

Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica

Tentamen

Bouwstenen van de chemie

(5112BOCH6Y)

BSc Scheikunde

Schriftelijk Tentamen

Datum: 23.10.2020

Tijdstip: 13.30 – 16.30 uur

Aantal pagina's: 8 (inclusief voorblad en bijlage)

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**.
- De regels beschreven in het online tentamen protocol dienen opgevolgd te worden
- 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 niet de werkplek verlaten, ook niet voor het bezoeken van het toilet.
- 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

ν : frequentie van een electromagnetische (EM) golf

λ : 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):

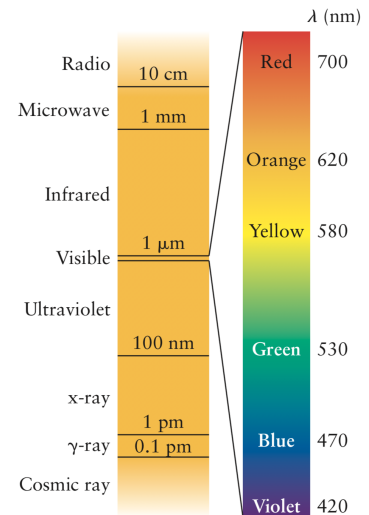
$$E = h\nu$$

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

a) (4p) Geef de relatie tussen de golflengte (λ), de frequentie (ν) en de snelheid (c).

Bepaal de frequentie van geel en violet licht.

Hebben gele fotonen een hogere of lagere energie dan violette 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 lagere naar een hogere energietoestand kan overgaan via het opnemen van een foton.

b) (4p) Bepaal de golflengte van een foton dat wordt opgenomen als er een overgang van de toestand $n = 1$ naar toestand $n = 3$ 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 $L = 2 \times 10^{-10} \text{ m}$.

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

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

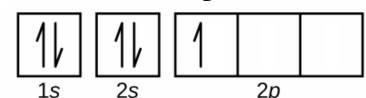
d) (4p) Geef aan met welke fysische grootheden deze quantumgetallen corresponderen.

Hoeveel en welke waarden van l zijn er mogelijk voor een electron in een toestand met $n = 3$?

Hoeveel en welke waarden van m_l zijn er mogelijk voor een electron in een toestand met $l = 1$?

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.



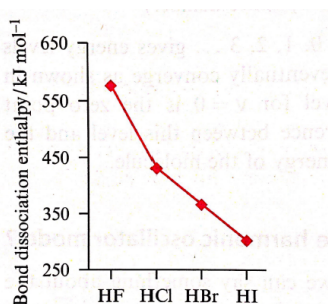
e) (4p) Geef de elektronische configuratie van het koolstofatoom, stikstofatoom en het zuurstofatoom in een vergelijkbaar schema.

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

Opgave 2

Fundamentals, trends en hoofdgroep elementen (15 punten)

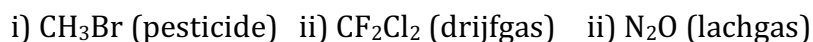
- (a) (2p) De 'bond dissociation energies' (BDE) van F_2 , O_2 en N_2 zijn resp. 146, 484 en 932 kJ/mol. Verklaar deze trend.



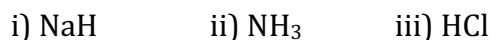
- b) (2p) De trend in BDE van de waterstofhaliden zie je hierboven weergegeven. Geef een verklaring voor deze trend.
- c) (3p) Geef de oxidatiegetallen van alle atomen in onderstaande verbindingen.



- d) (3p) De zorgelijke afbraak van de ozonlaag in de atmosfeer was recent weer voorpaginanieuws. Onderstaande moleculen spelen een belangrijke rol in de afbraak van ozon in de atmosfeer. Geef aan of ze polair of apolair zijn. Verklaar je antwoord.

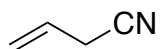


- e) (3p) Veel elementen kunnen een verbinding aangaan met waterstof. Beschouw de onderstaande drie voorbeelden. Geef een verklaring voor het grote verschil in type binding tussen deze elementen en waterstof. Maak daarbij gebruik van trends in het periodiek systeem.



- f) (2p) BH_3 (boraan) reageert met water, waarbij waterstofgas en boorzuur (boric acid) ontstaat. Schrijf de gebalanceerde reactievergelijking op en leg uit *hoe* en *waarom* boorzuur met water graag een complex vormt.

Opgave 3
Moleculen en structuur (15 punten)



- a)** (2p) 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) SnCl₂ ii) IF₃ iii) NO₃⁻ iv) PMe₃ v) AsCl₃ vi) SeF₄
- d)** (3p) Geef het type hybridisatie van alle atomen in onderstaande moleculen.
- i) SOCl₂ ii) CO₂ iii) PCl₅
- e)** (2p) De bindingshoeken in NH₃ zijn ongeveer 107°, terwijl die van PH₃ dichterbij de 90° liggen. Geef een verklaring voor dit verschil.

Opgave 4

Gassen en Vaste Stoffen (14 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 $V = 4$ liter en een temperatuur van $T = 200 \text{ K}$.

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 $V = 4$ liter en een druk van $P = 300 \text{ kPa}$.

Bij constant volume en constante temperatuur halveren we de hoeveelheid methaan in het vat. Wat is de druk na deze verandering?

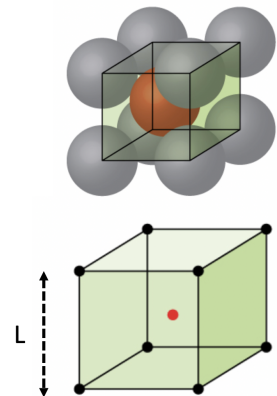
Onder normale omstandigheden is ijzer een vaste stof. Een eenheidscel van ijzer is in de figuur hiernaast weergegeven. Het is een “body-centered-cubic” structuur.

c) (2p) Hoeveel ijzeratomen zijn er in de eenheidscel?

d) (4p) De massadichtheid van ijzer is 7.9 g cm^{-3} .

Bepaal de lengte L van de ribbe van de eenheidscel voor deze dichtheid.

Gebruik hierbij dat de atoommassa van ijzer 55.9 g mol^{-1} is.



Opgave 5

Intermoleculaire Interacties (11 punten)

We beschouwen nu twee water moleculen (H_2O). 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.

- a) (5p) Welke type interacties dragen bij aan de intermoleculaire interactie tussen twee water moleculen?
Geef aan welk type interactie de grootste bijdrage geeft.
- b) (3p) Schets de structuur van de meest stabiele configuratie van twee water moleculen.
Let hierbij op de verhoudingen van de afstanden tussen de atomen binnen een molecule en tussen de twee moleculen.

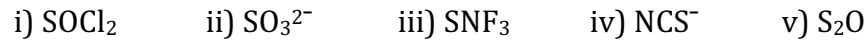
We gaan nu de de structuur van vloeibaar water bekijken. Beschouw hiervoor een enkel water molecuul dat is omringt door vier andere water moleculen.

- c) (3p) Schets de structuur van een stabiele configuratie van de omringing van een enkel water molecuul door vier andere water moleculen.
Let ook hierbij op de verhoudingen van de afstanden tussen de atomen binnen een molecule en de moleculen onderling.

Opgave 6

Lewis structuren en MO-theorie (15 punten)

a) (5p) Teken een Lewisstructuur van de vijf onderstaande zwavelverbindingen.



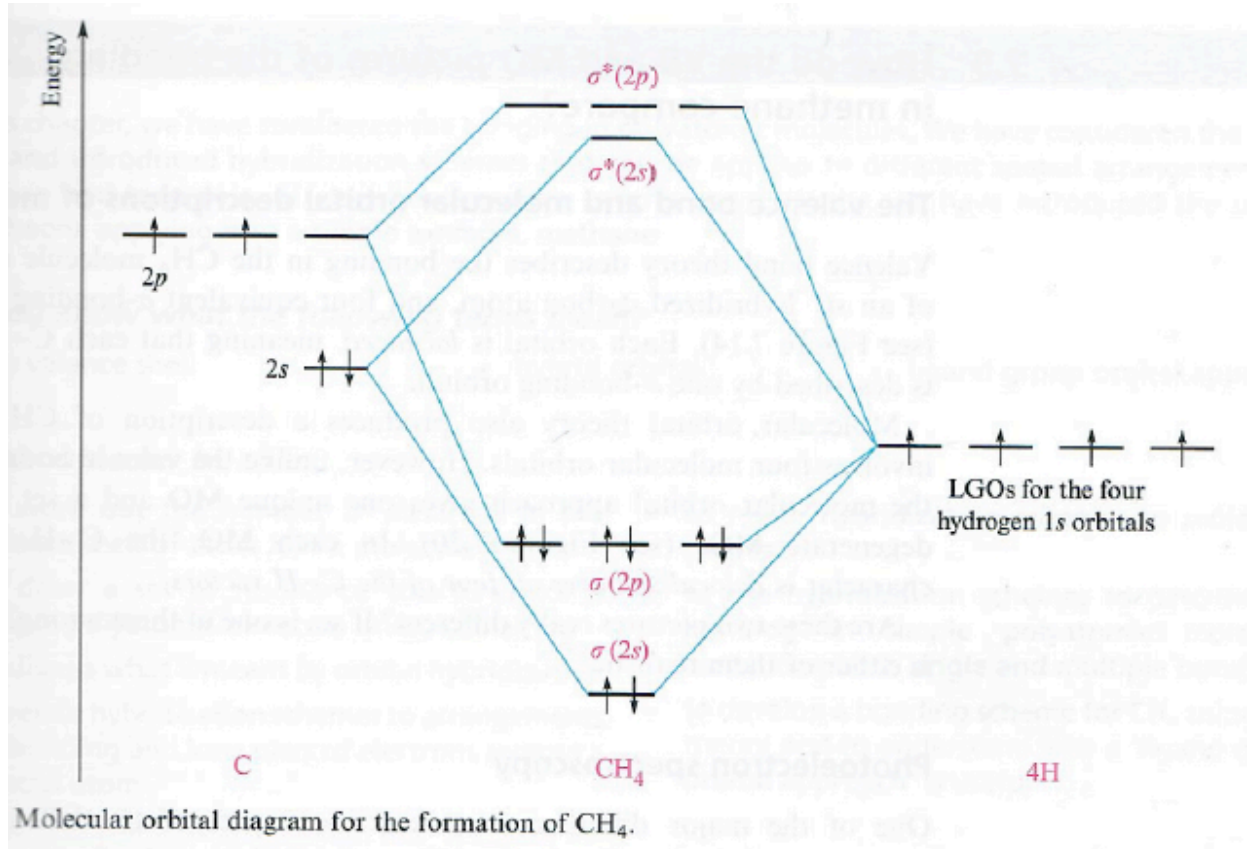
b) (2p) Teken de resonantiestructuren van S_2O en zet de formele ladingen van alle atomen erbij.

c) (3p) Teken de MO-diagrammen van LiH en HF . Geef voor het molecuul HF een duidelijke uitleg bij alle gevormde moleculaire orbitalen.

d) (2p) Teken het MO-diagram van NO^- en geef de Bond order.

e) (1p) Zal NO^- naar de polen van een magneet bewegen? Leg uit.

f) (2p) Hieronder zie je het MO-diagram van methaan. Leg de verschillen uit tussen de valentiebindingstheorie (valence bond theory) en molecuulorbitaal theorie (molecular orbital theory) aan de hand van methaan.



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

1 H 1.008 Hydrogen	2 He 4.002602 Helium	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Atomic Number → 1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> H <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Symbol ← Atomic Mass ← </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 1.008 Hydrogen </div> </div> </div>																																																																																																										
3 Li 6.94 Lithium	4 Be 9.0121831 Beryllium	5 B 10.81 Boron	6 C 12.011 Carbon	7 N 14.007 Nitrogen	8 O 15.999 Oxygen	9 F 18.998403163 Fluorine	10 Ne 20.1797 Neon	11 Na 22.98976928 Sodium	12 Mg 24.305 Magnesium	13 Al 26.9815385 Aluminum	14 Si 28.085 Silicon	15 P 30.973761998 Phosphorus	16 S 32.06 Sulfur	17 Cl 35.45 Chlorine	18 Ar 39.948 Argon	19 K 39.0983 Potassium	20 Ca 40.078 Calcium	21 Sc 44.955908 Scandium	22 Ti 47.867 Titanium	23 V 50.9415 Vanadium	24 Cr 51.9961 Chromium	25 Mn 54.938044 Manganese	26 Fe 55.845 Iron	27 Co 58.933194 Cobalt	28 Ni 58.6934 Nickel	29 Cu 63.546 Copper	30 Zn 65.38 Zinc	31 Ga 69.723 Gallium	32 Ge 72.630 Germanium	33 As 74.921595 Arsenic	34 Se 78.971 Selenium	35 Br 79.904 Bromine	36 Kr 83.798 Krypton	37 Rb 85.4678 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.90584 Yttrium	40 Zr 91.224 Zirconium	41 Nb 92.90637 Niobium	42 Mo 95.95 Molybdenum	43 Tc 98 Technetium	44 Ru 101.07 Ruthenium	45 Rh 102.90550 Rhodium	46 Pd 106.42 Palladium	47 Ag 107.8682 Silver	48 Cd 112.414 Cadmium	49 In 114.818 Indium	50 Sn 118.710 Tin	51 Sb 121.760 Antimony	52 Te 127.60 Tellurium	53 I 126.90447 Iodine	54 Xe 131.293 Xenon	55 Cs 132.90545196 Cesium	56 Ba 137.327 Barium	57 La 138.90547 Lanthanum	58 Ce 140.90766 Cerium	59 Pr 140.90766 Praseodymium	60 Nd 144.242 Neodymium	61 Pm 145 Promethium	62 Sm 150.36 Samarium	63 Eu 151.964 Europium	64 Gd 157.25 Gadolinium	65 Tb 158.92535 Terbium	66 Dy 162.500 Dysprosium	67 Ho 164.93033 Holmium	68 Er 167.259 Erbium	69 Tm 168.93422 Thulium	70 Yb 173.054 Ytterbium	71 Lu 174.9668 Lutetium	87 Fr 223 Francium	88 Ra 226 Radium	89 Ac 227 Actinium	90 Th 232.0377 Thorium	91 Pa 231.03588 Protactinium	92 U 238.02891 Uranium	93 Np 237 Neptunium	94 Pu 244 Plutonium	95 Am 243 Americium	96 Cm 247 Curium	97 Bk 247 Berkelium	98 Cf 251 Californium	99 Es 252 Einsteinium	100 Fm 257 Fermium	101 Md 288 Mendelevium	102 No 259 Nobelium	103 Lr 266 Lawrencium	85 At 210 Astatine	86 Rn 222 Radon	104 Rf 267 Rutherfordium	105 Db 268 Dubnium	106 Sg 269 Seaborgium	107 Bh 270 Bohrium	108 Hs 269 Hassium	109 Mt 278 Meitnerium	110 Ds 281 Darmstadtium	111 Rg 281 Roentgenium	112 Cn 285 Copernicium	113 Uut 286 Ununtrium	114 Fl 289 Flerovium	115 Uup 289 Ununpentium	116 Lv 293 Livermorium	117 Uus 294 Ununseptium	118 Uuo 294 Ununoctium	80 Po 209 Polonium	81 Tl 204.38 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.98040 Bismuth	84 Po 209 Polonium	118 Uuo 294 Ununoctium

Lanthanide Series

Actinide Series