

Kaflí 15

Efnajafnvægi

Hvað er efnajafnvægi?

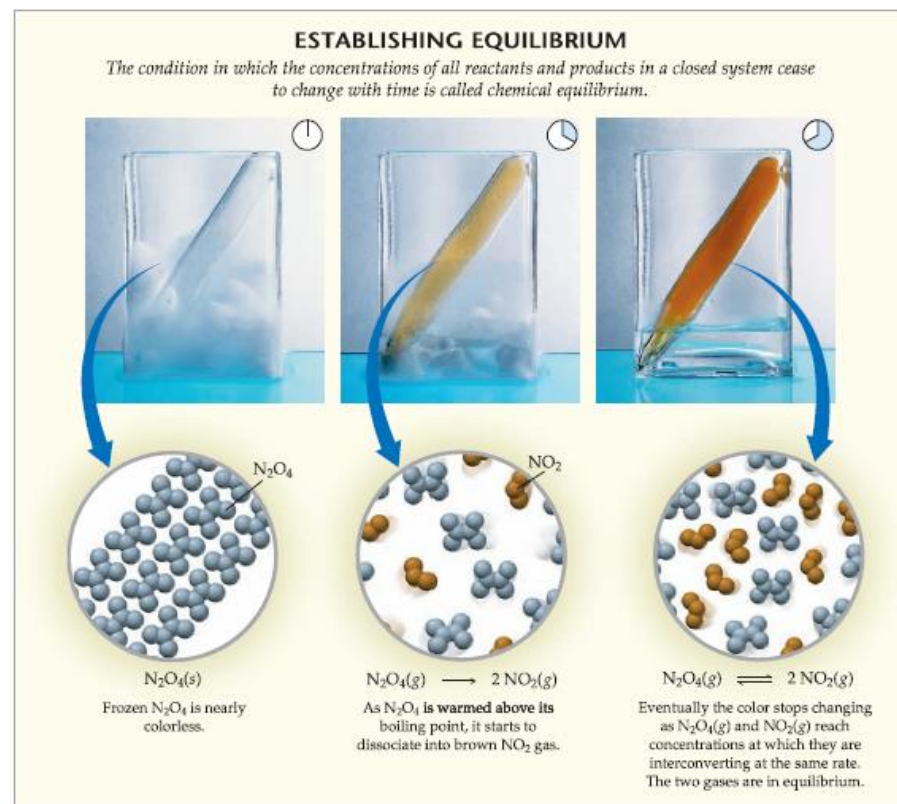
- ▶ Efnajafnvægi er eins öll önnur jafnvægi
- ▶ Við vitum að flestir efna og lífferlar eru stöðugt að og að reyna að halda innra jafnvægi.
 - ▶ Blóðflæði
 - ▶ Eðlisfræðilegt jafnvægi
 - ▶ Vistfræði og samfélags jafnvægi.
- ▶ Efnahvörf virka alveg eins.
 - ▶ Sum ganga bara í eina átt (hvarfefni -> myndefni)
 - ▶ Önnur geta gengið í báðar áttir (hvarfefni <-> myndefni) og leita að jafnvægi á milli.
 - ▶ Önnur eru partur af heild og aðeins eitt af mörgum hvörfum sem gerast saman.

15.1 : Efnajafnvægi

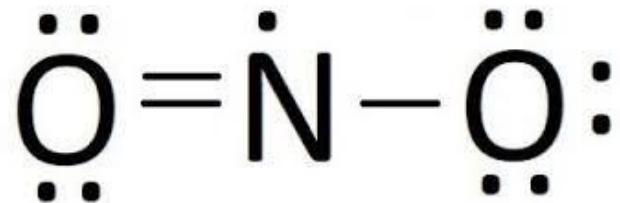
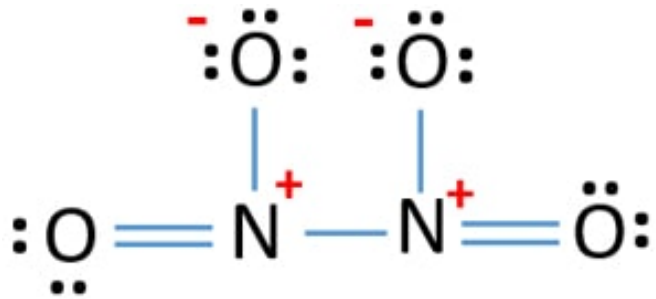
- ▶ Efnajafnvægi er þegar hvarf gengur jafn hratt í báðar áttir.
- ▶ Gefum okkur hvarfið $A + B \rightleftharpoons C + D$
 - ▶ Þá getum við horft á það sem tvö hvörf:
 - ▶ $A + B \rightarrow C + D$
 - ▶ $C + D \rightarrow A + B$
 - ▶ Þessi hvörf gerast jafn hratt og því virðist fyrir okkur að ekkert sé að gerast þegar í raun eru hvörfin á fullu fram og til baka.
 - ▶ Ekkert ósvipað því að við sjáum ekki hreyfingar sameinda.

Meira um efnajafnvægi

- Skoðum N_2O_4 á föstu formi sem er litlaust.
- Bræðslumark N_2O_4 er $21,2^\circ\text{C}$ og við hitum byrjar það að brotna niður í N_2O_4 á gasformi
- N_2O_4 brotnar síðan niður í NO_2 auðveldlega og til baka
 - Enda N og O bæði mjög rafeindafrek atóm!
- Lokað kerfi þýðir að ekkert kemst út svo að jafnvægi næst á endanum.



Skoðum NO₂ og N₂O₄ nánar



- ▶ Skoðum Lewis myndir sameindanna.
- ▶ Sjáum að þær eru ekkert sérstaklega stöðugar
 - ▶ Sem lætur það meika sense að þær séu að flakka fram og til baka á milli
- ▶ Skrifum hvarfið sem :
- ▶ $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{2(g)}$
- ▶ Bókin sýnir efnajafnvægi með því að tala um hvarfhraða á bls 613 en við förum ekki í það fyrr en í vor! Ekki láta það trufla ykkur

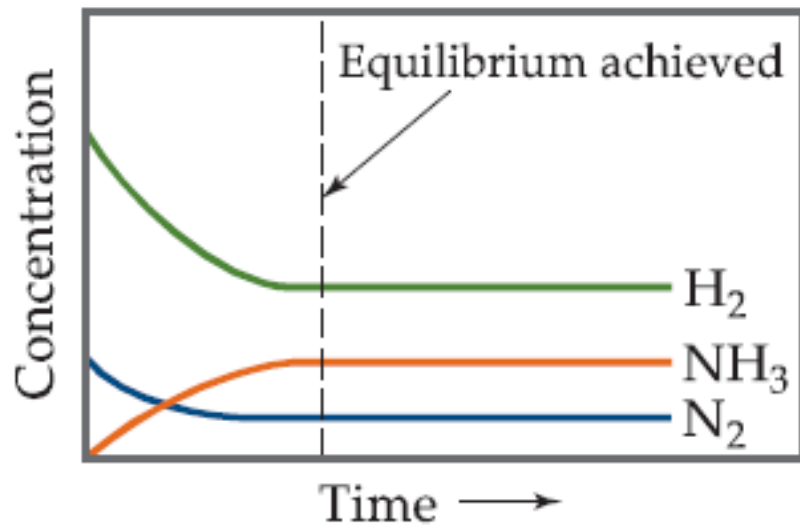
Lykilatriði efnajafnvægis

- ▶ Við efnjafnvægi breytast mólstyrkir hvarfefna og myndefna ekki með tíma. Mólstyrkirnir eru stöðugir því að efnajafnvægið fer jafn hratt í báðar áttir.
- ▶ Til að efnajafnvægi geti átt sér stað verður það að gerast í lokuðu kerfi þannig að ekki nái að flýja úr kerfinu.
- ▶ Við jafnvægi er hlutfall mólstyrks fasti.

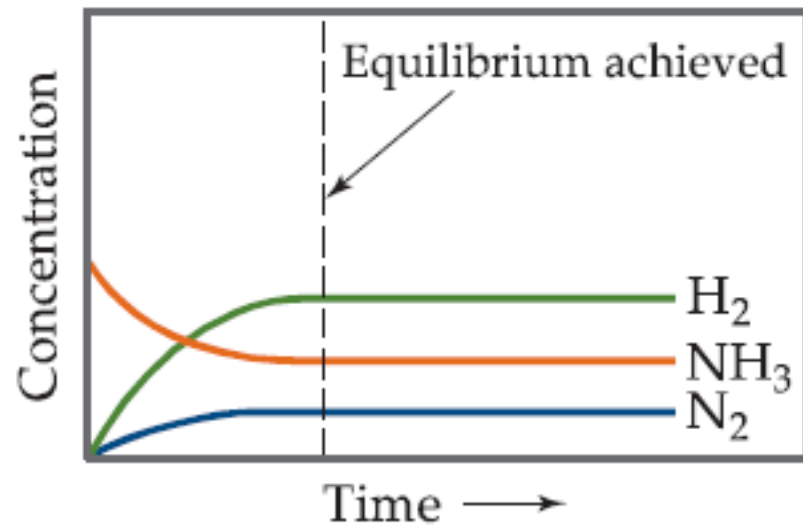


15:2 Haber ferlið og jafnvægisfastinn K

- ▶ Jafnvægi er náð sama hvort við byrjum frá hvarfefnum eða myndefnum.
 - ▶ Einnig óháð því hversu flókin eða hversu mörg hvarfefnin/myndefnin eru.
- ▶ Skoðum eitt þekktasta dæmið um efnajafnvægi.
- ▶ Haber ferlið :
 - ▶ $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$
 - ▶ Kennt við Fritz Haber, þýskan efnafræðing
 - ▶ Alveg óháð því hvort við byrjum með Nitur og Vetni eða ammoníu þá munu hvörfin ná jafnvægi (sjá næstu glæru)
 - ▶ Ótrúlega mikilvægt uppgötvun í sögulegu samhengi.



(a)



(b)

Jafnvægisfastinn

- ▶ Gefum okkur að við séum með efnahvarfið :
 - ▶ $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$
- ▶ Eitt að lykilatriðum efnafræðinnar er það að massinn sé hinn sami hjá hvarfefnum og myndefnum.
 - ▶ Sem þýðir að ekkert nýtt sé að koma inn eða neitt að eyðast upp.
- ▶ Ef það er rétt (sem það er) þá getum við sett upp massalögmálið :
- ▶ $K_c = \frac{[C]^c * [D]^d}{[A]^a * [B]^b}$, þar sem K_c er fasti og c stendur fyrir mólstyrk.
- ▶ Sem sagt.. Það er fast hlutfall á milli mynd- og hvarfefnanna.

Jafnvægislíkingin

- ▶ Þetta köllum við jafnvægislíkinguna.
- ▶ Hún er sett upp fyrir efnajafnvægi og er alltaf Myndefnin deilt með hvarfefnunum!

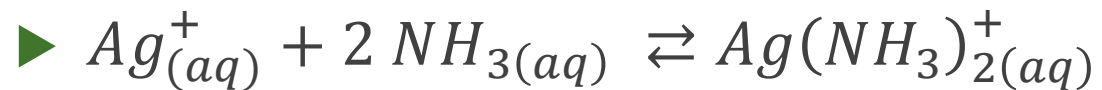
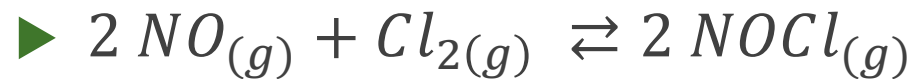
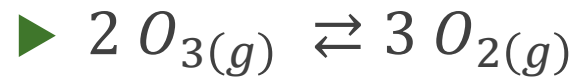
$$\text{▶ } K_c = \frac{\text{Myndefni}}{\text{Hvarfefni}} = \frac{[\text{mólstyrkur}]^{\text{stuðull}}}{[\text{mólstyrkur}]^{\text{stuðull}}}$$

Jafnvægislíking Haber ferlisins

- ▶ Haber ferlið er :
- ▶ $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$
- ▶ Skoðum jafnvægislíkinguna fyrir hvarfið :
- ▶ $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] * [\text{H}_2]^3}$
- ▶ Lykilatriði :
 - ▶ Getum bara skrifað jafnvægislíkingu fyrir rétt stilltar jöfnur.
 - ▶ Jafnvægislíkingin er bara háð hlutfallinu á milli efnanna en ekki hraða, flækjustigi, skrefum eða ytri þáttum.
 - ▶ Bara háð hitastigi (skoðum það seinna í kaflanum)

Sýnidæmi 15.1

► Skrifum jafnvægislíkinguna fyrir eftirfarandi efnahvörf :



Sýnidæmi 15.1 - lausn

$$\blacktriangleright K_c = \frac{[O_2]^3}{[O_3]^2}$$

$$\blacktriangleright K_c = \frac{[NOCl]^2}{[NO]^2[Cl_2]}$$

$$\blacktriangleright K_c = \frac{[Ag(NH_3)_2^+]}{[Ag^+][NH_3]^2}$$

Metum K_c

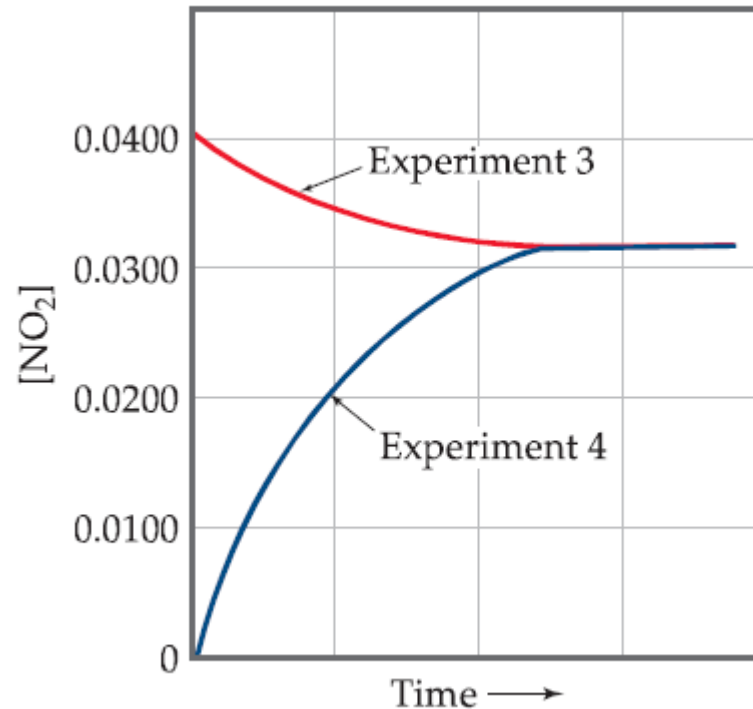
- ▶ Við vitum að hornklofinn táknar mólstyrk (mól / L)
 - ▶ Sem var hægt að reikna samkvæmt $C = n/V$
- ▶ Getum bara sett mólstyrkina inn í jafnvægislíkinguna og fundið stærð fastans.
- ▶ Fyrir hvarfið :
- ▶ $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$ er jafnvægislíkingin $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$
 - ▶ Gefum okkur styrki : $[NO_2] = 0,0172 \text{ M}$ og $[N_2O_4] = 0,00140 \text{ M}$
 - ▶ Setjum beint í líkinguna : $K_c = \frac{(0,0172)^2}{0,00140} = 0,211$

TABLE 15.1 ■ Initial and Equilibrium Concentrations of N_2O_4 and NO_2 in the Gas Phase at 100 °C

Experiment	Initial $[\text{N}_2\text{O}_4]$ (M)	Initial $[\text{NO}_2]$ (M)	Equilibrium $[\text{N}_2\text{O}_4]$ (M)	Equilibrium $[\text{NO}_2]$ (M)	K_c
1	0.0	0.0200	0.00140	0.0172	0.211
2	0.0	0.0300	0.00280	0.0243	0.211
3	0.0	0.0400	0.00452	0.0310	0.213
4	0.0200	0.0	0.00452	0.0310	0.213

Skoðum mælingar 3 og 4 nánar

- ▶ Sjáum á glærunni á undan að upphafsstyrkirnir skipta ekki máli heldur nær hvarfið alltaf jafnvægi
- ▶ Fastinn K_c er alltaf sá sami
 - ▶ Smá munur er eðlilegur, þetta eru ferlar sem innihalda óheyrrilegan földa atóma/sameinda svo smá skekkja er bara eðlileg.
- ▶ Jafnvægið er óháð mólstyrkjum
 - ▶ Bara háð hita og því að kerfið sé lokað svo jafnvægi geti komist á



Jafnvægisfastinn m.t.t. þrýstings K_p

- ▶ Við getum ekki bara skrifað upp jafnvægislíkingar fyrir efnahvörf lausna heldur einnig jafnvægi þar sem hvarfefnin og myndefnin eru gastegundir.
- ▶ Við getum þá reiknað jafnvægisfastann m.t.t. Þrýstings í staðinn fyrir mólstyrk.
- ▶
$$K_p = \frac{(P_C)^c * (P_D)^d}{(P_A)^a * (P_B)^b}$$
- ▶ P_A er þá hlutþrýstingur gastegundarinnar A
- ▶ Vitum líka að heildarþrýstingurinn væri þá :
- ▶
$$P = P_A + P_B + P_C + P_D$$
- ▶ K_p og K_c er því ekki sami hluturinn !!

Skoðum muninn á K_p og K_c

- ▶ K_c er jafnvægisfastinn reiknaður m.t.t. Mólstyrk lausna
- ▶ K_p er jafnvægisfastinn reiknaður m.t.t. Hlutþrýstings gastegunda
- ▶ Það er samt samband á milli þeirra sem við ætlum að skoða:
- ▶ Skoðum kjörgasjöfnuna :
- ▶ $PV = nRT$ sem við umritum yfir í $P = \frac{n}{V} * RT$
- ▶ Spottum að n/V er mól deilt með rúmmálinu V sem er skilgreining mólstyrks.
- ▶ Getum þá umritað : $P = [x] * RT$ og ef við setjum það í jöfnuna
 - ▶ $K_p = K_c * (RT)^{\Delta n}$

Skoðum þessa jöfnu nánar

- ▶ $K_p = K_c * (RT)^{\Delta n}$
- ▶ Þar sem K_p er jafnvægisfastinn m.t.t þrýstings
- ▶ K_c er jafnvægisfastinn m.t.t mólstyrks
- ▶ R er gasfastinn $0,08206 \text{ L} * \text{atm} / \text{mól} * \text{K}$
- ▶ T er hitastigið í Kelvin en jafnvægi breytist með hita.
- ▶ $\Delta n = (\text{fjöldi móla myndefna} - \text{fjölda móla hvarfefna})$
 - ▶ Sem þýður að í dæminu okkar með $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$ væri $\Delta n = 2 - 1 = 1$

Sýnidæmi 15.2

- ▶ Fyrir Haber ferlið við 300°C er $K_c = 9,6$
 - ▶ Hvert er gildi K_p við sama hitastig?
- ▶ Lausn :
- ▶ Þekkjum núna Haber ferlið : $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$
- ▶ Setjum inn í nýju jöfnuna:
- ▶ $K_p = K_c * (RT)^{\Delta n}$
- ▶ $K_p = 9,6 * \left(0,08206 \frac{\text{L*atm}}{\text{mól *K}} * (300 + 273,15) \right)^{(2 \text{ mól myndefni} - 4 \text{ mól hvarfefni} = -2)}$
- ▶ $K_p = 4,34 * 10^{-3}$

Eining jafnvægisfastans

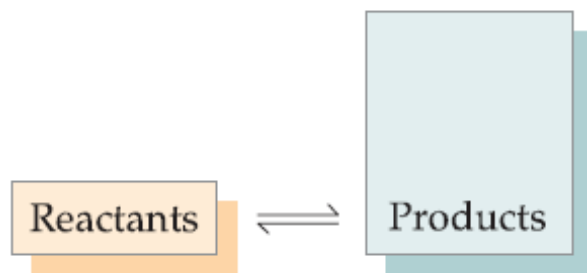
- ▶ Jafnvægisfastar eru mælikvarðar á virkni en ekki á fasta stærð.
- ▶ Þar sem virkni er í raun og veru hlutfall þá núllast allar einingar út.
- ▶ T.d. Ef við viljum skoða virkni 0,001 M lausn miðað við 1,0 M lausn.
 - ▶ $\text{virkni} = \frac{0,001\text{ M}}{1,0\text{ M}} = 0,001$ sem er *einingalaust*!
- ▶ Því eru allir jafnvægisfastar einingalausir
 - ▶ Skoðum þetta nánar í kafla 14 í vor.

15.3 Jafnvægisfastar skoðaðir nánar

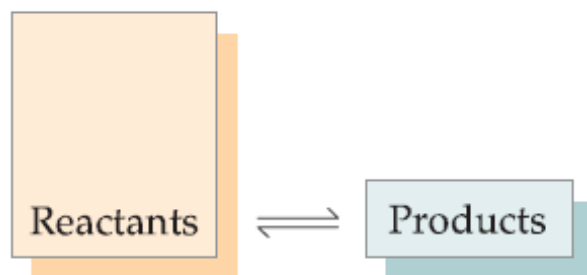
- ▶ Stærð jafnvægisfastans skiptir gríðarlega miklu máli og segir okkur heilmikið.
 - ▶ Lykilatriði fyrir allan veturinn!
- ▶ Stærð jafnvægisfastans er háð mólstyrkjum/hlutþrýstingi
 - ▶ Segir því til um hlutfall efnasambandanna við jafnvægi.
- ▶ Skoðum hvarfið:
- ▶ $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ sem hefur jafnvægislíkinguna $K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$
- ▶ Við 100°C er jafnvægisfastinn fyrir hvarfið $K_c = 4,56 \cdot 10^9$
 - ▶ Sem er ótrúlega stór tala og segir okkur að mólstyrkur $COCl_2$ er margfalt hærri en styrkir CO og Cl_2 þó þeir séu margfaldaðir saman.

Stærð jafnvægisfasta

- ▶ Þó að hvarf sé í jafnvægi þá getur það verið í jafnvægi þannig að önnur hliðin á efnahvarfinu er mun virkari en hin.
 - ▶ Þegar $K \gg 1$ (K er mjög stór tala)
 - ▶ Þá tölum við um að jafnvægið liggi til hægri $\rightarrow$ og meira er að myndast af myndefnunum. Þetta meikar sense því að í jafnvægislíkingunni eru mólstyrkir myndefna fyrir ofan strik.
- ▶ Þegar $K \ll 1$ (K er mjög lítil tala)
- ▶ Þá segjum við að jafnvægið liggi til vinstri í átt að hvarfefnunum $\leftarrow$ og meira er að myndast af hvarfefnunum. Þetta meikar líka sense því að mólstyrki þeirra eru fyrir neðan strik í jafnvægislíkingunni svo að hátt gildi þar skilar sér í lágu gildi á K .



(a) $K \gg 1$

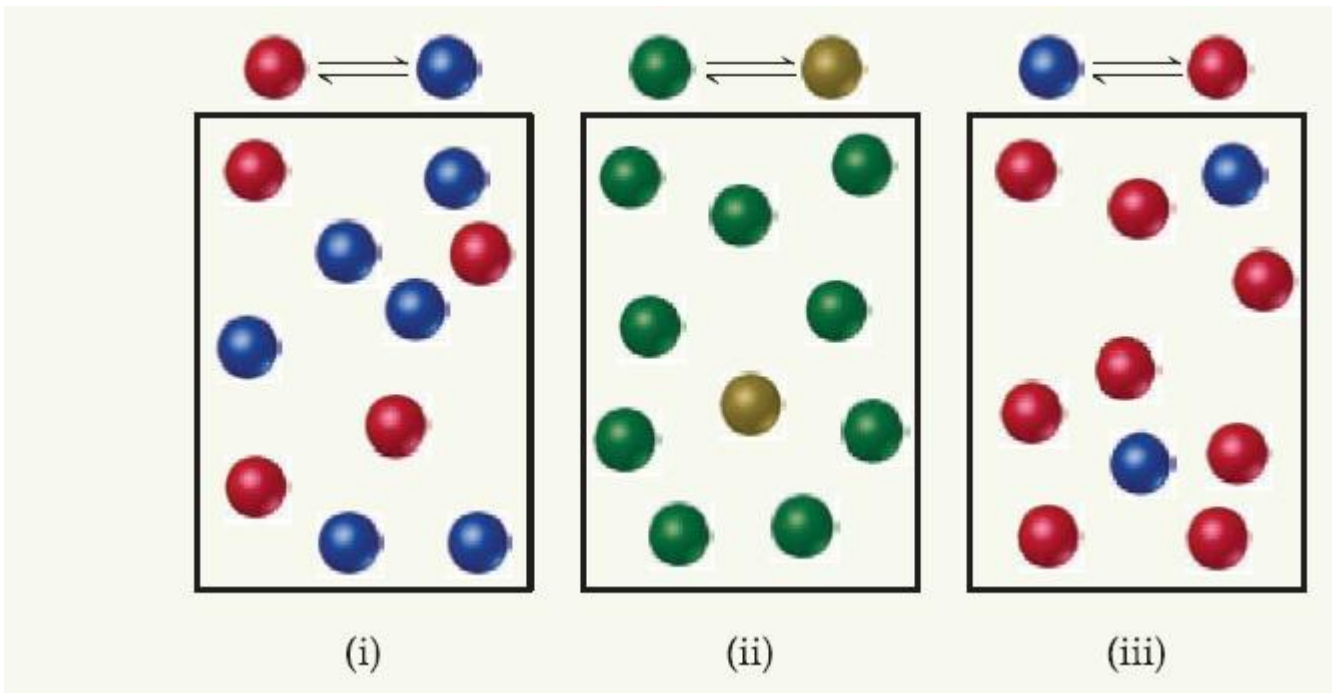


(b) $K \ll 1$

▲ **Figure 15.7** K and the composition of the equilibrium mixture.

Sýnidæmi 15.3

- ▶ A) án þess að gera neina útreikinga, raðaðu eftirfarandi kerfum eftir stærð jafnvægisfastans K
- ▶ B) ef að rúmmál kerfanna er 1,0 L og hver „kúla“ táknar 0,1 mól, hver eru gildi K_c ?



Áhrif stefnu á jafnvægisfastann K_c

- ▶ Skoðum sama hvarf og fyrr í glærunum:
- ▶ $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$ með jafnvægislíkinginu $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 0,212$ við $100\text{ }^\circ\text{C}$
 - ▶ Jafnvægisfastinn er minni en 1 sem þýðir að hvarfið liggur til vinstri.
- ▶ En þar sem hvörfin gerast jafn hratt og eru alveg jöfn þá getum við alveg eins skrifað það öfugt:
 - ▶ $2 NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ er jafnvægislíkingin $K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{1}{0,212} = 4,72$
 - ▶ Núna er jafnvægisfastinn hærri en 1 og hvarfið liggur til hægri
 - ▶ En við svissuðum hvarfinu svo að hvarfið liggur í rauninni alveg eins !

Samantekt um jafnvægisfastann

- ▶ Lýsir hlutfalli mólstyrkja í efnajafnvægi
 - ▶ Getur líka lýst hlutþrýstingi.
- ▶ Stærð fastans segir til um hvor hliðin á efnajafnvæginu hallar meira á.
 - ▶ Ef $K \gg 1$ þá er jafnvægið til hægri
 - ▶ Ef $K \ll 1$ þá er jafnvægið til vinstri
- ▶ Það skiptir ekki máli hvernig við skrifum jafnvægið en fastinn verður að vera réttur miðað við stefnuna.
 - ▶ Ef við snúum hvarfinu við þá er jafnvægisfastinn í öfugu hlutfalli $K_c = \frac{1}{K_c}$
 - ▶ Skiptir engu máli hvort við notum, bara að það passi við hvarfið sem er skrifað.

Sýnidæmi 15.4

- ▶ Gefið er hvarfið : $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$ en K_c er $1 * 10^{-30}$ við 25 °C
- ▶ Hver er jafnvægislíking öfuga/andhverfu hvarfsins og hver er jafnvægisfastinn K_c ?
- ▶ Lausn:
- ▶ Andhverfuhvarfið er þá : $2 NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$
- ▶ Jafnvægislíkingin er þá : $K_c = \frac{[N_2] * [O_2]}{[NO]^2}$
- ▶ Sem er einmitt öfugt á við fyrra hvarfið og K hlýtur þá að vera
- ▶ $K_c = \frac{1}{1 * 10^{-30}} = 1 * 10^{30}$

Önnur áhrif á jafnvægisfastann

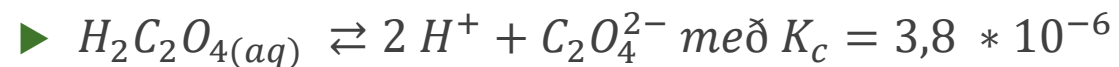
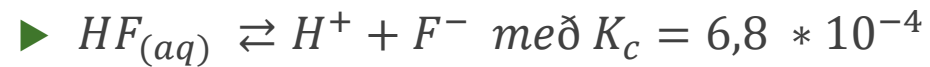
- ▶ Stílt efnajafna er bara lægsta mögulega hlutfall móla af efnasamböndum í efnahvarfinu.
 - ▶ Getum margfaldað í gegnum jöfnuna og haldið sama hlutfalli
- ▶ Ef við skoðum hvarfið : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$
- ▶ Þá er hvarfið $2 N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 4 NO_{2(g)}$ með sama hlutfall þó að mólin séu fleiri !
 - ▶ En jafnvægislíkingin fyrir þetta hvarf væri : $K_c = \frac{[NO_2]^4}{[N_2O_4]^2}$ sem er sama og $\left(\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}\right)^2$
 - ▶ Sem þýðir að ef við margföldum jafnvægisshvarf með 2 þá fer jafnvægisfastinn í annað veldi.
 - ▶ Sama gildir um alla aðra margföldun

Getum reiknað jafnvægisfasta fyrir hvörf sem er erfitt að framkvæma

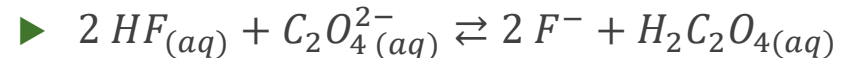
- ▶ Alveg eins og við nýttum Lögmál Hess til að reikna vermiskbreytingu hvarfa sem erfitt er að framkvæma.
- ▶ Gefum okkur tvö hvörf við 100°C :
- ▶ $2 \text{NOBr}_{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{(g)} + \text{Br}_{2(g)}$ þar sem $K_1 = \frac{[\text{NO}]^2 * [\text{Br}_2]}{[\text{NOBr}]^2} = 0,014$
- ▶ $\text{Br}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{BrCl}_{(g)}$ þar sem $K_2 = \frac{[\text{BrCl}]^2}{[\text{Br}_2] * [\text{Cl}_2]} = 7,2$
- ▶ Summa hvarfanna er þá :
- ▶ $2 \text{NOBr}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{(g)} + 2 \text{BrCl}_{(g)}$ þar sem $K_c = \frac{[\text{NO}]^2 * [\text{BrCl}]^2}{[\text{NOBr}]^2 * [\text{Cl}_2]} = K_1 * K_2$
- ▶ $K_c = 0,014 * 7,2 = 0,10$ Sama aðferð og í Hess nema núna margföldun

Sýnidæmi 15.5

- ▶ Gefin eru tvö hvörf :

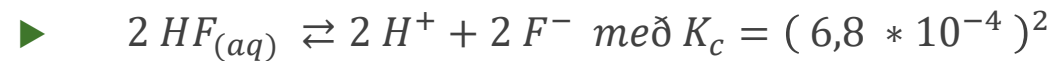


- ▶ Út frá þeim, hver er jafnvægisfastinn K_c fyrir hvarfið :

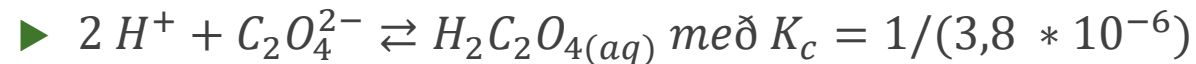


Sýnidæmi 15.5 - Lausn

- ▶ Margföldum fyrra hvarfið með 2 :



- ▶ Snúum seinna hvarfinu við:

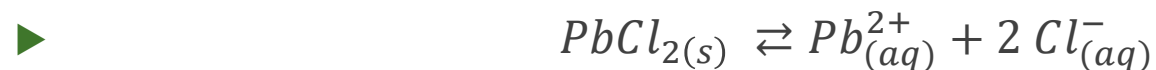


- ▶ Þá fæst jafnvægisfastinn K_c með því að margfalda saman fastana:

- ▶ $(6,8 * 10^{-4})^2 * \frac{1}{3,8 * 10^{-6}} = 0,12$

Misleit efnajafnvægi

- ▶ Mörg efnajafnvægi innihalda myndefni og hvarfefni sem eru öll í sama ástandi
 - ▶ Oftast nær gasástand (g) eða uppleyst í vatni (aq)
- ▶ Slík ástönd eru kölluð einsleit efnajafnvægi
- ▶ En það finnast líka efnajafnvægi þar sem hvarf- og myndefnin eru í mismunandi ástöndum og þau kallast misleit efnajafnvægi.
- ▶ Eitt einfalt dæmi er þegar blý(II)klóríð leysist upp í vatni:

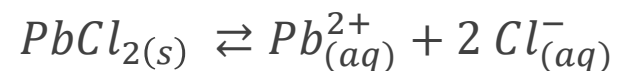


Jafnvægislíkingin fyrir misleit jafnvægi

- ▶ Þegar við þurfum að skrifa jafnvægislíkinguna fyrir misleit jafnvægi erum við í klípu.
 - ▶ Hvernig skrifum við mólstyrk á föstu efni eða vökva?
 - ▶ Augljóslega eru hvorki föst efni né vökvar með hlutþrýsting og ekki hægt að skrifa jafnvægislíkinguna m.t.t. þrýstings fyrir þau (K_p)
- ▶ Skoðum skilgreininguna á mólstyrk : $C = \frac{n}{V}$ eða *mólstyrkur* = $\frac{\text{mól}}{\text{Rúmmál}}$
- ▶ Þegar við erum með fast efni eða vökva þá getum við ekki aukið fjölda móla án þess að að auka rúmmálið!
 - ▶ Við getum aukið magn gass án þess að auka rúmmálið, þrýstingurinn bara eykst.
 - ▶ Við getum líka aukið magn uppleyst efnis í vatnslausn án þess að auka rúmmálið, mólstyrkurinn bara eykst.

Meira um misleit efnajafnvægi.

- ▶ Þar sem að við getum ekki aukið mólstyrk fastra efna né vökva, þá hlýtur mólstyrkurinn að vera fasti!
 - ▶ Sleppum því að skrifa hann, því að mólstyrkurinn mun ekki breytast!
- ▶ Almenn regla = skrifum ekki mólstyrk fastra efna né vökva í jafnvægislíkingum!
- ▶ Því fyrir hvarfið sem við vorum með áðan :



- ▶ Er jafnvægislíkingin :

$$K_c = [Pb^{2+}] * [Cl^{-}]^2$$

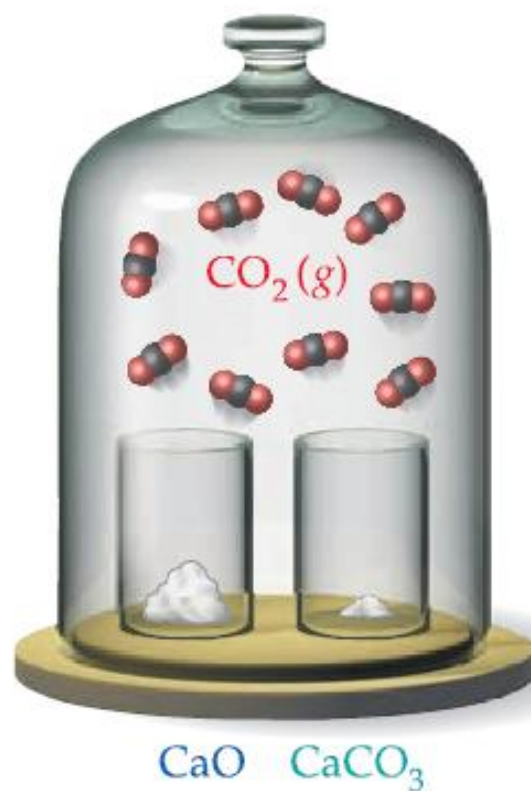
Meira um misleit jafnvægi

- ▶ Þó að föst efni og vökvar séu ekki skrifuð í jafnvægislíkingunni, þá verða þau að vera til staðar!
- ▶ Skoðum annað hvarf:
- ▶ $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
- ▶ Jafnvægislíkingin fyrir þetta hvarf yrði :

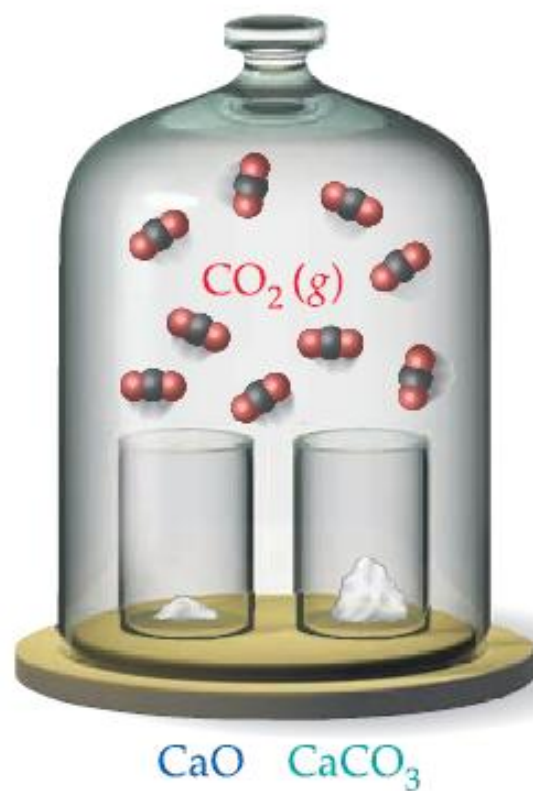
$$K_c = [CO_2] \quad eða \quad K_p = P_{CO_2}$$

- ▶ Sem segir okkur að fyrir gefið hitastig mun alltaf myndast jafn mikið CO_2 þegar hvörfin ná jafnvægi!

► **Figure 15.8 A heterogeneous equilibrium.** The equilibrium involving CaCO_3 , CaO , and CO_2 is a heterogeneous equilibrium. The equilibrium pressure of CO_2 is the same in the two bell jars as long as the two systems are at the same temperature, even though the relative amounts of pure CaCO_3 and CaO differ greatly. The equilibrium-constant expression for the reaction is $K_p = P_{\text{CO}_2}$.



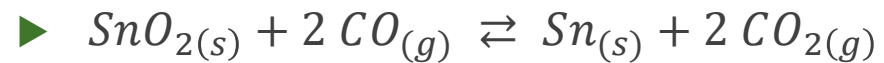
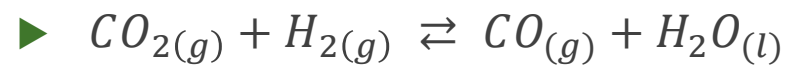
(a)



(b)

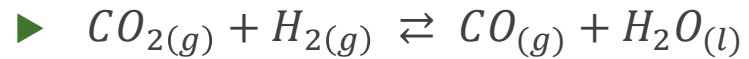
Sýnidæmi 15.6

► Skrifaðu jafnvægislíkingar fyrir hvörfin :

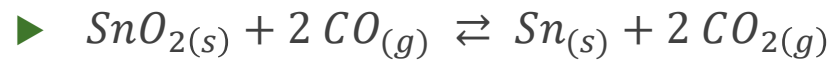


Sýnidæmi 15.6 - Lausn

- Skrifaðu jafnvægislíkingar fyrir hvörfin :



$$K_c = \frac{[CO]}{[CO_2] * [H_2]}$$



$$K_c = \frac{[CO_2]^2}{[CO]^2}$$

Sýnidæmi 15.7

- ▶ Ákvarðaðu í hverju tilfelli fyrir sig hvort að jafnvægi geti átt sér stað, en í hverju tilfelli er eftirfarandi efnum komið fyrir í lokuðu kerfi og leyft að standa :
 - ▶ A) bara $\text{CaCO}_{3(s)}$
 - ▶ B) $\text{CaO}_{(s)}$ og $\text{CO}_{2(g)}$ við þrýsting hærri en gildið á K_p
 - ▶ C) $\text{CaCO}_{3(s)}$ og $\text{CO}_{2(g)}$ við þrýsting hærri en gildið á K_p
 - ▶ D) $\text{CaCO}_{3(s)}$ og $\text{CaO}_{(s)}$

Jafnvægið er : $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$

Sýnidæmi 15.7 - lausn

- ▶ A) Kalsíumkarbonatið byrjar að brotna niður og myndar bæði CaO og CO₂ og með tíma myndast jafnvægi á milli allra efnasambandanna. Það verður hinsvegar að vera nægilega mikið af karbonatinu til að þrýstingur CO₂ nái að vera jafn K_p
- ▶ B) CO₂ mun hvarfast við CaO þar til að magn CO₂ verður jafnt K_c fastanum og jafnvægi kemst á.
- ▶ C) Það er ekkert CaO til að hvarfast við CO₂. Það er meira CO₂ en K_c sem þýðir að ef við náum ekki að minnka magn CO₂ þá mun aldrei komast á jafnvægi.
- ▶ D) Þetta er í raun það sama og í A). CaCO₃ mun brotna niður þangað til CO₂ nær jafnvægisstyrknum.