

15. mai 2015

Entalpi:  $H = U + PV$

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V + V\Delta P = q - \cancel{P\Delta V} + \cancel{P\Delta V} + V\Delta P$$

Endoterme ( $\Delta H > 0$ ) og eksoterme ( $\Delta H < 0$ ) rxn:  
 $\Delta U$  og  $\Delta H$  er tilstandsfunksjoner,  $q$  og  $w$  er prosessparametre. Opptreer når det skjer en tilstandsforandring avhengig av prosessen.

Sammenheng mellom  $\Delta H$  og  $\Delta U$ :  $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + \Delta z$

Husk

Hess' lov

Kap 14

Reaksjonskinetikk

Hastighetsloven:  $aA + bB \rightarrow cC + dD$

Reaksjonshastighet:  $r = k[A]^x[B]^y$

$x$  og  $y$  er rxns orden mhp  $A$  og  $B$

Bestemmes via isolasjonsmetoden og startshastighetsmetode

Arrhenius:  $k = A e^{-E_a/RT}$

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln A$$

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Rxn-mekanismer

Serie av elementærtrin som fører til produktene

Det hastighetsbestemmende trinnet er det langsomste trinnet. Mellomprodukter opptreer i rxn-mekanismen, men ikke i totalrxn.

Katalysator

En katalysator opptreer i rxn-mekanismen, men ikke i totalrxn.

# KAP 17

## SYRE-BASE-LIKEVENTER

Svake syrer og baser:  $HA = H^+ + A^-$

Start 0,1 0 0

Likevekt 0,1-x x x

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x^2}{0,1-x}, \quad x = [H^+] = \sqrt{K_a \cdot 0,1}$$

Korresponderende base:  $A^- + H_2O = HA + OH^-$

0,1 0 0

0,1-x x x

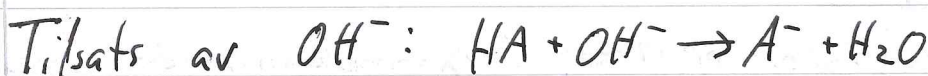
$$K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{x^2}{0,1-x} \Rightarrow x = [OH^-] = \sqrt{K_b \cdot 0,1}$$

$$K_a K_b = [H^+][OH^-] = K_w$$

Bufferløsning: Svak syre og korresponderende base eller svak base og korresponderende syre

Bufferlikningen:  $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$

(Henderson-Hasselbach-likningen)



pH bestemmes av to faktorer:

1) Verdien av  $K_a$ .

2) Forholdet  $\frac{[A^-]}{[HA]}$ .  $[A^-] = [HA] \Rightarrow pH = pK_a$

Valg av buffer: pH er mest effektiv når  $[A^-] = [HA]$ ,  
dvs  $pH = pK_a$ .

KAP 18

## TERMODYNAMIKK

2. lov: Spontane prosesser øker den totale vorden.

Entropi:  $S$  er et mål for vorden.

$$\Delta S_{\text{universet}} > 0$$

$$\Delta G_{\text{system}} < 0 \quad (\Delta G = \Delta H - T\Delta S)$$

3. lov: Entropien for en perfekt krystall er null ved 0K, dvs. entropien  $\Delta$  forbindelse  $> 0$

Boltzmann:  $S = k \ln W$ ,  $W$  = ant. makrotitstander

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q. \quad \text{Likevekt: } \Delta G = 0, \quad Q = K.$$

$$\text{Likevekt: } \Delta G^\circ = -RT \ln K = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \cdot \frac{1}{T} + \frac{\Delta S^\circ}{R}$$

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

## KAP 19

## REDOUSRXN OG ELEKTROKJEMI

Redoksrxn: Atomene forandrer oksidasjonstall

Balansering av redoksrxn:

Elektrokjemi: Omdanning av kjemisk energi til elektrisk energi og omvendt.

Galvanisk celle: Elektrokjemisk celle som leverer strøm.

Brenselcelle: Elektrokjemisk celle som trenger kontinuerlig tilførsel av reaktanter for å fungere.

Elektrisk arbeid:  $W_{el} = -nFE_{celle}$   
 $W_{el} = \Delta G$  }  $\Delta G = -nFE_{celle}$   
 $\Delta G^\circ = -nFE_{celle}^\circ$

Nernst likning:  $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$

$$E_{celle} = E_{celle}^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q, \quad F = 96500 \frac{C}{mol}$$

Ved likevekt:  $\Delta G = 0$ ,  $Q = K$ ,  $\Delta G^\circ = -RT \ln K = -nFE^\circ$

$$\Rightarrow E^\circ = \frac{RT}{nF} \ln K, \quad \ln K = \frac{nFE^\circ}{RT}$$

$$K = e^{\frac{nFE^\circ}{RT}}$$

Elektrolyse, Faradays lov, Korrosjon

KAP 21

## KJERNEM

Symboler for elementærpartikler:  ${}^A_Z X$ ,

A: massetallet (nukleontallet), Z: ant. protoner

Isotop: ~~Alle~~ Atomer med like mange protoner, men ulikt ant. nøytroner.

Balansering av kjernerreaksjoner:

1)  $\Sigma$  massetall konstant

2)  $\Sigma$  ladning konstant

Kjernens bindingsenergi:  $\Delta E = \Delta m c^2$ ,  $E = mc^2$   
 $\Delta m$ : massedefekt

Strålingstyper:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$

Gjennomtrengning:  $\alpha < \beta < \gamma$

$\gamma$ -stråling er kortbølget.

PET:  $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$

1. ordens kinetikk

Radioaktiv datering: C-14:  ${}^{14}_7 N + {}^1_0 n = {}^{14}_6 C + {}^1_1 p$

${}^{14}_6 C \rightarrow {}^{14}_7 N + {}^0_{-1} \beta$ ,  $t_{1/2} = 5730$  år

## KAP 7

### ELEKTRONSTRUKTUR TIL ATOMER

Plancks kvanteteori:  $E = h\nu = hf$ ,  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Einstein, Bohr, de Broglie:  $2\pi r = n\lambda$

Schrödingers bølgelikning:  $\Psi = f(n, l, m_l, m_s)$

Elektronkonfigurasjon: Fordeling av elektroner i ulike orbitale  
boksdiagram

1) Oppbygningsprinsippet: Orbitaler med lavest energi fylles først

2) Pauliprinsippet: To elektroner i et atom kan ikke ha de ~~4~~ 4 kvantetallene samtidig.

Hvert orbital ~~kan~~ har plass til 2 elektroner

3) Hund's regel: Orbitalene med samme energi fylles slik at det blir så mange uparede elektroner som mulig.

M

Paramagnetiske, uparet

Diamagnetisk, parert

## KAP 9

### Kjemisk binding I

Lewisstrukturer: Elektronpar ~~som~~ mellom atomer tegnes som streker, ledige elektronpar som par av prikker.

Elektronegativitet, formell ladning, resonans. (flere mulige Lewisstrukturer).

## KAP 10

### KEMISK BINDING II

VSEPR-modellen: Geometri bestemmes ut fra frastøting mellom bindende og ikke-bindende elektronpar.

1)  $AB_x$  ( $x = 2, 3, 4, 5, 6$ )

2)  $AB_x E_y$

Dipol: Usymmetrisk fordeling av elektroner, dipolmoment  
Hybridisering: Blanding av to eller flere atomorbitale  
for å danne et nytt sett av hybridorbitaler:  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$   
 $\sigma$ -bindinger

Bestrivelse av kjemisk binding:

- 1) Lewis: Elektronparbindinger
- 2) Valensbindingsteori: Overlapp av orbitaler som hver inneholder ett elektron.
- 3) Molekylorbitalteori: Bindende og antibindende orbitaler

Bindende molekylorbital: Lavere energi og større

Bindingsorden:  $\frac{1}{2} (\text{Ant } e^- \text{ i bindende MO} - \text{Ant } e^- \text{ i antibindende MO})$

## KAP 12

### INTERMOLEKYLÆRE KREFTER

- 1) Dipol-dipol
- 2) Ion-dipol
- 3) Dispersjonskrefter
- 4) Hydrogenbindinger

Væskeegenskaper:  $\rho$

- 1) Overflatespenning: Motstand mot å ~~øke~~ øke overflaten
- 2) Viskositet: — — — — — å flyte
- 3) Vanns spesielle egenskaper pga. hydrogenbindinger

Clausius-Clapeyron-ligningen:  $\ln P = -\frac{\Delta H_x}{RT} + C$

P: Damptrykk

T: Temperatur

R: 8.314 J/molK

x: ~~mol~~ ~~sub~~ ~~stet~~ (fordamping, smelting, sublimasjon)

$$\Delta H_{\text{sub}} = \Delta H_{\text{fus}} + \Delta H_{\text{vap}}$$

Fasediagram; trippelpunkt, kritisk punkt

KAP 13

FYSIKALSKE EGENSKAPER TIL LØSNINGER

$$\Delta G_{\text{soln}} = \Delta H_{\text{soln}} - T\Delta S_{\text{soln}}$$

Likt løser likt for  $\Delta S_{\text{sol}}$  stor og positiv

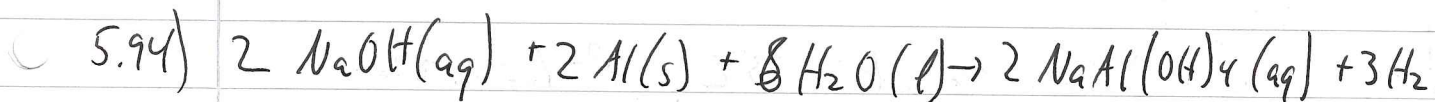
Molaritet (mol/L = M) og molaritet (mol/kg)

Løselighet av gasser: Reduseres med økende temperatur.  
(Henry's lov:  $c = kP$ )

Kolligative egenskaper: Avh. bare av ant. oppløste partikler i løsn, ikke av part. natur

- 1) Damptrykknedsettelse
- 2) Kokepunktsforhøyelse
- 3) Frysepunktsnedsettelse
- 4) Osmotisk trykk





$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}, P = 1.00 \text{ atm}, m_{\text{Al}} = 3.12$

$n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{3.12 \text{ g}}{26.98 \text{ g/mol}} = 0.116 \text{ mol}$

$n_{\text{H}_2} = \frac{3}{2} n_{\text{Al}} = \frac{3}{2} \cdot 0.116 \text{ mol} = 0.174 \text{ mol}$

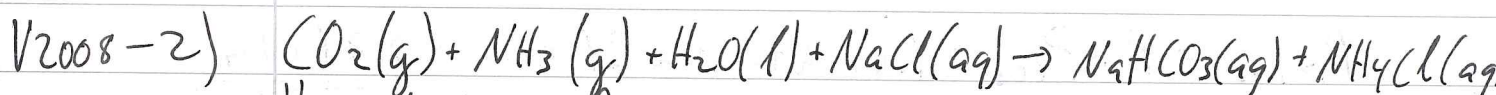
$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{0.0771 \text{ mol} + 0.08206 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}} \times 273 \text{ K}}{1.00 \text{ atm}}$

V2008-1)  $n_{\text{TOTAL}} = n_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_6} + n_{\text{C}_3\text{H}_8} = (8.24 + 0.421 + 0.116) \text{ mol} = 8.78$

$P_{\text{TOTAL}} = 4.00 \text{ atm}$

$X_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{n_{\text{C}_2\text{H}_6}}{n_{\text{TOTAL}}} = \dots = 0.0479$

$P_{\text{C}_2\text{H}_6} = P_{\text{TOTAL}} \times X_{\text{C}_2\text{H}_6} = \dots = \underline{\underline{0.421 \text{ atm}}}$



$V_{\text{CO}_2} = 1000 \text{ L}, P = 1.00 \text{ atm}, T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$

$n_{\text{CO}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1.00 \text{ atm} \times 1000 \text{ L}}{0.08206 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}} \times 298 \text{ K}} = 40.9 \text{ mol}$

$n_{\text{NaHCO}_3} = n_{\text{CO}_2} = 40.9 \text{ mol}, M_{\text{NaHCO}_3} = 84.01 \text{ g/mol}$

$m_{\text{NaHCO}_3} = n_{\text{NaHCO}_3} \times M_{\text{NaHCO}_3} = 40.9 \text{ mol} \times 84.01 \text{ g/mol} = 3436.0$

$= \underline{\underline{3.44 \text{ kg}}}$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta S_{\text{rxn}}^\circ = S_{\text{NaHCO}_3}^\circ + S_{\text{NH}_4\text{Cl}}^\circ - S_{\text{CO}_2}^\circ + S_{\text{NH}_3}^\circ + S_{\text{H}_2\text{O}}^\circ + S_{\text{NaCl}}^\circ = 0$

$\Rightarrow \Delta G < 0 \Leftrightarrow \Delta H < 0 \Rightarrow \text{Rxn m\u00e5 vere spontan for at den skal vere spontan.}$

V2014

1)  $m(\text{CO}_2) = 3.0 \text{ g}$ ,  $V = 0.75 \text{ L}$ ,  $P = 1.00 \text{ atm}$   
 $\text{CO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

Sublimasjon: Direkte faseovergang fra fast stoff til gass.

$$M(\text{CO}_2) = 44.01 \text{ g/mol}, \quad T = 25^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{3.0 \text{ g}}{44.01 \text{ g/mol}} = 0.068 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.068 \text{ mol} \times 0.08206 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}} \times 298.15 \text{ K}}{0.75 \text{ L}} = 2.21 \text{ atm}$$

$$P_{\text{TOTAL}} = P + P_{\text{CO}_2} = 1.00 \text{ atm} + 2.21 \text{ atm} = \underline{3.21 \text{ atm}}$$

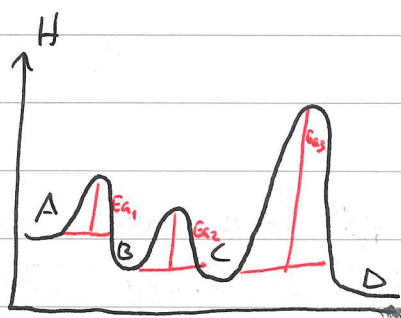
2) Kalorimeter: Et isolert system (lukket system som ikke utveksler masse eller varme med omgivelsene.  
To typer: Konstant volum-kalorimeter, konstant trykk-kalorimeter

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0.100 \text{ mol}, \quad \Delta T = -5.8^\circ\text{C} = -5.8 \text{ K}, \quad m_{\text{løs}} = 108 \text{ g}$$
$$s = 4.184 \text{ J/gK}$$

$$\Delta H_{\text{sys}} + \Delta H_{\text{omg}} = 0 \quad \Delta H_{\text{omg}} = m s \Delta T = 108 \text{ g} \times 4.184 \frac{\text{J}}{\text{gK}} \times (-5.8 \text{ K})$$
$$= -2620.86 \text{ J} = -2.62 \text{ kJ}$$

$$\frac{\Delta H_{\text{e}}}{0.100 \text{ mol}} = \frac{-2.62 \text{ kJ}}{0.100 \text{ mol}} = \underline{\underline{-26.2 \text{ kJ/mol}}}$$

3)

Elementartrinn:  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ Hastighetsbestemmende elementartrinn:  $C \rightarrow D$ 

$$E_{a3} > E_{a2} > E_{a1} \quad E_{a3} = \max(E_{a1}, E_{a2}, E_{a3})$$

Mellomprodukter: B, C

Totalreaksjonen er eksoterm, siden ~~sluttproduktet~~ sluttproduktet D har lavere energinivå enn reaktanten A.

4)

Bufferløsning: En ~~blødd~~ blødd løsning bestående av en svak syre og korresponderende base. Blandingsforholdet ligger innenfor 10:1 og 1:10.

$$[HF] = 0.1 \text{ M}, \quad [NaF] = 0.1 \text{ M}$$

$$K_a = 7.2 \times 10^{-4} \quad pH = pK_a + \log \frac{[NaF]}{[HF]} = -\log(7.2 \times 10^{-4}) + \log \frac{0.1}{0.1} = 3.14$$

[ ]<sub>0</sub> (M)

0.1

0.05

0.1

[ ]<sub>rxn</sub>

0.05

0

0.05

$$pH = pK_a + \log \frac{[F^-]}{[HF]} = -\log(7.2 \times 10^{-4}) + \log \frac{0.15}{0.05} = 3.14 + \log 3 = 3.62$$

5) Termodynamikkens 3 lover:

1)  $H = U + PV$

2) Universets entropi øker ved spontane reaksjoner

3) En perfekt krystalls entropi er 0 ved  $-273.15 \text{ K}$

~~$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$~~

~~$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{omg}}$~~

$\Delta S_{\text{univ}} > 0 \Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{omg}} > 0, \Delta S_{\text{omg}} = -\Delta H_{\text{sys}}/T$

$\Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{omg}} = \Delta S_{\text{sys}} - \Delta H_{\text{sys}}/T > 0$

$\Delta H_{\text{sys}} - T\Delta S_{\text{sys}} < 0$

$\Delta G_{\text{sys}} = \Delta H_{\text{sys}} - T\Delta S_{\text{sys}} < 0$

$S = k \ln W$ ,  $k$  er Boltzmanns konstant.

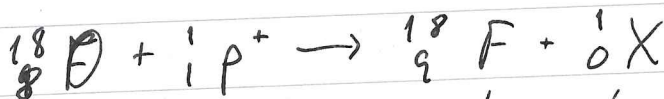
$S$  er entropi

$W$  er antall "micro-states"

$W=1$  når  $T=0 \text{ K} = -273.15^\circ \text{C}$ , så da er  $S=0$ ,

mens  $W > 1$  når  $T > 0 \text{ K} \Rightarrow S > 0$ .

6) Isotoper: Atomer med likt antall protoner (altså samme grunnstoff), men forskjellig antall nøytroner.



Vi ser at  $X$  er et nøytron (Ant. protoner + nøytroner = 1, men ant. protoner = 0).

~~$[A] = [A_0] \ln [F] = \ln [F]_0 - kt \Rightarrow \ln [F] - \ln [F_0] = -kt$~~   
 $\Rightarrow \ln \frac{[F]}{[F_0]}$

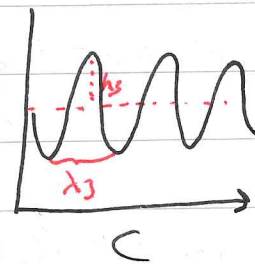
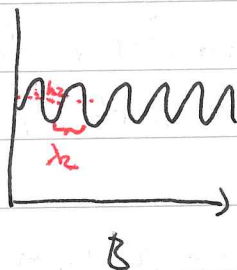
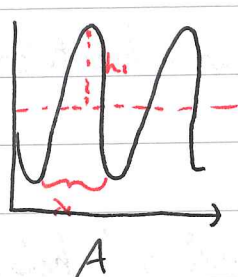
$$[^{18}\text{F}] = \frac{1}{2} [^{18}\text{F}]_0$$

$$\ln [^{18}\text{F}] = \ln [^{18}\text{F}]_0 - kt$$

$$\ln [^{18}\text{F}] - \ln [^{18}\text{F}]_0 = -kt = \ln \frac{[^{18}\text{F}]}{[^{18}\text{F}]_0} = \ln \frac{[^{18}\text{F}]_0/2}{[^{18}\text{F}]_0} = \ln \frac{1}{2} =$$

$$k = \frac{-\ln 2}{-t} = \frac{\ln 2}{t} = \frac{\ln 2}{109 \text{ min}} = \underline{\underline{6.36 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}}}$$

7)



Størst amplitude: A ( $h_1 > h_3 > h_2$ )

Længst bølglængde: C ( $\lambda_3 > \lambda_1 > \lambda_2$ )

Højest frekvens: B ( $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $\frac{c}{\lambda_2} > \frac{c}{\lambda_1} > \frac{c}{\lambda_3}$ )

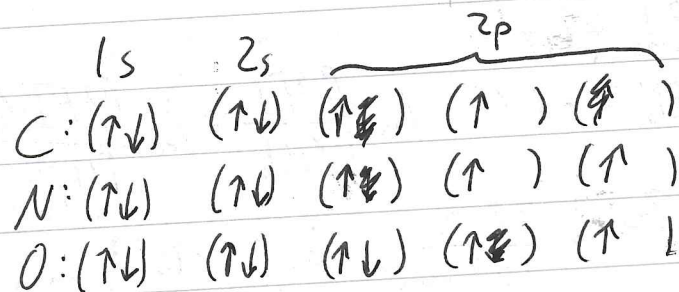
$\gamma$ -stråling: Foton som sendes af elektroner i atomkernen når atomkernen skal kvitte sig med overskudds  $\gamma$ -stråling er en højeenergetisk, elektromagnetisk stråling.

$$E = h\nu \Rightarrow \nu = \frac{E}{h} = \frac{3.4 \times 10^{-13} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 5.13 \times 10^{20} \text{ s}^{-1} = 5.13 \times 10^{20} \text{ Hz}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{5.13 \times 10^{20} \text{ /s}} = 5.85 \times 10^{-13} \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm} \Rightarrow \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 1 \Rightarrow 5.85 \times 10^{-13} \text{ m} \times \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 5.85 \times 10^{-4} \text{ nm}$$

8) Elektronkonfigurasjon for C, N, O ved hjelp av orbitaldiagrammer

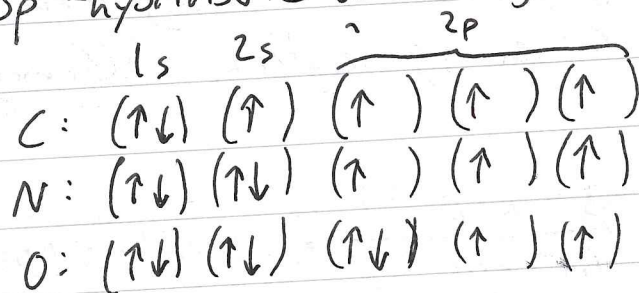


Pauliprinsippet: Dersom det er to elektroner i hvert orbital, har de motsatt spin.

Hunds regel: Elektronene på samme energinivå vil helst være alene i orbitalene sine, og "går" inn i et tomt orbital hvis mulig.

Hybridisering: Blanding av orbitaler i et atom for å generere hybridorbitaler.

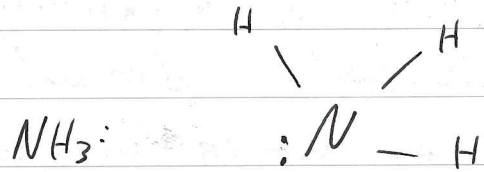
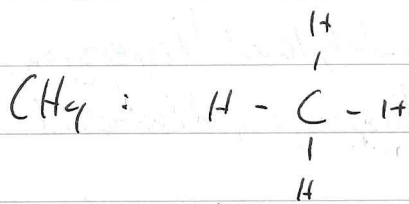
$sp^3$ -hybridiserte orbitaldiagrammer for C, N, O:



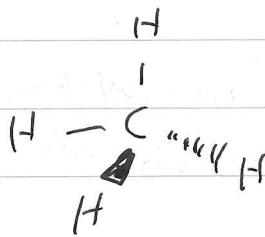
Vi ser at C har 4 uparede elektroner i  $sp^3$ -hybridisert form og bare 2 uparede elektroner i uhybridisert form. Hybridisert C kan altså ha 4 elektronparbindinger, mens uhybridisert C kan ha 2 elektronparbindinger.

9)

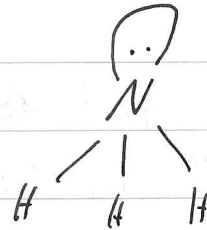
Lewis-strukturer:



VSEPR:



CH<sub>4</sub>



NH<sub>3</sub>



$$\angle(\text{H}-\text{O}-\text{H}) > \angle(\text{H}-\text{N}-\text{H}) > \angle(\text{CH}_4)$$

CH<sub>4</sub>: AX<sub>4</sub>-struktur, alle elektronegative kretter opphever hverandre. Upolar t.

NH<sub>3</sub>: AX<sub>3</sub>E-struktur. Polar t.

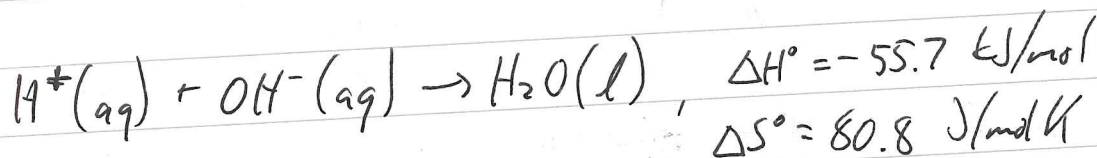
H<sub>2</sub>O: AX<sub>2</sub>E<sub>2</sub>-struktur. Polar t.

10)

Solvatisering (hydratisering).

Intermolekylære krefter mellom vannmolekylene: Dispersjon, dipol-dipol, H-bindinger  
mellom ioner og vannmolekylene: Dispersjon, dipol-dipol, ion-dipol, H-bindinger

11)



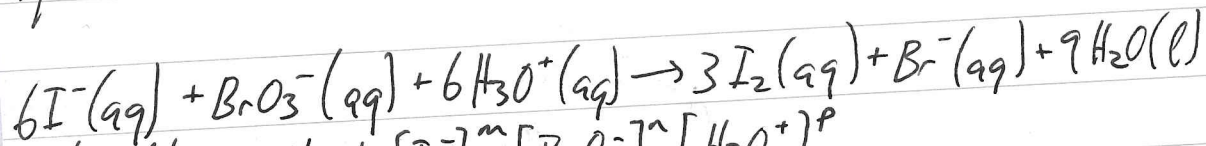
$\Delta S^\circ > 0$  fordi ~~de fleste~~ ion-dipol-kreftene forsvinner når  $\text{H}^+$  og  $\text{OH}^-$  reagerer. De blir det mindre strukturer.

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -55.7 \times 10^3 \text{ J/mol} - 298.15 \text{ K} \times 80.8 \text{ J/mol K}$$

$$= -79.2 \text{ kJ/mol}$$

Spontan fordi  $\Delta G^\circ < 0$ .

11)



Hastighetsloven:  $v = k[\text{I}^-]^m[\text{BrO}_3^-]^n[\text{H}_3\text{O}^+]^p$

Starthastighetsmetoden: Analyse av hastigheter ved starten av rxn.

Løsløsningsmetoden: Alle reaktantenes bidrag til rxn studeres, mens konsentrasjonen til de øvrige reaktantene holdes stabil.

$$E_{a1} = 44 \text{ kJ/mol}$$

$$k_1 = 34 \text{ L}^3/\text{mol}^3\text{s}$$

ukatalysert

$$k_2 = 400 \text{ L}^3/\text{mol}^3\text{s}$$

katalysert

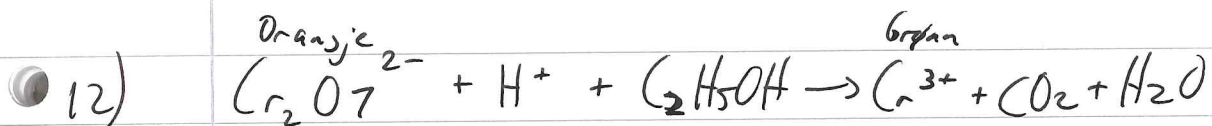
$E_{a2} = ?$

$$\ln k_1 = \ln A - \frac{E_{a1}}{RT}, \quad \ln k_2 = \ln A - \frac{E_{a2}}{RT}$$

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \frac{E_{a2}}{RT} - \frac{E_{a1}}{RT} \Rightarrow E_{a2} = RT \ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) + E_{a1}$$

$$= 8.314 \text{ J/mol K} \times 298 \text{ K} \times \ln\left(\frac{34}{400}\right) + 44 \times 10^3 \text{ J/mol} = 38 \text{ kJ/mol}$$





Fargeforandring: Oransje  $\rightarrow$  Grøn

