

# Bouwstenen van de Chemie

## Schriftelijke deoltoets

**25-9-2013**

**13.00 – 16.00 uur**

**Tentamenzaal**

Schrijf duidelijk en vermeld je naam en collegekaartnummer boven aan elk vel papier.

De volgende 6 opgaven dienen gemaakt te worden. Iedere opgave wordt gelijk beoordeeld.

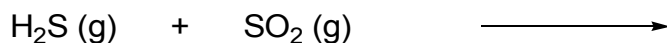
**Toegestane hulpmiddelen: het periodiek systeem (uitgereikt), rekenmachine en lijst met fysische constanten (uitgereikt).**

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

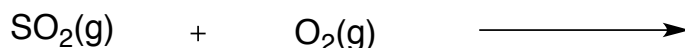
$$1 \text{ eV} = 1.60217657 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

### Opgave 1 (Chemische reacties en oxidatiegetallen) (17 punten)

**a)** Zuiver zwavel wordt gevormd in een reactie tussen  $\text{H}_2\text{S}$  (g) en  $\text{SO}_2$  (g) (temperatuur  $300\text{ }^\circ\text{C}$  en met  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als katalysator). Geef de afgestemde reactievergelijking voor de vorming van zuiver zwavel geschreven als  $\text{S}$ (s).



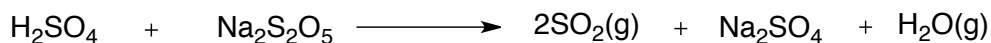
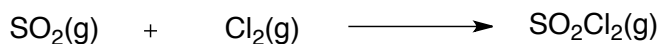
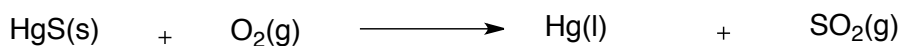
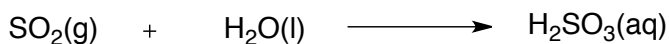
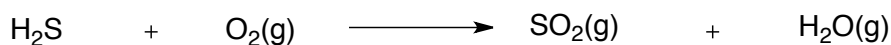
**b)**  $\text{SO}_2$ (g) reageert tevens met  $\text{O}_2$  (g) onder vorming van zwaveltrioxide. Geef de afgestemde reactievergelijking voor deze reactie.



**c)** Zwavel kan verschillende stoffen vormen met waterstof en/of zuurstof. Geef het oxidatiegetal voor zwavel in de volgende verbindingen:



**d)** Omschrijf het begrip redox proces en geef voor elk van de onderstaande reacties aan of het een redox proces is of niet.



## Opgave 2 (Fotoelektrische effect de Broglie vergelijking) (18 punten)

Bestraling van een metaal met fotonen kan leiden tot het uitstoten van elektronen. De kinetische energie van de elektronen is gegeven door:

$$E_{kin}(\text{elektron}) = \frac{1}{2} m v^2 = h \nu - \Phi$$

$m$ : massa van het elektron,  $v$ , snelheid van het elektron,  $h$ : Planck constante;  $\nu$  = frequentie van het licht en  $\Phi$  is de werkfunctie van het metaal

a) De zogenaamde werkfunctie is voor Be, Mg en Al als volgt:

$$\text{Be: } 4.98 \text{ eV} \quad \text{Mg: } 3.66 \text{ eV} \quad \text{Al: } 4.06 \text{ eV}$$

Licht het verschil in werkfunctie toe voor i) Be en Mg en ii) Mg en Al.

b) Bereken de minimale frequentie,  $\nu_0$ , van de fotonen die elektronen kunnen verwijderen uit Be en Mg.

c) Bestraling van Mg met licht met een golflengte van 200 nm leidt tot het verwijderen van elektronen. Bereken de kinetische energie van deze elektronen.

d) Bereken de golflengte en de bijbehorende frequentie van de elektronen die uitgestoten worden door Na te bestralen met licht met een golflengte van 200 nm.

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{de Broglie vergelijking} \quad \lambda = \text{golflengte}$$

e) Geef de verwachte trend in de kinetische energie van de elektronen die verwijderd worden door Be, Mg, en Al te bestralen met fotonen met een golflengte van 200 nm.

**Opgave 3 (Deeltje in een doos) (15 punten)**

Beschouw een elektron in een eendimensionaal doos met een lengte van  $1.0 \cdot 10^{-10}$  m.

a) Bereken het verschil in energie tussen het energieniveau van het elektron met  $n = 1$  en met  $n = 2$ .

$$E = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

$n = 1, 2, 3, \dots$   $h$ : Planck constante  $m$ : massa van het elektron,  $L$ : lengte van de doos

Geef het eindresultaat in  $\text{kJ mol}^{-1}$ .

Beschouw nu een He atoom in een deeltje in een eendimensionaal doos met een lengte van 0.03 m.

b) Bereken het verschil in energie tussen het energieniveau van het He atoom als deeltje met  $n = 1$  en met  $n = 2$ .

Geef het eindresultaat in  $\text{kJ mol}^{-1}$ .

c) Geef een toelichting op de resultaten verkregen bij vraag a) en bij vraag b).

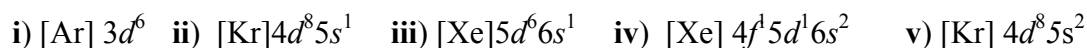
$$m_{\text{He}} = 4.002602 \text{ amu (atomic mass units)} \quad 1 \text{ amu} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

### Opgave 4 (Atoombouw) (18 punten)

De vier kwantumgetallen ( $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  en  $m_s$ ) liggen ten grondslag aan de opbouw van het periodiek systeem in combinatie met **i)** het uitsluitingsprincipe van Pauli en **ii)** de regel van Hund.

**a)** Leg in eigen woorden uit wat men verstaat onder **i)** het uitsluitingsprincipe van Pauli en **ii)** de regel van Hund.

**b1)** Geef aan welke van de onderstaande elektronenconfiguraties overeenkomen met de grondtoestand van een atoom en welke overeenkomen met een geëxciteerde toestand.



**b2)** Geef ook aan welke elementen overeenkomen met de elektronenconfiguraties **i –v)**.

**c)** Voor het waterstofatoom geldt:

$$E_n = -\frac{Z^2 hR}{n^2} \quad R = \text{Rydberg constante, } E_n = \text{energie van niveau } n$$

Teken in een figuur de relatieve energieën van alle niveaus met  $n = 1, 2$  en  $3$  voor het waterstofatoom. Plaats het elektron in het niveau met de laagste energie.

**d)** Voor een atoom met meerdere elektronen geldt:

$$E_n = -\frac{Z_{\text{eff}}^2 hR}{n^2} \quad R = \text{Rydberg constante}$$

Hier is  $Z_{\text{eff}}$  de effectieve lading. Leg het begrip  $Z_{\text{eff}}$  uit met eigen woorden.

**e)** Teken in één figuur de relatieve energieën van alle niveaus met  $n = 1, 2$  en  $3$  van het C atoom ( $Z_{\text{eff}} \sim 3.2$ ). Plaats de elektronen in de energieniveaus zodat de grondtoestand van het C atoom weergegeven wordt.

**e)** Teken in één figuur de relatieve energieën van alle niveaus met  $n = 1, 2$  en  $3$  van het Sc atoom ( $Z_{\text{eff}} \sim 7.1$ ). Plaats de elektronen in de energieniveaus zodat de grondtoestand van het Sc atoom weergegeven wordt.

**f)** Licht het verschil toe tussen de figuur van het H atoom en de figuren voor de C en Sc atomen.

### Opgave 5 (Golffunctie) (16 punten)

**a)** De vorm van een atoom orbitaal is gegeven door de golffunctie,  $\Psi(r, \theta, \phi) = R(r) Y(\theta, \phi)$  (hier is  $R(r)$  de radiale functie en  $Y(\theta, \phi)$  de hoekafhankelijke functie, ( $r, \theta, \phi$  zijn de bolcoördinaten). Voor de 1s en 2s niveaus van het waterstofatoom zijn de radiale functies als volgt ( $Z =$  atoomnummer van waterstof;  $a_0 = 52.9$  pm,  $r =$  afstand tot de atoomkern):

1s niveau

$$R(r) = 2 \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} e^{-Zr/a_0}$$

2s niveau

$$R(r) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} \left( 2 - \frac{Zr}{a_0} \right) e^{-Zr/2a_0}$$

**a1)** Geef voor het 1s niveau aan hoe  $R(r)$  verandert met **i)**  $r \rightarrow 0$  en **ii)**  $r \rightarrow \infty$ . Schets nu in een figuur  $R(r)$  als functie van  $r$ .

**a2)** Geef voor het 2s niveau aan hoe  $R(r)$  verandert met **i)**  $r \rightarrow 0$  en **ii)**  $r \rightarrow \infty$ . Bij welke waarde van  $r$  is  $R(r)$  gelijk aan nul? Schets nu in een figuur  $R(r)$  als functie van  $r$ .

**b)** Stel dat het elektron van het waterstofatoom zich bevindt in de 2s orbitaal. Bij welke waarde(n) van  $r$  is de waarschijnlijkheid voor het aantreffen van het elektron gelijk aan nul? Licht het antwoord toe.

**c)** De uitdrukking van de radiale distributiefunctie,  $P(r)$ , is:

$$P(r) = 4 \pi r^2 R(r)^2$$

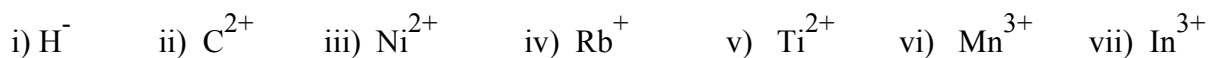
Geef de uitdrukking van  $P(r)$  voor een 1s orbitaal.

**c)** Door  $P(r)$  met  $a_0$  te vermenigvuldigen kunnen we de uitdrukking vereenvoudigen. Geef de uitdrukking van  $P(r)a_0$  en bereken de waarde van  $P(r)a_0$  voor de volgende waarden van  $r/a_0$  en licht de resultaten toe:

$r/a_0$	0	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0
$P(r)a_0$							

### Opgave 6 (Chemische binding) (16 punten)

a) Geef de volledige elektronenconfiguratie van de onderstaande ionen:

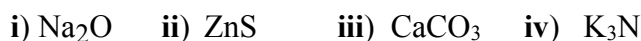


b) Welke van de onderstaande deeltjes hebben dezelfde elektronenconfiguratie:

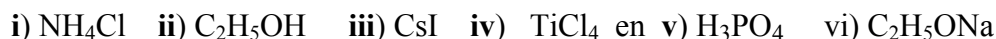


Ionogene bindingen zijn het resultaat van een elektrostatistische wisselwerking tussen negatieve en positieve ionen.

c) Geef aan uit welke ionen de volgende verbindingen zijn opgebouwd:



d) Geef aan welke van onderstaande verbindingen ionogeen gebonden zijn:



e) Rangschik onderstaande verbindingen in volgorde van de te verwachten sterkte van de ionogene binding:

