

Toets Chemie Aarde II, 19 December, 2011.

- Er zijn in totaal 7 vragen, die samen 100 punten kunnen opleveren. Het aantal punten per vraag (de weging) is ook gegeven.
- Denk aan de units. Onjuiste of ontbrekende units kost 20 % van de score, onjuiste antwoorden door reken of tekenfouten (+, -) leiden tot 30 % vermindering.
- De benodigde thermodynamische data, moleculaire massa etc. en enkele vergelijkingen vind je aan het einde. Je mag verder aannemen dat concentraties en activiteiten identiek zijn.
- Schrijf je naam en studentnummer op elk blad. Succes.

Vraag 1. (10 punten).

Zeldzame aard metalen (Rare Earth Elements; REE) zijn essentieel voor elektronica, windmolens en hybride auto's en er zijn mondiaal tekorten. Men overweegt om diepzee modder te winnen. Hoeveel km^2 moet men afgraven om aan de jaarproductie van 135 miljoen kg REE te komen gegeven (1) een REE concentratie in de modder van 640 ppm, (2) een modderdichtheid van $0,5 \text{ g cm}^{-3}$ en een (3) 80 meter dikke REE rijke modderlaag. (Gebaseerd op recentelijk Nature Geoscience artikel).

Vraag 2. (10 punten)

Bereken de pH van de volgende oplossingen:

- 0,01 M van natronloog (NaOH met een $\text{p}K_b$ van 0,2)
- 0,1 M van azijnzuur (CH_3COOH met een $\text{p}K_a$ van 4,76)

Vraag 3. (20 punten)

Beschouw water in uitwisseling met een atmosfeer met een kooldioxide druk (pCO_2) van $10^{-3,5}$ atm bij 25 °C. Verder zijn gegeven de zuurconstanten $K_1=10^{-6,35}$ en $K_2=10^{-10,33}$ en de Henry constante (K_H) = $10^{-1,47}$ en $K_w=10^{-14}$. Je mag verder aannemen dat activiteiten gelijk zijn aan concentraties. Voor een pH van 8, bereken:

- de totale anorganisch koolstof concentratie (C_T) in mM.
- de alkaliteit ("total alkalinity") in mM.

Vraag 4. (20 punten)

In een druipsteengrot, dus een systeem geïsoleerd van de atmosfeer, heeft het water een totale anorganisch koolstof concentratie (C_T) van 1,9 mM en is in evenwicht met calciet (CaCO_3) bij 25 °C. Verder zijn gegeven de zuurconstanten $K_1=10^{-6,35}$ en $K_2=10^{-10,33}$ en de Henry constante (K_H) = $10^{-1,47}$. Je mag verder aannemen dat activiteiten gelijk zijn aan concentraties.

- Bereken de pCO_2 in de grot voor een pH van 7,9.
- Bereken de concentraties van het carbonaat ion (CO_3^{2-}) en calcium ion (Ca^{2+}) en geef de waarden in mmol L^{-1} .
- Bereken de strontium concentratie als er ook evenwicht is met strontianiet (SrCO_3). Geef de waarde in μM .

Vraag 5. (15 punten)

Balanceer de volgende redox vergelijkingen (gebruik makende van H^+ en H_2O):

- $CH_2O + H_2AsO_4^- \rightarrow HCO_3^- + H_2AsO_3^-$
- $FeS_2 + Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-}$
- $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + HS^-$

Vraag 6. (punten 10)

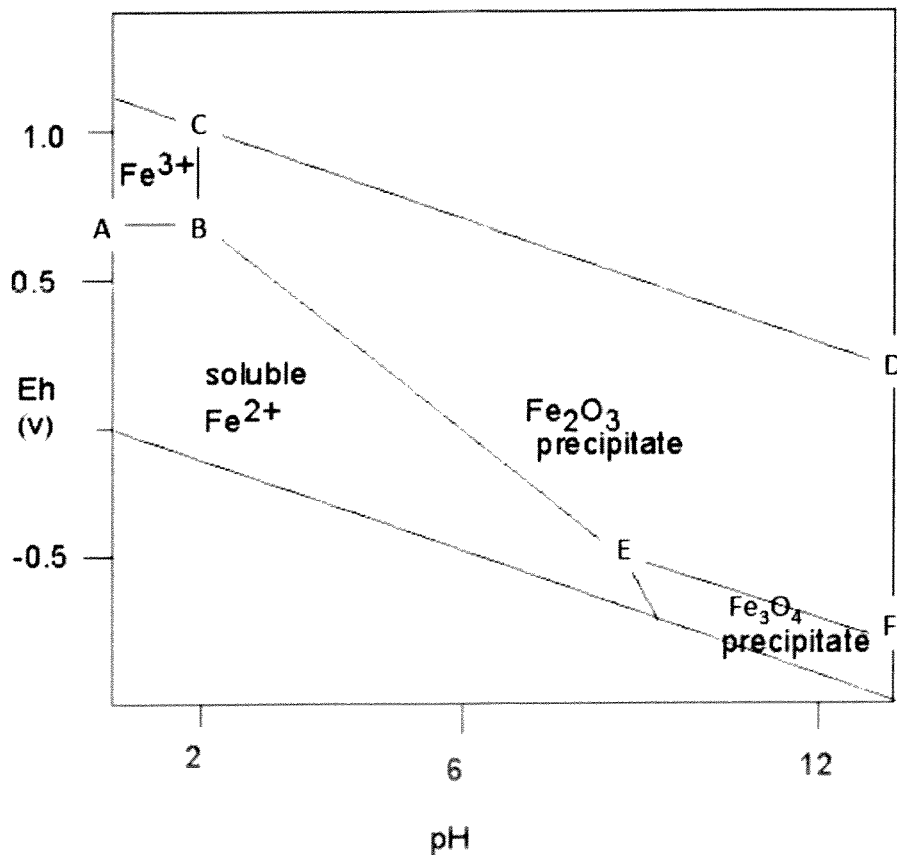
Recentelijk is er door Nijmeegse collega's ontdekt dat methaan geoxideerd kan worden tot kooldioxide waarbij nitriet de elektronen acceptor is ($CH_4 + NO_2^- \rightarrow CO_2 + N_2$).

- Balanceer de redox vergelijking (gebruik makende van H^+ en H_2O).
- Bereken de verandering in Gibbs energie per mol methaan.

Vraag 7 (punten 15)

Hieronder zie je een simpele versie van Eh-pH diagram voor ijzer bij 25°C. De lijn C-D heeft een helling van -0.059 V per pH eenheid.

- Waarom is lijn B-C vertikaal?
- Waarom heeft de lijn EF een helling van -0.059 V/pH?
- Leg uit waarom de lijn B-E een helling heeft van -0.177 V per pH eenheid.



Gegevens die mogelijk nodig zijn:

Species of stof	ΔG_f° kJ mol ⁻¹	Species of stof	ΔG_f° kJ mol ⁻¹
CaCO ₃ (s)	-1129,1	Ca ²⁺	-553,5
SrCO ₃ (s)	-1140,1	Sr ²⁺	-559,4
CO ₃ ²⁻	-527,9	CO ₂	-386
H ₂ O	-237,1	N ₂	0
NO ₂ ⁻	-32,2	CH ₄	-34,3
H ⁺	0		

Atoomgewichten: H = 1; C = 12; N = 14; O = 16; S = 32,1; Ca = 40; Sr = 87,62 gr mol⁻¹.

Geheugensteuntjes: 1 atm = 1,01325 * 10⁵ Pa (N m⁻²); 1 mol ideaal gas = 22,4 liter; R = 8,31 J mol⁻¹ K⁻¹; F = 96.42 kJ volt⁻¹ gr. equivalent⁻¹

$$Eh = E^0 + \frac{0.0592}{n} \log \frac{\text{Oxidized Species}}{\text{Reduced Species}}$$

$$\ln K_{eq} = \left(\frac{-\Delta G^0}{RT} \right)$$

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$HCO_3^- = \frac{H_2CO_3 \cdot K_1}{H^+}$$

$$\Delta G_{\text{reaction}} = \sum \Delta G_{\text{prod}} - \sum \Delta G_{\text{reactants}}$$

$$\alpha = \left(1 + \frac{K_1}{[H^+]} + \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2} \right)$$

$$H_2CO_3 = K_H \cdot pCO_2$$

$$CO_3^{2-} = \frac{C_T \cdot K_1 \cdot K_2}{\alpha \cdot (H^+)^2}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\Delta G^0 = -nFE^0$$

$$H_2CO_3 = C_T / \alpha$$

$$HCO_3^- = \frac{C_T \cdot K_1}{\alpha \cdot H^+}$$

$$CO_3^{2-} = \frac{HCO_3^- \cdot K_2}{H^+}$$

$$B_{HA} = \frac{dC}{dpH} = 2.3 \left[\frac{K_w}{H^+} + H^+ + \frac{K_a CH^+}{(K_a + H^+)^2} \right]$$

