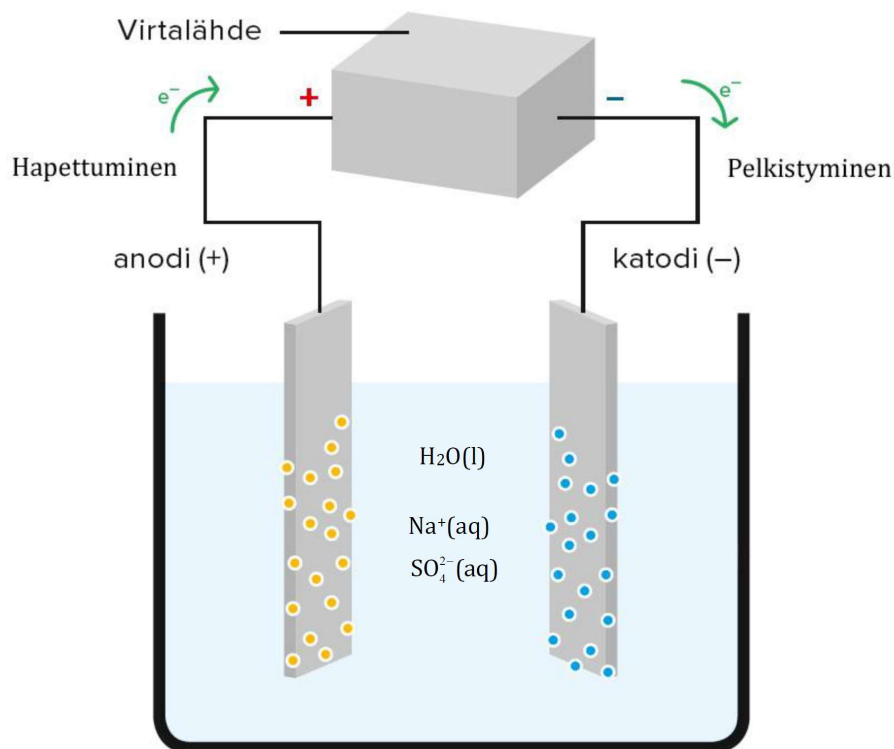


Tulosten käsittely, tulkinta ja johtopäätökset

Osa 1. Veden elektrolyyttinen hajottaminen

1. Piirrä kuva elektrolyysilaitteistosta ja nimeä kaikki osat. Merkitse, kummalla kohtiolla tapahtuu hapettuminen ja kummalla pelkistyminen.

Ratkaisu:



2. Päätele havaintojesi perusteella, mitä tuotteita elektrolyysissä syntyi

a) anodilla

b) katodilla?

Tarkista normaalipotentialitaulukon avulla, ovatko päätelmäsi oikein.

Ratkaisu:

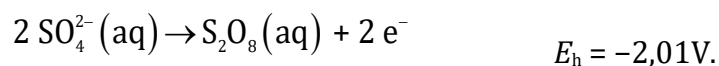
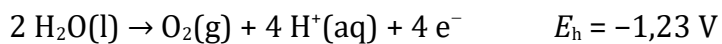
a)

Havainnot anodilla: muodostuu väritöntä kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä hapettuu happikaasua.



Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset hapettumisreaktiot anodilla ovat:



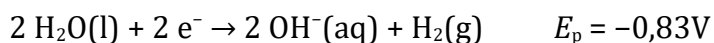
Koska hapen hapettumispotentiaali vedestä on suurempi, tämä reaktio tapahtuu.

b)

Havainnot katodilla: muodostuu väritöntä kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä pelkistyy vetykaasua. Liuos katodin ympärillä värjäytyy punaiseksi.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset pelkistymisreaktiot katodilla ovat:



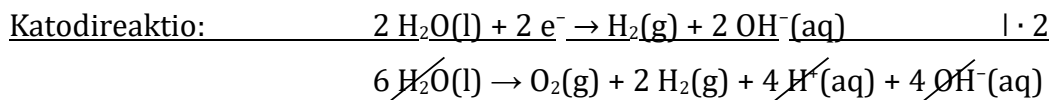
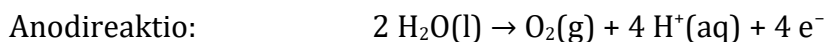
Koska vedyn pelkistymispotentiaali vedestä on suurempi, tämä reaktio tapahtuu.

Tässä reaktiossa muodostuu OH^- -ioneja, jotka tekevät liuoksen katodin ympärillä emäksiseksi, mikä selittää liuoksen värjäytymisen punaiseksi (fenoliftaleiini on pH-indikaattori).

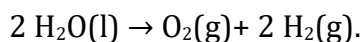


3. Kirjoita anodi- ja katodireaktiot sekä kokonaisreaktion yhtälö.

Ratkaisu:



Katodireaktio kerrotaan kahdella (tasapainotetaan e^-),
 kokonaisreaktioyhtälön molemmilta puolilta supistuu 4 moolia vettä.
 Kokonaisreaktio:



4. Selitä, mikä tehtävä fenoliftaleiiniliuoksen käytöllä on ja yhdistä tämä tehtyihin havaintoihin.

Ratkaisu:

Fenoliftaleiiniliuoksen avulla voidaan havaita elektrolyyttiliuoksen pH-muutokset. Liuos katodin ympärillä värjäytyy punaiseksi, mikä osoittaa, että katodin ympärillä vesiliuos on emäksinen, sillä fenoliftaleiini värjää emäksisen liuoksen punaiseksi.

5. Selitä, miksi veteen lisättiin pieni määrä kiinteää natriumsulfaattia.

Ratkaisu:

Vesi (erityisesti tislattu vesi ja deionisoitu vesi) johtaa huonosti sähköä, sillä liuenneiden ionien pitoisuus on pieni. Liuottamalla veteen natriumsulfaattia, veteen liuenneiden ionien pitoisuus nousee ja se johtaa paremmin sähköä. (Na^+ - ja SO_4^{2-} -ionit eivät osallistu elektrodireaktioihin).



6. Ratkaise, mikä ainemäärä tuotteita muodostuu anodilla ja katodilla, jos vettä hajotetaan elektrolyttisesti 15 minuutin ajan 20 mA:n virralla.

Ratkaisu:

$$t = 15 \text{ min} = 15 \cdot 60 \text{ s} = 900 \text{ s}$$

$$I = 20 \text{ mA} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$F = 96\,485 \text{ As/mol}$$

$$z(\text{anodireaktio}) = 4$$

$$z(\text{katodireaktio}) = 2$$

$$n(\text{O}_2) = ?$$

$$n(\text{H}_2) = ?$$

Suureyhtälöstä $It = n \cdot z \cdot F$, saadaan

$$n(\text{O}_2) = \frac{I \cdot t}{z(\text{anodireaktio}) \cdot F} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 900 \text{ s}}{4 \cdot 96\,485 \text{ As/mol}} = 4,664 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \approx 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{I \cdot t}{z(\text{katodireaktio}) \cdot F} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 900 \text{ s}}{2 \cdot 96\,485 \text{ As/mol}} = 9,328 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \approx 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$



Osa 2. Laimean natriumkloridiliuoksen elektrolyysi

1. Päätele havaintojesi perusteella, mitä tuotteita elektrolyysissä syntyi

a) anodilla

b) katodilla?

Tarkista normaalipotentialitaulukon avulla, ovatko päätelmäsi oikein.

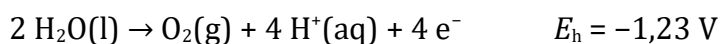
Ratkaisu:

a)

Havainnot anodilla: muodostuu väritöntä kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä hapettuu happikaasua.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset hapettumisreaktiot anodilla ovat:



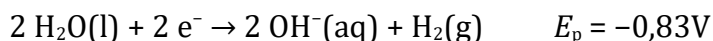
Koska hapen hapettumispotentiaali vedestä on suurempi, tämä reaktio tapahtuu.

b)

Havainnot katodilla: muodostuu väritöntä kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä pelkistyy vetykaasua. Liuos katodin ympärillä värjäytyy punaiseksi.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset pelkistymisreaktiot katodilla ovat:

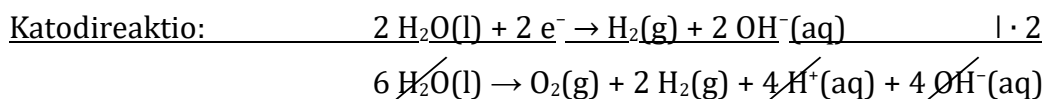
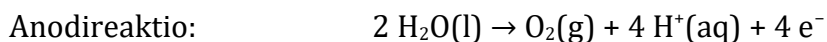


Koska vedyn pelkistymispotentiaali vedestä on suurempi, tämä reaktio tapahtuu.



2. Kirjoita anodi- ja katodireaktiot sekä kokonaisreaktion yhtälö.

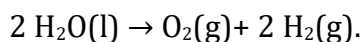
Ratkaisu:



Katodireaktio kerrotaan kahdella (tasapainotetaan e^-).

Kokonaisreaktioyhtälön molemmilta puolilta supistuu 4 moolia vettä.

Kokonaisreaktio:



3. Selitä, miksi liuos värjäytyi punaiseksi toisen elektrodin ympärillä. Olisiko kyseessä katodi vai anodi?

Ratkaisu:

Liuos värjäytyy punaiseksi katodin ympärillä, sillä liuokseen muodostuu hydroksidi-ioneja ($\text{OH}^-(\text{aq})$). Fenoliftaleiini on pH-indikaattori, joka värjää emäksisen liuoksen punaiseksi.

4. Päättelä anodi, ja katodireaktioiden avulla, muuttuuko elektrolyyttiliuoksen pH elektrolyysin aikana. Perustele vastauksesi.

Ratkaisu:

Elektrolyyttiliuoksen pH ei muutu, sillä katodilla muodostuneet hydroksidi-ionit neutraloituvat anodilla muodostuneiden vetyionien (H^+)/protonien kanssa muodostaen vettä.



Osa 3. Väkevän natriumkloridiliuoksen elektrolyysi grafiittielektrodeilla

1. Päätele havaintojesi perusteella, mitä tuotteita elektrolyysissä syntyi

a) anodilla

b) katodilla?

Selitä havainnot normaalipotentialitaulukon avulla.

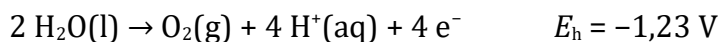
Ratkaisu:

a)

Havainnot anodilla: muodostuu pistävän hajuista kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä hapettuu kloorikaasua.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset hapettumisreaktiot anodilla ovat:



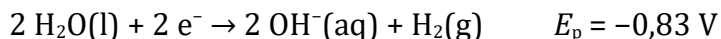
Koska hapen ja kloorin hapettumispotentiaalit ovat melko lähellä toisiaan, ja liuoksen kloridi-ionikonsentraatio on suuri (väkevä liuos), vapautuu anodilla hapen lisäksi klooria, mikä havaitaan pistävänä hajuna.

b)

Havainnot katodilla: muodostuu väritöntä kaasua/havaitaan kuplimista

⇒ johtopäätös: vedestä pelkistyy vetykaasua.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset pelkistymisreaktiot katodilla ovat:

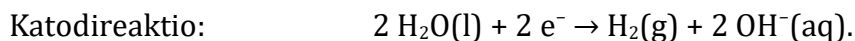
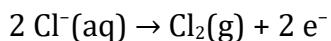
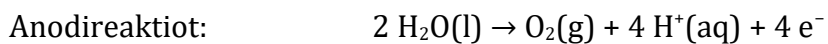


Koska vedyn pelkistymispotentiaali vedestä on suurempi, tämä reaktio tapahtuu.



2. Kirjoita anodi- ja katodireaktiot.

Ratkaisu:



3. Miten ja miksi tämän elektrolyysin tuotteet eroavat osan 2 elektrolyysituotteista?
Perustele.

Ratkaisu:

Toisin kuin laimean natriumkloridiliuoksen elektrolyysissä, väkevän natriumkloridiliuoksen elektrolyysissä anodilla muodostuu happikaasun lisäksi kloorikaasua.

Perustelu:

normaalipotentialitaulukon perusteelle hapen ja kloorin hapettumispotentiaali ovat lähes yhtä suuret. Kun kloridi-ionikonsentraatio on suuri, myös klooria hapettuu.

4. Pohdi, miten elektrolyyttiliuoksen pH muuttuu elektrolyysin aikana anodin ja katodin ympärillä?

Ratkaisu:

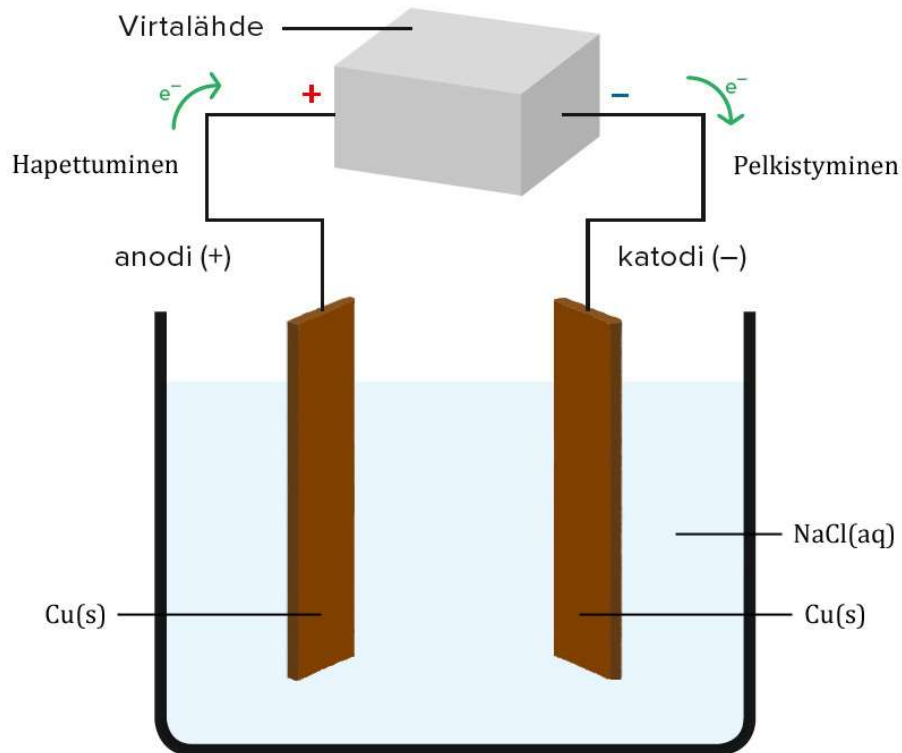
Anodin ympärillä liuos muuttuu happamaksi, sillä liuokseen muodostuu protoneja $\text{H}^+(\text{aq})$.

Katodin ympärillä liuos muuttuu emäksiseksi, sillä liuokseen muodostuu hydroksidi-ioneja $\text{OH}^-(\text{aq})$.

Osa 4. Väkevän natriumkloridiliuoksen elektrolyysi kuparielektrodeilla

1. Piirrä kuva elektrolyysilaitteistosta ja nimeä kaikki osat. Merkitse, kummalla kohtiolla tapahtuu hapettuminen ja kummalla pelkistyminen.

Ratkaisu:





2. Päätele havaintojesi perusteella, mitä tuotteita elektrolyysissä syntyi

a) anodilla

b) katodilla.

Tarkista normaalipotentialitaulukon avulla, ovatko päätelmäsi oikein.

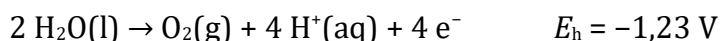
Ratkaisu:

a)

Havainnot anodilla: liuos värjäytyy pikkuhiljaa sinivihreäksi anodin ympärillä.

Kuparia hapettuu $\Rightarrow$ liuokseen muodostuu kupari-ioneja, jotka värjäävät liuoksen.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset hapettumisreaktiot anodilla ovat:

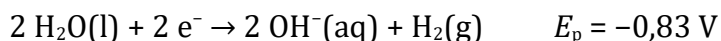


Koska kuparin hapettumispotentiaali on suurin, kuparimetallia hapettuu $\text{Cu}(\text{II})$ -ioneiksi.

b)

Havainnot katodilla: aluksi katodilla havaitaan kaasun muodostusta. Myöhemmin katodin ympärille muodostuu keltaista saostumaa. Katodilla pelkistyy aluksi vedestä vetykaasua ja myöhemmin saostuu alkuainekuparia.

Normaalipotentialitaulukon perusteella mahdolliset pelkistymisreaktiot katodilla ovat:



Aluksi katodilla pelkistyy vedestä vetykaasua, mutta kun kupari(II)-ionien pitoisuus liuoksessa kasvaa (anodireaktion seurauksena), alkaa muodostua alkuainekuparia, sillä kuparin pelkistymispotentiaali on suurin. Tämä havaitaan keltaisena saostumana.



3. Kirjoita anodi- ja katodireaktiot.

Ratkaisu:

Anodireaktio: $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-}$

Katodireaktiot: $2 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow 2 \text{OH}^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ (aluksi)

$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}.$

4. Pohdi, miten anodin massa ja elektrolyyttiliuoksen kupari(II)-ionipitoisuus muuttuu elektrolyysin aikana. Perustele.

Ratkaisu:

Anodin massa pienenee, sillä kuparimetallia hapettuu kupari(II)-ioneiksi.

Elektrolyyttiliuoksen kupari(II)- ionipitoisuus pysyy vakiona, sillä samalla kun kuparielektrodista hapettuu liuokseen kupari(II)-ioneja, ne pelkistyvät takaisin metalliseksi kupariksi.

5. Mitä mahdollinen saostuma voi olla? Perustele.

Ratkaisu:

Mahdollinen saostuma on kupari(II)-ioneista pelkistynyttä metallista kuparia. Kupari ei liukene veteen.



6. Ratkaise, mikä massa tuotetta muodostuu anodilla, jos elektrolyysi kestää 10 minuuttia ja virran suuruus on 10 mA.

Ratkaisu:

$$t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ s} = 600 \text{ s}$$

$$I = 10 \text{ mA} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$F = 96\,485 \text{ As/mol}$$

$$z(\text{anodireaktio}) = 2$$

$$M(\text{Cu}^{2+}) = 63,55 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Cu}) = ?$$

Suureyhtälöstä $It = nzF$, saadaan

$$n(\text{Cu}^{2+}) = \frac{I \cdot t}{z(\text{anodireaktio}) \cdot F} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 600 \text{ s}}{2 \cdot 96\,485 \text{ As/mol}} = 3,109 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{Cu}^{2+}) \cdot M(\text{Cu}^{2+}) = 3,109 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 63,55 \text{ g/mol} = 1,976 \cdot 10^{-3} \text{ g} \approx 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ g} \\ (2,0 \text{ mg}).$$