



Rautasuolaa tutkimassa

Kohderyhmä: Työ on suunniteltu lukion kurssille KE5, jolla käsitellään hapetus- ja pelkistysreaktioita.

Kesto: 45 min

Motivaatio: Tässä työssä määritetään rautapitoisuus. Oppilaan tehtävänä on selvittää rautasuolan rautapitoisuus.

Tavoite: Oppia kokeellista työskentelyä sekä havainnollistaa hapetus-pelkistysreaktioita.

Avainsanat: Hapettuminen – Titraus – Indikaattori

TURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

- Hanskat, suojatakki ja -lasit
- Suolahappo on syövyttävä aine
- Kaliumpermanganaatti on hapettava ja syövyttävä aine. Se on myös haitallinen vesistöille.
- Mangaani on vesistöille vaarallinen aine
- Rauta(II)sulfaatti ärsyttää ihoa ja silmiä
- Huuhtelee roiskeet heti runsaalla vedellä
- Tarvittaessa lääkäriin
- Pieniä määriä näyteliuosta (rauta suolahappoliuoksessa) voidaan neutraloinnin jälkeen kaataa viemäriin. Suuret määrät kannattaa kerätä raskasmetallijäteliuoksena
- Vain erittäin pieniä määriä mangaania saa kaataa viemäriin. Titratut näyteliokset (sis. Fe, Mn ja HCl) kerätään raskasmetallijäteliuoksena
- Permanganaattiliuos kerätään omaan jäteastiaan hapettavana liuoksena



TARINA

Työskentelet Kemiran laadunvarmistuslaboratoriossa laboranttina. Tuotantolinjalla on juuri valmistunut uusi erä vedenpuhdistukseen tarkoitettua rauta(II)-suolaa. Tehtäväsi on varmistaa, että suolan rautapitoisuus on riittävän suuri.

POHDITTAVAA ENNEN TYÖTÄ

Toimiiko kaliumpermanganaatti yleensä hapettimena vai pelkistimenä reaktioissa?

Kaliumpermanganaatti on voimakas hapetin.

Millaisissa kemiallisissa reaktioissa käytetään kaliumpermanganaattia?

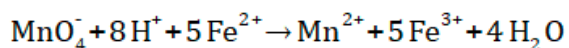
Kaliumpermanganaattia käytetään esimerkiksi metallien pintakäsittelyssä sekä lääketieteellisyydessä. Lisäksi kaliumpermanganaattia käytetään kemianteellisyydessä raudan ja mangaanin poistamiseen liuoksista, hapetus- ja valkaisuaineena sekä reagenssina analyttisessä ja synteettisessä orgaanisessa kemiassa.

TAUSTA

Suolan rautapitoisuus voidaan määrittää muun muassa titraamalla. Titrauksessa näyteliuokseen lisätään titranttia (eli reagenssia, jonka pitoisuus tunnetaan), jolloin näytteessä oleva analyytti (eli tutkittava aine) reagoi sen kanssa. Näyteliuokseen lisätään titranttia kunnes kaikki analyyttimolekyylit ovat reagoineet. Titranttikulutuksen perusteella voidaan sitten laskea näytteen sisältämän analyytin määrä. Reaktion päätepisteen havaitsemiseen käytetään yleensä indikaattoria.

Indikaattori on yhdiste, joka vaihtaa väriä liuoksen kemiallisten olosuhteiden, esimerkiksi pH:n, muuttuessa.

Titrausmenetelmiä on useanlaisia. Tässä työssä tehdään hapetus-pelkistytitraus, jossa näytteen sisältämän analyytin ja titrantin sisältämän reagenssin välillä tapahtuu hapetus-pelkistysreaktio. Kun titrantin pitoisuus ja reaktion stoikiometria tunnetaan, voidaan analyytin pitoisuus laskea. Tässä työssä Fe^{2+} -ioneja sisältävää liuosta titrataan kaliumpermanganaattiliuoksella (KMnO_4). Reaktiossa permanganaatti-ionit (MnO_4^-) hapettavat rauta(II)-ionit rauta(III)-ioneiksi samalla kun ne itse pelkistyvät Mn^{2+} -ioneiksi.



Hapetus-pelkistysreaktioiden päätepisteen havaitsemiseksi voidaan käyttää esimerkiksi indikaattoria tai jännitemittaria. Tämän työn titrauksessa ei tarvita erillistä indikaattoria koska reaktion ioneilla on selkeästi eri värit. Kaliumpermanganaattiliuos on värittään violetti ja Fe^{2+} -ionit antavat näyteliuokselle kalpean sinivihreän värin. Kun Fe^{2+} -liuokseen lisätään permanganaatti-ioneja, rauta(II)-ionit hapettuvat rauta(III)-ioneiksi, jotka antavat liuokselle kirkkaan keltaisen värin. Permanganaatin pelkistyessä Mn^{2+} -ioneiksi titrantin violetti väri katoaa. Titrauksen päätepisteessä liuoksessa ei enää ole hapetettavia rauta(II)-ioneja, joten titrantin violetti väri ei katoa. Päätepisteessä reagenssin (titrantin) lisäys saa siis liuoksen muuttumaan oranssiksi/punaiseksi

REAGENSIT

- 1 M suolahappo
- Rauta(II)sulfaatti
- 0,050 M kaliumpermanganaatti

TARVIKKEET

- 100 tai 200 ml dekantterilasi
- 200 ml mittapullo
- 100 ml täyspipetti
- 250 ml erlenmeyerpullo
- Byretti
- Lusikka tai spaatteli
- Magneettisauva
- Magneettisekoittaja
- Vaaka
- Lämpölevy

TYÖN SUORITUS

LIUOSTEN VALMISTUS (OPETTAJA)

0,05 M kaliumpermanganaattiliuos: Liuota 0,7902 g kaliumpermanganaattia (KMnO_4 , $M=158,04 \text{ g/mol}$) 100 millilitraan ionivaihdettua vettä. Tee liuos mittapulloon.

RAUTA(II)-LIUKSEN VALMISTUS

Punnitse tarkasti noin 1 gramma rauta(II)sulfaattia dekantterilasiin. Kirjaa tarkka punnitus ylös. Liuota punnitsemasi suola noin 100 millilitraan 1 M suolahappoa,

lämmittää tarvittaessa. Kun suola on liennut, anna liuoksen jäähtyä. Laimenna rautaliuos mittapullossa 200 millilitraksi 1 M suolahapolla.

TITRAUKSEN SUORITUS

Mittaa 100 millilitraa valmistamaasi rautaliuosta täyspipetillä 250 millilitran erlenmeyerpulloon.

Lisää erlenmeyerpulloon magneettisauva. Aseta pullo magneettisekoittajan päälle, laita sekoitus päälle ja titraa 0,050 M kaliumpermanganaattiliuoksella. Alussa liuos sisältää vain Fe^{2+} -ioneja ja on väritön/vaalean vihertävä. Permanganaattiliuos hapettaa Fe^{2+} -ionit Fe^{3+} -ioneiksi, mikä värjää liuoksen keltaiseksi. Ekvivalenttipisteessä liuos muuttuu oranssiksi/punertavaksi. Kirjaa byretin lukema ylös.

TULOSTEN LASKEMINEN

Laske rauta(II)sulfaatin rautapitoisuus massaprosentteina (m-%). Muista huomioida reaktion stoikiometria.

Ekvivalenttipisteessä KMnO_4 -liuoksen kulutus = $V(\text{kulutus}) =$ ml

$m(\text{näyte}) =$

$V(\text{näyte}) = 100$ ml

$V(\text{Fe-liuos}) = 200$ ml

$c(\text{KMnO}_4) = 0,05$ M

$M(\text{Fe}) = 55,85$ g/mol

Lasketaan ensin titrauskulutuksen ja KMnO_4 -liuoksen pitoisuuden avulla kaliumpermanganaatin ainemäärä, $n(\text{KMnO}_4)$.

$$n(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{kulutus})$$

Taustaosiossa esitetystä reaktiosta saadaan, että $n(\text{Fe}^{2+}) = n(\text{Fe}) = (1/5) \cdot n(\text{KMnO}_4)$. Voimme olettaa, että kaikki rauta on peräisin valmistamastamme rautaliuoksesta. Ainemäärän ja moolimassan avulla voimme laskea titraamamme näyteliuoksen rautapitoisuuden, joka vastaa myös valmistamamme rautaliuoksen pitoisuutta $c(\text{Fe-liuos})$.

$$c(\text{Fe-liuos}) = \frac{n(\text{Fe})}{V(\text{näyte})}$$

Rautaliuoksen pitoisuuden ja tilavuuden avulla voimme laskea rautasulfaattista valmistamamme liuoksen sisältämän raudan määrän.

$$n(\text{Fe-liuos}) = c(\text{Fe-liuos}) \cdot V(\text{Fe-liuos})$$

$$m(\text{Fe-liuos}) = n(\text{Fe-liuos}) \cdot M(\text{Fe})$$

Kun tiedämme näytteen sisältämän raudan ja näytteen massan voimme laskea rauta(II)sulfaattiliuoksen rautapitoisuuden massaprosenteina:

$$m\text{-}\%(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe-liuos})}{m(\text{näyte})} \cdot 100\%$$

KOKOAVAT KYSYMYKSET

Rauta(II)-suolan tulisi sisältää 30 m-% rautaa. Pitoisuuden sallitaan poiketa enintään 10 % tavoitepitoisuudesta. Oliko suolan rautapitoisuus sallituissa rajoissa?



Kemian opettajankoulutusyksikkö
Helsingin yliopisto
Rautasuolaa tutkimassa
Opettajan ohje

Selvitä mikä rautaionien rooli on vedenpuhdistuksessa.

Rauta toimii koagulaattorina vedenpuhdistuksessa. Jätevedessä on yleensä hiukkasia, joilla lähes aina on pintavaraus. Koagulaattorit neutralisoivat hiukkasten pintavaruuksia, jolloin ne voivat helpommin kiinnittyä toisiinsa ja täten muodostaa suurempia partikkeleita. Nämä suuremmat partikkelit ovat helpompia saostaa tai suodattaa kuin pienet hiukkaset.