

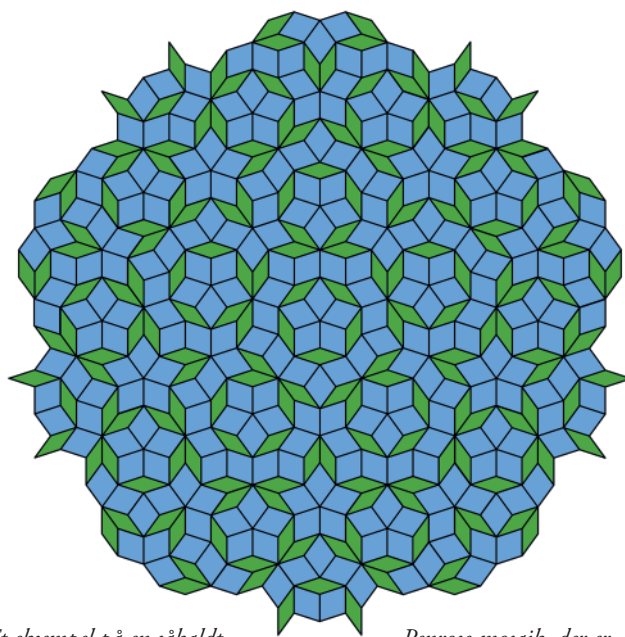
Umulig symmetri gav Nobelpris

Opdagelsen af såkaldte kvasikrystaller brød med lærebøgernes definition af, hvordan atomer rent symmetrisk kan arrangeres i en krystal. Nu har opdagelsen udløst Nobelprisen i kemi til israeleren Daniel Shechtman.

Af Carsten R. Kjaer

■ Årets Nobelpris i kemi er en historie i bedste "grimme ælling-stil". Det er en historie om den enlige forsker, der observerer et fænomen, som ingen tror på, kan lade sig gøre. I første omgang tror ingen på hans resultater, og hans boss beder ham forlade sin forskningsgruppe, fordi situationen bliver for pinlig. Men fordi den stædige forsker tror mere på sine egne resultater end på lærebøgerne bliver han ved, og får efterhånden andre forskere til at tage sagen alvorligt. Og til sidst åbenbarer opdagelsen sig som en smuk svane, der helt bogstaveligt fører til, at lærebøgerne inden for området bliver skrevet om.

Forskeren er den israelske kemiker Dan Shechtman og opdagelsen er såkaldte kvasikrystaller, der populært sagt kan beskrives som krystaller med en umulig symmetri. Dan Shechtman var også selv skeptisk, da han tilbage i 1982 studerede et materiale bestående af en blanding af aluminium og mangan og observerede et fænomen, der stred mod al logik. Da han studerede den atomare struktur af



Et eksempel på en såkaldt Penrose-mosaik, der er konstrueret ud fra små og store romber. Læg mærke til, at strukturen aldrig gentager sig selv – den er aperiodisk. Netop dette eksempel på en Penrose-mosaik er specielt ved at udvise femtallig symmetri.

materialet med elektronmikroskop fremkom der et mønster af koncentriske cirkler, som hver især bestod af 10 punkter med samme afstand imellem hvert punkt. Mønsteret var et diffraktionsmønster, som opstår når lys afbøjes om en forhindring. Diffraktionsmønsteret viste, at atomerne i materialet befandt sig velordnet i en krystalstruktur, hvilket der ikke i sig selv var noget underligt i. Problemet var,

at mønsteret afspejlede et arrangement af atomer, som ifølge lærebøgerne var umuligt. Fire eller seks punkter i hver cirkel havde været lige efter bogen – men absolut ikke 10.

En umulig symmetri

Grundlæggende handler dette om krystalsymmetrier. I en krystal sidder atomerne ordnet i et krystalgitter, som kan have forskellige symmetrier afhæn-

gig af den kemiske sammensætning. F.eks. kan atomerne være arrangeret i en tretallig symmetri, hvor hvert atom er omgivet af tre andre atomer med samme afstand i et gentaget mønster (se figur). Roterer man et sådan mønster 120 grader, vil det samme mønster gentage sig. Det samme gælder for firtallige og sekstallige symmetrier, når sådanne roteres hhv. 90 og 60 grader. Men når det gælder femtallige symmetrier er situationen anderledes. Et sådant mønster vil aldrig gentage sig selv, når det roteres, da visse atomer altid vil have kortere afstand til hinanden end andre. Det har forskere taget som bevis for, at det ikke er muligt at have krystaller med femtallig symmetri, hvilket også gælder for syvtallige og endnu højere talsymmetrier.

Der var derfor ikke noget at sige til, at Shechtman undrede sig, da han kunne rotere sit diffraktionsmønster bestående af 10 lysende prikker 36 grader (svarende til en tiendedel fuld cirkel) og igen se nøjagtig samme mønster. Da han undersøgte krystallen nærmere under elektronmikroskopet for at se,

hvor langt han kunne rotere den, før det titallige diffraktionsmønster gentog sig, viste det sig, at krystallen ikke selv havde en titallig symmetri, men derimod en ligeså umulig femtallig symmetri.

Matematikken kommer til hjælp

At Shechtman havde noget af et hyr med at få optaget en artikel om opdagelsen i et videnskabeligt tidsskrift kan næppe komme som en overraskelse, men det lykkedes dog i 1984, efter at Shechtman havde allieret sig med nogle andre forskere. I første omgang mødte resultaterne en bølge af kritik, men der var også mange krystallografer, der fik lidt af et deja vu, idet de selv havde observeret lignende fænomener, men blot havde fortolket dem som tegn på tvillingekrystaller, som godt kunne give den slags mønstre.

Den næste udfordring bestod i at forstå, hvordan atomerne hel konkret var arrangeret i det mærkelige materiale med femtallig symmetri.

Løsningen på det problem kom fra matematikken. I 1960'erne havde matematikere arbejdet med såkaldte aperiodiske mosaikker, hvor de spekulerede over, om det var muligt at arrangere en mosaik ud fra et begrænset antal brikker på en måde, så mønstret aldrig gentog sig selv. I 1970 lykkedes det matematikeren Roger Penrose at frembringe en elegant løsning på dette problem ved at konstruere en aperiodisk mosaik ud fra kun to forskellige brikker – f.eks. en tyk og en tynd rhombe.

Penrose's mosaikker inspirerede krystallografen Alan Mackay til at undersøge, om atomer ligeledes kunne danne aperiodiske mønstre. Han udførte et eksperiment, hvor han indsatte atomer i skæringspunkterne i Penrose's mosaik og undersøgte, hvilket diffraktionsmønster det ville give anledning til. Resultatet var en titallig symmetri – 10 lysende punkter i en cirkel.

Forbindelsen mellem Mackays teoretiske model og Shecht-

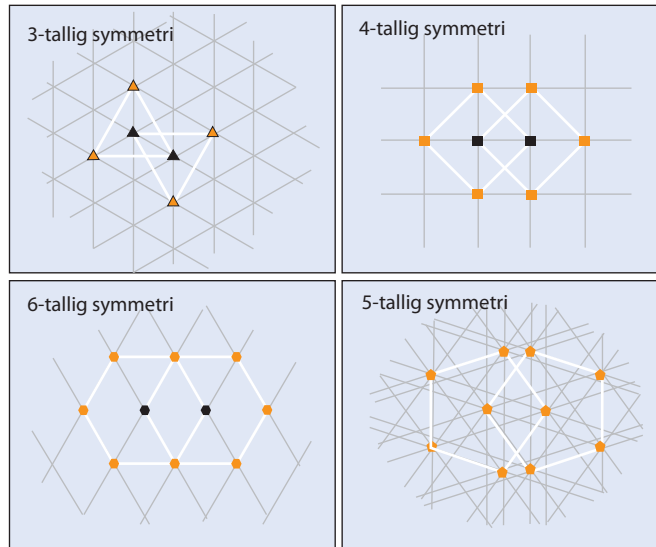
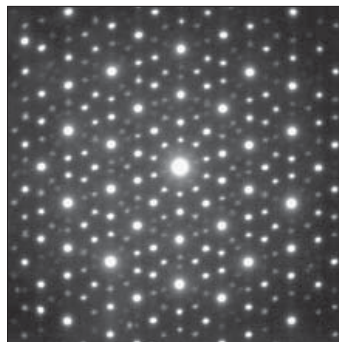


Illustration af forskellige typer symmetrier i krystaller. Det ses, at i trettallige, firtallige og sekstallige symmetrier er atomerne arrangeret i et periodisk mønster, hvor hvert atom er omgivet af hhv. 3, 4 eller 6 atomer med samme afstand mellem alle naboatomerne. Femtallige symmetrier er principielt anderledes, idet der altid vil være kortere afstand mellem nogle atomer end andre. Derfor troede man før i tiden, at krystaller ikke kunne have femtallig symmetri. Men det finder man ikke desto mindre i såkaldte kvasikrystaller.



Diffraktionsmønster med titallig symmetri – det var sådan et mønster Daniel Shechtman observerede i 1982, og som ledte til, at man opdagede en ny type krystaller, kvasikrystaller. Netop dette diffraktionsmønster stammer fra en kvasikrystal bestående af et miks af Zink, Magnesium og Holmium

mans observationer i laboratoriet blev hurtigt etableret af fysikerne Paul Steinhardt og Dov Levine, som opfandt navnet *kvasikrystaller* til disse mærkelige typer af krystaller med aperiodisk mønster.

Kvasikrystaller her og der

I 1992 ledte alt dette til, at Den internationale Union for Krystallografi ændrede definitionen af, hvad en krystal er, så den kunne rumme kvasikrystallerne og samtidig giver mulighed for fremtidige opdagelser af endnu ukendte typer krystaller med mærkelige diffraktionsmønstre.

Siden opdagelsen i 1982 har forskere verden over skabt hundredevis af kvasikrystaller i laboratoriet. Og i somme-

ren 2009 kunne forskere også rapportere, at de havde fundet naturligt forekommende kvasikrystaller i form af et mineral bestående af aluminium, kobber og jern, som har fået navnet icosahedrit.

Man har også fundet kvasikrystaller i en speciel type stål, som er udviklet af et svensk firma, og som bl.a. anvendes til barberblade og tynde nåle til kirurgi.

På trods af, at kvasikrystaller er meget hårde, kan de let gå i stykker ligesom glas. Deres atomare struktur gør dem dårlige til at transportere varme, hvilket gør kvasikrystaller velegnede til såkaldte termoelektriske materialer, som omdanner varme til elektricitet. ■

Om Nobelpristageren

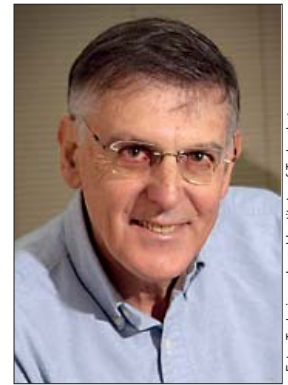


Foto: Technion – Israel Institute of Technology

Daniel Shechtman er født 1941, Tel Aviv, Israel. Han er ved Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

Om forfatteren

Carsten R. Kjær
Aktuel Naturvidenskab
red@aktuelnaturvidenskab.dk

Videre læsning:

Artiklen bygger på materiale offentliggjort på Nobelprisens hjemmeside www.nobel.se