



Sumuinen aamu metallinkierrätyslaitoksella

Kohderyhmä: Työ on suunniteltu lukion kurssille KE4, jolla käsitellään teollisuuden tärkeitä raaka-aineita sekä hapetus-pelkistysreaktioita. Työtä voidaan käyttää myös yläkoululaisille, kunhan teoriaa supistetaan sopivasti ja laskut hoidetaan esimerkiksi excelissä valmiilla laskentakaavalla.

Kesto: Noin 60 min

Motivaatio: Tässä työssä määritetään metallimateriaalin kuparipitoisuus. Oppilas työskentelee metallinkierrätyslaitoksella, jonne asiakas tuo suuren erän metalliromua kierrätettäväksi. Metallinkierrätyslaitos maksaa kierrätykseen tuotavasta kuparista 2 €/kg ja oppilaan tehtävä on päättää, kuinka paljon asiakkaalle voidaan metallierästä maksaa.

Tavoite: Oppia kokeellista työskentelyä ja näytteen esikäsittelyä. Tutustua spektrofotometrin toimintaperiaatteeseen ja käyttöön. Oppia tulosten analysoiminen piirtämällä vertailusuora sekä käsin että tietokoneella.

Avainsanat: Pitoisuus – Spektrofotometria – Absorbanssi – Vertailusuora – Kierrätys - Metallit

TURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

- Käytä työssä suojalaseja, -takkia ja -hanskoja. Mahdolliset roiskeet huuhdeltava **heti** runsaalla vedellä. Tarvittaessa lääkäriin.
- Typpihappo on vahva happo. Väkevä typpihappo on erittäin syövyttävää, vain opettajan tulee käsitellä sitä.
- Ammoniakkiliuos on emäksinen liuos, joka syövyttää ja kuivattaa ihoa.
- Kuparin liuetessa väkevään typpihappoon vapautuu myrkyllistä typpidioksidia, tee työvaihe **vetokaapissa**.
- Kupariliuosjäte kierrätetään epäorgaaniseen raskasmetallijätteeseen.

TARINA

Työskentelet metallinkierrätyslaitoksella. Asiakas tuo kierrätyslaitokselle 1200 kg:n erän kellertävää metallimateriaalia, joka on löytynyt purettavasta varastorakennuksesta. Kierrätykseen tuotavasta kuparista maksetaan 2 €/kg. Asiakkaan arvion mukaan metallimateriaalin kuparipitoisuus on ainakin 50 %.

Mitä teet?

- Tarjoat asiakkaalle metallierästä 1000 € ja kokeilet, hyväksyykö hän tarjouksen.
- Selvität kemiallisin mittauksin metallimateriaalin kuparipitoisuuden.

POHDITTAVAA ENNEN TYÖTÄ

Kupari on jalometalli, mutta reagoi typpihapon kanssa. Miksi? Esitä metallisen kuparin reaktio väkevän typpihapon kanssa. Miten reaktio eroaa, jos typpihappo on laimeaa?

Väkevä typpihappo hapettaa kuparin hapetusasteelle +II. Samalla typpihapon typpi pelkistyy hapetusasteelta +V hapetusasteelle + IV, jolloin muodostuu ruskeaa typpidioksidia:



Jos typpihappo on laimeaa, muodostuu väritöntä typpimonoksidia, jossa typen hapetusaste on +II:



Metallista kuparia käytetään sekä sellaisenaan että metalliseoksissa eli ns. lejeeringeissä. Minkälaisia kuparipitoisia metallilejeerinkejä on olemassa ja mihin niitä käytetään?

Esimerkkejä kuparipitoisista metallilejeeringeistä on lueteltu seuraavassa taulukossa:

Lejeerinki	Lejeeringin pääkomponentit
Messinki	Kupari ja sinkki
Pronssi	Kupari ja tina
Konstantaani	Kupari ja nikkeli
Uushopea	Kupari, nikkeli ja sinkki

Miksi kuparia kierrätetään, ja miksi metallinkierrätyslaitos haluaa maksaa asiakkailleen kierrätykseen tuodusta kuparista?

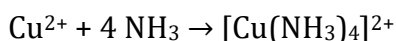
Kuparia kierrätetään, koska sitä voidaan käyttää uudelleen kuparituotteiden valmistuksessa. Kuparituotteita valmistava teollisuus ostaa kierrätettyä kuparia, kunhan sen puhtaus on tarpeeksi hyvä ja hinta sopiva. Metallinkierrätyslaitos haluaa maksaa kierrätykseen tuotavasta kuparista, jotta asiakkaat toisivat kuparia kierrätykseen.

TAUSTA

Väkevä typpihappo hapettaa metallisen kuparin reaktioyhtälön mukaisesti:



Kupari-ioni muodostaa ammoniakkin kanssa sinisen yhdisteen, tetra-ammiinikupari(II)-ionin:



Metallimateriaalin kuparipitoisuus saadaan selville liuottamalla metallia ensin typpihappoon ja sekoittamalla saatu typpihappoliuos ammoniakkiliuokseen. Mitä enemmän kuparia liuoksessa on, sitä voimakkaampi on liuoksen sininen väri. Liuoksen värin voimakkuus mitataan spektrofotometrillä. Näyteliuoksen värin voimakkuutta verrataan sellaisten liuosten värin voimakkuuteen, joiden kuparipitoisuudet tunnetaan.

REAGENSIT

- Metallimateriaalia, esim. messinkisiä nauvoja
- Väkevää typpihappoa
- 5 % ammoniakkiliuosta
- Tislattua tai ionivaihdettua vettä
- Kuparin vertailuliuokset (opettaja valmistaa etukäteen)

TARVIKKEET

- Lasinen koeputki
- Suppilo
- 50 ml mittapullo
- Mittalasi
- Kyvettejä ja spektrofotometri
- Pipettejä
- Vaaka

TYÖN SUORITUS

LIUOSTEN VALMISTUS (OPETTAJA)

5 % NH₃: 100 ml 25 % NH₃ laimennetaan tislattulla tai ionivaihdetulla vedellä 500 ml:ksi mittapullossa.

Kuparin perusliuos (kuparia 4 g/l): 3,143 g CuSO₄ · 5 H₂O liuotetaan 200 ml:aan tislattua tai ionivaihdettua vettä. Tee liuos mittapulloon.

Laimea vertailuliuos, kuparia 200 mg/l: Pipetoi 2 ml väkevää typpihappoa 100 ml mittapulloon, jossa on 25 ml 5 % ammoniakkia. Pipetoi perään 5 ml kuparin perusliuosta (4 g Cu / l) ja täytä merkkiin asti tislattulla tai ionivaihdetullavedellä.

Väkevä vertailuliuos, kuparia 1000 mg/l: Pipetoi 2 ml väkevää typpihappoa 100 ml mittapulloon, jossa on 25 ml 5 % ammoniakkia. Pipetoi perään 25 ml kuparin perusliuosta (4 g Cu / l) ja täytä merkkiin asti tislattulla tai ionivaihdetulla vedellä.

NÄYTELIUKSEN VALMISTUS

Punnitse tutkittavaa metallia n. 0,05 grammaa. Kirjaa punnitun näytteen massa seuraavalla sivulla olevaan taulukkoon.

Laita metalli koeputkeen, jossa on 1 millilitraa väkevää typpihappoa (opettaja on laittanut hapon valmiiksi). Tee tämä työvaihe vetokaapissa.

Kun metalli on liennut, kaada koeputken sisältö suppilon avulla 50 millilitran mittapulloon, jossa on 13 millilitraa 5 % ammoniakkiliuosta. Täytä koeputki vielä tislattulla tai ionivaihdetulla vedellä ja kaada vesi mittapulloon. Täytä mittapullo tislattulla tai ionivaihdetulla vedellä lähelle merkkiviivaa ja kääntele pulloa korkki kiinni sekoittaaksesi liuksen. Täytä sen jälkeen merkkiin asti ja sekoita uudelleen. Voit käyttää pipettiä lähellä merkkiviivaa.

MITTAUKSET

Laita näyteliuosta ja vertailuliuoksia pipetin avulla spektrofotometrin mittaustastioihin eli kyvetteihin. Huomaa, että kyvetin kirkkaalle pinnalle ei saa koskea (sormenjäljet häiritsevät mittausta). Valitse spektrofotometrissä aallonpituudeksi 600 nm ja mittaa kunkin liuoksen absorbanssi. Kirjaa liuosten absorbanssit alla olevaan taulukkoon.

TULOKSET

	A	c (mg/l)	m(g)
Laimea vertailuliuos		200	-
Väkevä vertailuliuos		1000	-
Metallinäyte			

Absorbanssin suhde liuoksen pitoisuuteen on Lambert-Beerin lain mukaisesti:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c,$$

jossa A on absorbanssi, ε on molaarinen absorptiokerroin (vakio), b on valon kulkema matka kyvetissä (mittauksessa oletetaan vakioksi) ja c on liuoksen konsentraatio (mg/l). Kaavasta nähdään siis, että absorbanssin suhde liuoksen konsentraatioon on suoraan verrannollinen.

Piirrä tähän huomioon perustuen vertailusuora millimetripaperille. Mikä on näyteliuoksen pitoisuus vertailusuoralta katsottuna? Voit myös käyttää kuvaajan piirtämiseen ja laskuissa tietokoneohjelmaa.

KOKOAVAT KYSYMYKSET

Kuinka suuri on asiakkaan tuoman metallimateriaalin kuparipitoisuus? Voit olettaa, että kaikella metalliromulla on sama kuparipitoisuus. Kuinka paljon asiakkaan toimittamasta metallierästä voidaan maksaa?

Lue vertailusuoralta mitä pitoisuutta näyteliuksen absorbanssi vastaa. Alla olevilla kaavoilla saat laskettua metalliromun kuparipitoisuuden ja paljonko asiakkaalle pitäisi maksaa.

Kuparin kokonaismäärä (kg) = (Näyteliuksen tilavuus · Näyteliuksen kuparipitoisuus · 1200 kg) / Näytteen massa = (0,05 [l] · c [mg/l] · 1200 kg) / m [mg]

Maksu = Määrä · 2 €/kg

Tarkan kuparipitoisuuden ja hinnan voi laskea myös excel-taulukon avulla.

Kierrätykseen tuodusta metallimateriaalista voidaan maksaa hyvin, jos metallien hinnat ovat korkealla. Kun hinnat ovat alhaalla, metallimateriaalista voidaan maksaa vain vähän, mikä saattaa vähentää kierrätykseen tuodun metallin määrää. Tulisiko mielestäsi yhteiskunnan tukea metallinkierrätystä takaamalla kierrätykseen tuotavalle metallille korkea hinta myös silloin, kun metallien hinnat ovat alhaalla? Perustelee.

Jos kierrätykseen tuotavasta metallista ei voida maksaa tarpeeksi hyvin, saatetaan kierrätykseen tuoda vähemmän metalliromua. Tällöin teollisuuden metallinhankinnassa tuontimetallin tai -malmin osuus kasvaa, mikä taas heikentää ulkomaankauppatasetta (= kansantalouden viennin arvo - tuonnin arvo). Tämän perusteella voidaan olettaa, että yhteiskunnan tuki kierrätykseen tuotavasta metallista maksettavalle hinnalle saattaa vaikuttaa myönteisesti kansantalouteen.



Kemian opettajakoulutuksen yksikkö
Helsingin yliopisto
Sumuinen aamu metallinkierrätyslaitoksella
Opettajan ohje

Metallinkierrätyksen tukemista voidaan perustella myös energiankulutuksen näkökulmasta. Esimerkiksi kierrätetyn alumiinin valmistukseen menee huomattavasti vähemmän energiaa kuin sen valmistukseen alumiinipitoisesta malmista. Tämä johtuu siitä, että kierrätettävää alumiinia ei tarvitse saattaa elektrolyysin avulla metalliseen muotoon.