

Kolejna Nagroda Nobla za nowe materiały

Laureatem Nagrody Nobla w dziedzinie chemii za rok 2011 został Dan[ie]l Shechtman z Technion-Israel Institute of Technology w Hajfie za wykrycie nowego rodzaju organizacji struktury ciał stałych. Wykazał on, że – oprócz ciał stałych krystalicznych o strukturze regularnej i powtarzalnej, cechującej się symetrią, opisywaną przez układy krystalograficzne, oraz ciał stałych amorficznych, o strukturze nieuporządkowanej, pozbawionej regularności oraz powtarzalności w rozmieszczeniu atomów – istnieją ciała stałe, w których strukturze występuje regularność w rozmieszczeniu tworzących ją atomów, ale brak jej powtarzalności. Taka struktura charakteryzuje się symetrią pięciokrotną, która nie istniała w dotychczasowej krystalografii. Wykryte przez Shechtmana formy o takiej strukturze nazwane zostały kwazikryształami.

W informacji prasowej Komitetu Noblowskiego, uzasadniającej nadanie tej nagrody, główna uwaga zwrócona jest na geometryczne aspekty struktury kwazikryształów (The Nobel Prize in Chemistry 2011)¹.

Zgodnie z tą informacją, wykryta przez D. Shechtmana regularność bez powtarzalności (aperiodyczna) w rozmieszczeniu atomów w strukturze kwazikryształów wyraża się tym, że w niej odległości pomiędzy atomami spełniają warunek architektonicznego „złotego podziału”, którego przykładem są XIII-wieczne mozaiki islamskie w pałacu Alhambra w Granadzie w Hiszpanii. Ich elementy geometryczne nigdy się nie powtarzają. Oddaje to matematyczny szereg Fibonacciego, w którym każda następna liczba stanowi sumę dwu poprzednich. Ich stosunek określa proporcję „złotego podziału”.

Obiekty cechujące się strukturą o takiej geometrii zauważył Shechtman, analizując pod mikroskopem elektronowym dyfrakcje elektronów, od form ziarnistych powstałych w stopie metalicznym glinu i manganu. Wcześniej dyfraktogramy o takim rozmieszczeniu punktów interpretowano jako efekt występowania kryształów o formie bliźniaków.

Natura i tworzenie się kwazikryształów opisane są w publikacji: D. Shechtman et al., Phys. Rev. Lett. 53 (1984) 1951–1953. Doniosła ona o wykryciu metalicznej postaci ciała stałego, która daje dyfrakcję elektronową jak monokryształ, lecz należy do grupy symetrii $m\bar{3}5$ ikosaedrycznej (dwudziestościennej), która wyklucza powtarzalność translacyjną struktury. Powstaje ona podczas szybkiego studzenia stopu metalicznego złożonego z aluminium z dodatkiem 10–14% manganu. Ma postać ziaren o wielkości do 2 μm . Autorzy tej pracy nadali jej nazwę fazy dwudziestościennej, ikosaedrycznej (*icosahedral phase*).

Nazwa kwazikryształy została wprowadzona później. Faza ta tworzy się w czasie szybkiego studzenia stopu. Ma ona dużą trwałość termiczną w zakresie 300–350°C; dopiero w 400°C przekształca się w związek międzymetaliczny Al₆Mn o normalnej strukturze krystalicznej. Określono, że wykryta faza jest formą metatrwałą, jej struktura pod względem uporządkowania zajmuje miejsce pośrednie pomiędzy strukturą cieczy i amorficznego szkła metalicznego a w pełni krystalicznym ciałem stałym.

Tworzenie się faz metatrwałych w układach z ciałem stałym powodowane jest zwykle działaniem czynników natury kinetycznej – może to mieć również miejsce w przypadku kwazikryształów. Gwałtowne schłodzenie stopu Al-Mn zamraza wysokotemperaturowy stan jego struktury, podobnie jak dzieje się to w przypadku otrzymania szkielek metalicznych, które zachowują strukturę płynnego metalu. Powstawanie metatrwałych faz przejściowych o strukturze zdeformowanej, nieuporządkowanej lub uporządkowanej w różnym stopniu jest zjawiskiem charakterystycznym dla reakcji chemicznych zachodzących w strukturze ciał stałych nieorganicznych niemetalicznych (szkła, ceramika) i minerałach, kiedy działanie powinowactwa chemicznego, rządzącego łączeniem się reagentów, jest ograniczone skutkiem związania tych reagentów ze strukturą prekursora, w której reakcja zachodzi. W nieuporządkowanej, amorficznej strukturze szkielek nieorganicznych istnieją tzw. obszary (domeny) uporządkowania średniego zasięgu, które w temperaturze transformacji stanu szklistego dają początek kryształom o nanometrycznych rozmiarach i nowych ciekawych właściwościach (szkła laserujące).

Odkrycie Dana Shechtmana rzuca nowe światło również i na te zjawiska oraz skłania do weryfikacji utartych poglądów. Międzynarodowa Unia Krystalograficzna zmieniła w 1992 r. definicję kryształu. Dawniej kryształ określano jako substancję, której składniki (atomy, drobiny, jony) rozmieszczone są w sposób uporządkowany, regularny, powtarzający się w trzech kierunkach. Obecnie kryształem jest każde ciało stałe, które badane, daje odpowiedni obraz dyfrakcyjny.

Nowe odkrycie owocuje powstaniem tworzyw metalicznych o wyjątkowych właściwościach użytkowych. Tegoroczna Nagroda Nobla w dziedzinie chemii jest kolejnym osiągnięciem związanym z nauką o materiałach. Z wcześniejszych wymienić należy wykrycie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego przez J.G. Bednorza i K.A. Müllera. W 1986 r. otrzymali oni złożony tlenek lantanu baru i miedzi (nadprzewodnik ceramiczny) o temperaturze krytycznej 30K, za co w roku 1987 otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. Później opanowano syntezę innych podobnych substancji o temperaturze krytycznej nawet 135K. Otworzyło to drogę do nadprzewodników elektromagnesów dużej mocy, chłodzonych ciekłym azotem.

Laureatem Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 2009 r. został Charles K. Kao z Chin za badania nad właściwościami optycznymi szkielek, nad konstrukcją światłowodów i ich zastosowaniem w telekomunikacji. Dały one również impuls do powstania optoelektroniki z jej spektakularnymi osiągnięciami.

Przedstawione tutaj przykłady pokazują, jak nieoczekiwane i niedające się przewidzieć zjawiska ujawniają badania materii wytworzonej w warunkach technicznych, które skutkują głębokimi zmianami cywilizacyjnymi, jak również wytyczają nowe drogi w poszukiwaniu prawdy naukowej o otaczającym świecie.

LESZEK STOCH

¹ http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/press.html