



Nano og katalyse

– hvordan hænger det sammen?

Katalyse og nanoteknologi

Katalyse og katalysatorer er begreber, som de fleste har hørt om. Vi støder på det i kemiundervisningen, vi ved der sidder en katalysator i udstødningsrøret på benzinbiler, og der snakkes meget om det i medierne.

Men hvad er det nu for noget? Og hvordan hænger det sammen med nanoteknologi?

Teorien bag katalyse

Vi starter med definitionen på en katalysator:

En katalysator er et stof, som øger en kemisk reaktions hastighed uden selv at blive forbrugt i den kemiske reaktion.

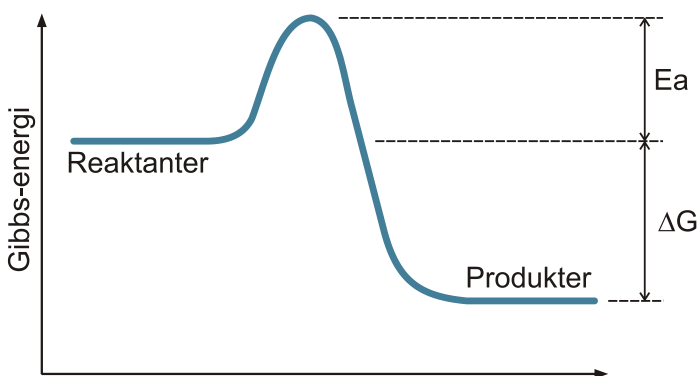
Eller sagt med andre ord: Ved sin blotte tilstedeværelse får katalysatoren reaktionen til at ske hurtigere. Det lyder magisk, men det er det ikke.

Det kan forklares med termodynamik og kinetik.

Termodynamikken

Termodynamikken fortæller os med begrebet Gibbs energi (G) om, hvordan kemiske reaktioner kan forløbe:

Betingelsen for, at en kemisk reaktion kan ske, er, at produktens Gibbs energi er lavere end reaktanternes Gibbs energi. Det betyder, at der er en negativ ændring i Gibbs energi i reaktionen ($\Delta G < 0$). Termodynamikken fortæller ikke noget om, hvor hurtigt reaktionen forløber.



Kinetikken

Det gør kinetikken. En kemisk reaktions hastighed bestemmes foruden temperaturen og koncentrationen nemlig af den såkaldte aktiveringsenergi E_a .

Aktiveringsenergien handler om, at der skal brydes bindinger og ændres vinkler i reaktanterne, før de kan blive til produkter. Det kræver, at der tilføres aktiveringsenergi. Derfor gælder det, at jo højere aktiveringsenergien er, jo langsommere er reaktionen (og omvendt).

Der findes en lang række eksempler på reaktioner, der har en stor negativ ændring i Gibbs energi. Her er aktiveringsenergien så høj, og reaktionshastigheden er så lav, at reaktionen i praksis ikke forløber. Det gælder fx omdannelsen af diamanter til CO_2 med O_2 :



Diamanter bliver ikke spontant til CO_2 , fordi reaktionens aktiveringsenergi er meget høj, og dermed er reaktionshastigheden meget lav. Men venter man millioner af år, vil det ske. Så udtrykket "Diamonds are forever" er rent faktisk en løgn!

Katalyse og aktiveringsenergi

Når vi nu ved, hvad aktiveringsenergi er, forstår vi, hvad en katalysator gør: Den sænker aktiveringsenergien for den kemiske reaktion. Det gør den typisk ved at svække bindingerne i reaktanterne, så de får lettere ved at blive til produkter.

Men man skal huske, at katalysatorer ikke er vidundermidler. En kemisk reaktion, som termodynamisk set ikke kan lade sig gøre, kan man ikke gøre noget ved.

Til gengæld kan en katalysator øge reaktionshastigheden på en proces, der i praksis er så langsom, at den ikke forløber. På den måde bliver reaktionen brugbar i fx et laboratorieforsøg eller i en industriel produktion.

Mellem 10^6 og 10^9 gange så hurtigt

Typisk vil en katalysator øge den kemiske reaktions hastighed mellem 10^6 og 10^9 gange. Det betyder, at man i en industriel produktion kan producere mellem 1 million og 1 milliard gange mere, hvis man finder en passende katalysator.

Derfor involverer mere end 90% af de kemiske processer i industrien en katalysator. Sådant et anlæg kan typisk producere store mængder – mange gange flere tusind tons om dagen.



Et indisk ammoniak anlæg der kan producere 3000 tons ammoniak om dagen.

Reaktionen i bøtten

Når nu en katalysator ikke forbruges i den kemiske reaktion, skal den løbende adskilles fra produktet og genbruges.

Derfor er langt hovedparten af de industrielle katalysatorer såkaldte heterogene katalysatorer. Det betyder, at katalysatoren er et fast stof, mens reaktanter/produkter er gasser eller væsker. Katalysatoren monteres i en stor metalbøtte i form af fx piller eller granulat, og reaktanter kan strømme igennem metalbøtten, hen over katalysatoren og ud af bunden som produkt.

Et stort overfladeareal

Det betyder, at den kemiske reaktion vil ske på overfladen af katalysatoren. Derfor skal katalysatoren have et meget stort overfladeareal per gram katalysator, for på den måde får den en høj ydeevne (også kaldet aktivitet).

Der findes generelt to måder at give et materiale et stort overfladeareal på: Man kan findele det til meget små partikler som eksempelvis sand, eller man kan gøre det porøst som en svamp.



Både svampen og sandet har et højt overfladeareal per gram.

Katalysatorens opbygning

Sandløsningen er ikke umiddelbart en god idé: En metalbøtte fyldt med meget fint katalysator-"sand" vil stoppe til og gøre det umuligt at få gas/væske igennem. I stedet vælger man oftest at lave en porøs katalysator – ligesom svamp. Det giver også den fordel, at hver svamp/granulat/pille har en størrelse på 1-20 mm, og det gør det betydeligt lettere at arbejde med.

Som oftest er det materiale, katalysatoren laves af, meget dyrt. Og da den kemiske reaktion kun sker på overfladen, er der ingen grund til at lave hele svampen af det dyre katalysatormateriale. Derfor laver man i stedet en "svamp" af et billigt materiale – det kaldes bæreren. Bagefter kan man fordele det dyre, aktive materiale (selve katalysatoren) på overfladen af svampen som meget fine partikler – lidt ligesom at forsøve en jerngaffel for at få det til at se ud som om, den er lavet af sølv.

Man ender altså med en kombination af sand- og svampeløsningen: Bæreren laves porøs som en svamp, ofte af et keramisk materiale. Herpå fordeles meget små partikler af den aktive fase. Størrelsen af porerne i bæreren er oftest mellem 5 og 50 nm og størrelsen af den aktive fase mellem 1 og 10 nm. Det er her nanoteknologien kommer ind i billedet. Disse små størrelser er nødvendige for at få det meget høje overfladeareal på typisk 200 m^2/g katalysator. En stor del af det nanoteknologiske forskningsarbejde inden for katalyse går derfor på at lave strukturerne endnu mindre og dermed få endnu højere overfladearealer og mere effektive katalysatorer.