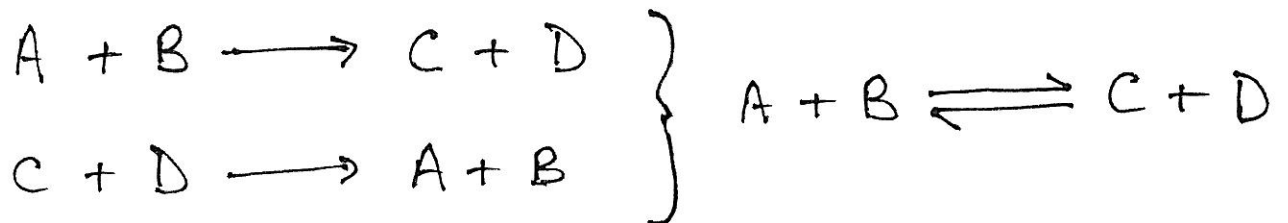


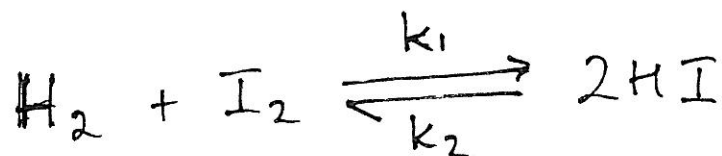
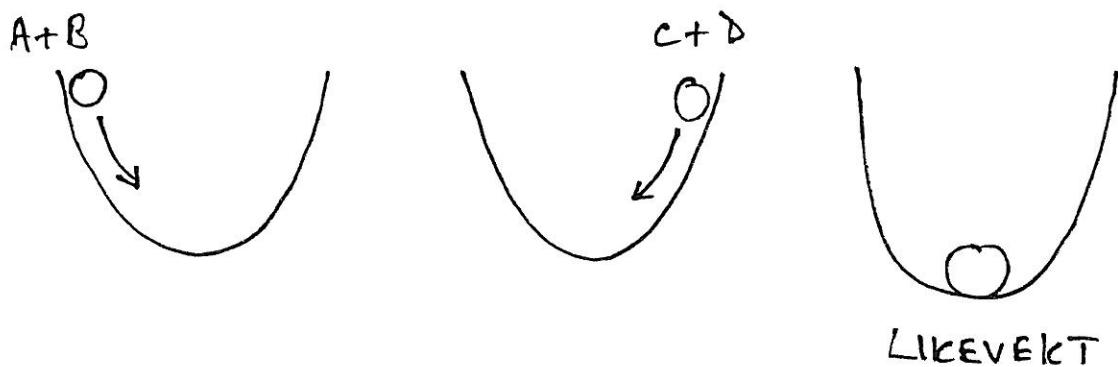
# KAP 7 : KJEMISK LIKEVEKT

Reaksjoner kan gå i begge retninger



Kalles for reversible reaksjoner

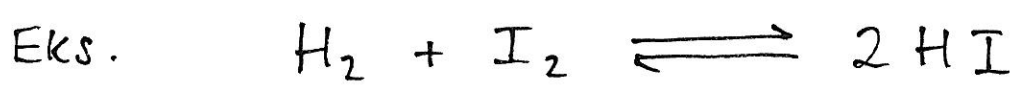
Etter en visst tid vil reaksjonene gå like fort begge veier  $\Rightarrow$  LIKEVEKT



Ved likevekt:  $k_1[H_2][I_2] = k_2[HI][HI]$

$$\text{dvs. } \frac{k_1}{k_2} = K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \leftarrow \text{eksponent} = 2 !$$

↑  
LIKEVEKSTKONSTANTEN



0,1 mol HI tilsatt et tomt kar på 1 liter  
 Ved likevekt, ved  $T_1$ , er det 0,01 mol  $H_2$  i karet.

Hva er  $[HI]$  og  $[I_2]$  ved likevekt?

Ved start		Ved likevekt
0,1 mol HI	$x$ mol HI spaltes →	? mol HI
0 mol $H_2$		0,01 mol $H_2$
0 mol $I_2$		? mol $I_2$

1 mol  $H_2$  + 1 mol  $I_2$  gir 2 mol HI

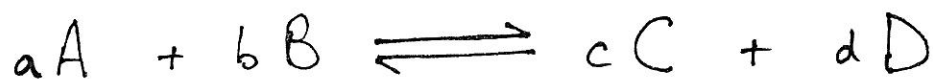
⇒ ved likevekt  $[H_2] = [I_2] = 0,01 \text{ mol/l}$

⇒ mol HI =  $0,1 - (2 \times 0,01) = 0,08 \text{ mol}$

⇒  $[HI] = \underline{0,08 \text{ mol/l}}$

Finne likevekt konstanten ved  $T_1$

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0,08)^2}{0,01 \times 0,01} = \underline{64} \quad (\text{ved } T_1)$$



Guldberg Waages Lov ( massevirkningslov )

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

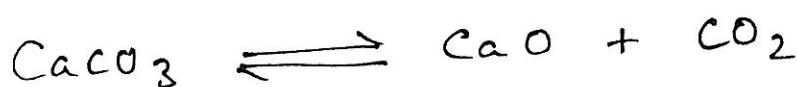
← produktene i telleren

← reagentene i nevneren

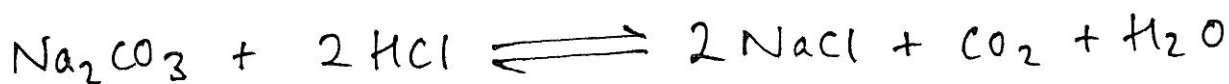
Husk

$$[\text{fast stoff}] = 1$$

$$[H_2O] = 1 \text{ for vannløsninger}$$



$$K = [CO_2]$$



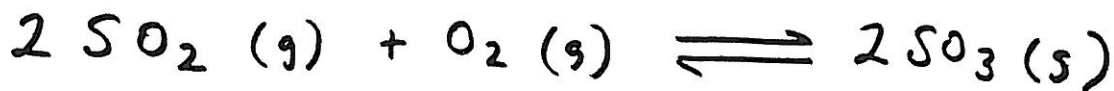
$$K = \frac{[NaCl]^2 [CO_2]}{[HCl]^2 [Na_2CO_3]}$$

$$[CO_2] = \text{partial trykk } P_{CO_2}$$

ikke pensum

Gitt likevekt ligning:

4



- a) Skriv uttrykket for likevektskonstanten
- b) Vi slipper  $\text{SO}_3$  inn i en tom beholder, volum 1 liter  
Ved likevekt er det 0.1 mol  $\text{O}_2$  i karet.  
Hvor mye  $\text{SO}_3$  ble ført inn i beholderen?  
 $K = 100$  for temperaturen i experimentet.

SVAR

a) 
$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}$$

b)	Ved start		Ved likevekt
	0 mol $\text{SO}_2$	$\xrightarrow{\text{0.1 mol O}_2 \text{ blir dannet.}}$	? mol $\text{SO}_2$
	0 mol $\text{O}_2$		0.1 mol $\text{O}_2$
	x mol $\text{SO}_3$		? mol $\text{SO}_3$
		V = 1 liter	

fra ligningen, ved likevekt  $[\text{SO}_2] = 2 \cdot [\text{O}_2] = 0.2 \text{ mol/l}$

For å få dannet 0.1 mol  $\text{O}_2$  må 0.2 mol  $\text{SO}_3$  ha blitt spaltet

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}$$

$$\Rightarrow [\text{SO}_3] = (x - 0.2) \text{ mol/l}$$

$$\Rightarrow 100 = \frac{(x - 0.2)^2}{(0.2)^2 (0.1)}$$

$$\Rightarrow (x - 0.2)^2 = (0.2)^2 (0.1) \cdot 100 = 0.4$$

$$x = \sqrt{0.4} + 0.2 = \underline{\underline{0.83}} \text{ mol SO}_3 \text{ i karet}$$

- c) Analyser viser ved likevekt at beholderen inneholder like mange mol  $\text{SO}_2$  og  $\text{SO}_3$ . Hva er konsentrasjonen av  $\text{O}_2$  i blandingen?

Svar

$$[\text{SO}_2] = [\text{SO}_3]$$

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}$$

$$\Rightarrow K = \frac{1}{[\text{O}_2]} = 100 \quad \text{ved } T_1$$

$$\Rightarrow [\text{O}_2] = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mol/l}$$



$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

Vi blander  $\text{N}_2$  og  $\text{H}_2$  i forholdet 1 : 3  
i et kar med volum 1 liter

Ved  $T = 300^\circ\text{C}$ , er det 0.15 mol  $\text{NH}_3$  i  
likevekts blanding.  $K = 20$  ved  $300^\circ\text{C}$

Hva er  $[\text{N}_2]$  og  $[\text{H}_2]$  ved likevekt?

SVAR

	Ved start		ved likevekt
	n mol $\text{N}_2$		? mol $\text{N}_2$
	3n mol $\text{H}_2$	$\xrightarrow{0.15 \text{ mol } \text{NH}_3 \text{ blir dannet}}$	? mol $\text{H}_2$
	0 mol $\text{NH}_3$	(V = 1 liter)	0.15 mol $\text{NH}_3$

For å lage 0.15 mol  $\text{NH}_3$  må vi ha brukt 0.075 mol  $\text{N}_2$   
for å lage 0.15 mol  $\text{NH}_3$  må vi ha brukt  $0.075 \times 3$   
 $= 0.225$  mol  $\text{H}_2$

$$\Rightarrow \text{Ved likevekt } [\text{N}_2] = (n - 0.075) \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2] = (3n - 0.225) \text{ mol/l}$$

$$\Rightarrow K = 20 = \frac{(0.15)^2}{(n - 0.075) \cdot (3n - 0.225)^3}$$

$$\Rightarrow (n - 0.075)(n - 0.075)^3 \cdot 3^3 = \frac{0.15^2}{20}$$

$$\Rightarrow n = \sqrt[4]{\frac{0.15^2}{20 \cdot 3^3}} + 0.075 = \underline{0.155}$$

Husk:

Vol = 1 liter

$\Rightarrow$  Doesn't get  
written in K  
equation

Det ble ført inn  $0.155 \text{ mol N}_2$  og  $0.465 \text{ mol H}_2$

Ved likevekt:  $[\text{NH}_3] = 0.15 \text{ mol/l}$

$$[\text{N}_2] = 0.155 - 0.075 = 0.08 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2] = 3 \times 0.08 = 0.24 \text{ mol/l}$$

Masseprosent  $\text{NH}_3$  ved likevekt ?

$$\begin{aligned} \text{Totale massen} &= \text{Mass}_{\text{NH}_3} + \text{Mass}_{\text{N}_2} + \text{Mass}_{\text{H}_2} \\ &= (0.15 \times 17) + (0.08 \times 28) + (0.24 \times 2) \\ &= 5.27 \text{ g/l} \end{aligned}$$

Av dette er  $0.15 \times 17 \text{ g NH}_3$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Masseprosent NH}_3 &= \frac{0.15 \times 17}{5.27} \times 100 \\ &= \underline{\underline{48}} \end{aligned}$$

Kontroll

$$\begin{aligned} K &= \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{0.15^2}{0.08 \times 0.24^3} \\ &= 20.03 \end{aligned}$$

og  $K$  var gitt som 20 !

Noen ganger får du:  $ax^2 + bx + c = 0$

$$\Rightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{eller bruk kalkulator}$$

Løsning for annengradslikning

Hvor ligger likevekten?



$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

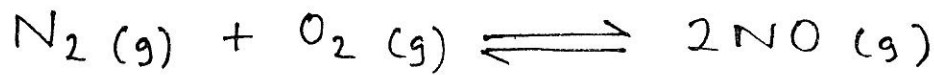
$K \ll 1$  reaksjonen mest til venstre

$K \gg 1$  reaksjonen mest til høyre

$K = 0,1 - 10$  mye av alle stoffene



Eks



$$K = 1,32 \times 10^{-4} \text{ ved } 1500^\circ \text{C}$$

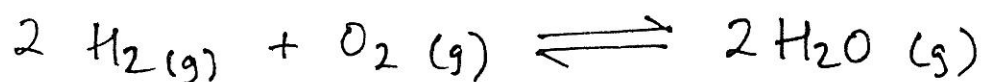
$$= \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

Siden  $K \ll 1$  må telleren være liten og nevneren stor

$\Rightarrow$   $[\text{NO}]$  er liten i forhold til  $[\text{O}_2]$  og  $[\text{N}_2]$

$\Rightarrow$  Likevekten er forskjøvet mot venstre

Eks



$$K = 2,0 \times 10^{81}$$

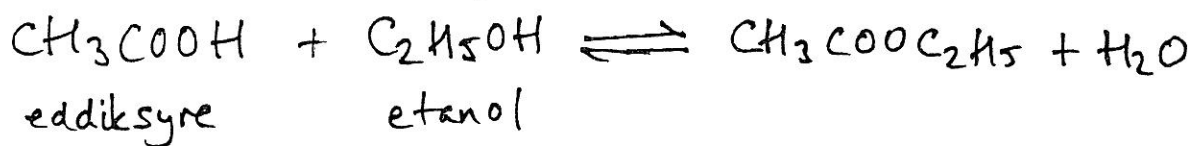
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2]^2 [\text{O}_2]}$$

← telleren stor  
← nevneren liten  
nesten 0

$\Rightarrow$  Likevekten er fullstendig

forskjøvet over til høyre

Eks



$$K = 4 \text{ ved } 25^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

Telleren og nevneren må være i samme størrelsesorden

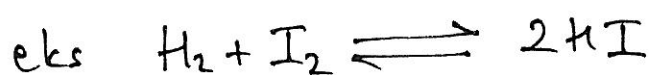
Eks.  $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] = [\text{H}_2\text{O}] = 2/3$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = 1/3$$


---

Er systemet i likevekt?

1. Beregn konsentrasjoner av alle komponenter
2. Finn Q - beregnes på samme måte som K



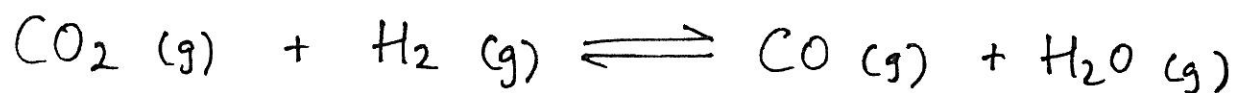
$$Q = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

3. Vurder Q vs K

$Q = K$       Likevekt

$Q < K$       Reaksjonen for mye til venstre

$Q > K$       Reaksjonen for mye til høyre



Vi har 0,02 mol CO

0,02 mol H<sub>2</sub>O

0,2 mol CO<sub>2</sub>

0,2 mol H<sub>2</sub>

ved 600°C

$$K = 0,043$$

- Er systemet i likevekt?
- Vil reaksjonen gå mot høyre eller venstre?
- Finn likevekstkonsentrasjonene, gitt at Vol = 1 liter

SVAR

$$\begin{aligned} \text{a) } Q &= \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]} = \frac{(0,02/\text{V}) \times (0,02/\text{V})}{(0,2/\text{V}) \times (0,2/\text{V})} \\ &= 0,01 \end{aligned}$$

$Q \neq K$  Systemet er ikke i likevekt

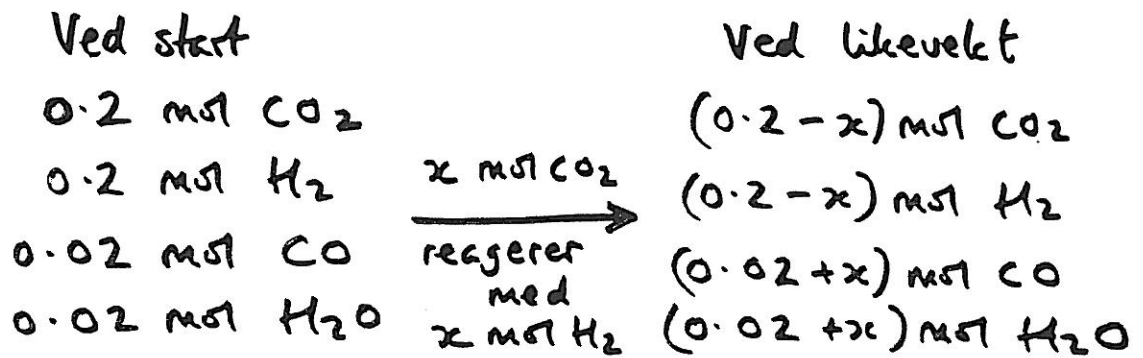
b)  $Q < K \Rightarrow$  For lite CO og H<sub>2</sub>O

$\Rightarrow$  Reaksjonen vil gå mot høyre

Derfor:

12

c)  $x$  mol CO må ha blitt dannet for å oppnå likevekt



Ved likevekt

$$K = 0.043 = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$$
$$= \frac{(0.02 + x)(0.02 + x)}{(0.2 - x)(0.2 - x)}$$
$$= \frac{(0.02 + x)^2}{(0.2 - x)^2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{0.043} = \frac{0.02 + x}{0.2 - x}$$

$$\Rightarrow (0.2 \times \sqrt{0.043}) - x\sqrt{0.043} = 0.02 + x$$

$$\Rightarrow x = \frac{0.2 \times \sqrt{0.043} - 0.02}{1 + \sqrt{0.043}} = \underline{\underline{0.018}}$$

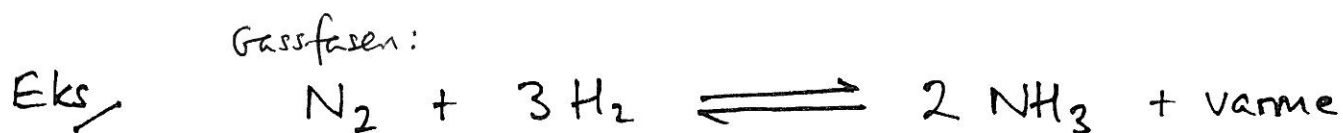
$$\Rightarrow \text{Ved likevekt } [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0.2 - 0.018$$
$$= 0.182 \text{ mol/l}$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0.02 + 0.018$$
$$= 0.038 \text{ mol/l}$$

Kontroll:  $\frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]} = \frac{0.038 \times 0.038}{0.182 \times 0.182} = \underline{\underline{0.044}}$

## Le Chatelier's Prinsipp

Et system i likevekt utsatt for en forandring vil flytte i den retning som virker mot forandringen

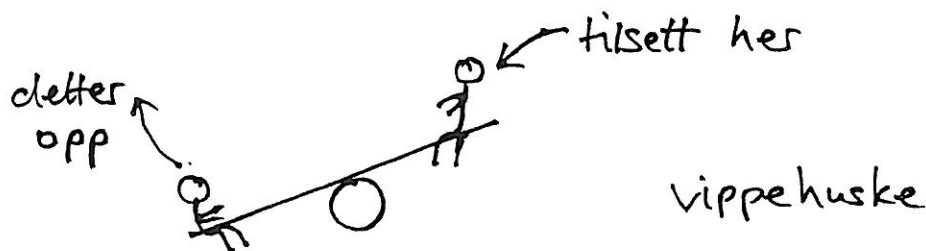


$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

Ved likevekt:

Tilsett mer  $\text{NH}_3$  - reaksjonen går mot ~~høyre~~ <sup>venstre</sup>

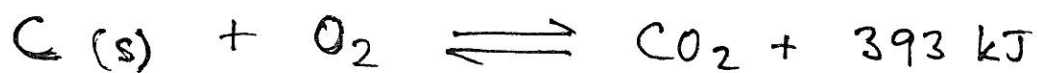
Fjern  $\text{NH}_3$  - reaksjonen går mot ~~venstre~~ høyre



Øk trykket: 4 molekylar til venstre blir til 2 molekylar

⇒ Reaksjonen går mot høyre

Øk temperaturen: Reaksjonen går i den kaldere retningen, mot venstre.



Øker andelen av  $\text{CO}_2$  med økende  $T$  og  $P$

SVAR

Øk  $T$  — reaksjonen motvirker dette, går mot venstre

Øk  $P$  — ingen påvirkning

— like mange gass molekyler på begge sider

## KATALYSATOR

Det får en reaksjon til å gå hurtigere uten at stoffet selv blir brukt opp

Men en katalysator endrer ikke likevekten

Eksempler

Industri —  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , polyetylen osv.

Kroppen — Enzymer

Miljø — KFKer bryter ned ozonlaget  
katalytisk