

---

Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica

# Tentamen

## Fundamentals in chemistry Bachelor Scheikunde (joint degree)

Tentamen

Datum: 28 October 2022

Tijd: 9-12uur

Aantal pagina's: 8 (inclusief voorblad)

Aantal open vragen: 5

Bij iedere vraag staat het maximaal te behalen aantal punten vermeld. Totaal aantal te behalen punten: 90

---

### VOORDAT U BEGINT

- Controleer of uw versie van het tentamen compleet is.
- Schrijf **uw naam en studentnummer** en indien van toepassing **versienummer** op elk vel papier dat u inlevert en **nummer de pagina's**.
- Uw mobiele telefoon moet uit staan en in uw jas of tas zitten. Uw jas en tas moeten op de grond liggen.
- **Toegestane hulpmiddelen:** Kladpapier, Rekenmachine (niet-grafisch). Overige hulpmiddelen zijn niet toegestaan.

---

### HUISHOUDELIJKE MEDEDELINGEN

- De eerste 30 minuten en de laatste 15 minuten mag u de zaal niet verlaten, ook niet voor het bezoeken van het toilet.
- 15 minuten voor het eind wordt u gewaarschuwd dat het inlevertijdstip nadert.
- Vul na afloop van het tentamen het evaluatieformulier in, indien van toepassing.
- U bent verplicht zich op verzoek van de examinator (of diens vertegenwoordiger) te kunnen legitimeren met een bewijs van inschrijving en een geldig legitimatiebewijs.
- Tijdens het tentamen is toiletbezoek niet toegestaan, tenzij de surveillant hier toestemming voor geeft.
- Na afloop mag u dit tentamen meenemen.

---

Succes!

### Grootheden en constanten

$\nu$ : frequentie van een electromagnetische (EM) golf

$\lambda$ : golflengte van een EM golf

$c$ : snelheid van een EM golf (lichtsnelheid)

$$c = 2.999 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$h$ : constante van Planck

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$m_e$ : massa van electron

$$m_e = 9.10938 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$\mathcal{R}$ : Rydberg constante

$$\mathcal{R} = 3.28984 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$R$ : gasconstante

$$R = 8.31446 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

### Formules

Energie foton (Planck):

$$E = h\nu$$

Frequentie en golflengte

$$\lambda\nu = c$$

Rydberg series

$$\nu = \mathcal{R} \left\{ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right\}$$

met  $n_1 = 1, 2, \dots$  en  $n_2 = n_1 + 1, n_1 + 2, \dots$

Wien's wet

$$T\lambda_{\max} = \text{constant}$$

met de constante empirisch bepaald op 2.9 mm·K

Energieniveaus

$$E_n = -\frac{z_{\text{eff}}^2 h \mathcal{R}}{n^2}$$

Vergelijking van Arrhenius

$$\ln k_r = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

## Opgave 1

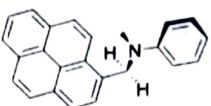
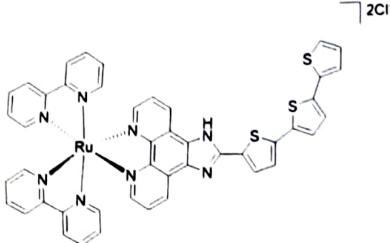
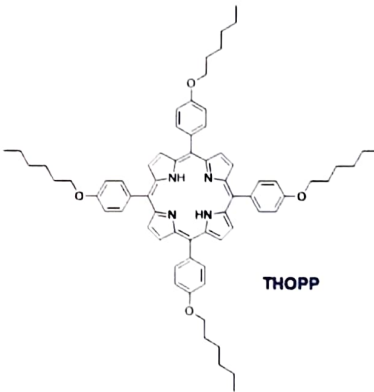
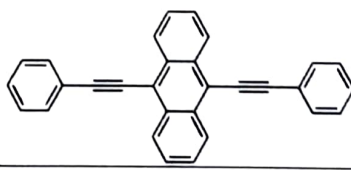
### Fotonen en Atomen (15 punten)

Gegeven is waterstof met het elektron aangeslagen tot de 4d-orbitaal.

- (3 pt)** Wat zijn de frequenties bij verval naar de 1s, 3p, 3s en 4s toestand? Wat valt je op?
- (2 pt)** Wat is de verhouding tussen de energieniveaus van de  $n = 4$  schil van het waterstofatoom H en die van het geïoniseerd  $\text{He}^+$  atoom?
- (2 pt)** Wat is de verhouding tussen de energieniveaus van de  $n = 4$  schil van het geïoniseerd helium  $\text{He}^+$  en die van neutraal helium He?
- (3 pt)** Geef de complete elektronenconfiguratie van een meer-elektronen atoom waarvan alle schillen t/m de  $n = 4$  schil geheel gevuld zijn. Hoeveel atoomorbitalen zijn er in totaal? Welk atoom is dit?
- (2 pt)** Een laser is ingesteld op een frequentie van 456 nm met een intensiteit van 530 mJ. Welke energie hebben de fotonen? Wat gebeurt er als de fotonenenergie verdubbeld wordt?
- (1 pt)** Een zwarte straler kan elke willekeurige kleur hebben. Leg uit waarom. Waarvan hangt de golflengte af?
- (2 pt)** De eerste ionisatie-energie van chloor is met  $1255 \text{ kJ mol}^{-1}$  een stuk groter dan die van zwavel met  $1000 \text{ kJ mol}^{-1}$ . De tweede ionisatie-energieën zijn van chloor en zwavel liggen dicht bij elkaar met  $2251 \text{ kJ mol}^{-1}$  en  $2296 \text{ kJ mol}^{-1}$ , respectievelijk. Beredeneer waarom dit is.

**Opgave 2**  
**Lewis, VSEPR, hybridisatie (20 punten)**

- a) Teken de moleculen in onderstaande tabel over op je tentamen papier en schrijf bij elk koolstof-, stikstof- en zuurstof- en zwavel-atoom de hybridisatie.

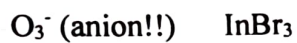
| COMPOUND |  |
|----------|--|
| I        |   |
|          | <br>TLD-1433<br>TLD-1433, een Ru(II) verbinding |
|          | <br>THOPP                                      |
|          | <br>9,10-bis(phenylethynyl)anthracene         |

- b) Teken de **volledige** Lewis structuur (inclusief de vrije elektronenparen) van de onderstaande deeltjes:



(Bij dit laatste exotische deeltje staan de atomen al in de goede volgorde!!)

c) Bepaal de ruimtelijke moleculaire structuur van onderstaande deeltjes:



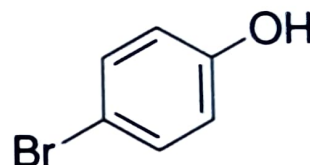
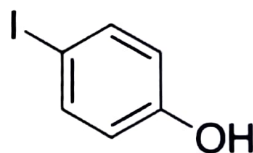
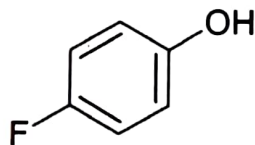
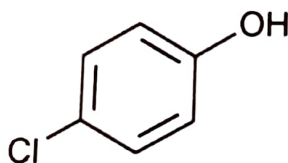
d) Wat is de hybridisatie de S in het deeltje  $\text{SF}_5$ ?

e) Wat is de hybridisatie de Xe in het deeltje  $(\text{XeO}_3)^{-2}$ ?

f) Geef de elektronen configuratie voor de volgende ionen:  
 $\text{Cu(I)}$ ,  $\text{Zn(II)}$ ,  $\text{Au(I)}$ ,  $\text{In(III)}$ ,  $\text{Ag(I)}$ ,  $\text{Os(VII)}$

**Opgave 3**  
**Zuur-base, buffers (15 punten)**

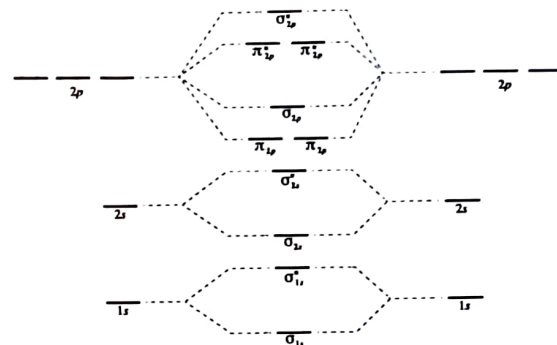
- a) Schrijf de reactievergelijking voor de auto-protolyse van water op.  
Geef de uitdrukking voor de evenwichtsconstante.  
Welke waarde heeft deze constante bij kamertemperatuur?  
Wat is de pH waarde voor puur water?  
Wat is de pOH waarde voor puur water?
- b) Geef het reactieproduct van de (evenwichts)reactie van aluminium-tri-chloride ( $\text{AlCl}_3$ ) met ammoniak ( $\text{NH}_3$ ).  
Wat voor soort reactie is dit?
- c) Teken de volgende verbindingen over en zet ze in volgorde van **toenemende** zuur-sterkte.



#### Opgave 4

#### Molecular Orbital theory (MO-theory) (20 punten)

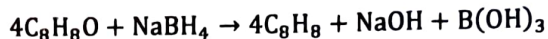
Gegeven is het volledige en on-gevulde MO-diagram (in het midden, hieronder) voor de homonucleaire di-atomaire deeltjes  $\text{Li}_2$  tot en met  $\text{N}_2$  (inclusief aan beide kanten, de atomaire orbitals waar het uit is opgebouwd):



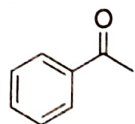
- Teken het met elektronen gevulde MO-diagram voor  $\text{C}_2^{+2}$ .
- Teken het met elektronen gevulde MO-diagram voor  $\text{N}_2^{+3}$ .
- Wat is de bindings-orde voor  $\text{C}_2^{+2}$ .
- Wat is de bindings-orde voor  $\text{N}_2^{+3}$ .
- Verwacht je dat één van deze twee (of beide) deeltjes sterke interactie aangaat met een magneetveld? Verklaar je antwoord.
- Teken de zogeheten Valence Bond orbitals voor het molecuul  $\text{CO}_2$ .  
Wat verteld deze tekening jou over de dubbele bindingen?
- Schets een deel van het Moleculair Orbital diagram voor het deeltje  $\text{H}_2\text{S}$ . Teken tenminste vier energie-niveau's en vier moleculaire orbitalen. (Waterstofsulfide ruikt als rotte eieren).

**Opgave 5**  
**Kinetiek (20 punten)**

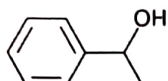
Een van de sleuteldoelen in duurzame chemie, is niet alleen om de afvalproducten af te kunnen breken, maar deze in eerste instantie niet te produceren. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de productie van styreen ( $C_8H_8$ ), een belangrijke polymeer-bouwsteen. Een van de manieren om styreen te produceren is door gebruik te maken van het keton, acetofenon ( $C_8H_8O$ ):



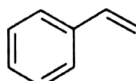
De structuren van de moleculen:



acetofenon



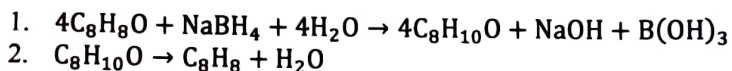
1-phenylethanol



styreen

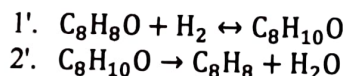
- a) (3 pt) Geef de uitdrukking voor de vormingssnelheid van styreen ten opzichte van acetofenon. Wat is de unieke reactiesnelheid?
- b) (3 pt) Wat voor totale reactieorde zou je verwachten gegeven deze reactie? Hoe zou de snelheidswet er uitzien?

Bovenstaande reactie kan echter uitgewerkt worden in de volgende twee stappen (neem voor het gemak aan dat dit elementaire stappen zijn). Stap 1 betreft de additiereactie van acetofenon met als product 1-fenylethanol ( $C_8H_{10}O$ ). Stap 2 betreft de dehydratie van 1-fenylethanol.



- c) (1 pt) Wat voor product is 1-fenylethanol?
- d) (3 pt) Geef de reactieorde en snelheidswet van de dehydratie stap 2. Wat betekent het voor de halfwaardetijd van 1-fenylethanol als alleen stap 2 plaatsvindt?
- e) (3 pt) Wat is de vormingssnelheid van styreen? Neem aan dat de teruggaande reacties van beide stappen verwaarloosbaar zijn en dat de concentratie van 1-fenylethanol in evenwicht is.

Doorgaans reageren ketonen niet met waterstof, maar met behulp van een katalysator kan de eerste stap een stuk duurzamer gemaakt worden, waardoor het reactiemechanisme er als volgt uitziet:



- f) (3 pt) Hoe ziet de vormingssnelheid van styreen er nu uit? Neem aan dat stap 1 een evenwichtsreactie is.
- g) (2 pt) Noem twee effecten die het gebruik van de katalysator heeft op de reactie.
- h) (2 pt) Schets de reactieprofielen voor het totale reactiemechanisme met en zonder gebruik van een katalysator.