

Tentamen Algemene en Anorganische Chemie

26 oktober 2009

Naam:.....

Studentnummer Universiteit Leiden:

Dit is de enige originele versie van jouw tentamen. Het bevat dit voorblad, een 'spiekbriefje', een Periodiek Systeem, een puntgroepentabel 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
<i>/35</i>	<i>/33</i>	<i>/30</i>

Totaal:

/98

Percentage:

%

Fundamentele konstanten:

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:	$R = 8,314 \text{ J/mol-K} \quad R = 0,082058205 \text{ L-atm/mol-K}$
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:	$B = h^2 / (8\pi^2 c I)$ (B gewoonlijk in cm^{-1})
Rotationale energie (lineaire rotor):	$F(J) = hc B J(J+1)$ (F gewoonlijk in cm^{-1})
Vibratoire energie:	$E(\nu) = (\nu + 0,5) h\nu$ (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	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{base}] / [\text{zuur}])$

Periodiek System

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 La (262)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (263)	Borhrium 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)	

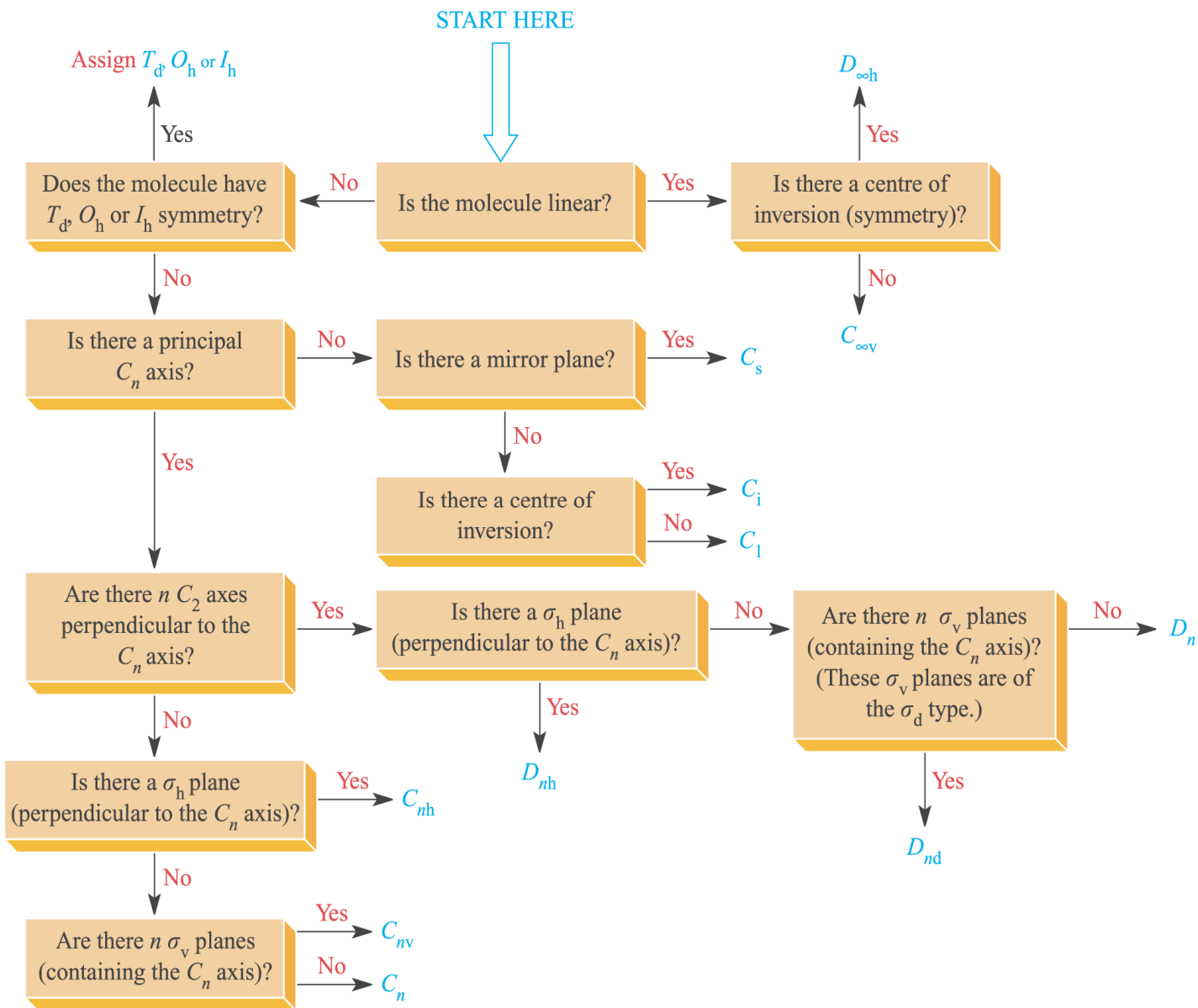
*lanthanides

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	Thulium 69 Tm 168.93 1.3	Ytterbium 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	Nepthunium 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



Karaktertabellen

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; veel voorkomende stoffen, naamgeving, standaard berekeningen, atomaire structuur en periodieke trends)

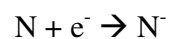
a) (5 punten) Noem vijf van de acht door de chemische industrie meest geproduceerde chemicaliën.

b) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

Chemische formule	Naam
	natriumbicarbonaat
$\text{Al}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$	
	zwaveligzuur
$\text{Ca}(\text{IO})_2$	
P_2O_5	

c) (5 punten) Wat is de “eerste ionisatie energie” en hoe verloopt deze in de perioden en groepen van het periodiek systeem?

d) (5 punten) Wat is de effectieve kernlading, Z^* , voor het expliciet genoemde elektron in de reactievergelijking voor de elektronaffiniteit van stikstof? Maak gebruik van Slaterorbitalen.



e) (5 punten) Laat zien hoeveel van welke stoffen over zijn wanneer 50.0 g CH₄ en 100.0 g O₂ zo volledig mogelijk met elkaar reageren tot kooldioxide en water.

f) (5 punten) Vul onderstaande tabel in.

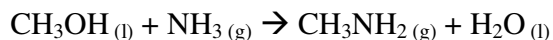
Atoom/ion	Verkorte electronconfiguratie
Be	
Tc	
Sr ²⁺	
Po	
Au ³⁺	

g) (5 punten) Omcirkel het juiste antwoord en/of streep het foute antwoord door.

- a. Lood(II)iodide is goed oplosbaar. waar / niet waar
- b. Samenvoegen van Ca(NO₃)_{2, aq} en (NH₄)₂CO_{3, aq} geeft neerslag. waar / niet waar
- c. De juiste electronegativiteitsvolgorde is F > N > Br > C. waar / niet waar
- d. De oxidatietoestand van P in ijzer(III)diwaterstoffosfaat is +7. waar / niet waar
- e. De reactie $\text{Ag}_{(s)} + \text{Fe}^{2+}_{aq} \rightarrow \text{Ag}^{2+}_{aq} + \text{Fe}_{(s)}$ verloopt spontaan. waar / niet waar

Opgave 2 (33 punten; thermodynamica, evenwicht en zuren en basen)

Methylamine, CH_3NH_2 , is onder standaard omstandigheden een gas met molecuulmassa 31.06 g/mol. Het wordt gemaakt middels de reactie van ammonia met methanol. Water is een bijproduct. Voor de reactie bij kamertemperatuur zou de reactievergelijking als volgt zijn:



Methylamine is goed oplosbaar in water (108g/100ml bij 20°C). Het is een base met $\text{pK}_b = 3.36$.

a) (4 punten) Schat de reactienthalpie op basis van de volgende bindingsenthalpieën (in kJ/mol):

C-N	C=N	C-O	C=O	C-H	N-H	O-H
293	615	358	799	413	391	463

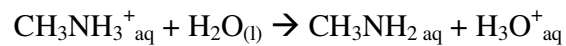
b) (4 punten) Bereken op basis van de volgende gegevens ΔH_f^0 voor de reactie en becommentarieer het verschil tussen de waarden uit de vorige en deze vraag.

	ΔH_f^0 (kJ/mol)	S_0 (J/molK)
$\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$	-201.2	237.6
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	-238.6	126.8
$\text{NH}_3_{(g)}$	-46.2	192.5
$\text{NH}_3_{(l)}$	-80.3	111.3
$\text{CH}_3\text{NH}_2_{(g)}$	-23.5	
$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	-241.8	188.8
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-285.8	69.9

c) (2 punten) Beredeneer op basis van de moleculaire interpretatie van entropie door Boltzmann of de ontbrekende waarde van S^0 voor $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$ in de vorige tabel groter, kleiner of ongeveer gelijk is aan de waarden van S^0 voor $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ en $\text{NH}_3(\text{g})$.

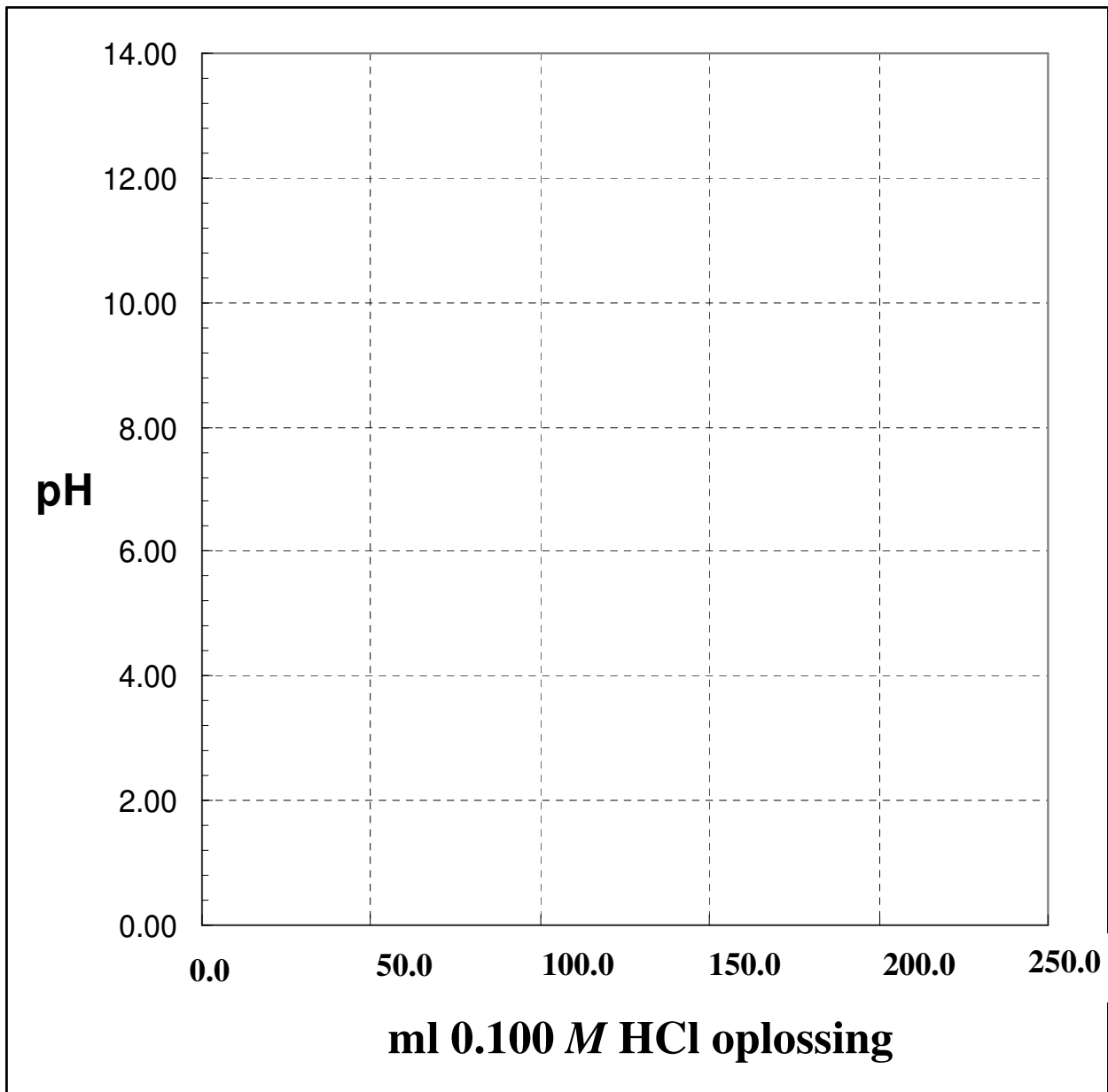
d) (6 punten) S^0 voor $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{l})$ is 150 J/molK . In vergelijking met de andere genoemde vloeistoffen en gassen is de entropie van het gas ongeveer 2 maal zo hoog als dat van de vloeistof. Bereken op die basis ΔS_r^0 en ΔG_r^0 voor de productie van methylamine bij kamertemperatuur. Verloopt de reactie spontaan?

e) (3 punten) Bereken op basis van de gegeven waarde van pK_b de evenwichtskonstante voor:



f) (4 punten) Wat is de pH van een oplossing van 0,3106 g methylamine in 100,0 ml water?

- g) (10 punten) Teken hieronder nauwkeurig de titratiecurve die ontstaat wanneer 100 ml van een 0.100 M CH_3NH_2 oplossing wordt getitreerd met 0.100 M HCl oplossing. Bereken alle benodigde pH waarden om de curve correct weer te geven. Geef de essentie van die berekeningen op deze en de volgende pagina weer.



Opgave 3 (30 punten totaal; chemische binding, symmetrie en spectroscopie)

We beschouwen de toxische en corrosieve vloeistof fosfortrichloride, PCl_3 , en het chloriet ion, ClO_2^- , dat o.a. als bleekmiddel dient in de papierindustrie.

a) (5 punten) Teken Lewis structuren van PCl_3 en ClO_2^- en geef formele ladingen aan wanneer die niet 0 zijn. Geef resonantiestructuren als die er zijn en geef duidelijk aan welke de belangrijkste is/zijn.

b) (6 punten) Vul de onderstaande tabel in voor deze twee moleculen.

molecuul/ion	Elektrongeometrie rond het centrale atoom	Moleculaire geometrie rond het centrale atoom	Hybridisatie rond het centrale atoom
PCl_3			
ClO_2^-			

c) (3 punten) Maak een ruimtelijk schets van PCl_3 waarin je expliciet de overlap tussen de verschillende atomaire orbitalen aangeeft en of de bindingen bestaan uit σ en/of π bindingen.

d) (6 punten) Vul onderstaande tabel in

molecuul/ion	Geef minimaal 4 symmetrieelementen	Puntgroep
Fosfortrichloride		
chloriet		

e) (3 punten) Bepaal voor ClO_2^- hoeveel vrijheidsgraden het heeft en hoe deze verdeeld zijn over translaties, rotaties en vibraties.

f) (2 punten) De symmetrische strek vibratie van PCl_3 heeft een symmetrie label a_1 en een frequentie van 504 cm^{-1} .

a. Is deze vibratie infrarood actief? Ja / Nee

b. De overgang van $v=0$ naar $v=1$ komt overeen met $6,03 \text{ kJ/mol}$ Waar / Niet waar

g) (5 punten) Teken het moleculaire orbitaaldiagram van het hypochloriet ion, ClO^- . Kies de energieniveaus van O(2p) en Cl(3p) op hetzelfde niveau en houdt de reguliere volgorde aan voor de moleculaire orbitalen (σ , π , π^* , σ^*). Label de atomaire en moleculaire orbitalen. Wat is de bindingsorde van ClO^- ? Is ClO^- para- of diamagnetisch?