepealt arvutame lähteainete hulgad:

$$n(\text{Fe}) = 5,59 \text{ g} / 55,9 \text{ (g/mol)} = 0,10 \text{ mol}$$

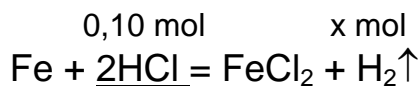
$$n(\text{HCl}) = 18,25 \text{ g} \cdot 0,20 / 36,5 \text{ (g/mol)} = 0,10 \text{ mol}$$

Antud reaktsiooni puhul kehtib vastavus:



ehk 1 mool Fe reageerib 2 mooli HCl-ga; 1 : 2

Võrreldes reaktsioonivõrrandit ja lähteainete hulki, teeme kindlaks, et Fe on liias, edasi arvutame HCl järgi.



$$n(\text{H}_2) = 0,5 \cdot n(\text{HCl}) = 0,05 \text{ mol}$$

$$v(\text{H}_2) = 0,05 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = \mathbf{1,12 \text{ dm}^3}$$