

# Herkansing Algemene en Anorganische Chemie

**10 November 2016**

Naam:.....

Studentnummer Universiteit Leiden: .....

Dit is de enige originele versie van jouw tentamen. Het bevat dit voorblad, enkele pagina's met informatie en vervolgens de opgaven.

Gebruik kladpapier om je antwoord uit te werken. Neem daarna de berekening, tekening of ander antwoord over op dit origineel. Lever slechts dit origineel in.

In deze toets staan decimale getallen met een komma zoals gebruikelijk in het Nederlands. Houd rekening dat in het tabellenboekje deze decimale getallen vaak met een punt worden aangegeven, zoals in de Angelsaksische aanduiding.

**SUCCES!**

**Docenten: Ludo Juurlink en Erik Kelder**

**Resultaten:**

Opgave 1	Opgave 2	Opgave 3	Opgave 4	Opgave 5	Opgave 6
/					
<b>20</b>	<b>/20</b>	<b>/20</b>	<b>/20</b>	<b>/10</b>	<b>/24</b>

**Totaal:**

**Cijfer:**

Indien van toepassing, aantal extra vellen:

**Opgave 1 Chemische samenstelling van de aarde, naamgeving van stoffen, standaard chemische berekeningen en elektronconfiguraties (20 punten)**

a) (3 punten) Wat zijn de zeven elementen die uit een verbinding van twee atomen bestaan?

b) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

Chemische formule	Naam
Ca(HSO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	ammoniumchromiet
KMnO <sub>4</sub>	
	bariumsulfide
LiIO <sub>3</sub>	

c) (3 punten) Gebruik bindingsenergieën om de reactie-enthalpie te schatten voor de volledige oxidatie van aceton (propanon) C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O met O<sub>2</sub> tot kooldioxide en water. Schrijf eerst de chemische reactievergelijking uit in Lewis structuren.

d) (3 punten) Wat is de effectieve kernlading,  $Z_{\text{eff}}$ , voor het expliciet genoemde elektron in de reactievergelijking voor tweede ionisatie van aluminium? Maak gebruik van Slaterorbitalen.



e) (3 punten) De reactie van zilvernitraat met natriumiodide heeft als product onoplosbaar zilveriodide. Hoeveel gram neerslag ontstaat er wanneer 100 mL 1.0 M AgNO<sub>3</sub> wordt toegevoegd aan 100 mL 2.0 M NaI?

f) (3 punten) Vul onderstaande tabel in.

<i>Atoom/ion</i>	<i>Verkorte elektronconfiguratie</i>
P	
Zr	
Hg <sup>2+</sup>	

## Opgave 2 Fasediagrammen, inter-moleculaire krachten en chemische thermodynamica

Voor waterstofchloride, HCl, zijn de volgende gegevens bekend.

Smeltpunt:  $T_s = 158.9 \text{ K}$

Kookpunt:  $T_k = 188.1 \text{ K}$

Tripelpunt:  $T_t = 159.0 \text{ K}$  bij  $13.9 \text{ kPa}$

Kritieke temperatuur en druk:  $324.7 \text{ K}$ ,  $83 \text{ bar}$

Verdampingswarmte  $\Delta H_{\text{vap}} = 16,2 \text{ kJ/mol}$  (bepaald bij  $188 \text{ K}$ )

Smeltwarmte  $\Delta H_{\text{melt}} = 3,5 \text{ kJ/mol}$

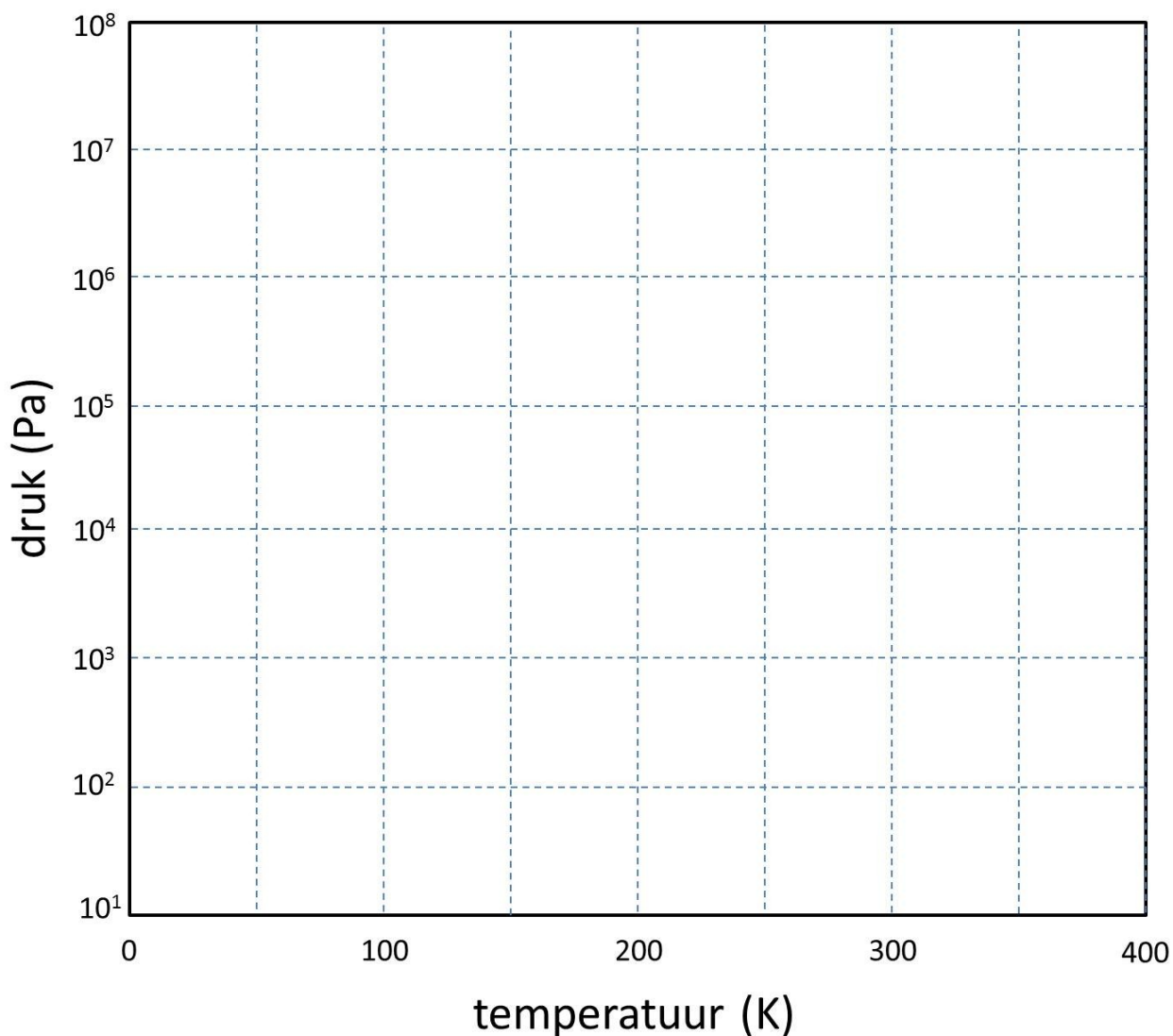
Sublimatiewarmte  $\Delta H_{\text{subl}} = 19,7 \text{ kJ/mol}$

VanderWaalsconstanten:  $a = 3,716 \text{ L}^2\text{bar/mol}^2$ ,

$b = 0,04081 \text{ L/mol}$

*Je mag bij de onderstaande vragen aannemen dat  $1 \text{ bar} = 1 \text{ atm}$ .*

a) (6 punten) Gebruik bovenstaande gegevens om hieronder het fasediagram van HCl te schetsen. Geef duidelijk het kookpunt bij standaardomstandigheden, het kritieke punt en tripelpunt aan. Zet op de juiste plaats in de schets ook 'gas', 'vloeistof', 'vaste stof' en 'superkritische fase'. *Teken de lijn die het evenwicht tussen de vaste stof en de gasfase weergeeft nog niet!*



b) (2 punten) Laat door berekening zien dat de waarde van  $\Delta H_{\text{vap}}$  redelijk goed overeen komt met de waarde die je kunt berekenen uit de gegevens over het kritieke punt en het kookpunt.

c) (3 punten) Wanneer je er vanuit gaat dat de Clausius-Clapeyron ook de relatie tussen dampspanning en de temperatuur voor de vaste stof goed beschrijft, kun je met  $\Delta H_{\text{subl}}$  en de gegevens van het triple punt de dampspanning ruim om 188 K. Doe dit voor 125 K. Teken daarna ook de lijn die het evenwicht tussen de vaste stof en de gasfase weergeeft in jouw fase-diagram.

e) (1 punt) Wat is volgens de ideale gaswet de druk van 1 mol HCl bij 300 K (dus net onder de kritieke druk) als het is samengeperst tot een volume van 1 L?

f) (2 punten) Wat is de daadwerkelijke druk onder dezelfde omstandigheden en hoe groot is de procentuele afwijking ten opzichte van een ideaal gas?

Je krijgt een Pyrex ampul van 20 mL met 5.0 bar druk aan zuiver HCl-gas bij kamertemperatuur. De Pyrex ampul zonder het HCl gas weegt 10.0 g. Pyrex glas heeft een warmtecapaciteit van 0,75 kJ/(kg K).

g) (3 punten) Beschrijf wat er in de ampul te zien zal zijn wanneer je die afkoelt in een vat met vloeibare stikstof ( $\text{LN}_2$  – liquid nitrogen) totdat de ampul is afgekoeld tot 77 K. Geef fasen en drukken aan waarbij er iets verandert en/of welke lijnen in het fasediagram worden gevolgd.

h) (3 punten) Hoeveel milliliter (mL) vloeibare stikstof is er ongeveer verdampt wanneer het geheel thermodynamisch evenwicht heeft bereikt? Verwaarloos de warmtecapaciteiten van HCl als gas, vloeistof en vaste stof. De verdampingsenthalpie en de dichtheid van vloeibare stikstof bij 77 K zijn 5.6 kJ/mol en 0.807 g/mL.

### Opgave 3

### Zuur-base chemie en oplosbaarheid

Onderbromigzuur ( $\text{HBrO}$ ) en bromigzuur ( $\text{HBrO}_2$ ) zijn zwakke monoprotische zuren met  $\text{p}K_a = 8,60$  en  $3,43$ . De vergelijkbare onderchlorigzuur en chlorigzuur hebben een  $\text{p}K_a$  van  $7,52$  en  $1,96$ .

---

a) (3 punten) Teken de Lewisstructuur van onderbromigzuur en bromigzuur. Geef de hybridisatie aan voor *alle* Br en *alle* O atomen in beide structuren.

b) (2 punten) Hoe heten de *elektrondomeinstructuur* en de *moleculaire structuur* rond het broomatoom in bromigzuur?

*Elektrondomein structuur:* \_\_\_\_\_

*Moleculaire structuur:* \_\_\_\_\_

c) (3 punten) Teken alle resonantiestructuren van het bromietion,  $\text{BrO}_2^-$ .

d) (5 nl.  $4 \times 1 + 1$  punten) Schets op de volgende pagina het pH verloop voor de titratie van 50.0 mL 0.100 M onderbromigzuur met 0.100 M NaOH. Bereken daartoe

i. de pH aan het begin van de titratie

$$pH = \underline{\hspace{2cm}}$$

ii. een goede benadering voor de pH halverwege het eerste equivalentiepunt

$$pH = \underline{\hspace{2cm}}$$

iii. de pH bij het equivalentiepunt

$$pH = \underline{\hspace{2cm}}$$

iv. de pH na toevoeging van 250 mL van de NaOH oplossing

$$pH = \underline{\hspace{2cm}}$$

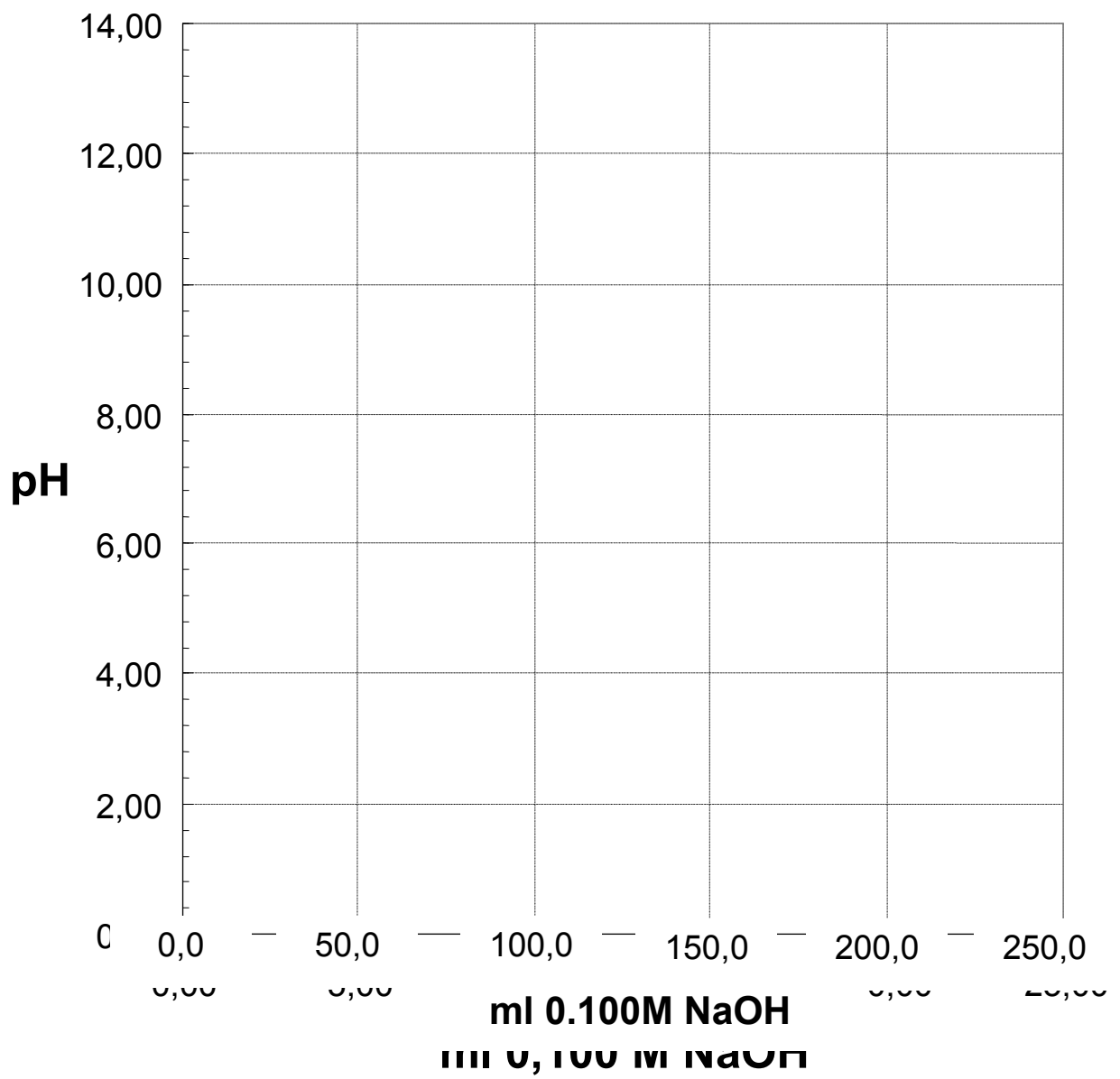
*Zet HBrO naast de lijn die het pH verloop weergeeft.*

b) ( $4 = 3 \times 1 + 1$  punten) Hoe was de pH verloop geweest als per ongeluk 0.100 M onderchlorigzuur was gebruikt i.p.v. onderbromig zuur? Schets het pH verloop in dezelfde grafiek. Schrijf naast de twee lijn HClO.

c) (1 punten) Geef een verklaring voor de veel lagere waarden voor de veel hogere waarden van de  $pK_a$  van onderbromig (onderchlorig) zuur ten opzichte van bromig (chlorig) zuur.

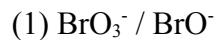
d) (2 punten) Welke twee aspecten dragen mogelijkwijze bij aan het gegeven dat (onder)chlorigzuur een lagere  $pK_a$  heeft het vergelijkbare (onder)bromig zuur.



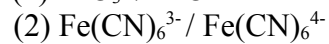


#### Opgave 4 Redox chemie en naamgeving

Er wordt een batterij gemaakt van stoffen met redoxreacties met de volgende redoxkoppels. De gebruikte compartimenten hebben dezelfde grootte (volume) van 1L:

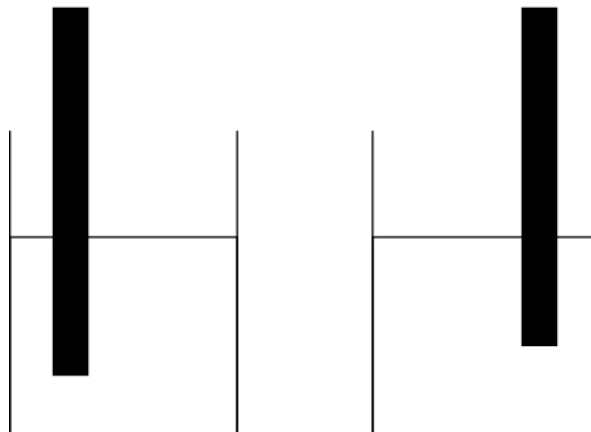


$$E^\circ(\text{reductie}) = 1,48\text{V}$$



$$E^\circ(\text{reductie}) \text{ is gelijk aan die van } \text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$$

- 
- a) (2 punten) Geef de reductiereacties (*dus geen oxidatiereactie!*) voor beide koppels. *Hint: Let op de ladingen van de ionen!*
- b) (1 punt) Bepaal de overallreactie voor de batterij.
- c) (1 punt) Wat is de standaard potentiaal van de batterij?
- d) (2 punten) Wat is  $\Delta G^0$  voor de reactie bij b)?
- e) (5 punten) Maak de onderstaande elektrochemische cel af en geef de volgende zaken er in aan:
- waar de plus- en minpool zit;
  - welke elektrode de anode en kathode is;
  - waar de reductie en waar de oxidatie plaatsvindt;
  - welke componenten (gassen, vloeistoffen, vaste stoffen, ionen) waar zitten;
  - hoe de elektronenstroom loopt
  - teken de zoutbrug en geef aan welke ionen in welke richting lopen.



f) (2 punten) Bereken de potentiaal van de cel met behulp van de Nernstvergelijking aan de hand van de volgende concentraties:  $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = 2,00 \times 10^{-6} \text{ M}$  ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] = 2,00 \times 10^{-3} \text{ M}$  ;  $[\text{H}^+] = 1,00 \text{ M}$  ;  $[\text{BrO}_3^-] = [\text{BrO}^-] = 2,00 \times 10^{-3} \text{ M}$ .

g) (2 punten) Hoeveel stroom heeft de cel geleverd als deze leeg is?

h) (2 punten) Ondanks dat de batterij leeg is zijn de concentraties van alle deelnemende deeltjes in de reacties **niet** nul. Hoe verklaar je dat?

i) (3 punten) De ijzerionen kunnen complexeren tot de volgende verbindingen. Geef de namen van die verbindingen.

$[\text{Fe}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_4$  : \_\_\_\_\_

$(\text{NH}_4)_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  : \_\_\_\_\_

$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]$  : \_\_\_\_\_

### Opgave 5 Vaste stoffen

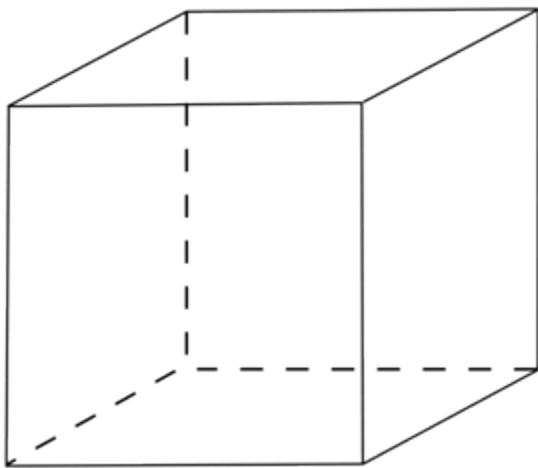
a) (1 punt) Met welke kubische structuur kun je een dichtste bolstapeling maken?

- FCC structuur
- BCC structuur
- Simple kubische structuur

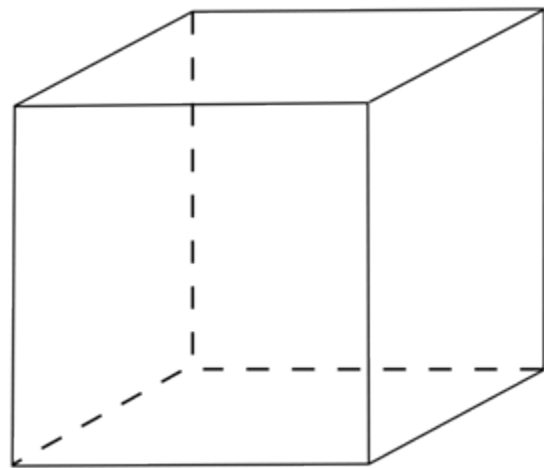
Nikkel als metaal alsook nikkel in NiO hebben een FCC structuur. Ook de zuurstofionen in NiO vormen een FCC structuur zodanig dat er samen met de nikkelionen een keukenzoutstructuur ontstaat.

b) (2 punt). Welke van de ionen, zuurstof- of nikkelionen, verwacht je dat het grootst zijn? Geef een duidelijke verklaring.

c) (2 punten). Teken de eenheidscellen van Ni en NiO in onderstaande kubussen. Gebruik de informatie uit opgave 5b.



*Ni*



*NiO*

- d) (2 punten) De dichtheid van nikkel is  $8,908 \text{ g/cm}^3$ . Bereken de atoomstraal van nikkel in Å.
- e) (1 punten) Wat is coördinatiegetal voor de nikkel-ionen in NiO?
- f) (2 punten) Er zijn andere metaal(II)oxides die een cesiumchloride structuur hebben. Aan welke condities moeten de metaal- en zuurstofionen voldoen om zo'n structuur te kunnen verkrijgen?

## Opgave 6 Kristalveldsplitsing en elektronconfiguratie

IJzer komt voor in de volgende oxidatietoestanden 0, +2, en +3.  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  hebben beide een zesomringing voor het ligand  $CN^-$ .

De kristalveldsplittingsparameter ( $\Delta_0$ ) en de spinparingsenergie (P) zijn voor  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$ :

$$\Delta_0(Fe^{2+}) = 23.000 \text{ cm}^{-1} \text{ en } P(Fe^{2+}) = 28.000 \text{ cm}^{-1}$$

$$\Delta_0(Fe^{3+}) = 25.000 \text{ cm}^{-1} \text{ en } P(Fe^{3+}) = 22.000 \text{ cm}^{-1}$$

- a) (3 punten) Geef voor elk van de oxidatietoestanden van IJzer de elektronconfiguratie

$Fe$  : \_\_\_\_\_

$Fe^{2+}$  : \_\_\_\_\_

$Fe^{3+}$  : \_\_\_\_\_

- b) (2 punten) De kristalveldsplittingsparameter ( $\Delta_0$ ) zorgt voor de absorptie van straling (licht). Reken  $\Delta_0$  om in nanometer voor zowel  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  met  $CN^-$  als ligand.

Gegeven is dat de golflengte:  $\lambda \text{ (nm)} = 10.000.000 / \nu \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

- c) (4 punten) Welke kleuren hebben waterige oplossingen van complexen van  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  met  $CN^-$  als ligand? Verklaar duidelijk hoe je aan je antwoord komt.

- d) (4 punten) Geef de elektronenbezetting van de d-banen weer voor  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  voor zowel een hoog- als een laagspintoestand.

$Fe^{2+}$  hoogspin

$Fe^{2+}$  laagspin

$Fe^{3+}$  hoogspin

$Fe^{3+}$  laagspin

e) (2 punten) Leg voor zowel  $Fe^{2+}$  hoogspin als  $Fe^{2+}$  laagspin uit of ze paramagnetisch of diamagnetisch zijn.

$Fe^{2+}$  (hoogspin): \_\_\_\_\_

$Fe^{2+}$  (laagspin): \_\_\_\_\_

f) (4 punten) Bereken de kristalveld-stabilisatie-energieën (CFSE) van  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  met  $CN^-$  als ligand voor de hoog- en laagspin situatie. Gebruik de bovenstaande gegevens.

CFSE ( $Fe^{2+}$  hoogspin) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

CFSE ( $Fe^{2+}$  laagspin) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

CFSE ( $Fe^{3+}$  hoogspin) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

CFSE ( $Fe^{3+}$  laagspin) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

g) (1 punt) Bepaal aan de hand van de uitkomsten uit f) of  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  met  $CN^-$  als ligand hoogspin dan wel laagspin zal zijn. Licht je antwoord kort toe.

h) (2 punten) Wat kan er gebeuren met de kleuren van de oplossingen als in plaats van  $CN^-$ ,  $Cl^-$  als ligand aanwezig is?

h) (2 punten) Wat kan er gebeuren met de spintoestanden van  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$  als in plaats van  $CN^-$ ,  $Cl^-$  als ligand aanwezig is?

$Fe^{2+}$  met  $Cl^-$ : \_\_\_\_\_

$Fe^{3+}$  met  $Cl^-$ : \_\_\_\_\_

---

Einde