

Toets T2 Algemene en Anorganische Chemie

30 oktober 2013

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	Opgave 4
<i>/25</i>	<i>/25</i>	<i>/20</i>	<i>/30</i>

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:	$R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ $R = 0,082058205 \text{ L}\cdot\text{atm/mol}\cdot\text{K}$
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:	$h = 6,62606876 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Omrekening Debye:	$1 \text{ D} = 3,34 \cdot 10^{-30} \text{ Cm}$
Inhoud bol	$= \frac{4}{3} \pi r^3$

Formules:

Wet van Coulomb:	$F(r) = (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)^{-1} \cdot (Q_1 \cdot Q_2 / r^2)$
Coulomb energie:	$E(r) = (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)^{-1} \cdot (Q_1 \cdot Q_2 / r)$
Dipoolmoment:	$\mu = Q \cdot r$
Elektronegativiteit (Allred en Rochow):	$\chi = 0,359 \cdot Z^* / r^2 + 0,744$ (met r in Angström, Å)
Lichtsnelheid en frequentie:	$c = \lambda \cdot \nu$
Energie van een foton:	$E = h \cdot \nu$
Hoeksnelheid en frequentie:	$\omega = 2\pi\nu$
Waterstofatoom:	$\Delta E = -2,18 \cdot 10^{-18} \cdot [(1/n_f^2) - (1/n_i^2)]$
De Broglie golflengte	$\lambda = h / (m \cdot v)$
Heisenberg onzekerheidsrelatie	$(\Delta x) \cdot (\Delta m \cdot v) \geq h/4\pi$
Clausius-Clapeyron vergelijking	$\ln P = -\Delta H_{\text{vap}} / (R \cdot T) + \text{constante}$
Enthalpie:	$H = E + P \cdot V$
Gibbs vrije energie:	$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ en $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \cdot \Delta S^0$
Systeem bij niet-standaard condities:	$\Delta G = \Delta G^0 + R \cdot T \cdot \ln Q$
Henderson-Hasselbalch	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{base}] / [\text{zuur}])$
Relatie ΔG en emf	$\Delta G = -n \cdot F \cdot E$ en $\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot E^0$

Kristalklassen:

Kubisch:	$a=b=c \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Tetragonaal:	$a=b \neq c \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Orthorhombisch:	$a \neq b \neq c \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Hexagonaal:	$a=b \neq c \alpha=\beta=90^\circ \gamma=120^\circ$
Trigonaal:	$a=b=c \alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$
Monoklien:	$a \neq b \neq c \alpha=\gamma=90^\circ \beta \neq 90^\circ$
Triklien:	$a \neq b \neq c \alpha \neq \beta \neq \gamma$

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)	S° (J/molK)
CH ₄ (g)	-74.8	186.3
NH ₃ (g)	-46.19	192.5
O ₂ (g)	0	205.0
H ₂ (g)	0	130.58
CH ₃ OH (g)	-201.2	237.6
HCN (g)	+135.1	201.7
H ₂ O (g)	-241.82	188.83
CH ₃ NH ₂ (l)	-47.3	150.2

Water		
Smelthentalpie	(bij 273 K)	-6.008 kJ/mol
verdampingsentalpie	(bij 373 K)	-40.67 kJ/mol
Soortelijke warmte	H ₂ O (s) (bij 270 K)	2.092 J/g K
	H ₂ O (l) (bij 298 K)	4.184 J/g K
	H ₂ O (g) (bij 373 K)	1.841 J/g K
Evenwichtskonstante K_w	(bij 273 K)	1.14×10^{-15}
	(bij 298 K)	1.01×10^{-14}
	(bij 323 K)	5.47×10^{-14}

Periodiek Systeem

hydrogen 1 H 1.0079																		helium 2 He 4.0026
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122											boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180	
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305											aluminium 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948	
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80	
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29	
caesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	57-70 *	lutetium 71 Lu 174.97	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.95	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.21	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.22	platinum 78 Pt 195.08	gold 79 Au 196.97	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.38	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.98	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	89-102 * *	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	ununnium 110 Uun [271]	ununium 111 Uuu [272]	ununbium 112 Uub [277]		ununquadium 114 Uuq [289]				

* Lanthanide series

lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

** Actinide series

Opgave I Herhalingsvragen, fase diagrammen, intermoleculaire krachten

Beantwoord aan de hand van het fase diagram van CO_2 op de volgende pagina de volgende vragen.

a) (1 punt) CO_2 is bij kamertemperatuur (298 K) en normale druk (1 bar) een gas. Markeer dit punt in het fase diagram en zet er duidelijk "a" bij.

b) (2 punten) In een brandblusser is CO_2 opgeslagen bij kamertemperatuur als vloeistof. Wat is de minimale druk waarbij dit mogelijk is? Markeer dit punt in het fase diagram en zet er duidelijk "b" bij.

Minimale druk = bar

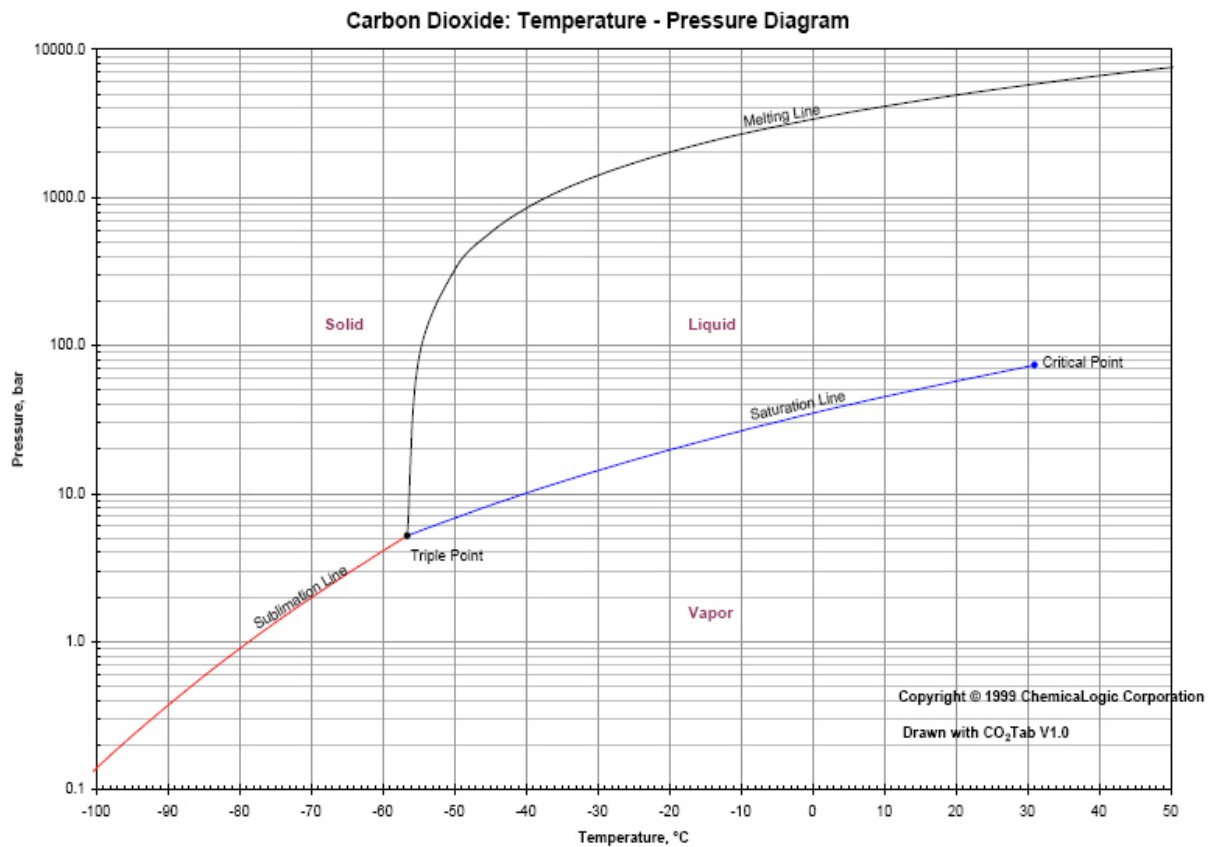
c) (2 punt) Een CO_2 brandblusser is gemakkelijk herkenbaar t.o.v. andere brandblussers vanwege een grote zwarte uitlaat op het einde van de slang die aan de cylinder vast zit. Leg in één zin uit waarom deze uitlaat erg koud wordt wanneer de brandblusser in werking wordt gesteld.

d) (2 punten) Wanneer de CO_2 brandblusser wordt gebruikt om een gewone vloer die niet in brand staat, komt er gedurende korte tijd poedervormig CO_2 op de grond te liggen. Leg in één zin uit wat er klaarblijkelijk gebeurt. Geef ook duidelijk de toestand van het poedervormig CO_2 aan in het fase diagram met "d". Ga ervan uit dat het poeder een temperatuur heeft van ongeveer -85°C .

e) (2 punten) Het CO_2 poeder sublimeert vervolgens vrij snel. Teken een pijl gemarkeerd met "e" in het fase diagram die aangeeft welk pad het poeder volgt indien het eindigt als gasvormig CO_2 bij kamertemperatuur.

f) (1 punten) Hoe heten de intermoleculaire krachten die bij de faseovergang overwonnen worden?

g) (1 punt) Is het poedervormige CO_2 een covalent netwerk, moleculaire vaste stof of ionogene vaste stof?



h) (4 punten) Bereken m.b.v. de Clausius-Clapeyron vergelijking uit dit fasediagram de verdampingswarmte van CO_{2(l)} in de buurt van kamertemperatuur.

i) (4 punten) Teken de correcte en volledige Lewis structuur voor CO₂ en geef de hybridisatie aan op alle atomen.

j) (6 punten) Maak hieronder een drie-dimensionale tekening waaruit blijkt hoe de atomaire orbitalen de σ en π -bindingen in CO_2 vormen. Geef van elk orbitaal het type (s, p, sp, sp^2 of sp^3) aan en of de binding dit ontstaat uit overlap van type σ of π is.

Opgave 2 Zuur-base chemie

a) (1 punten) Opgelost in water geeft CO_2 het zuur H_2CO_3 . Dit kan worden beschreven als een Lewis zuur-base reactie tussen CO_2 en H_2O . Omcirkel het correcte antwoord.

CO_2 : LEWIS ZUUR / LEWIS BASE

b) (4 punten) Geef met Lewis structuren en pijlen aan hoe deze zuur-base reactie tussen water en kooldioxide zal verlopen.

c) (4 punten) Het zuur H_2CO_3 heeft een K_{a1} van 4.3×10^{-7} . Wat is de pH van een oplossing van 0.100 M H_2CO_3 ? Laat het relevante evenwicht en de essentiële onderdelen van jouw berekening zien.

d) (4 punten) K_{a2} is 5.6×10^{-11} . Wat is de concentratie van CO_3^{2-} voor die 0.100 M H_2CO_3 oplossing? Laat het relevante evenwicht en de essentiële onderdelen van jouw berekening zien.

e) (4 punten) Wat is de pH van een de 100 mL oplossing die ontstaat uit samenvoegen van 50 mL van 0.100 M H_2CO_3 en 50 mL van 0.0500 M NaHCO_3 ? Laat essentiële onderdelen uit je berekening zien.

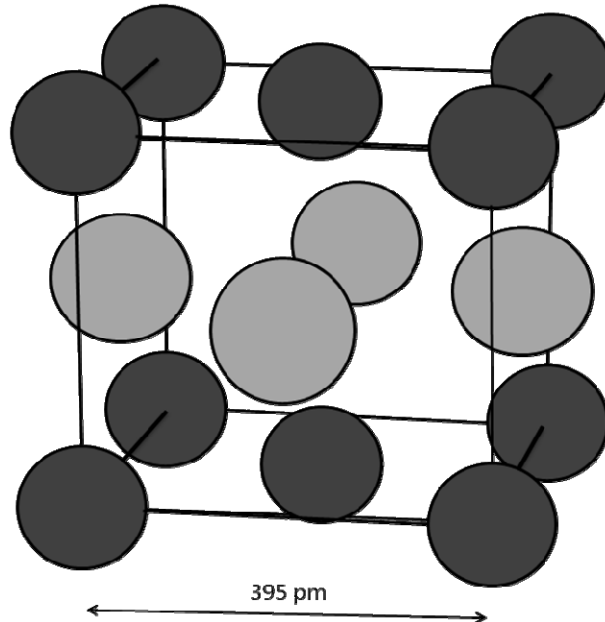
f) (4 punten) Wat wordt de pH als we aan deze oplossing 20 mL 0.100 HCl toevoegen? Laat essentiële onderdelen uit je berekening zien.

g) (4 punten) Wat wordt de pH als we aan deze oplossing 40 mL 0.0100 NaOH toevoegen? Laat essentiële onderdelen uit je berekening zien.

Opgave 3

Vaste stof

In onderstaande figuur staat de kristalstructuur van het materiaal AuCu gegeven. De structuur is kubisch met een roosterconstante van 395 pm.



Goud: licht grijze bollen.
Koper: donker grijze bollen.

a. (1 punt) Hoe heet de kristalstructuur indien de goud- en koperatomen identiek zouden zijn geweest?

b. (1 punt) Omcirkel het juiste antwoord. Deze structuur is

een vaste oplossing / een legering / een intermetallic / een ionogene verbinding

c. (3 punten) Door hoeveel goudatomen en door hoeveel koperatomen wordt ieder koperatoom omringd?

Omringend aantal Au atomen:

Omringend aantal Cu atomen:

d. (2 punten) Bereken de atoomstralen van Au en Cu, aannemende dat het een dichtste stapeling is.
TIP: de eenheidscel is kubisch.

e. (2 punten) Laat door berekening zien dat de samenstelling van de eenheidscel overeenkomt met de verhouding Au/Cu in het materiaal AuCu.

f. (3 punten) Bereken de dichtheid van AuCu in g/cm^3 .

g. (3 punten) Het metaal kobalt heeft boven $421\text{ }^\circ\text{C}$ dezelfde kristalstructuur als AuCu. Wat is de roosterconstante als de dichtheid van het metaal 8.90 g/cm^3 ?

h. (3 punten) Onder $421\text{ }^\circ\text{C}$ heeft Co een HCP structuur. Hoe is deze anders dan de structuur in antwoord g? Gebruik een tekening of ligt het in één zin toe.

i. (2 punten) Wat is de dichtheid van Co onder de $421\text{ }^\circ\text{C}$?

Opgave 4**Complexen en vaste stofchemie**

$\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ wordt als coördinatieverbinding ook wel aangeduid als $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$. Het ijzerion kan door een redoxreactie een elektron afstaan middels de volgende reactie:



In gehydrateerde vorm kan dezelfde reactie geschreven worden als:



- a. (2 punten) Geef de naam van $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$.
- b. (2 punten) Wat is de verkorte elektronenconfiguratie van het ijzerion in de stof in vraag a?
- c. (3 punten) Leg in één zin uit waarom $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ het meest logische ijzercomplex is dat ontstaat bij oplossen van $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
- d. (3 punten) Teken de oktaëdrische opsplitsing van d-orbitalen voor het ijzerion en geef de elektronen hierin aan. Ga ervan uit dat het complex laagspin is.
- e. (2 punten) Is dit complex paramagnetisch of diamagnetisch en verklaar in één korte zin waarom?

f. (5 punten) Bereken de kristalveldstabilisatie-energie (CFSE) in termen van Δ_o (oktaëdrische opslitsingsenergie) en P (spinparingsenergie) voor de situatie uit d.

g. (5 punten) Het Fe^{3+} complexeert ook met 6 H_2O moleculen. Verklaar aan de hand van een elektronenverdeling dat er een tetragonale vervorming gaat optreden voor dit complex. Teken die elektronenverdeling.

h. (4 punten) Bereken de standaard reductiepotentiaal voor de bovenstaande reactie.

i. (4 punten) Bepaal de reductiepotentiaal van de halfcel van dit $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ koppel onder de volgende condities: $T=25\text{ }^\circ\text{C}$, $[\text{Fe}^{2+}]=0,10\text{ M}$, $[\text{Fe}^{3+}]=1,90\text{ M}$.