

Vesi- ja ympäristö- tekniikka

Harjoitus 4: Vesihuoltotekniikka (Talousvesi) 3.11.2021

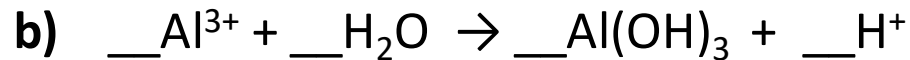
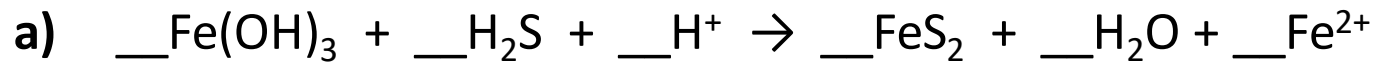


Harjoitusten aikataulu

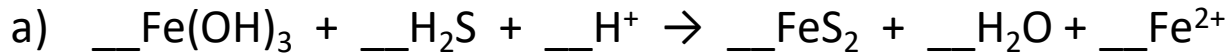
Aika	Paikka	Teema
Ke 22.9. klo 10.15-12	Teams	1) Globaalit vesikysymykset
<i>Ke 29.9. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>1. harjoituksen laskutupa</i>
Ke 6.10. klo 10.15-12	Teams	2) Hydrologinen kierto (+ H1 DL klo 10)
<i>Ke 13.10. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>2. harjoituksen laskutupa</i>
Ke 20.10. klo 10.15-12	Teams	3) Hydraulikka ja veden laatu (+ H2 DL klo 10)
<i>Ke 27.10. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>3. harjoituksen laskutupa</i>
Ke 3.11. klo 10.15-12	Teams	4) Vesihuoltotekniikka (Talousvesi) (+ H3 DL klo 10)
<i>Ke 10.11. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>4. harjoituksen laskutupa</i>
Ke 17.11. klo 10.15-12	Teams	5) Vesihuoltotekniikka (Jätevesi) (+ H4 DL klo 10)
<i>Ke 24.11. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>5. harjoituksen laskutupa</i>
Ke 1.12. klo 10.15-12	Teams	6) Kestävä kehitys (+ H5 DL klo 10)
<i>Ke 8.12. klo 10.15-12</i>	<i>Teams</i>	<i>(6. harjoituksen laskutupa tarvittaessa)</i>
Ke 15.12. klo 10		H6 DL klo 10

1. Demotehtävä

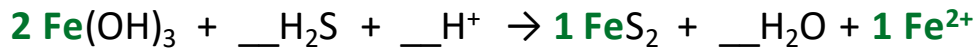
- Tasapainota seuraavat yhtälöt ja ota selvää, miten ne liittyvät vesihuoltoon:



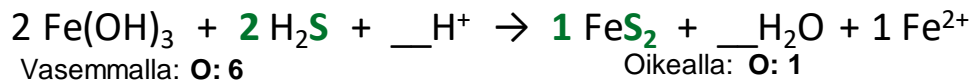
Demotehtävä 1a



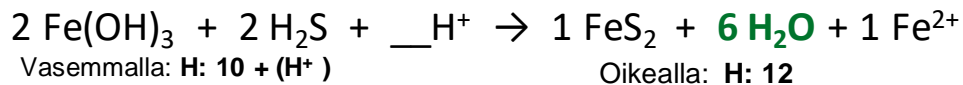
Tasapainotetaan ensin rauta (Fe).



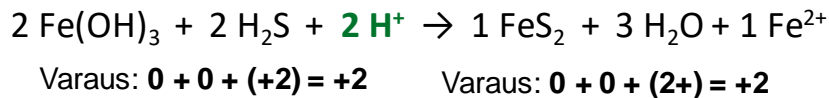
Tasapainotetaan rikki (S).



Tasapainotetaan happi (O) (veden avulla).



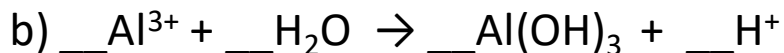
Tasapainotetaan vety (H) (vetyprotonin avulla).



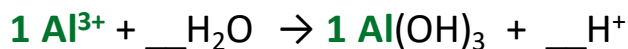
Tarkista lopuksi vielä, että varausten summa on yhtä suuri reaktioyhtälön kummallakin puolella!

Reaktiota käytetään korroosionestossa. Rikkivety, joka reagoi herkästi monien metallien kanssa aiheuttaen korroosiota, sidotaan rautasuolalla korroosion estämiseksi.

Demotehtävä 1b

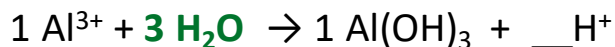


Tasapainotetaan alumiini (Al)



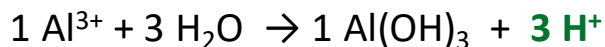
Vasemmalla: O: 1 Oikealla: O: 3

Tasapainotetaan happi (veden avulla).



Vasemmalla: H: 6 Oikealla: H: 3 + (H⁺)

Tasapainotetaan vety (vetyprotonien avulla).



Tarkista lopuksi vielä, että varausten summa on yhtä suuri reaktioyhtälön kummallakin puolella!

Alumiinin saostuksessa käytetty reaktio. Vedenpuhdistuksessa saostuksella tarkoitetaan reaktiota, jossa liuennut kemikaali muutetaan kiinteäksi, jotta se voidaan poistaa.

Demotehtävä 2

Paljonko on liuotettava ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) 5 m³:iin vettä, jotta liuoksen rautapitoisuus on:

a) 0.1 mol/l

b) 5 g/l

c) 3 % (massaprosentti)

Demotehtävä 2, kaavoja

Moolimassa = M (g/mol)

Massa = m (g)

Ainemäärä: $n = \frac{m}{M}$ (mol)

Konsentraatio: $c = \frac{n}{V_{\text{total}}}$ (mol/l)

Massapitoisuus: $c_m = \frac{m}{V_{\text{total}}}$ (g/l)

Massaprosentti = $\frac{m}{m_{\text{total}}} * 100$ (%)

Demotehtävä 2, lähtöarvoja

1 mol ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) = 1 mol (Fe)

eli $n(\text{Fe}) = n(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O})$

Moolimassat:

Raudan moolimassa $M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$

Hapen moolimassa $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$

Vedyn moolimassa $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$

Rikin moolimassa $M(\text{S}) = 32 \text{ g/mol}$

Ferrosulfaatin moolimassa on siis:

$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = [56 + 32 + 4 * 16 + 7 * (2 + 16)] \text{ g/mol} = 278 \text{ g/mol}$

Veden tilavuus $V = 5 \text{ m}^3 = 5000 \text{ l}$ (oletetaan, että V on liuoksen tilavuus)

Demotehtävä 2a, ratkaisu

a) Paljonko on liuotettava ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) 5 m^3 :iin, jotta raudan konsentraatio **0,1 mol/l** ($=c(\text{Fe})$)

Lasketaan ensin, paljonko ferrosulfaattia tarvitaan litraa kohti.

Ferrosulfaattipitoisuus liuoksessa: $c(\text{Fe}) = c(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ mol/l}$

$$\begin{aligned} c(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) &= 0,1 \text{ mol/l} \cdot 278 \text{ g/mol} \\ &= 27,8 \text{ g/l} \end{aligned}$$

Ferrosulfaattia tarvitaan 5 m^3 varten:

$$27,8 \text{ g/l} \cdot 5000 \text{ l} = 139000 \text{ g} \approx \mathbf{139 \text{ kg}}$$

Demotehtävä 2b, ratkaisu

b) Paljonko on liuotettava ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) 5 m³:iin vettä, jotta rautapitoisuus on **5 g/l** ($= m(\text{Fe})/V$) ?

Lasketaan raudan konsentraatio (**mol/l**) massapitoisuuden avulla:

$c = n/V$ ja $n = m/M$

$$c(\text{Fe}) = \frac{n_{\text{Fe}}}{V} = \frac{\frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}}}{V} = \frac{\frac{5 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}}}{l} = 0,0893 \text{ mol/l}$$

Lasketaan tarvittava ferrosulfaattipitoisuus (**mol/l**) liuoksessa:

Tiedetään että: $n(\text{Fe}) = n(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O})$

Ferrosulfaattipitoisuus: $c(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O})}{V} = \frac{n(\text{Fe})}{V} = c(\text{Fe})$

eli **$c(\text{Fe}) = c(\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = 0,0893 \text{ mol/l}$**

Demotehtävä 2b, ratkaisu

Lasketaan siis tarvittava ferrosulfaatin massapitoisuus (g/l):

$$c_m = c * M \rightarrow \frac{\text{mol}}{\text{l}} * \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

Eli:

$$\begin{aligned} c_m(\text{FeSO}_4 * 7 \text{H}_2\text{O}) &= c(\text{FeSO}_4 * 7 \text{H}_2\text{O}) * M(\text{FeSO}_4 * 7 \text{H}_2\text{O}) \\ &= 0,0893 \text{ mol/l} * 278 \text{ g/mol} = \mathbf{24,8254 \text{ g/l}} \end{aligned}$$

Ferrosulfaattia tarvitaan:

$$24,8254 \text{ g/l} * 5000 \text{ l} = 124127 \text{ g} \approx \mathbf{124 \text{ kg}}$$

Demotehtävä 2c, ratkaisu

c) Paljonko on liuotettava ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) 5 m^3 :iin, jotta raudan massaprosentti **3%**?

Selvitetään liuoksen tiheys tarkastelemalla liuosmäärää, jonka massa on 100 g.

Tällöin raudan massa $m_{\text{Fe}} = 0.03 \cdot 100 \text{ g} = 3 \text{ g}$

Liuoksessa lisäksi vettä ja sulfaattia \rightarrow selvitetään sulfaatin massa raudan ja sulfaatin ainemäärien avulla

$$n(\text{Fe}) = n(\text{SO}_4) \rightarrow \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{m(\text{SO}_4)}{M(\text{SO}_4)} \rightarrow m(\text{SO}_4) = m(\text{Fe}) \frac{M(\text{SO}_4)}{M(\text{Fe})} = 3 \text{ g} \cdot \frac{96 \text{ g/mol}}{56 \text{ g/mol}} = 5,1429 \text{ g}$$

$$\text{Sulfaatin m-\%} = \frac{m(\text{SO}_4)}{100 \text{ g}} \cdot 100\% = \mathbf{5,1429\%}$$

Vettä on siis liuoksessa massana: $100\% - 3\% - 5,1429\% = 91,8571\%$

Kilogrammassa liuosta on siis vettä 0,918571 kg eli 0,918571 l

jolloin liuoksen tiheys on $\rho_{\text{liuos}} = \frac{1000 \text{ g}}{0,918571 \text{ l}} = \mathbf{1088,647 \text{ g/l}}$

Demotehtävä 2c, ratkaisu

Kun tiheys on tiedossa, voidaan laskea ferrosulfaatin tarve

Raudan massapitoisuus: $c_m(Fe) = 0.03 * \rho_{liuos} = 0.03 * 1088,647 \text{ g/l} = 32,65941 \text{ g/l}$

$$\text{Konsentraatio: } c(Fe) = \frac{n_{Fe}}{V_{liuos}} = \frac{\frac{m_{Fe}}{M_{Fe}}}{V_{liuos}} = \frac{m_{Fe}}{M_{Fe}} \frac{1}{V_{liuos}} = \frac{m_{Fe}}{V_{liuos}} \frac{1}{M_{Fe}} = \frac{c_m(Fe)}{M_{Fe}}$$
$$= \frac{32,65941 \text{ g/l}}{56 \text{ g/mol}} = 0,5832 \text{ mol/l}$$

Ferrosulfaattipitoisuus liuoksessa: $c(Fe) = c(FeSO_4 \cdot 7 H_2O)$

$$c_m(FeSO_4 \cdot 7 H_2O) = c(FeSO_4 \cdot 7 H_2O) * M(FeSO_4 \cdot 7 H_2O)$$

$$= 0,5832 \text{ mol/l} * 278 \text{ g/mol} = 162,1296 \text{ g/l}$$

Ferroa tarvitaan: $162,1296 \text{ g/l} * 5000 \text{ l} = 810\,648 \text{ g} \approx \mathbf{811 \text{ kg}}$

Vihjeitä tehtäviin

- **Orgaanisen aineen saostus:** Huomaa, että ferrisulfaatti on liuksena, joten sen lisääminen kasvattaa kokonaistilavuutta.
- **Alkalointi:** Voit lukea alkalointimenetelmistä esimerkiksi lukupiirimateriaalista sekä tehtävään 6 linkitetystä dokumentista. Voit etsiä tietoa myös muualta.
- **Laitoksen mitoitus:** Verkostoon pumpatun veden saa ratkaistua, kun tiedät laskutetun veden määrän sekä laskuttamattoman veden osuuden.

Harjoitusta tukevaa lukumateriaalia:
Hänninen, H. *Tekniikan kemia*. Edita. Useita painoksia.

Käytettävät moolimassat

Alkuaine	Moolimassa (g/mol)
Vety H	1.008
Typpi N	14.007
Happi O	15.999
Rikki S	32.06
Kloori Cl	35.45
Mangaani Mn	54.938
Rauta Fe	55.845

Tehtävien palautus

- Tehtävät palautetaan MyCoursesin kautta
- 4. harjoituksen DL on 17.11. klo 10. Muista tehdä tehtävät ajoissa!
- Myöhässä palautettujen harjoitusten pistemäärä puolitetaan