

Gorenje in dinamika požarov

10. predavanje

Vsebina

Kemijsko ravnotežje

Nepopolno gorenje (saje, CO)

Kemijsko ravnotežje

izračunana T_{ap} je previsoka, če ne upoštevamo disociacije

H_2O in CO_2 pri visoki T disociirata, nastanejo še:

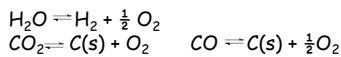
CO, H_2 , O_2 , O, H, $\cdot OH$ in NO

sestavo produktov pri določeni T lahko izračunamo s pomočjo

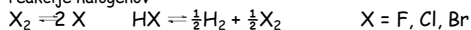
KEMIJSKEGA RAVNOTEŽJA

Ravnotežne reakcije v plamenu

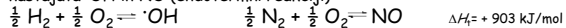
pri visoko T v plamenu potekajo endotermne reakcije - disociacija molekul



reakcije halogenov



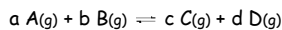
nastajata $\cdot\text{OH}$ in NO (endotermni reakciji)



snovi so v plinastem stanju

Kemijsko ravnotežje

za splošno obojesmerno, homogeno reakcijo



je konstanta ravnotežja

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b} \quad P_c \text{ - parcialni tlak plina C [atm]}$$

$$K_p = f(T)$$

je brez enot

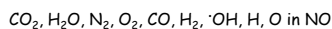
Kemijsko ravnotežje

v realnem sistemu je hkrati veliko različnih snovi,
veliko ravnotežij
določitev koncentracije in temperature je zapleteno

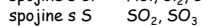
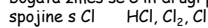
veliko neznank = veliko enačb
računalniški modeli ali

poenostavitve

produkti gorenja C-H-O spojin v zraku (revna zmes) so:



bogata zmes še C in drugi plini



Kemijsko ravnotežje

$T(K)$ pri kateri disociira določen delež čistega plina, $P = 1 \text{ atm}$

delež	CO ₂	H ₂ O	H ₂	O ₂	N ₂
0,001	1600	1700	2050	2200	4000
0,01	1950	2100	2450	2600	-
0,1	2400	2700	2900	3200	-
0,4	2950	3200	3350	3700	-

Vpliv na kemijsko ravnotežje - Le Chatelier

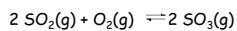
vpliv zunanje spremembe na ravnotežje ocenimo
KVALITATIVNO

sistem se odzove tako, da absorbira vpliv spremembe

pri konstantni temperaturi se K_p ne spremeni!!

Vpliv množine snovi na kemijsko ravnotežje

sprememba množine reaktantov ali produktov



$$K_p \text{ se ne spremeni!!} \quad K_p = \frac{(P_{\text{SO}_3})^2}{(P_{\text{SO}_2})^2 \cdot (P_{\text{O}_2})}$$

povečanje ene koncentracije - spremembe vseh koncentracij in potek reakcije v določeno smer, da se ponovno vzpostavi ravnotežje

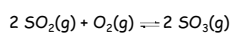
povečanje $n(\text{reaktantov})$ - nastane več produktov

povečanje $n(\text{produktov})$ - produkti razpadejo, $n(\text{reaktantov})$ se poveča

zmanjšanje $n(\text{produktov})$ - zmanjšanje $n(\text{reaktantov})$ - zreagirajo

Vpliv tlaka na kemijsko ravnotežje

sprememba tlaka ali prostornine



K_p se ne spremeni!!

$$K_p = \frac{(P_{\text{SO}_3})^2}{(P_{\text{SO}_2})^2 \cdot (P_{\text{O}_2})}$$

povečanje tlaka (zmanjšanje prostornine) - več produktov

zmanjšanje tlaka (povečanje prostornine) - več reaktantov

Vpliv tlaka na kemijsko ravnotežje

sprememba tlaka ali prostornine

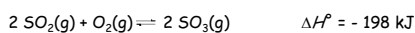
splošno

če se prostornina ravnotežne zmesi zmanjša,
reakcija poteče v smer nastanka manjše množine plinov,

če se prostornina ravnotežne zmesi poveča,
reakcija poteče v smer nastanka večje množine plinov

Vpliv temperature na kemijsko ravnotežje

Ob zvišanju temperature bo potekla tista reakcija, pri kateri se dovedena toplota porabi, tj. endotermna reakcija.

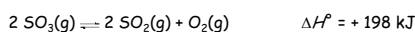


K_p se spremeni!!

$$K_p = \frac{(P_{\text{SO}_3})^2}{(P_{\text{SO}_2})^2 \cdot (P_{\text{O}_2})}$$

eksotermna reakcija poteče, če se T zniža

povišanje T - poteče endotermna reakcija:



Produkti pri gorenju

Kateri produkti nastanejo pri gorenju, je odvisno od:
sestave goriva (organske snovi, kovine, ...) in
pogajev gorenja (revna oz. bogata zmes gori s plameni, tlenje)

Ekvivalentno razmerje (ϕ) je merilo za razmerje med gorivom in
kisikom oz. zrakom.

revna zmes (ang. overventilated ali well-ventilated) $\phi = \frac{r}{\frac{m_{\text{zrak}}}{m_{\text{gorivo}}}} < 1$

bogata zmes (ang. underventilated ali ventilation-controlled) $\phi > 1$

Nepopolno gorenje - produkti

v požaru je popolno gorenje redko
nepopolno gorenje ogljikovodikov daje več različnih produktov

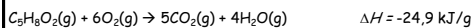
CO, saje (C ali (C₈H)_n), ogljikovodiki

pri nepopolnem gorenju se sprosti manj toplote
kot pri popolnem gorenju

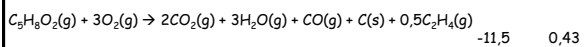
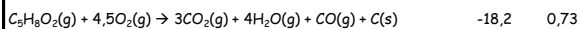
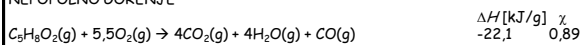
Nepopolno gorenje - primer

gorenje PMMA (polimetilmetakrilat)

POPOLNO GORENJE $\chi = 1$



NEPOPOLNO GORENJE



Saje

-če gori vodik, saj ni!!

-ogljik se do 4000 K ne tali - saje so trdni delci C(s) oz. $(C_6H)_n$ ($D \sim 10^{-7} - 10^{-8}$ m)

-nastajajo predvsem v difuzijskem plamenu, manj v predhodno premešanem

-več saj, več sevanja plamena, saje vplivajo na \dot{Q} (80% sevanja toplote zaradi saj, 20% vroči plini (CO_2 , H_2O))

-več saj, nižja T plamena

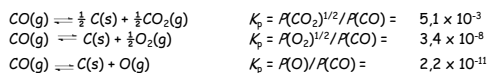
-saje so glavni vir dima

-rumena barva plamena zaradi sevanja saj (delcev ogljika)

Saje

$n(C)/n(O) < 1$ SAJE ali CO ?

saje lahko nastajajo iz CO pri 2000 K v treh reakcijah:



ravnotežja so pomaknjena proti CO, v ravnotežni reakciji nastane zelo malo C(s) največ saj nastane po prvi reakciji

v prisotnosti CO_2 , O_2 (produkti), se ravnotežje pomakne proti CO

$n(C)/n(O) < 1$ prevladuje CO

Saje

V sistemu z malo ali nič kisika je količina saj odvisna od $P(H_2)$



C_2H_2 razpade, nastane vodik in saje, ko je sistem v ravnotežju, se saje ne tvorijo več!!!

če je $P(H_2) > 13,9 P(C_2H_2)$ se saje ne tvorijo, nastaja acetilen

Nastanek CO in CO₂

vsaj 2/3 žrtev v požaru umre zaradi dima
največkrat je vzrok zastrupitev s CO
zelo pomembno je, da ocenimo koliko CO nastane pri gorenju

več CO nastane pri nepopolnem gorenju (bogata mešanica)

Izračunamo lahko dobiček produktov gorenja, y

$$y_i = \frac{m_i}{m_f} \quad m_i = \text{masa produkta } i; m_f \text{ je masa plinastega goriva}$$

Nastanek CO in CO₂ - teoretično

Teoretični največji dobiček

y_{\max, CO_2} ves ogljik se pretvori v CO₂ (realno v revni mešanici)

$y_{\max, CO}$ ves ogljik se pretvori v CO (nerealistično, a uporabno pri izračunu koncentracij)

Dobiček produktov gorenja, y je odvisen od količine razpoložljivega kisika.

Revna mešanica

$y_{CO_2} \approx y_{\max, CO_2}$ konstantno, učinkovitost gorenja ni 100% ($y_{CO_2} / y_{\max, CO_2} < 1$)

Bogata mešanica - odvisno od razmerja gorivo - kisik

$y_{CO_2} < y_{\max, CO_2}$

Nastanek CO in CO₂ - meritev

izmerimo lahko dobiček produktov gorenja, če je dostop kisika neoviran, $y_{i, \infty}$

Revna mešanica

$y_{\max, CO_2} \approx y_{CO_2, \infty}$ učinkovitost gorenja ni 100%

$y_{\max, CO} \gg y_{CO, \infty}$

Rezultati meritev so v literaturi.
