

nobelova nagrada za kemiju

Nobelova nagrada za kemiju 2011. – dobitnik: Dan Shechtman za otkriće kvazikristala

V. Stilinović^{a*} i F. M. Brückler^{b**}

^a Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Kemijski odsjek, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

^b Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Matematički odsjek, Bijenička 30, 10 000 Zagreb

Nobelova nagrada za kemiju 2011. godine dodijeljena je izraelskom znanstveniku Danu Shechtmanu. Obrazloženje Kraljevske švedske akademije znanosti glasi (neuobičajeno jednostavno) “za otkriće kvazikristala”.¹

Temeljna osobina strukture kristala, koja se može naći opisana u gotovo svim temeljnim udžbenicima opće kemije (i fizike) jest da su kristali pravilne periodične građe.² Kvazikristali, koje je Shechtman otkrio 1982. godine proučavajući slitine aluminijske i mangane koje nastaju brzim hlađenjem, ne odgovaraju tomu opisu. Njihove su naime strukture uređene, ali nisu periodične. Zbog toga se kvazikristali s jedne strane ponašaju kao klasični kristali – difraktiraju elektronsko i rentgensko zračenje i, ako sporo nastaju, rastu u oblicima poliedara, dok s druge strane mogu pokazivati simetrije koje se na klasičnim kristalima ne mogu javljati, kao što je rotacijska simetrija petog, osmog, desetog ili dvanaestog reda. Kvazikristal kojega je Shechtman pripremio bio je tako simetrije pravilnoga ikosaedra, što je bio dokazao simetrijom difraktograma.³

Shechtman i suradnici svoje su rezultate uspjeli objaviti tek 1984. Ubrzo nakon njihova članka uslijedio je i teorijski rad D. Levinea i P. Steinhardta, koji je izložio teorijski strukturni model u kojemu namjesto periodičnih postoji kvaziperiodična translacijska uređenost, te je pokazano kako takve strukture nisu ograničene na simetrijske operacije dopuštene u periodičnim rešetkama.⁴ U naslovu njihove publikacije prvi je put uporabljen termin *kvazikristal*. U godinama nakon objavljivanja Shechtmanova rada otkrivene su nove kvazikristalne faze u drugim slitinama aluminijske. Dapače, sporim hlađenjem slitine aluminijske, litije i bakra pripravljena je stabilna ikosaedarska faza. U šupljinama nastalim stezanjem slitine nađeni su kristali s dobro definiranim plohama oblikovani kao pravilni pentagonski dodekaedri, što se nikako ne bi moglo dogoditi u slučaju srastanja kubičnih kristala.

Do danas je pripravljeno više od stotinu kvazikristalnih faza, a jedna je nađena i u prirodi. Svi su oni slitine koje se sastoje od dvaju ili više elemenata čiji se atomski radijusi znatno ne razlikuju. Najčešće nastaju naglim hlađenjem taline, ali ne toliko naglim da bi nastalo metalno staklo. Mada je većina poznatih kvazikristala metastabilna i blagim zagrijavanjem prelaze u klasične kristalne faze, poznato je i više kvazikristalnih faza koje su termodinamički stabilne pri normalnim okolnostima.⁵



Dan Shechtman (rođen 1941.)
Technion – Israel Institute of Technology
Haifa, Izrael

Strukture se kvazikristala obično opisuju kao aperiodična slaganja metalnih klustera. Dotični se pak klusteri sastoje od koncentričnih poliedara različitih vrsta atoma. Dva su osnovna tipa klustera u kvazikristalima, od kojih se jedni sastoje od 54 atoma triju vrsta poredanih u tri ljuske: mali ikosaedar jedne vrste umetnut je u veći ikosaedar druge vrste, koji je pak umetnut u ikosadodekaedar treće vrste, a drugi od 44 atoma također raspoređenih u tri ljuske, od kojih su prva i treća ikosaedri sastavljeni od dviju vrsta atoma, dok je središnja ljuska dodekaedar atoma treće vrste.⁵

Mada su kvazikristali izgledom nalik kovinama (tj. neprozirni i metalnoga sjaja), fizička im se svojstva bitno razlikuju od svojstava elemenata od kojih potječu.^{6,7} Vrlo su tvrdi i kruti do temperatura od nekoliko stotina Celziovih stupnjeva, iznad kojih postaju meki i plastični. Također imaju i vrlo niske energije površine te ih voda i vodene otopine gotovo uopće ne kvase, a koeficijenti trenja su im vrlo niski. Vrlo su slabi vodiči električne struje (gotovo izolatori), a vodljivost im s porastom temperature raste. Također su vrlo slabi vodiči topline, te im je toplinska vodljivost sličnija onoj metalnih oksida nego li metal.

Zbog male toplinske vodljivosti kvazikristali bi mogli naći primjene kao toplinski izolatori (kao zamjena za keramiku) – tanak sloj kvazikristala zagrijan na temperaturu pri kojoj postaje savitljiv mogao

* Dr. sc. Vladimir Stilinović, e-pošta: vstilinovic@chem.pmf.hr

** Dr. sc. Franka Miriam Brückler, e-pošta: bruckler@math.hr

bi poslužiti kao mnogo bolji i mehanički otporniji izolator od keramičkih (primjerice cirkonijeva dioksida). S druge strane, površinska svojstva kvazikristalnih materijala omogućavaju njihovu primjenu kao zamjenu za teflon, navlast zato što je, zbog bitno veće tvrdoće, neadhezivni sloj kvazikristala znatno otporniji na mehanička oštećenja (grebanje) od teflona. Također se spominje i njihov potencijal kao materijala za skladištenje vodika te u sintezi kompozitnih materijala.⁸

Literatura

1. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/index.html
2. C. Giacomazzo, H. L. Monaco, G. Artioli, D. Viterbo, G. Ferraris, G. Gilli, G. Zanotti, M. Catti, *Fundamentals of Crystallography*, 2nd Ed., Oxford University Press, Oxford, 2002.
3. D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, J. W. Cahn, Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry, *Phys. Rev. Lett.* **53** (1984) 1951–1953.
4. D. Levine, P. J. Steinhardt, Quasicrystals: a new class of ordered structures, *Phys. Rev. Lett.* **53** (1984) 2477–2480.
5. E. Belin-Ferré, V. Demange, J. M. Dubois, Aperiodic Intermetallics. The Example of Quasicrystals, *Cryst. Rev.* **10** (2004) 111–179.
6. J. M. Dubois, Structure and properties of quasicrystals and their potential of technological applications, *Ann. Chim. Fr.* **18** (1993). 423–445.
7. D. J. Sordélet, J. M. Dubois, Quasicrystals: Perspectives and potential applications, *MRS Bull.* **22** (1997) 34–37.
8. J. M. Dubois, P. Brunet, E. Belin-Ferré, Potential applications of quasicrystalline materials, u: E. Belin-Ferré, C. Berger, M. Quiquandon, A. Sadoc (ur.), *Quasicrystals. Current topics*, World Scientific, Singapore, 2000., str. 498–532.