

Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica

# Tentamen

## Bouwstenen van de chemie

(5112BOCH6Y)

BSc Scheikunde

### Schriftelijk Tentamen

Datum: 23.10.2019

Tijdstip: 13.00 – 16.00 uur

Aantal pagina's: 6 (inclusief voorblad)

Aantal opgaven: 6

Maximaal aantal te behalen punten: 90 punten ( Cijfer:  $1.0 + (\text{punten}/10)$  )

Bij iedere vraag staat het bijbehorende aantal punten vermeld.

**LEVER IEDERE OPGAVE IN OP EEN AFZONDERLIJK VEL PAPIER**

#### VOORDAT U BEGINT

- Controleer of uw versie van het tentamen compleet is.
- Schrijf **uw naam en studentnummer** op **elk vel papier** dat u inlevert en **nummer de pagina's**.
- U dient uw **mobiele telefoon** uit te schakelen en te bewaren in uw jas of tas. Uw **jas en tas** moeten onder uw tafel liggen.
- U wordt verzocht **leesbaar** en overzichtelijk de vragen te beantwoorden.
- Uw antwoord wordt **volledig fout gerekend** indien dit antwoord zonder beredenering of expliciete uitwerking wordt gegeven.
- **Toegestane hulpmiddelen:** Rekenmachine, bijgevoegde formules, constanten en periodiek systeem.

#### 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.
- U moet zich kunnen legitimeren met een bewijs van inschrijving of een geldig legitimatiebewijs, leg deze op de hoek van uw tafel.
- Tijdens het tentamen is toiletbezoek niet toegestaan, tenzij de surveillant hier toestemming voor geeft.
- 15 minuten voor het eind wordt u gewaarschuwd dat het inlevertijdstip nadert.
- Via Email ontvangt u een digitale evaluatie van dit vak. Vul deze evaluatie a.u.b. in.

**Succes!**

## Opgave 1

### Fotonen en Atomen (20 punten)

In deze opgave kun je gebruik maken van de volgende informatie:

#### Grootheden en constanten

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

$\lambda$ : golflengte van een EM golf

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

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

$h$ : constante van Planck

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

$m_e$ : massa van electron

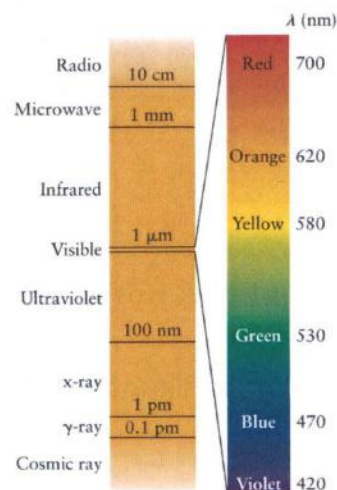
$$m_e = 9.10938 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

#### Formules

Energie foton (Planck):

$$E = h\nu$$

Electromagnetische straling kan worden beschreven als een golf, met een golflengte  $\lambda$ , frequentie  $\nu$  en snelheid  $c$ . De figuur laat een representatie zien van het spectrum.



a) (4p) Geef de relatie tussen de golflengte ( $\lambda$ ), de frequentie ( $\nu$ ) en de snelheid ( $c$ ).

Bepaal de frequentie van blauw en oranje licht.

Hebben blauwe fotonen een hogere of lagere energie dan oranje fotonen? Motiveer je antwoord.

We beschouwen nu een deeltje dat is opgesloten in een één-dimensionale doos met grootte  $L$ . Met behulp van de Schrödingervergelijking kan bepaald worden wat de energietoestanden  $E_n$  zijn:

$$E_n = \frac{h^2}{8mL^2} n^2 \quad (n = 1, 2, \dots)$$

We veronderstellen nu dat het deeltje in een doos van een hogere naar een lagere energietoestand kan overgaan via het uitzenden van een foton.

b) (4p) Bepaal de golflengte van een foton dat wordt uitgezonden als er een overgang van de toestand  $n = 2$  naar toestand  $n = 1$  plaatsvindt.

Gebruik hierbij dat de massa van het deeltje gelijk is aan die van een electron  $m_e$ , en dat de grootte van de doos gegeven wordt door  $L = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ .

c) (4p) Is de golflengte van een foton dat wordt uitgezonden bij een overgang van toestand  $n = 3$  naar  $n = 2$  groter of kleiner dan die van een foton dat wordt uitgezonden bij de overgang van toestand  $n = 2$  naar  $n = 1$ .

We beschouwen nu het waterstofatoom. De elektronische toestanden van het waterstofatoom worden gekarakteriseerd door de quantumgetallen  $n$ ,  $l$ , en  $m_l$ .

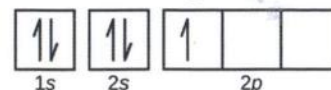
d) (4p) Geef aan met welke fysische grootheden deze quantumgetallen corresponderen.

Hoeveel en welke waarden van  $l$  zijn er mogelijk voor een electron in een toestand met  $n = 4$ ?

Hoeveel en welke waarden van  $m_l$  zijn er mogelijk voor een electron in een toestand met  $l = 2$ ?

De elektronische configuratie van een atoom met meerdere electronen kan worden bepaald met het opbouw-principe ("building-up principle").

De elektronische configuratie van het booratom is hiernaast gegeven.













e) (4p) Geef de elektronische configuratie van het koolstofatoom en stikstofatoom in een vergelijkbaar schema.

Motiveer je antwoord, waarbij je aangeeft welke regels je gebruikt.

## Opgave 2

### Fundamentals en hoofdgroep elementen (15 punten)

- a) (2p) Dubbele en drievoudige bindingen zie je veelvuldig bij periode 2 elementen, maar duidelijk minder bij periode 3 elementen. Geef een verklaring.
- b) (3p) NaCl, HCl en AlCl<sub>3</sub> zijn voorbeelden van periode 3 halides. Geef aan welk type binding deze halides vormen.
- c) (3p) Leg uit wat het begrip polariseerbaarheid inhoudt en geef aan hoe de polarisatie van de verbindingen NaH, AlH<sub>3</sub> en HCl eruit zal zien.

 	 	 	 	 
--	--	--	---	--

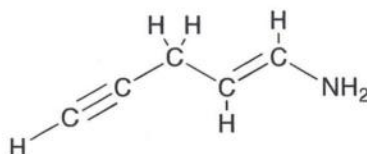
*Atomic and ionic radii of period 3 elements (in Å).*

Gegeven is de wet van Coulomb:  $E_p = Q_1Q_2/4\pi\epsilon_0r$ , waarbij  $\epsilon_0$  de elektrische veldconstante is in vacuüm:  $8.85419 \times 10^{-12} \text{ J}^{-1} \cdot \text{C}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ .

- d) (3p) Bereken de hoeveelheid potentiële energie van het ionpaar Na<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup> die per mol aanwezig is.
- e) (4p) Geef de oxidatiegetallen van alle atomen in onderstaande verbindingen.
- i) NaBH<sub>4</sub>    ii) H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>    iii) BaO    iv) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

## Opgave 3

### Moleculen en structuur (15 punten)



- a) (3p) Geef van bovenstaand molecuul de hybridisatie weer van alle C en N-atomen.
- b) (2p) Laat in een duidelijke tekening met orbitalen zien hoe de drievoudige binding in bovenstaand molecuul eruit ziet.
- c) (6p) Teken de ruimtelijke VSEPR structuur van onderstaande moleculen en vermeld de naam van deze structuur:
- i) OF<sub>2</sub>    ii) ClF<sub>3</sub>    iii) BrF<sub>5</sub>    iv) XeF<sub>4</sub>    v) I<sub>3</sub><sup>-</sup>    vi) SO<sub>2</sub>
- d) (4p) Geef het type hybridisatie weer van alle atomen in de verbindingen hieronder.
- i) HCN    ii) N<sub>3</sub><sup>-</sup>    iii) BH<sub>3</sub>

## Opgave 4

### Gassen en Vaste Stoffen (15 punten)

In deze opgave maken we gebruik van de volgende informatie:

#### Grootheden en constanten

$P$	druk
$V$	volume
$T$	temperatuur
$n$	hoeveelheid in mol
$N_A$	getal van Avogadro $N_A = 6.022 \times 10^{23}$
$R$	gasconstante $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Pa	Pascal $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$

#### Formules

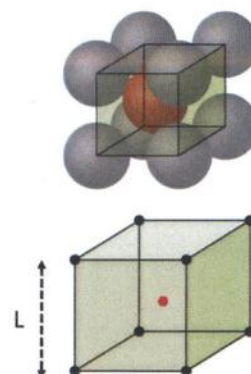
Ideale gaswet:  
 $PV = nRT$

Gassen gedragen zich in goede benadering volgens de ideale gaswet (zie boven).

- a) (4p) Beschouw een vat met methaan met een volume van  $V = 6$  liter en een temperatuur van  $T = 400 \text{ K}$ .  
De temperatuur van het vat wordt bij constante druk verhoogd tot  $T = 600 \text{ K}$ . Wat is het volume na deze verandering?
- b) (4p) Beschouw nu hetzelfde vat methaan met een volume van  $V = 6$  liter en een druk van  $P = 200 \text{ kPa}$ .  
Bij constant volume en constante temperatuur verdubbelen we de hoeveelheid methaan in het vat. Wat is de druk na deze verandering?

Onder normale omstandigheden is koper een vaste stof. Een eenheidscel van koper is in de figuur hiernaast weergegeven. Het is een "body-centered-cubic" structuur.

- c) (3p) Hoeveel koperatomen zijn er in de eenheidscel?
- d) (4p) De massadichtheid van koper is  $8.9 \text{ g cm}^{-3}$ .  
Bepaal de lengte  $L$  van de ribbe van de eenheidscel voor deze dichtheid.  
Gebruik hierbij dat de atoommassa van koper  $63.5 \text{ g mol}^{-1}$  is.

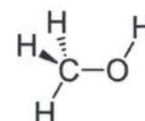
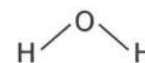


## Opgave 5

### Intermoleculaire Interacties (10 punten)

De totale intermoleculaire interactie is opgebouwd uit één of meerdere type interacties. Voorbeelden zijn ion-ion interacties en London dispersie interacties; er zijn ook andere vormen van interacties.

We beschouwen nu een water ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) moleculen.



- a) (5p) Welke type interacties dragen bij aan de intermoleculaire interactie tussen:
- 1) twee water moleculen?
  - 2) en tussen twee methanol moleculen?
- Geef voor beide paren aan welk type interactie de grootste bijdrage geeft.
- b) (5p) Schets de structuur van de meest stabiele configuratie van twee methanol moleculen.  
Let hierbij op de verhoudingen van de afstanden tussen de atomen binnen een molecule en tussen de twee moleculen.

**Opgave 6****Lewis structuren en MO theorie (15 punten)**

**a)** (4p) Stikstofoxides zijn recent veel in het nieuws vanwege de 'stikstof crisis'. Teken de correcte Lewisstructuur van de vijf onderstaande stikstofoxide verbindingen en teken ook de mogelijke resonatiestructuren.



**b)** (2p) Geef de formele ladingen van alle atomen in bovenstaande verbindingen. Je mag ze weergeven bij de Lewis structuren van opgave a).

**c)** (2p) Leg beknopt uit wat het verschil is tussen de valentiebindingstheorie (valence bond theory) en de molecuulorbitaal theorie (molecular orbital theory).

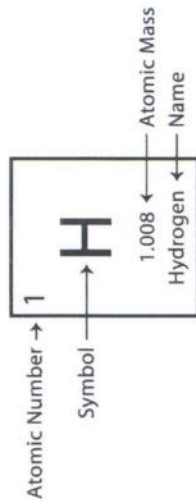
**d)** (4p) Teken de MO diagrammen van  $\text{O}_2$  en  $\text{CO}$ .

**e)** (2p) Benoem twee belangrijke verschillen tussen de diagrammen die je bij b) hebt getekend en geef een verklaring waardoor dat komt.

**f)** (1p) Leg uit wat onder Bindingsorde (Bond order) wordt verstaan en geef de bond order van de verbindingen bij opgave d).

# PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

1 <b>H</b> 1.008 Hydrogen	2 <b>He</b> 4.002602 Helium	3 <b>Li</b> 6.94 Lithium	4 <b>Be</b> 9.0121831 Beryllium	5 <b>B</b> 10.81 Boron	6 <b>C</b> 12.011 Carbon	7 <b>N</b> 14.007 Nitrogen	8 <b>O</b> 15.999 Oxygen	9 <b>F</b> 18.998403163 Fluorine	10 <b>Ne</b> 20.1797 Neon	11 <b>Na</b> 22.98976928 Sodium	12 <b>Mg</b> 24.305 Magnesium	13 <b>Al</b> 26.9815385 Aluminum	14 <b>Si</b> 28.085 Silicon	15 <b>P</b> 30.973761998 Phosphorus	16 <b>S</b> 32.06 Sulfur	17 <b>Cl</b> 35.45 Chlorine	18 <b>Ar</b> 39.948 Argon	19 <b>K</b> 39.0983 Potassium	20 <b>Ca</b> 40.078 Calcium	21 <b>Sc</b> 44.955908 Scandium	22 <b>Ti</b> 47.867 Titanium	23 <b>V</b> 50.9415 Vanadium	24 <b>Cr</b> 51.9961 Chromium	25 <b>Mn</b> 54.938044 Manganese	26 <b>Fe</b> 55.845 Iron	27 <b>Co</b> 58.933194 Cobalt	28 <b>Ni</b> 58.6934 Nickel	29 <b>Cu</b> 63.546 Copper	30 <b>Zn</b> 65.38 Zinc	31 <b>Ga</b> 69.723 Gallium	32 <b>Ge</b> 72.630 Germanium	33 <b>As</b> 74.921595 Arsenic	34 <b>Se</b> 78.971 Selenium	35 <b>Br</b> 79.904 Bromine	36 <b>Kr</b> 83.798 Krypton	37 <b>Rb</b> 85.4678 Rubidium	38 <b>Sr</b> 87.62 Strontium	39 <b>Y</b> 88.90584 Yttrium	40 <b>Zr</b> 91.224 Zirconium	41 <b>Nb</b> 92.90637 Niobium	42 <b>Mo</b> 95.95 Molybdenum	43 <b>Tc</b> 98 Technetium	44 <b>Ru</b> 101.07 Ruthenium	45 <b>Rh</b> 102.90550 Rhodium	46 <b>Pd</b> 106.42 Palladium	47 <b>Ag</b> 107.8682 Silver	48 <b>Cd</b> 112.414 Cadmium	49 <b>In</b> 114.818 Indium	50 <b>Sn</b> 118.710 Tin	51 <b>Sb</b> 121.760 Antimony	52 <b>Te</b> 127.60 Tellurium	53 <b>I</b> 126.90447 Iodine	54 <b>Xe</b> 131.293 Xenon	55 <b>Cs</b> 132.90545196 Cesium	56 <b>Ba</b> 137.327 Barium	57 <b>La</b> 138.90547 Lanthanum	58 <b>Ce</b> 140.116 Cerium	59 <b>Pr</b> 140.90766 Praseodymium	60 <b>Nd</b> 144.242 Neodymium	61 <b>Pm</b> 145 Promethium	62 <b>Sm</b> 150.36 Samarium	63 <b>Eu</b> 151.964 Europium	64 <b>Gd</b> 157.25 Gadolinium	65 <b>Tb</b> 158.92535 Terbium	66 <b>Dy</b> 162.500 Dysprosium	67 <b>Ho</b> 164.93033 Holmium	68 <b>Er</b> 167.259 Erbium	69 <b>Tm</b> 168.93422 Thulium	70 <b>Yb</b> 173.054 Ytterbium	71 <b>Lu</b> 174.9668 Lutetium	72 <b>Hf</b> 178.49 Hafnium	73 <b>Ta</b> 180.94718 Tantalum	74 <b>W</b> 183.84 Tungsten	75 <b>Re</b> 186.207 Rhenium	76 <b>Os</b> 190.23 Osmium	77 <b>Ir</b> 192.222 Iridium	78 <b>Pt</b> 195.084 Platinum	79 <b>Au</b> 196.966569 Gold	80 <b>Hg</b> 200.592 Mercury	81 <b>Tl</b> 204.38 Thallium	82 <b>Pb</b> 207.2 Lead	83 <b>Bi</b> 208.98040 Bismuth	84 <b>Po</b> 209 Polonium	85 <b>At</b> 210 Astatine	86 <b>Rn</b> 222 Radon	87 <b>Fr</b> 223 Francium	88 <b>Ra</b> 226 Radium	89 <b>Ac</b> 227 Actinium	90 <b>Th</b> 232.0377 Thorium	91 <b>Pa</b> 231.03688 Protactinium	92 <b>U</b> 238.02891 Uranium	93 <b>Np</b> 237 Neptunium	94 <b>Pu</b> 244 Plutonium	95 <b>Am</b> 243 Americium	96 <b>Cm</b> 247 Curium	97 <b>Bk</b> 247 Berkelium	98 <b>Cf</b> 251 Californium	99 <b>Es</b> 252 Einsteinium	100 <b>Fm</b> 257 Fermium	101 <b>Md</b> 258 Mendelevium	102 <b>No</b> 259 Nobelium	103 <b>Lr</b> 266 Lawrencium	104 <b>Rf</b> 261 Rutherfordium	105 <b>Db</b> 268 Dubnium	106 <b>Sg</b> 269 Seaborgium	107 <b>Bh</b> 270 Bohrium	108 <b>Hs</b> 269 Hassium	109 <b>Mt</b> 278 Meitnerium	110 <b>Ds</b> 281 Darmstadtium	111 <b>Rg</b> 281 Roentgenium	112 <b>Cn</b> 285 Copernicium	113 <b>Uut</b> 286 Ununtrium	114 <b>Fl</b> 289 Flerovium	115 <b>Uup</b> 289 Ununpentium	116 <b>Lv</b> 293 Livermorium	117 <b>Uus</b> 294 Ununseptium	118 <b>Uuo</b> 294 Ununoctium
------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--	---------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---	------------------------------------	--	--	---	--------------------------------------	--	-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	--	--------------------------------------	--	---------------------------------------	---------------------------------------	--	---	-----------------------------------	--	--------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--	---	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------	---------------------------------------	--	--	--	-------------------------------------	--	---	--	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--	--	---------------------------------------	-------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	--	---	--------------------------------------	---------------------------------------	--	---	---	--	---	--------------------------------------	---	---	---	--------------------------------------	--	--------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	---	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--	--	--	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	--	------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	--------------------------------------	---	--	---	--



57 <b>La</b> Lanthanide Series	58 <b>Ce</b>	59 <b>Pr</b>	60 <b>Nd</b>	61 <b>Pm</b>	62 <b>Sm</b>	63 <b>Eu</b>	64 <b>Gd</b>	65 <b>Tb</b>	66 <b>Dy</b>	67 <b>Ho</b>	68 <b>Er</b>	69 <b>Tm</b>	70 <b>Yb</b>	71 <b>Lu</b>
89 <b>Ac</b> Actinide Series	90 <b>Th</b>	91 <b>Pa</b>	92 <b>U</b>	93 <b>Np</b>	94 <b>Pu</b>	95 <b>Am</b>	96 <b>Cm</b>	97 <b>Bk</b>	98 <b>Cf</b>	99 <b>Es</b>	100 <b>Fm</b>	101 <b>Md</b>	102 <b>No</b>	103 <b>Lr</b>