

Hertentamen Algemene en Anorganische Chemie

07 januari 2011

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.

SUCCES!

Resultaten:

Opgave 1	Opgave 2	Opgave 3
/35	/27	/38

Totaal:

/100

Cijfer:

Fundamentele constanten en omrekeningsfactoren:

Elementaire lading:	$e = 1,602176462 \times 10^{-19} \text{ C}$
Atomaire massa-eenheid:	$1 \text{ amu} = 1,66053873 \times 10^{-24} \text{ g}$
Getal van Avogadro:	$N = 6,02214199 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Gasconstante:	$R = 8,314 \text{ J/mol-K}$ $R = 0,082058205 \text{ L-atm/mol-K}$
Omrekening gasdruk	$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$
Constante van Boltzmann:	$k = 1,3806503 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Constante van Faraday:	$F = 9,64853415 \times 10^4 \text{ C/mol}$
Lichtsnelheid:	$c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante van Planck:	$h = 6,62606876 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
Omrekening Debye:	$1 \text{ D} = 3,34 \times 10^{-30} \text{ Cm}$
Inhoud bol	$= \frac{4}{3} \pi r^3$

Formules:

Wet van Coulomb:	$F(r) = (4\pi\epsilon_0)^{-1} * (Q_1 Q_2 / r^2)$
Coulomb energie:	$E(r) = (4\pi\epsilon_0)^{-1} * (Q_1 Q_2 / r)$
Dipoolmoment:	$\mu = Q * r$
Elektronegativiteit (Allred en Rochow):	$\chi = 0,359 Z^* / r^2 + 0,744$ (met r in Angström, Å)
Lichtsnelheid en frequentie:	$c = \lambda \nu$
Energie van een foton:	$E = h\nu$
Hoeksnelheid en frequentie:	$\omega = 2\pi\nu$
Waterstofatoom:	$\Delta E = -2,18 * 10^{-18} * [(1/n_f^2) - (1/n_i^2)]$
De Broglie golflengte	$\lambda = h / (mv)$
Heisenberg onzekerheidsrelatie	$(\Delta x)(\Delta mv) \geq h/4\pi$
Traagheidsmoment van een rotor:	$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots$ $I = \mu R_{A-B}^2$ (tweeatomige AB) $I = 2m_A R_{A-B}^2$ (lineair A-B-A)
Rotatieconstante:	$B = h / (8\pi^2 c I)$ (B gewoonlijk in cm^{-1})
Rotationele energie (lineaire rotor):	$F(J) = hc B J(J+1)$ (F gewoonlijk in cm^{-1})
Vibratoire energie:	$E(v) = (v+0,5)h\nu$ (E gewoonlijk in cm^{-1} of kJ/mol)
Enthalpie:	$H = E + PV$
Gibbs vrije energie:	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
Entropie:	$S = k \ln W$
Systeem uit evenwicht:	$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$
Henderson-Hasselbalch	$\text{pH} = \text{pKa} + \log ([\text{base}] / [\text{zuur}])$

Bindingenergieën (kJ/mol)

C-H	413
C-C	348
C-N	293
C-O	358
C-F	485
C-Cl	328
C-Br	276
C-I	240
C-S	259

N-H	391
N-N	163
N-O	201
N-F	272
N-Cl	200
N-Br	243
H-H	436
H-F	567
H-Cl	431
H-Br	366
H-I	299

O-H	463
O-O	146
O-F	190
O-Cl	203
O-I	234
S-H	339
S-F	327
S-Cl	253
S-Br	218
S-S	266

F-F	155
Cl-F	253
Cl-Cl	242
Br-F	237
Br-Cl	218
Br-Br	193
I-Cl	208
I-Br	175
I-I	151

C=C	614
C≡C	839
C=N	615
C≡N	891
C=O	799
C≡O	1072

N=N	418
N≡N	941
N=O	607

O ₂	495
S=O	523
S=S	418

Thermodynamische gegevens

stof	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/molK)
N ₂ O _(g)	82.05	104.20	219.85
NO _(g)	90.29	86.58	210.76
NO _{2(g)}	33.1	51.23	240.04
N _{2(g)}	0	0	191.56
O _{2(g)}	0	0	205.07

Periodiek Systeem

The Modern Periodic Table of the Elements

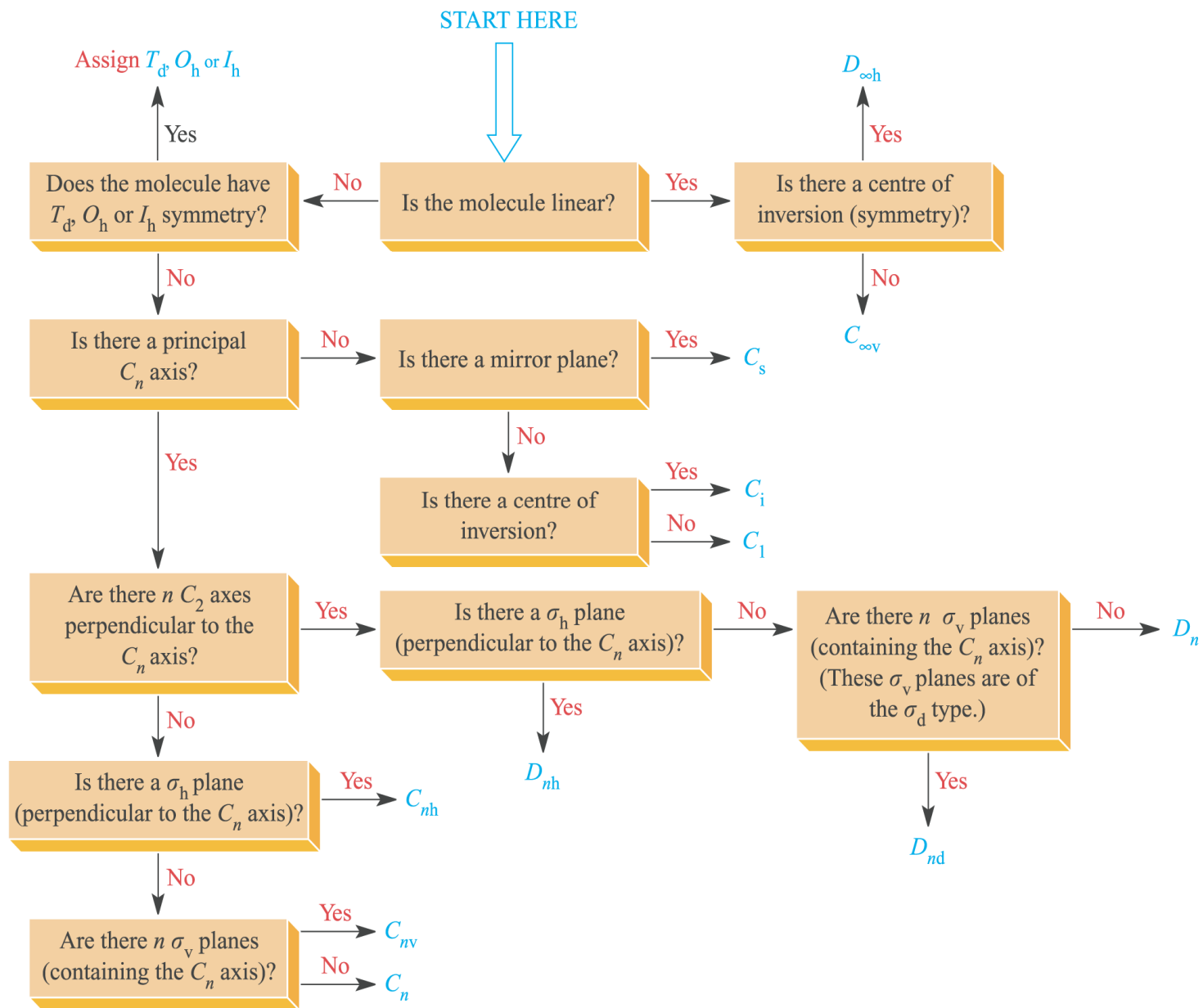
Average relative masses are 2001 values, rounded to two decimal places.

All average masses are to be treated as measured quantities, and subject to significant figure rules. Do not round them further when performing calculations.

Element name → Mercury
Atomic # ← 80
Symbol → Hg
Avg. Mass ← 200.59
Electronegativity → 1.9

1																	18	
Hydrogen 1 H 1.01 2.1																	Helium 2 He 4.00	
Lithium 3 Li 6.94 1.0	Beryllium 4 Be 9.01 1.5											Boron 5 B 10.81 2.0	Carbon 6 C 12.01 2.5	Nitrogen 7 N 14.01 3.0	Oxygen 8 O 16.00 3.5	Fluorine 9 F 19.00 4.0	Neon 10 Ne 20.18	
Sodium 11 Na 22.99 0.9	Magnesium 12 Mg 24.31 1.2											Aluminum 13 Al 26.98 1.5	Silicon 14 Si 28.09 1.8	Phosphorus 15 P 30.97 2.1	Sulfur 16 S 32.07 2.5	Chlorine 17 Cl 35.45 3.0	Argon 18 Ar 39.95	
Potassium 19 K 39.10 0.8	Calcium 20 Ca 40.08 1.0	Scandium 21 Sc 44.96 1.3	Titanium 22 Ti 47.88 1.5	Vanadium 23 V 50.94 1.6	Chromium 24 Cr 52.00 1.6	Manganese 25 Mn 54.94 1.5	Iron 26 Fe 55.85 1.8	Cobalt 27 Co 58.93 1.8	Nickel 28 Ni 58.69 1.8	Copper 29 Cu 63.55 1.9	Zinc 30 Zn 65.39 1.6	Gallium 31 Ga 69.72 1.6	Germanium 32 Ge 72.61 1.8	Arsenic 33 As 74.92 2.0	Selenium 34 Se 78.96 2.4	Bromine 35 Br 79.90 2.8	Krypton 36 Kr 83.80 3.0	
Rubidium 37 Rb 85.47 0.8	Strontium 38 Sr 87.62 1.0	Yttrium 39 Y 88.91 1.2	Zirconium 40 Zr 91.22 1.4	Niobium 41 Nb 92.91 1.6	Molybdenum 42 Mo 95.94 1.8	Technetium 43 Tc (98) 1.9	Ruthenium 44 Ru 101.07 2.2	Rhodium 45 Rh 102.91 2.2	Palladium 46 Pd 106.42 2.2	Silver 47 Ag 107.87 1.9	Cadmium 48 Cd 112.41 1.7	Indium 49 In 114.82 1.7	Tin 50 Sn 118.71 1.8	Antimony 51 Sb 121.76 1.9	Tellurium 52 Te 127.60 2.1	Iodine 53 I 126.90 2.5	Xenon 54 Xe 131.29 2.6	
Cesium 55 Cs 132.91 0.7	Barium 56 Ba 137.33 0.9	57-70 *	Lutetium 71 Lu 174.97 1.1	Hafnium 72 Hf 178.49 1.3	Tantalum 73 Ta 180.95 1.5	Tungsten 74 W 183.84 1.7	Rhenium 75 Re 186.21 1.9	Osmium 76 Os 190.23 2.2	Iridium 77 Ir 192.22 2.2	Platinum 78 Pt 195.08 2.2	Gold 79 Au 196.97 2.4	Mercury 80 Hg 200.59 1.9	Thallium 81 Tl 204.38 1.8	Lead 82 Pb 207.20 1.8	Bismuth 83 Bi 208.98 1.9	Polonium 84 Po (209) 2.0	Astatine 85 At (210) 2.2	Radon 86 Rn (222) 2.4
Francium 87 Fr (223) 0.7	Radium 88 Ra (226) 0.9	89-102 **	Lanthanum 103 Lr (262)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (263)	Bohrium 107 Bh (262)	Hassium 108 Hs (265)	Mtnerium 109 Mt (266)	Ununium 110 Uun (271)	Ununium 111 Uuu (272)	Ununium 112 Uub (277)	Ununium 113 Uut (284)	Ununium 114 Uuq (289)	Ununium 115 Uup (288)	Ununium 116 Uuh (291)		Ununium 118 Uuo (294)
		*lanthanides	Lanthanum 57 La 138.91 1.1	Cerium 58 Ce 140.12 1.1	Praseodymium 59 Pr 140.91 1.1	Neodymium 60 Nd 144.24 1.1	Promethium 61 Pm (145) 1.1	Samarium 62 Sm 150.36 1.2	Europium 63 Eu 151.97 1.1	Gadolinium 64 Gd 157.25 1.2	Terbium 65 Tb 158.93 1.1	Dysprosium 66 Dy 162.50 1.2	Holmium 67 Ho 164.93 1.2	Erbium 68 Er 167.26 1.2	Ytterbium 69 Tm 168.93 1.3	Yttrium 70 Yb 173.04 1.1		
		**actinides	Actinium 89 Ac (227) 1.1	Thorium 90 Th 232.04 1.3	Protactinium 91 Pa 231.04 1.5	Uranium 92 U 238.03 1.4	Neptunium 93 Np (237) 1.4	Plutonium 94 Pu (244) 1.3	Americium 95 Am (243) 1.3	Curium 96 Cm (247) 1.3	Berkelium 97 Bk (247) 1.3	Californium 98 Cf (251) 1.3	Einsteinium 99 Es (252) 1.3	Fermium 100 Fm (257) 1.3	Mendelevium 101 Md (258) 1.3	Nobelium 102 No (259) 1.3		

Tabel Puntgroepen



Karaktertabelle

Character table for C_{2v} point group

	E	$C_2(z)$	$\sigma_v(xz)$	$\sigma_v(yz)$	linear, rotations	quadratic
A_1	1	1	1	1	z	x^2, y^2, z^2
A_2	1	1	-1	-1	R_z	xy
B_1	1	-1	1	-1	x, R_y	xz
B_2	1	-1	-1	1	y, R_x	yz

Character table for C_{3v} point group

	E	$2C_3(z)$	$3\sigma_v$	linear, rotations	quadratic
A_1	1	1	1	z	x^2+y^2, z^2
A_2	1	1	-1	R_z	
E	2	-1	0	(x, y) (R_x, R_y)	(x^2-y^2, xy) (xz, yz)

Character table for D_{2h} point group

	E	$C_2(z)$	$C_2(y)$	$C_2(x)$	i	$\sigma(xy)$	$\sigma(xz)$	$\sigma(yz)$	linear, rotations	quadratic
A_g	1	1	1	1	1	1	1	1		x^2, y^2, z^2
B_{1g}	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	R_z	xy
B_{2g}	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	R_y	xz
B_{3g}	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	R_x	yz
A_u	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1		
B_{1u}	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	z	
B_{2u}	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	y	
B_{3u}	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	x	

Character table for D_{3h} point group

	E	$2C_3$	$3C'_2$	σ_h	$2S_3$	$3\sigma_v$	linear, rotations	quadratic
A'_1	1	1	1	1	1	1		x^2+y^2, z^2
A'_2	1	1	-1	1	1	-1	R_z	
E'	2	-1	0	2	-1	0	(x, y)	(x^2-y^2, xy)
A''_1	1	1	1	-1	-1	-1		
A''_2	1	1	-1	-1	-1	1	z	
E''	2	-1	0	-2	1	0	(R_x, R_y)	(xz, yz)

Opgave 1 (35 punten; naamgeving, Bohr model, Slaterregels, standaard berekeningen, electronconfiguratie, oplosbaarheid, elektrochemische reeks, MO diagram)

a) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

Chemische formule	Naam
H ₂ S	
KIO	
FeO	
SO ₂	
KMnO ₄	

b) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

Chemische formule	Naam
	natriumcarbonaat
	zwaveltrioxide
	magnesiumchloraat
	zwaveligzuur
	waterstofcyanide

c) (5 punten) Wat is de kortste golflengte van licht dat uitgezonden kan worden door een elektronische overgang in het H atoom?

d) (5 punten) Wat is de effectieve kernlading, Z_{eff} , voor het expliciet genoemde elektron voordat het verwijderd wordt bij de tweede ionisatie van zuurstof? Maak gebruik van Slaterorbitalen.



e) (5 punten) Een docent drinkt een borrel jonge jenever. Het borrelglas heeft een volume van 35 mL. Het ethanol in de jenever (35% van het volume) wordt door een cascade van enzymatisch gekatalyseerde reacties omgezet tot CO_2 . Hoeveel gram CO_2 ademt de student uit die oorspronkelijk als $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ geconsumeerd was? Gebruik voor de berekening de dichtheid van zuivere ethanol, 0.79 g/cm^3 .

f) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

Atoom/ion	Verkorte electronconfiguratie
N	
I	
Bi	
Pt^{2+}	
U	

g) (5 punten) Omcirkel het juiste antwoord.

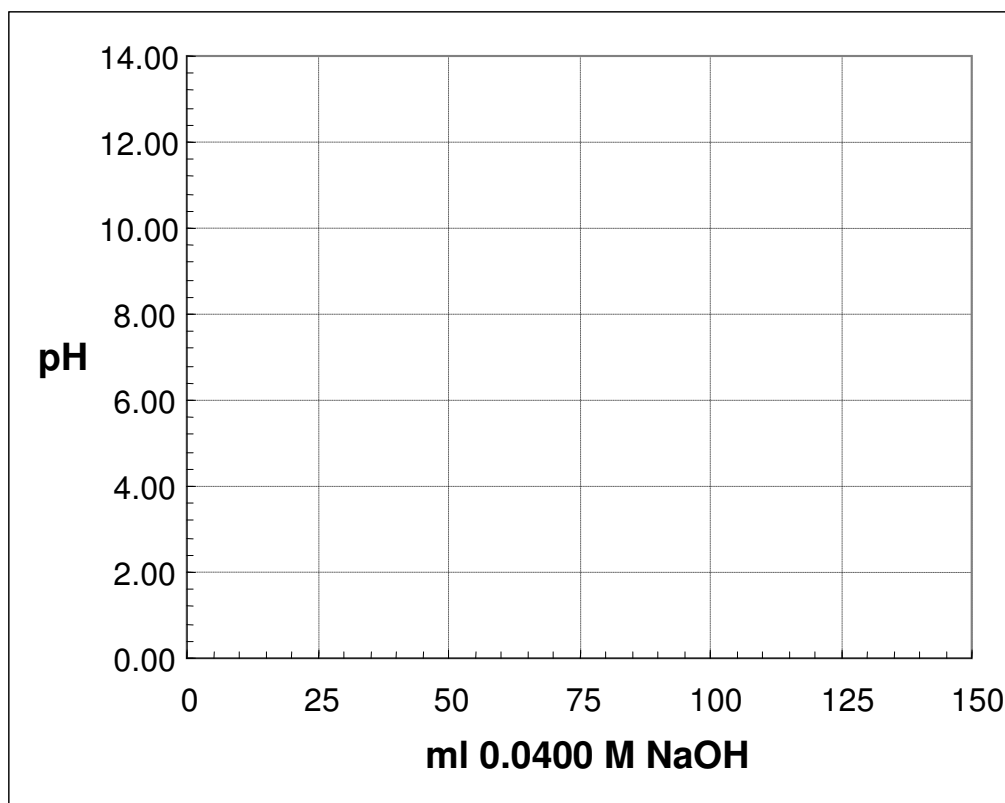
- | | |
|---|------------------|
| a) Kaliumsulfaat, K_2SO_4 , is goed oplosbaar. | waar / niet waar |
| b) De oxidatietoestand van O in HSO_4^- is voor alle O atomen gelijk. | waar / niet waar |
| c) De reactie $Pb^{2+}_{aq} + H_2(g) \rightarrow Pb + 2H^+_{aq}$ verloopt spontaan. | waar / niet waar |
| d) De juiste electronegativiteitsvolgorde is $F > Cl > S > I$. | waar / niet waar |
| e) In het MO diagram van N_2 staan geen elektronen in het π^* orbitaal. | waar / niet waar |

Opgave 2 (27 punten; zuren en basen, titratie, Lewis structuren en resonantie, symmetrie en puntgroepen)

2-Hydroxypropaanzuur staat ook bekend als melkzuur. Het heeft als molecuulformule $C_3H_6O_3$. Dit zuur heeft een pK_a van 3.86 en een molaire massa van 90.08 g/mol.

a) (4 punten) Bereken $[C_3H_6O_3]$, $[C_3H_5O_3^-]$ en de pH voor een oplossing van 0.360 g melkzuur in 100 mL water.

b) (10 punten) Teken hieronder nauwkeurig de titratiecurve van 75 mL 0.0400 M melkzuuroplossing met 0.0400 M NaOH. Bereken daartoe minimaal de pH *halverwege* equivalentie, bij equivalentie, en de pH na toevoeging van 100 en 150 mL NaOH oplossing. Laat op de volgende pagina jouw berekeningen zien.



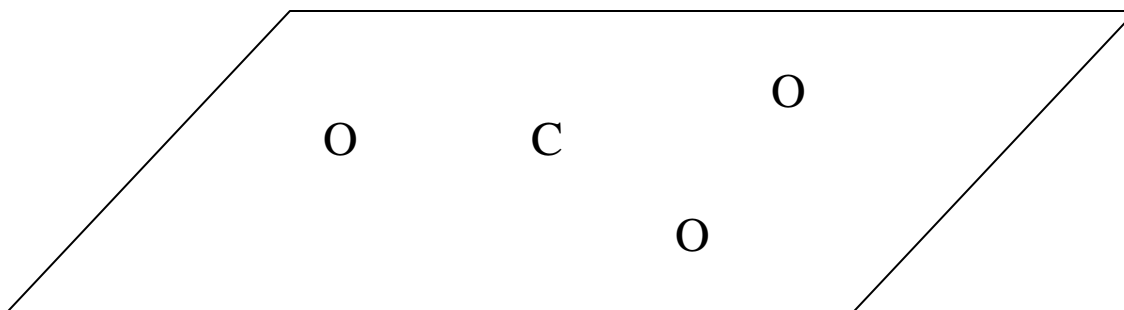
Volume en pH *halverwege* equivalentie:

Volume en pH bij equivalentie:

pH bij 100 mL NaOH

pH bij 150 mL NaOH

- c) (6 punten) Het tweewaardig anion van een ander bekend zuur, H_2CO_3 , is het carbonaat-ion, CO_3^{2-} . Het carbonaat-ion heeft drie resonantiestructuren. Maak hieronder een 3-dimensionale schets van CO_3^{2-} . Geef duidelijk aan hoe alle covalente bindingen tot stand komen uit (gehybridiseerde) orbitalen. Benoem die atomaire orbitalen en geef aan welke bindingen van het type σ of π zijn.

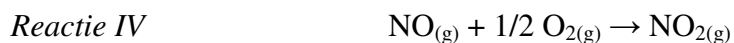


- d) (5 punten) Noem 5 symmetrie elementen van het carbonaat-ion?

- e) (2 punten) Tot welke puntgroep behoort het carbonaat-ion?

Opgave 3 (38 punten; moleculaire orbitaaldiagrammen, thermodynamica, evenwichtsconstante)

Er bestaan veel verbindingen van stikstof en zuurstof. We beschouwen de volgende reacties.



a) (13 punten) Teken in onderstaande tabel de Lewisstructuren van N_2O , NO en NO_2 . met resonantiestructuren en geef aan wat je verwacht dat de bindingsorde van alle N-O bindingen is.

	N_2O	NO	NO_2
Lewis structuur			
Resonantie structuur		X	
Bindingsorde N-O			

b) (4 punten) Teken het moleculaire orbitaal diagram voor NO. Ga ervan uit dat de ordening van de bindende σ en π moleculaire orbitalen dezelfde is als van N_2 .

c) (2 punten) Welke bindingsorde verwacht je op basis van jouw MO diagram? Klopt dit met de bindingsorde die volgt uit de Lewis structuur?

d) (6 punten) Gebruik de bindingsenergieën om voor reacties I, II en III de vormingsenthalpieën van deze stikstofoxiden te schatten. Geef aan welke bindingsorde je gebruikt voor de N-O en N-N bindingen.

Reactie I:

Reactie II:

Reactie III:

- e) (3 punten) Vergelijk je antwoorden in vraag 3d met de waarden voor ΔH_f° uit de vormingsenthalpieën voor reacties I, II en III. Als er grote verschillen zijn, leg uit waardoor dat komt.

Reactie I:

Reactie II:

Reactie III:

- f) (4 punten) Bereken op basis van reacties I t/m III ΔH_r° voor reactie IV.

- g) (2 punten) Bereken ΔS_r° voor reactie IV.

h) (2 punten) Bereken ΔG_r° voor reactie IV.

i) (2 punten) Wat is de evenwichtskonstante K bij 298 K voor reactie IV?