

## Toets Chemie van Systeem Aarde en Chemie van Aarde II, 16 December, 2013.

- Er zijn in totaal 6 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 ongeveer 20 % van de score.
- De benodigde thermodynamische data, moleculaire massa etc. en enkele vergelijkingen vind je aan het einde. Je mag verder aannemen dat alles plaatsvindt bij 25 graden celsius.
- Schrijf je naam, studentnummer en cursus (AW of MNW/NWI) op elk blad. Succes.

### 1. (6 punten, 2 per deelvraag)

Bereken de pH voor de volgende oplossingen:

- 0,01 M van azijnzuur (acetic acid)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  met een  $\text{pK}_a$  van 4,76.
- 0,03 M van azijnzuur opgelost in 0,1 M Na-acetaat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) (Je mag er van uit gaan dat Na-acetaat volledig oplost).
- 0,005 M van kaliloog (KOH met  $\text{pK}_a$  van 13,5).

### 2. (8 punten, 4 per subvraag)

Een oplossing heeft een  $\text{Ca}^{2+}$  concentratie van 0,54 mg/liter en een fosfaat concentratie van 1 nM ( $10^{-9}$  M) en is in evenwicht met het mineraal  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  bij 25°C.

- Wat is het oplosbaarheidsproduct van  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
- Wat is de entropie verandering ( $\Delta S^0$ ) gegeven een enthalpie van reactie ( $\Delta H^0$ ) van -62,4 kJ mol<sup>-1</sup> bij 25 °C.

### 3. (19 punten; 7 punten voor a, 4 punten voor b, 8 punten voor c)

Beschouw een systeem geïsoleerd van de atmosfeer met een totale anorganisch koolstof concentratie ( $C_T$ ) van 1,8 mM en in evenwicht met calciet ( $\text{CaCO}_3$ ). 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 voor een pH van 7,9 de concentraties van het carbonaat ion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) en calcium ion ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en geef de waarden in mmol L<sup>-1</sup>.
- Berekening de strontium concentratie als er ook evenwicht is met strontianiet ( $\text{SrCO}_3$ ) en geef de waarde in  $\mu\text{M}$ .
- Maak de berekeningen ook voor een open systeem in evenwicht met een atmosfeer met een  $P_{\text{CO}_2}$  van  $10^{-3,5}$  atm en een pH van 7,9. Bereken naast de carbonaat en calcium concentraties ook totaal anorganisch koolstof concentratie.

### 4. (36 punten, 6 per onderdeel)

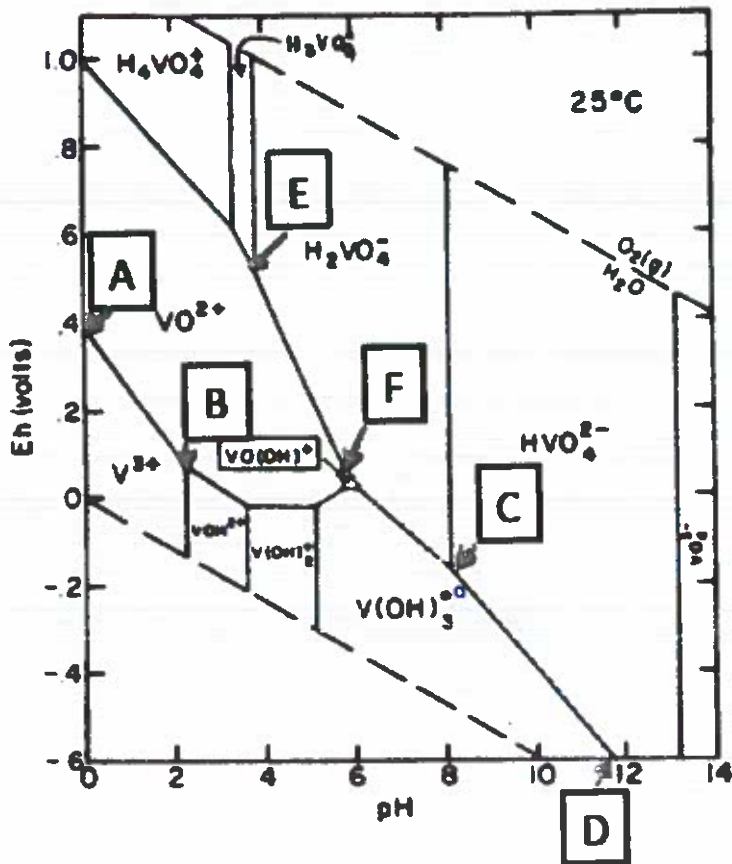
Balanceer de volgende redox vergelijkingen (gebruik makende van  $\text{H}^+$  and  $\text{H}_2\text{O}$ ).

- $\text{FeS}_2 (\text{s}) + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{FeOOH} (\text{s})$
- $\text{SbO}_4^{3-} + \text{CH}_2\text{O} (\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2 + \text{SbO}_3^{2-}$
- $\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NH}_4^+$
- $\text{FeS} (\text{s}) + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{FeOOH} (\text{s}) + \text{N}_2 + \text{SO}_3^{2-}$
- $\text{Nb}_2\text{O}_5 (\text{s}) + \text{CH}_4 (\text{g}) \rightarrow \text{Nb}(\text{OH})_3 (\text{s}) + \text{CO}_2$
- $\text{MoO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{S} + \text{FeOOH} (\text{s}) \rightarrow \text{MoS}_2 (\text{s}) + \text{FeS}_2 (\text{s})$

5. (21 punten, 7 per subvraag)

Hieronder vind je een Eh-pH Diagram voor het element Vanadium.

- Geef de helling van lijn A-B en laat zien hoe je dit berekend hebt.
- Geef de helling van lijn C-D en laat zien hoe je dit berekend hebt.
- Geef de helling van lijn E-F en laat zien hoe je dit berekend hebt.



6. (10 punten, 4 voor a, 6 voor b)

Zwavel disproportionerende organismen kunnen energie halen uit de volgende (ongebalanceerde) vergelijking:  $S_2O_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + HS^-$

- Balanceer deze vergelijking gebruik makende van  $H^+$  en  $H_2O$
- Naast disproportionatie kunnen organismen nog op 3 andere manieren energie uit redox reacties halen. Geef deze.

Gegevens die mogelijk nodig zijn:

Species of stof	$\Delta G_f^\circ$ kJ mol <sup>-1</sup>	$\Delta H_f^\circ$ kJ mol <sup>-1</sup>	$\Delta S_f^\circ$ J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1129,1	-1207,6	91,7
SrCO <sub>3</sub> (s)	-1140,1	-1220,1	97,1
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-527,9	-677,1	-56,9
H <sub>2</sub> O	-237,1	-285,8	70,0
Ca <sup>2+</sup>	-553,5	-542,8	-53,1
Sr <sup>2+</sup>	-559,5	-545,8	-32,6

Atoomgewichten: H = 1; C = 12; O = 16; P = 31; S = 32,1; Ca = 40; Sr = 87,62 gr mol<sup>-1</sup>.

Geheugensteuntjes: 1 atm = 1,01325 \* 10<sup>5</sup> Pa (N m<sup>-2</sup>) = 760 mm Hg = 760 torr; 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa;

1 mol ideaal gas = 22,4 liter; R = 8,31 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>; 1 J = 1 Nm

$$\ln K_{T1} = \ln K_{T2} + \frac{\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$H_2CO_3 = K_H \cdot pCO_2$$

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

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

$$E = E^\circ - \frac{0.059}{n} \ln Q$$

$$H_2CO_3 = C_T / \alpha$$

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

$$CO_3^{2-} = \frac{HCO_3^- \cdot K_2}{H^+} \quad \Delta G^\circ = -nFE^\circ$$

Hydrogen 1 H 1.008																	Helium 2 He 4.003	
Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012											Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180	
Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305											Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.06	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948	
Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.88	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933	Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.38	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.61	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.80	
Rubidium 37 Rb 85.468	Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc 98	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 101.07	Palladium 46 Pd 106.36	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.757	Te 127.6	I 126.905	Xe 131.29	
Cesium 55 Cs 132.905	Ba 137.327	* 57-70	Lanthanum 57 Lu 174.967	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.22	Pt 195.084	Au 196.967	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.2	Bi 208.98	Po 209	At 210	Rn 222
Francium 87 Fr 223	Ra 226	**	Actinium 89 Ac 227	Rf 261	Db 262	Sg 263	Bh 264	Hs 265	Mt 266	Uun 288	Uuu 289	Uub 290	Uuq 291					

\* Lanthanide series

\*\* Actinide series

57 La 138.905	58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm 144.913	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.259	69 Tm 168.930	70 Yb 173.054
89 Ac 227	90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu 244.064	95 Am 243.061	96 Cm 247.070	97 Bk 247.070	98 Cf 251.08	99 Es 252.083	100 Fm 257.10	101 Md 258.10	102 No 259.10