

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

### Eksamen i: KJM1120

### Høst 2011

*Vekting for hovedspørsmål er angitt (vekt 2 teller doblet så mye som vekt 1; vekt 3 teller tre ganger så mye som vekt 1). Alle delspørsmål teller likt.*

*Full uttelling innebærer at reaksjonslikningene er korrekt balansert og gjelder under de angitte betingelsene.*

*Tillatte hjelpemidler: Alfnumerisk kalkulator*

*Vedlegg: det periodiske system; aktuelle formler, konstanter og diagrammer*

#### Oppgave 1 (vekt 1)

(a) I uorganiske forbindelser forekommer karbon oftest i oksidasjonstrinnene  $-IV$ ,  $0$ ,  $+II$  og  $+IV$ . Gi for hvert av disse trinnene et eksempel på en eksisterende forbindelse.

(b) Forklar hvorfor metan er en gass med lavt kokepunkt.

(c) Kalsiumkarbid inneholder  $C_2^{2-}$  anionet. Skriv reaksjonslikning for hva som skjer når kalsiumkarbid reagerer med vann.

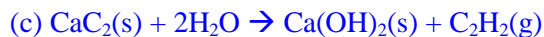
(a)  $-4$  metanider; formelt sett for eksempel metan og  $Al_4C_3$ , men også  $TiC$  godkjennes

$0$ , karbon

$+2$   $CO$

$+4$   $CO_2$

(b) (Polar)kovalente bindinger innen molekylet. Kun van der Waals krefter mellom molekylene. Ikke forhøyet smelte/kokepunkt.



### Oppgave 2 (vekt 1)

(a) Beskriv kortfattet bindingsforhold for NaCl, MgCl<sub>2</sub>, SiCl<sub>4</sub>, PCl<sub>5</sub> og Cl<sub>2</sub>.

(b) Hva skjer når CCl<sub>4</sub> og SiCl<sub>4</sub> utsettes for fuktig luft? Skriv likning.

(a) Ionisk (NaCl, MgCl<sub>2</sub>) – polar kovalent (SiCl<sub>4</sub>, PCl<sub>5</sub>) – kovalent (Cl<sub>2</sub>)

(b) Inert versus svært reaktivt:  $\text{SiCl}_4(\text{l}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{HCl}(\text{g})$

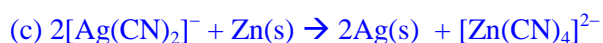
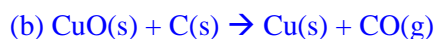
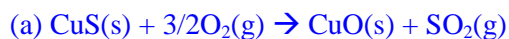
### Oppgave 3 (vekt 1)

En del grunnstoffer foreligger i naturen som sulfidiske malmer. Industriell fremstilling av slike grunnstoffer går typisk i flere steg.

(a) Skriv reaksjonslikning for røsting av kobber(II)sulfid.

(b) Kobber kan fremstilles ved karbotermisk reduksjon i siste steg. Skriv reaksjonslikning.

(c) I et av stegene for fremstillingsprosessen av metallisk sølv foreligger sølv på oksidert form som et dicyan(id)okompleks. Dette blir så redusert med sink; skriv reaksjonslikning.



### Oppgave 4 (vekt 1)

(a) Hvilke allotrope former har fosfor?

(b) Forklar med utgangspunkt i atomarrangementet (strukturen) hvorfor hvitt fosfor er svært reaktivt.

(c) Skriv likning for hva som skjer når hvitt fosfor reagerer med overskudd av klorgass.

(a) Hvitt, rødt, svart fosfor

(b) Molekylært P<sub>4</sub>; spente bindinger pga geometri



### Oppgave 5 (vekt 1)

- (a) Beskriv hovedtrend for variasjonen av smeltepunkt for metallene nedover i alkaligruppen.
- (b) Hvilke metalliske grunnstoffer har unormalt lavt smeltepunkt (under 50 °C) i forhold til forventninger fra generelle trender?
- (c) Jern, kobolt og nikkel er ferromagnetiske ved romtemperatur. Forklar hva dette innebærer.

(a) Smeltepunktet avtar nedover i gruppen

(b) Ga, Hg

(c) Ordnete magnetiske momenter (uparrede spinn pekende i samme retning makroskopisk)

### Oppgave 6 (vekt 3)

Ta for deg vedlagte Frostdiagram for mangan ved pH = 0 og ved pH = 14, samt de tilsvarende Latimerdiagrammene (se vedleggene bakerst i oppgavesettet). Videre er standard reduksjonspotensial for oksygen ved pH = 0 og pH = 14 gitt i vedlegget.

(a) Hvilket oksidasjonstrinn til mangan er termodynamisk mest stabilt ved pH = 0 og hvilket er mest stabilt ved pH = 14?

(b) Hvilke oksidasjonstrinn av mangan vil disproporsjonere ved pH = 0?

(c) Hva er det motsatte av disproporsjonering? Beskriv kort.

(d) Skriv balansert halvreaksjon for reduksjon av Mn(IV) til Mn(II) ved pH = 14, og beregn deretter  $E^0$  for denne halvreaksjonen.

(e) Vurder hvorvidt  $O_2(g)$  vil kunne oksidere Mn(II) til Mn(IV) ved pH = 14. Anta at alle specier som inngår i reaksjonene er ved standard betingelser.

(f) Beregn reduksjonspotensialet for halvreaksjonen fra Mn(VII) til Mn(II) i en løsning ved pH = 0 der konsentrasjonene av  $[MnO_4^-] = 0,9 \text{ M}$  og av  $[Mn^{2+}] = 0,1 \text{ M}$ .

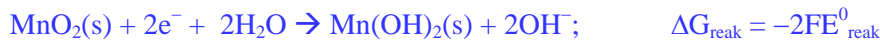
(a) pH = 0: Mn(II) og pH = 14: Mn(IV)

(b) Mn(VI) og Mn(III)

(c) Det motsatte av disproporsjonering er komproporsjonering. Dvs. at det skjer en kjemisk reaksjon mellom to reaktanter inneholdende det samme grunnstoffet men med ulike oksidasjonstall, og at de danner en forbindelse med et tredje (midlere) oksidasjonstall.

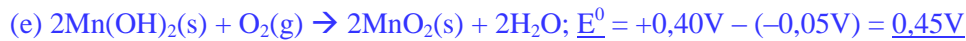
(d)





$$\Delta G_{\text{reak}} = -2FE_{\text{reak}}^0 = -1F(-0,2\text{V}) - 1F(+0,1\text{V})$$

$$E_{\text{reak}}^0 = (1*(-0,2\text{V}) + 1*(+0,1))/2 = \underline{-0,05\text{V}}$$



Beregningene viser at O<sub>2</sub> kan oksidere Mn(II) til Mn(IV) i basisk miljø.



$$E^0(\text{MnVII} \rightarrow \text{MnII}) = +1,51\text{V} \quad E = E^0 - (0,0592/5)\log([\text{Mn}^{2+}]/([\text{MnO}_4^-][\text{H}^+]^8)) = +1,51\text{V} - (0,0592/5)\log(1/9) = \underline{+1,52\text{V}}$$

### Oppgave 7 (vekt 1)

(a) Angi relativ syrestyrke for de ulike oksosyrene til klor; HClO<sub>x</sub>. Begrunn svaret.

(b) Hvilken av syrene HClO og HBrO forventes å være sterkest? Begrunn svaret.

(c) Hva er pH i en løsning som inneholder både 0,5 M HClO<sub>4</sub> og 0,5M HBrO<sub>4</sub>?

(a) HClO<sub>4</sub> > HClO<sub>3</sub> > HClO<sub>2</sub> > HOCl. Begrunnelsen bør være fundert i Paulings-regel (forelesning): pK<sub>a</sub> = 8-5p (p = antall uprotonerte oksygenatomer) eller (OH)<sub>n</sub>XO<sub>m</sub> regel i læreboka s. 145. Det er ikke nødvendig å gi konkrete tall (slik de fremstår i tabellen nedenunder)

	pK <sub>a</sub> = 8-5p	(OH) <sub>n</sub> XO <sub>m</sub>
HClO <sub>4</sub>	p = 3, pK <sub>a</sub> = -7	m = 3, pK <sub>a</sub> = -8
HClO <sub>3</sub>	p = 2, pK <sub>a</sub> = -2	m = 2, pK <sub>a</sub> = -1
HClO <sub>2</sub>	p = 1, pK <sub>a</sub> = 3	m = 1, pK <sub>a</sub> = 2
HClO	p = 0, pK <sub>a</sub> = 8	m = 0, pK <sub>a</sub> = 8

(b) HClO er en sterkere syre enn HBrO, da klor er mer elektronegativt enn brom.

(c) HClO<sub>4</sub> og HBrO<sub>4</sub> er begge veldig sterke syrer, og estimert lik K<sub>a</sub> basert på svar i pkt a). Vi forventer derfor at begge foreligger på dissosiert form. [H<sup>+</sup>] = 1M. pH = 0.

### Oppgave 8 (vekt 1)

(a) Gi et eksempel på hvordan du kan fremstille hydrogengass i laboratoriet. Skriv likning.

(b) Hvilke av følgende gasser kan i visse blandingsforhold reagere eksplosivt allerede ved romtemperatur;  $H_2 - CO_2$ ;  $H_2 - O_2$ ;  $H_2 - Cl_2$ ;  $H_2 - N_2$ ;  $H_2 - CO$ ;  $H_2 - CH_4$ ?

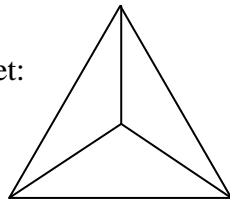
(a) Reaksjon mellom syre og uedle metaller.  $Zn(s) + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2(g)$ . Vi må også godkjenne andre reaksjoner som  $CaH_2(s) + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2(s) + H_2(g)$

(b)  $H_2/O_2$ ;  $H_2/Cl_2$

### Oppgave 9 (vekt 1)

Fosfatanionet er tetraedrisk slik som silikatanionet. Det finnes ortofosfater, pyrofosfater og metafosfater som tilsvarer ortosilikater som  $ZrSiO_4$ , pyrosilikater som  $Sc_2Si_2O_7$  og metasilikater som  $MnSiO_3$ . På samme vis som for silikatene, vil fosfatanionet kunne danne større anioner gjennom hjørnedeling av tetraedre. Dermed får det større anionet et endret P : O forholdstall. Fosfor er i oksidasjonstrinn +V i disse forbindelsene. Benytt den angitte skjematisk skissen av fosfattetraedret som byggestein under delspørsmål (a).

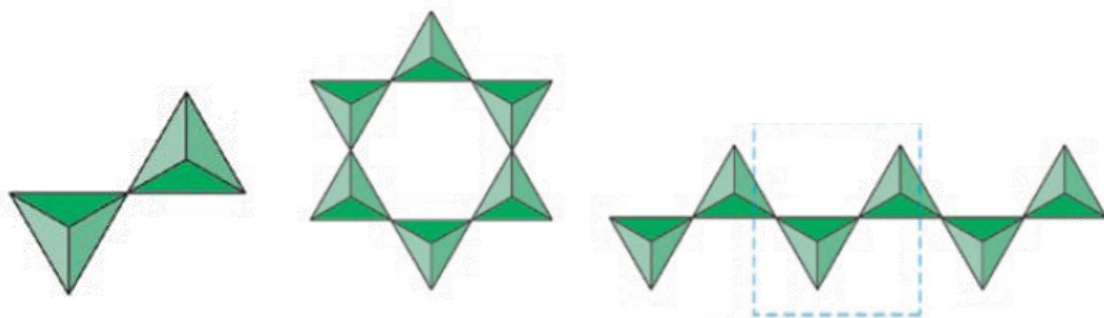
Skjematisk skisse av fosfattetraedret:



(a) Skisser hvordan du kan kombinere fosfattetraedre slik at man får dannet struktur-ioner med sammensetning  $P_2O_7^{4-}$  og  $PO_3^-$ .

(b) Hva skjer når  $P_2O_5$  ( $P_4O_{10}$ ) løses i vann? Skriv likning.

(c) Zeolitter er som oftest aluminosilikater. Forenklet sett kan zeolitter betraktes å ha et Si : O forhold 1 : 2, det vil si det samme som for kvarts. Beskriv kortfattet hvorledes zeolittenes struktur (atomære oppbygging) skiller seg fra den tette strukturen til kvarts,  $SiO_2$ .



(a)

To tetraedre koblet gjennom et felles hjørne.

En uendelig kjede av tetraedre (også ring av tetraedre må godkjennes).

Tre figurer limes inn her; isolerte tetraedre; dimere; 1D-kjeder (evt ringer) – begge godkjent



(c) Zeolitter har kanaler/porer som oppstår pga måten  $SiO_4$ -tetraedrene er knyttet sammen på, dvs de er mikroporøse forbindelser/materialer.

### Oppgave 10 (vekt 1)

Fremstilling av jern er en viktig industriprosess. Jernmalm består hovedsakelig av  $Fe_2O_3$ , men inneholder også ulike forurensninger fra silikatholdige bergarter. Jernoksidet reduseres i en masovn der koks mates inn sammen med råstoffet fra toppen. Samtidig blåses luft gjennom ovnen nedenfra.

(a) Beskriv reduksjonen av  $Fe_2O_3$  til metallisk jern med reaksjonslikninger. Angi mulige intermediære jernoksider som finnes med sammensetning mellom  $Fe_2O_3$  og Fe.

(b) I prosessen blandes som nevnt jernmalmen med koks. Dessuten tilsettes kalkstein. Hvorfor tilsettes denne? Skriv likninger for reaksjoner der kalsiumforbindelser inngår.

(a)



(b) Reduksjon av jernmalm kjøres som en kontinuerlig prosess. Silikatforurensninger i malmen må derfor omdannes til flytende slagge som kan fjernes fra masovnen.

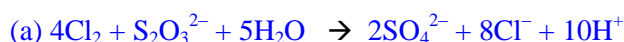


### Oppgave 11 (vekt 1)

Tiosulfat er et miljøvennlig reduksjonsmiddel.

(a) Skriv likning for hva som skjer når klor bobles ned i en vandig løsning av tiosulfat.

(b) Hva skjer når en løsning av  $S_2O_3^{2-}$  surgjøres med overskudd av sterk syre? Skriv likning.



### Oppgave 12 (vekt 1)

Skriv følgende forbindelser i rekkefølge etter økende surhet (avtagende basisitet):

(a) Akvaioner:  $\text{Sn}(\text{H}_2\text{O})_6^{4+}$ ,  $\text{Ge}(\text{H}_2\text{O})_6^{4+}$ ,  $\text{Tl}(\text{H}_2\text{O})_6^+$ ,  $\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$ ,  $\text{Sn}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$

(b) Hydroksider:  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

(c) Oksider:  $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$

(a)  $\text{Tl}(\text{H}_2\text{O})_6^+$ ,  $\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$ ,  $\text{Sn}(\text{H}_2\text{O})_5^{2+}$ ,  $\text{Sn}(\text{H}_2\text{O})_6^{4+}$ ,  $\text{Ge}(\text{H}_2\text{O})_6^{4+}$

(b)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$

(c)  $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$

### Oppgave 13 (vekt 1)

(a) Hvilke forholdsregler bør tas dersom du søler 6M HCl på fingrene?

(b) Nevn to av fire biologisk essensielle kationer som transporteres i kroppen som akvaioner.

(c) I kroppen har vi omtrent 3 g jern bundet i flere viktige forbindelser, ofte proteinbaserte. Angi to slike stoffer.

(a) Man går til vasken og vasker fingrene i vann i 2 til 3 minutter.

(b)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$

(c) Hemoglobin, Cytokrom c, Myoglobin, etc. (bok s. 570 for flere).

### Oppgave 14 (vekt 2)

$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  er gult mens dobbelsaltet  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  er turkis. Begge forbindelser har jern i oktaedrisk koordinasjon.

(a) Hvilke farger absorberer henholdsvis  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  og  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  fra synlig lys?

(b) I hvilket av de to angitte saltene har jern størst oktaedrisk splitting  $\Delta_o$ ? Begrunn svaret.

(c) Et av de to angitte saltene er diamagnetisk. Hvilket? Begrunn svaret.

(d) De angitte saltene dissosierer i vandig løsning. I hvert tilfelle, angi hvilke ioner som dannes.

(e) Hvis du tilsetter base, for eksempel 6M  $\text{NH}_3$ , til vandige løsninger av disse to saltene, hvilken av disse to løsningene vil gi en tydelig reaksjon? Skriv likning.

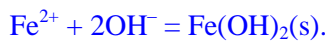
(a)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  absorberer blå farge og  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  absorberer rød farge.

(b) Jern har størst oktaedrisk splitting i  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  fordi blåfarge har en kortere bølgelengde dvs. høyere energi enn rødfarge som absorberes av det andre saltet. Alternativt kan man begrunne dette med den spektrokjemiske rekken hvor cyanidionet er helt på toppen av ligandfeltsplittingsrekken.

(c) For å være diamagnetisk, må alle elektronene være parrede. Begge har  $d^6$  konfigurasjon, så det diamagnetiske stoffet må være det med størst oktaedrisk splitting slik at motsatt spinn fylles inn i  $t_{2g}$  orbitalene før  $e_g$  orbitalene begynner å fylles.  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  er derfor det diamagnetiske saltet.

(d)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  dissosierer i  $\text{K}^+$  kationer og  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  anioner.  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dissosierer i  $\text{NH}_4^+$  kationer,  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$  (eller kortfattet  $\text{Fe}^{2+}$ ) kationer og  $\text{SO}_4^{2-}$  anioner.

(e) De tilsatte hydroksidionene vil reagere med  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$  slik at jern(II)hydroksid felles.



### Oppgave 15 (vekt 1)

(a) Skriv kjemisk navn på følgende kompleksion:  $[\text{PbI}_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ .

(b) Skisser de ulike geometriske isomere for et oktaedrisk kompleks  $\text{MX}_4\text{Y}_2$ .

(a) tetrafluorodiakvaplumbat(II)

(b) cis og trans tegnes her



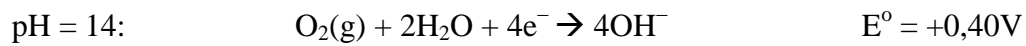
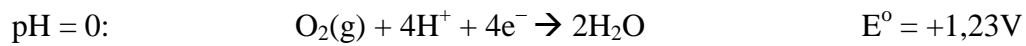
### Formler, konstanter og diagrammer

$$E = E^0 - (RT/nF)\ln([\text{produkter}]/[\text{reaktanter}]) = E^0 - (0,0592/n)\log([\text{produkter}]/[\text{reaktanter}])$$

$$\Delta G = -nFE^0$$

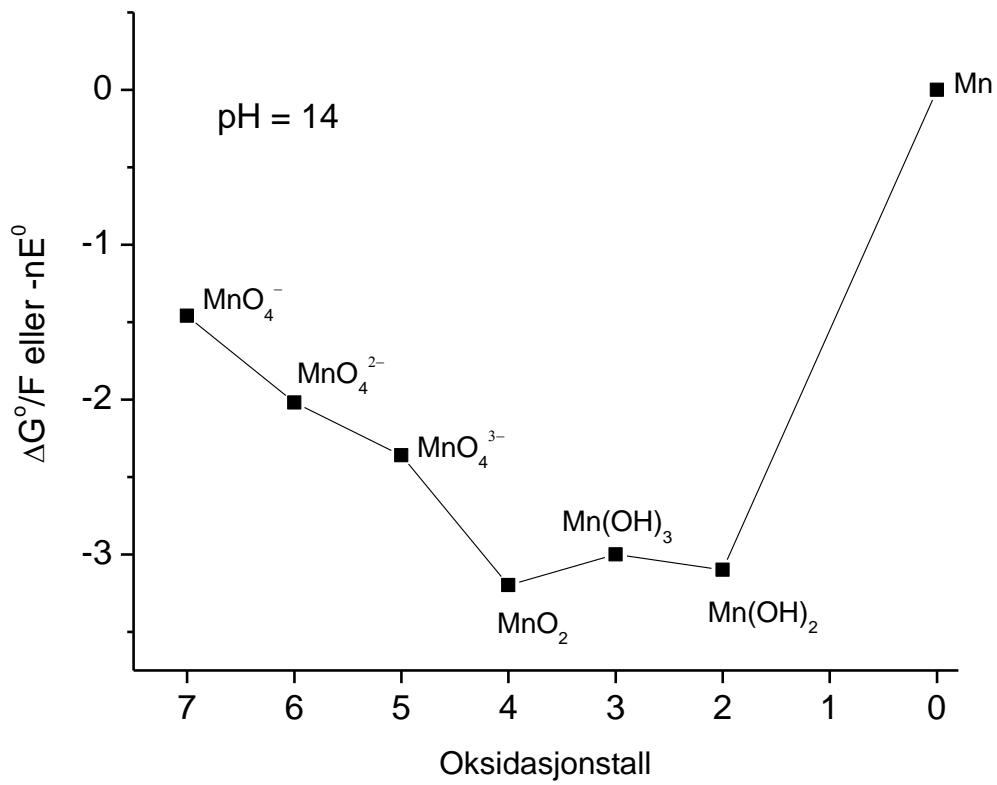
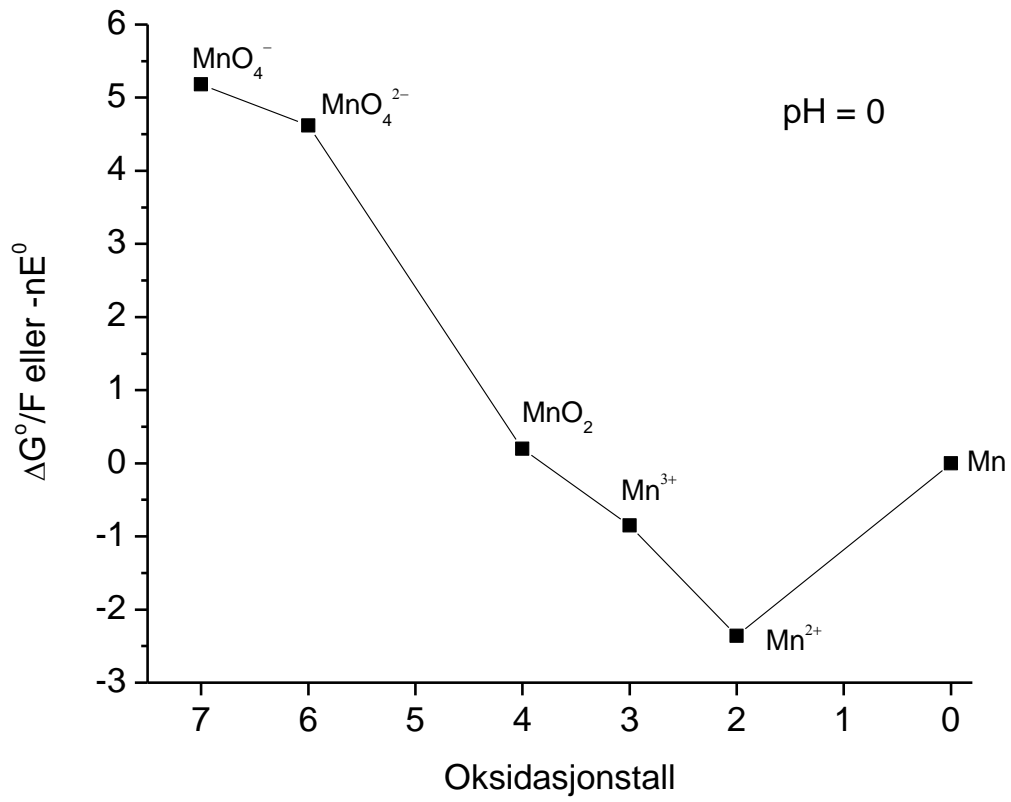
$$R = 8,31446 \text{ J}\times\text{K}^{-1}\times\text{mol}^{-1}$$

$$F = 96485 \text{ C}\times\text{mol}^{-1}$$



	$\text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{MnO}_2$	$\text{Mn}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$	Mn
1M H <sup>+</sup> :	+0,56V	+2,26V	+0,95V	+1,51V	-1,18V	

	$\text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{MnO}_4^{3-}$	$\text{MnO}_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	Mn
1M OH <sup>-</sup> :	+0,56V	+0,34V	+0,84V	-0,2V	+0,1V	-1,55V	



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La <sup>*</sup>	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac <sup>**</sup>	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Uuu	Uub	Uuq					

*		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr