

Universitetet i Oslo

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i KJM1100 Generell kjemi

Eksamensdag: Fredag 15. januar 2016

Oppgavesettet består av 17 oppgaver med følgende vekt (også gitt i overskriften til hver oppgave):

Oppgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Poeng	4,5	3	3	5	8	7,5	5	5	7	5	3	8	3	10	10	4	9

Totalsum er 100 poeng.

Oppgavesettet er på 8 sider som skal leveres inn.

Vedlegg: Periodesystemet med atommasser.

Tillatte hjelpemidler: Lommekalkulator.

Konstanter du kan få bruk for:

$$R = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/(K}\cdot\text{mol)} = 0,0821 \text{ L atm/(K}\cdot\text{mol)}$$

$$F = 96500 \text{ J/(V}\cdot\text{mol)}$$

Nernst ligning er:

$$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q = E^{\circ} - (0,0257 \text{ V}/n) \ln Q = E^{\circ} - (0,0592 \text{ V}/n) \log Q$$

Oppgave 1 (4,5 poeng)

Angi for hvert atom antall uparede elektroner (fyll ut et tall i hver boks).

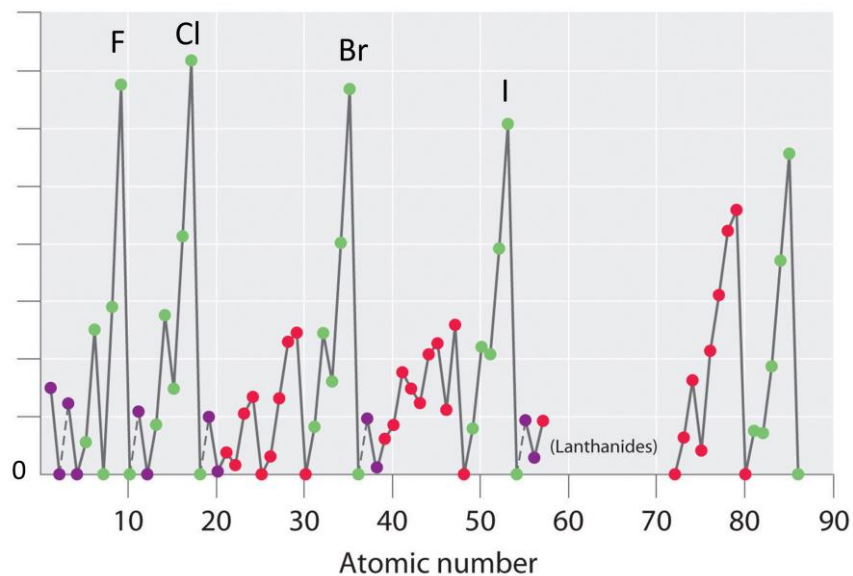
B	Ne	P	Sc	Mn	Zn
1	0	3	1	5	0

Oppgave 2 (3 poeng)

Angi for hvert underskall det maksimale antall elektroner det kan inneholde (fyll ut et tall hver boks).

2p	3s	3d	4p	4f	5f
6	2	10	6	14	14

Oppgave 3 (3 poeng)

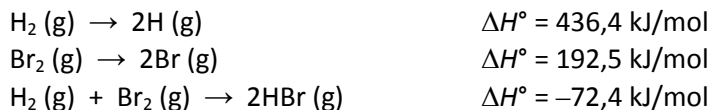


Figuren over viser utvikling av en atomær egenskap gjennom periodesystemet, hvilken? Sett ring rundt ditt svar (ingen begrunnelse).

Ioniseringsenergi	Elektronegativitet	Atomradius	Ioneradius
<input checked="" type="checkbox"/> Elektronaffinitet	Kjerneladning	Smeltepunkt	Kokepunkt

Oppgave 4 (5 poeng)

Du får oppgitt følgende data:



Beregn ΔH° for reaksjonen $\text{H}(\text{g}) + \text{Br}(\text{g}) \rightarrow \text{HBr}(\text{g})$

Vis utregning her:

Deler alle ligninger på to og snur ligning 1 og 2. Får da tre trinn:



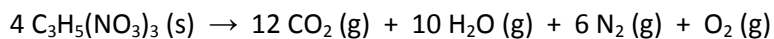
Adderer alle tre, H_2 og Br_2 faller bort



Kan også bruke ligning for dannelsesentalpier

Oppgave 5 (8 poeng)

Nitroglyserin, et sprengstoff, dekomponerer etter følgende ligning:



Beregn totalvolumet av gass som dannes fra 260 g nitroglyserin ved $T = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ og trykk = 1,20 atm.

Vis utregning her:

Beregn antall mol nitroglyserin:

$$M = 12,01 \cdot 3 + 1,008 \cdot 5 + 14,01 \cdot 3 + 16,00 \cdot 9 = 227,1 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{nitro}} = m/M = 260 \text{ g} / 227,1 \text{ g/mol} = 1,145 \text{ mol} \quad \mathbf{2.5 \text{ p}}$$

Fra 4 mol nitroglyserin dannes 29 mol gass, molforholdet er 4:29 eller 1:7,25

$$n_{\text{gass}} = n_{\text{nitro}} \cdot 7,25 = 1,145 \cdot 7,25 = 8,30 \quad \mathbf{3.5 \text{ p}}$$

Setter inn i den ideelle gassligning $pV = nRT$ og finner volumet V

$$V = nRT/p$$

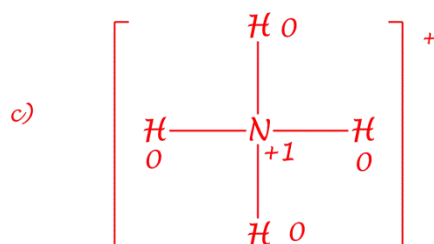
$$V = 8,30 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 298,15 \text{ K} / 1,20 \text{ atm} = \underline{169 \text{ L}}$$

2 p

Oppgave 6 (7,5 poeng)

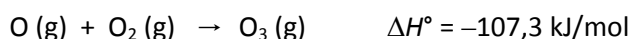
Tegn Lewis-strukturer for de tre ionene O_2^{2-} , NO^+ og NH_4^+ og angi formelle ladninger for alle atomer.

Vis tegninger her:



Oppgave 7 (5 poeng)

Bindingsenergien i O_2 (g) er 498,7 kJ/mol. Videre har vi følgende reaksjon:



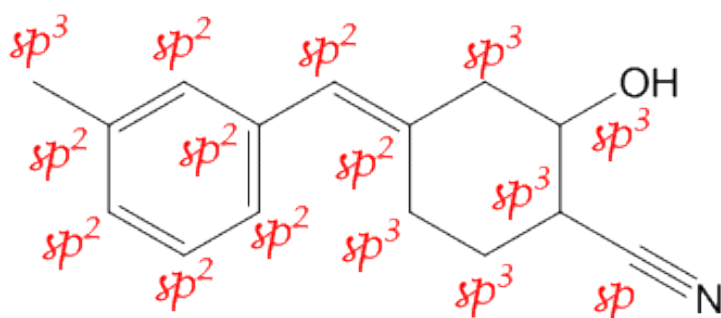
Hva er bindingsenergien for hver binding i O_3 (g)?

Skriv ditt svar her (ingen utregning): 303,0 kJ/mol

Kostnad ved å bryte binding i $O_2 = 498,7$ kJ/mol, utbytte ved å danne to bindinger i $O_3 = 606,0$ kJ/mol, netto gevinst - 107,3 kJ/mol (eksoterm)

Oppgave 8 (5 poeng)

Skriv direkte inn på figuren under hybridiseringen til hvert av karbonatomene.



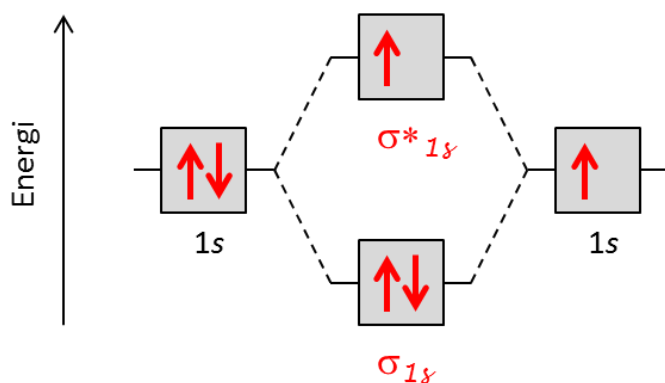
Oppgave 9 (7 poeng)

Under er det vist en skisse av energidiagram for molekylorbitaler dannet fra 1s atomorbitaler.

a) Skriv inn navn på de to molekylorbitalene. 2.5 p

b) Bruk diagrammet (fyll inn elektroner) og forklar hva bindingsorden er i He_2^+ . 4.5 p

Tegn og forklar her:



Vi har totalt tre elektroner, to går inn i en bindende σ_{1s} orbital, mens ett går inn i en antibindende σ_{1s}^ orbital. Bindingsorden blir $(n \text{ bind} - n \text{ antibind})/2 = (2 - 1)/2 = 0,5$*

Oppgave 10 (5 poeng)

Trekk for hvert av de fem oksidene en strek til det du tror er riktig smeltepunkt (alle har hvert sitt, temperaturer er gitt i °C) og til riktig stofftype (flere kan være like).

17	580	1275	1610	2800
Na ₂ O	MgO	SiO ₂	P ₄ O ₁₀	SO ₃
molekylært stoff		nettverksforbindelse		salt

MgO skal plasseres med høyere smeltepunkt enn Na₂O, men SiO₂ kan plasseres hvor som helst i forhold til de to saltene

Oppgave 11 (3 poeng)

Gitt likevekten $2 A (aq) + 2 B (s) \rightleftharpoons C (aq) + 3 D (g)$

Skriv opp uttrykket for likevektskonstanten under.

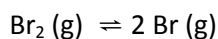
Svar:

$$K = \frac{[C] \cdot p_D^3}{[A]^2}$$

Fast stoff ikke med, gass må angis med partialtrykk

Oppgave 12 (8 poeng)

Vi betrakter følgende likevekt ved 1600 °C:



Når vi tar 1,05 mol Br₂ i en beholder med volum 0,980 L er det 1,20 % av det opprinnelige Br₂ som er spaltet ved likevekt. Beregn likevektskonstanten K_c for reaksjonen.

Vis utregning her:

Konsentrasjonen av Br₂ ved start er 1,05 mol / 0,980 L = 1,071 mol/L
1,20 % utgjør 0,013 mol/L. Lager tabell over konsentrasjoner

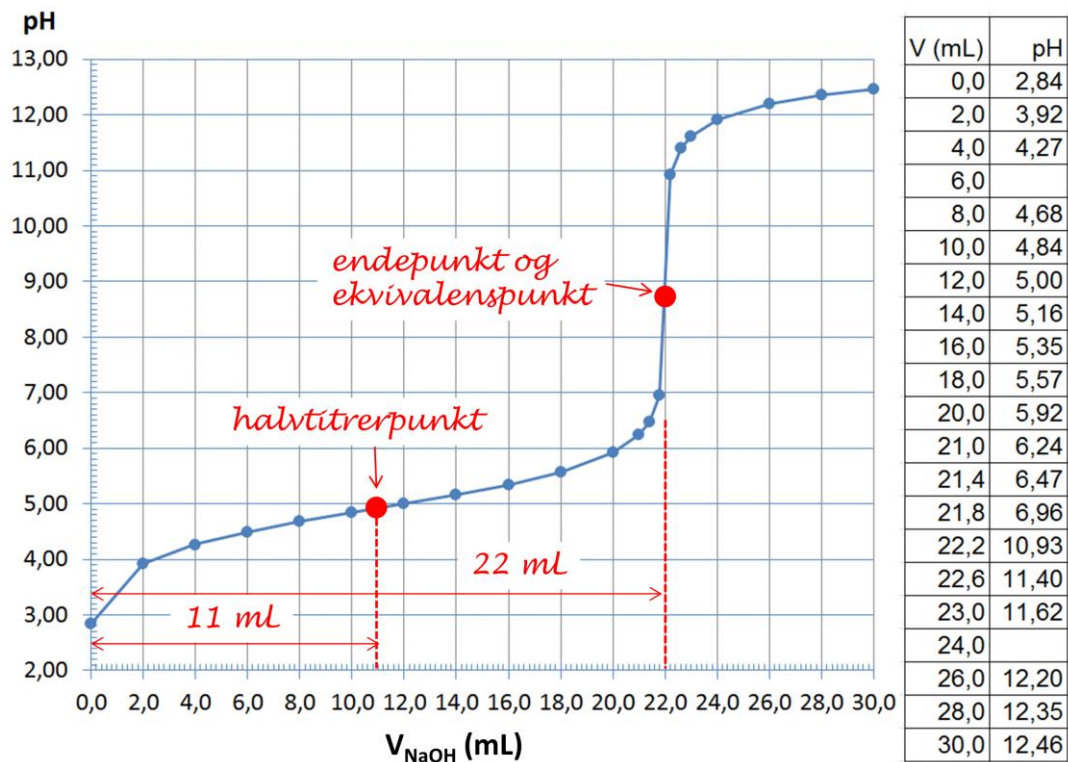
Kons.	Br ₂	Br
start	1,071	0
endring	- 0,013	+ 2·0,013
slutt	1,058	0,026

Innsetting i uttrykket for K_c gir

$$K_c = [\text{Br}]^2 / [\text{Br}_2]$$

$$K_c = [0,026]^2 / [1,058] = \underline{6,4 \cdot 10^{-4}}$$

Oppgave 13 (3 poeng)



Vi titrerer 25,00 mL av en énprotisk organisk syre HA med $pK_a = 4,92$ med 0,2000 M NaOH mens vi fortløpende måler pH. Dette gir titerkurven vist over.

Marker direkte på figuren følgende punkter: **halvtitreringspunkt, endepunkt, ekvivalenspunkt**

Oppgave 14 (10 poeng)

Vi bruker den samme titerkurven som i Oppgave 13.

a) Målingen ved $V_{\text{NaOH}} = 24,0$ mL mangler i tabellen. Hvis hvordan du kan regne ut denne pH-verdien.

Vis utregning her:

Vi er 2,0 mL = 0,0020 L forbi endepunktet, og ligger til stede i overskudd. Løsningens totalvolum er 25,00 + 24,00 = 49,00 mL
 $n_{\text{OH}^-} = c_{\text{OH}^-} \cdot V_{\text{OH}^-} = 0,2000 \text{ mol/L} \cdot 0,0020 \text{ L} = 4,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $[\text{OH}^-] = n_{\text{OH}^-} / V_{\text{total}} = 4,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,049 \text{ L} = 8,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
 $p\text{OH} = 2,09 \rightarrow p\text{H} = 14,00 - p\text{OH} = \underline{11,91}$

5 p

b) Målingen ved $V_{\text{NaOH}} = 6,0$ mL mangler også. Hvis hvordan du kan regne ut denne pH-verdien.

Vis utregning her:

Vi er i bufferområdet, og finner pH med bufferligningen:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log(c_{\text{base}}/c_{\text{syre}}) = \text{p}K_a + \log(n_{\text{base}}/n_{\text{syre}})$$

Det er 22 mL til endepunktet, ved 6 mL er molforholdet mellom base og syreform av bufferen $6:(22-6) = 6:16$. Innsetting gir:

$$\text{pH} = 4,92 + \log(6/16) = \underline{4,49}$$

5 p

Oppgave 15 (10 poeng)

a) Løselighetsproduktet til sølvklorid er $K_{\text{sp}} = 1,60 \cdot 10^{-10}$. Beregn ΔG° for oppløsning av sølvklorid i vann ved $25,0^\circ\text{C}$.

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K, \Delta G^\circ = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/(K}\cdot\text{mol)} \cdot 298,15 \text{ K} \cdot \ln(1,60 \cdot 10^{-10})$$

Skriv svar her (utregning kreves ikke): $\Delta G^\circ = \underline{-55,9}$ kJ/mol

3 p

b) Forutsi, ved å sette kryss i riktig boks, entropiendringen for de ulike reaksjonene. + betyr at entropien øker, – at den avtar, men \approx betyr at svaret er usikkert.

4 p

	+	–	\approx
$2 \text{ H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$		X	
$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$	X		
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ HBr}(\text{g})$			X
$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		X	

c) En kjemisk reaksjon $A \rightarrow B$ har $\Delta H^\circ = -40$ kJ/mol og $\Delta S^\circ = 400$ J/(mol·K) og er spontan ved romtemperatur. Finnes det en temperatur der reaksjonen slutter å være spontan?

3 p

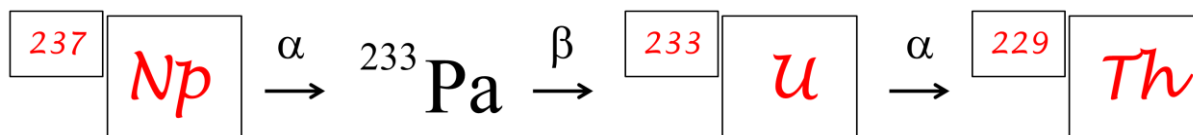
Velg et svar og fyll inn manglende data:

Ja, når temperaturen blir _____ K

Nei, fordi en reaksjon der ΔH° har negativt fortegn og ΔS° har positivt fortegn er alltid spontan (kort begrunnelse)



Oppgave 16 (4 poeng)

Fyll ut tall og kjemiske symboler i de tomme boksene i desintegrasjonsserien vist under.



Oppgave 17 (9 poeng)

Vi benytter følgende tabell over reduksjonspotensialer:

	Reduction Half-Reaction	E° (V)	
Stronger oxidizing agent 	$F_2(g) + 2 e^- \longrightarrow 2 F(aq)$	2.87	Weaker reducing agent 
	$H_2O_2(aq) + 2 H^+(aq) + 2 e^- \longrightarrow 2 H_2O(l)$	1.78	
	$MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) + 5 e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4 H_2O(l)$	1.51	
	$Cl_2(g) + 2 e^- \longrightarrow 2 Cl^-(aq)$	1.36	
	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14 H^+(aq) + 6 e^- \longrightarrow 2 Cr^{3+}(aq) + 7 H_2O(l)$	1.33	
	$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \longrightarrow 2 H_2O(l)$	1.23	
	$Br_2(l) + 2 e^- \longrightarrow 2 Br^-(aq)$	1.09	
	$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$	0.80	
	$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	0.77	
	$O_2(g) + 2 H^+(aq) + 2 e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$	0.70	
	$I_2(s) + 2 e^- \longrightarrow 2 I^-(aq)$	0.54	
	$O_2(g) + 2 H_2O(l) + 4 e^- \longrightarrow 4 OH^-(aq)$	0.40	
	$Cu^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Cu(s)$	0.34	
	$Sn^{4+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	0.15	
	$2 H^+(aq) + 2 e^- \longrightarrow H_2(g)$	0	
	$Pb^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Pb(s)$	-0.13	
$Ni^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Ni(s)$	-0.26		
$Cd^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Cd(s)$	-0.40		
$Fe^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Fe(s)$	-0.45		
$Zn^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Zn(s)$	-0.76		
$2 H_2O(l) + 2 e^- \longrightarrow H_2(g) + 2 OH^-(aq)$	-0.83		
$Al^{3+}(aq) + 3 e^- \longrightarrow Al(s)$	-1.66		
$Mg^{2+}(aq) + 2 e^- \longrightarrow Mg(s)$	-2.37		
$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	-2.71		
$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$	-3.04		

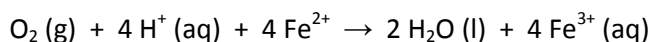
a) To halvceller skal settes sammen til en elektrokjemisk celle med standard potensial E°_{celle} på nøyaktig 0,20 V. Forklar hvilke to halvceller du vil velge og skriv cellereaksjonen.

Forklar her:

Vi må velge to halvreaksjoner med en differanse på 0,20 V. Det eneste alternativet er



b) Regn ut E°_{celle} for en ny reaksjon der $O_2(g)$ oksiderer $Fe^{3+}(aq)$ til $Fe^{2+}(aq)$ i surt miljø:



Svar (ingen utregning kreves): $E^\circ_{\text{celle}} = \underline{0,46}$ V

1,23 V – 0,77 V

3 p

c) Forklar kvalitativt om (og i tilfelle hvordan) E_{celle} for cellen i b) vil variere med pH:

3 p

Siden H^+ er reaktant, påvirkes potensialet av pH. Mye H^+ (lav pH) skyver reaksjonen mot høyre og gir stort potensial, men med lite H^+ (høy pH) synker potensialet (vi kan bruke Le Chateliers prinsipp)