



The Nobel Prize in Chemistry 2011

"for the discovery of quasicrystals"



Daniel Shechtman
Technion-Israel Institute
of Technology,
Haifa, Israel

Η απονομή

Τα τελευταία χρόνια, ένα Βραβείο Νομπέλ το μοιράζονται συνήθως δύο ή τρεις επιστήμονες, όμως το φετινό Βραβείο Νομπέλ Χημείας, μαζί με τα 10 εκατομμύρια σουηδικές κορόνες (περίπου 1.000.000 €) που το συνοδεύουν, πήγαν σε έναν μόνο επιστήμονα, στον Ντάνιελ Σέχτμαν (Daniel Shechtman), έναν 70χρονο καθηγητή της επιστήμης υλικών του Ινστιτούτου Τεχνολογίας "Technion" στη Χάιφα του Ισραήλ. Ο Σέχτμαν είναι επίσης καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Αϊόβα (Iowa State University) και ερευνητής στο Εργαστήριο "United States Department of Energy's Laboratory".

Η απονομή του Βραβείου έγινε την Τετάρτη, 5 Οκτωβρίου 2011. Η αιτιολόγηση της απονομής του Βραβείου εκ μέρους της Βασιλικής Σουηδικής Ακαδημίας ήταν λιτή: «For the discovery of quasicrystals» (για την ανακάλυψη των ημικρυστάλλων).

Κρύσταλλοι πενταπλής συμμετρίας: κάτι που δεν έπρεπε να υπάρχει και όμως υπάρχει

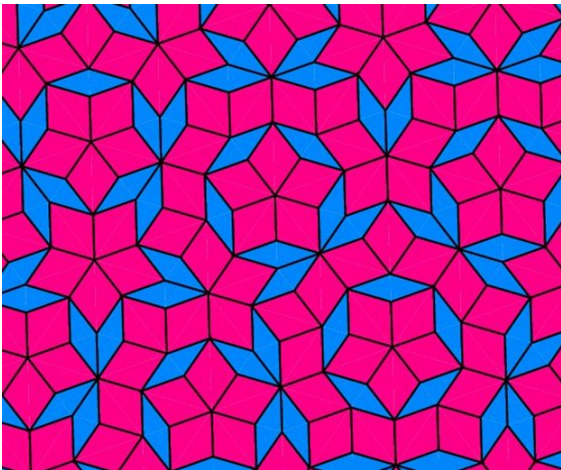
Το πρωί της 8ης Απριλίου 1982, ο Ντάνιελ Σέχτμαν σημείωσε τρία χοντρά ερωτηματικά στο εργαστηριακό του τετράδιο, στο οποίο κατέγραφε τα πειραματικά του αποτελέσματα. Είχε κοιτάξει στο ηλεκτρονικό του μικροσκόπιο έναν κρύσταλλο από κράμα αλουμινίου - μαγγανίου και παρατήρησε ότι κάτι δεν πήγαινε καλά με την ατομική δομή του κρυστάλλου. Τα άτομα ήταν μεν τοποθετημένα με τάξη, αλλά κατά έναν τρόπο ο οποίος θεωρούνταν αδύνατος: το υλικό είχε πενταπλή συμμετρία (απεριοδική), πράγμα αντίθετο προς το βασικό «θεώρημα περιορισμού» της Κρυσταλλογραφίας, κατά το οποίο οι κρύσταλλοι εμφανίζουν περιοδική συμμετρία εκ περιστροφής. Κάνοντας υπολογισμούς ο Σέχτμαν, διαπίστωσε ότι η αναλογία των αποστάσεων μεταξύ των ατόμων του περιέργου αυτού κρυστάλλου σχετιζόταν με τον περίφημο [Χρυσό Λόγο του Πυθαγόρα](#).

Γιατί ορισμένες διατάξεις των ατόμων είναι απαγορευτικές

Μόνο αντικείμενα ορισμένης συμμετρίας μπορούν να τοποθετηθούν δίπλα-δίπλα ή το ένα επάνω στο άλλο, χωρίς να αφήνουν κενά μεταξύ τους: διπλές, τριπλές, τετραπλές και εξαπλές συμμετρίες δεν αποτελούν πρόβλημα, όχι όμως και οι πενταπλές. Ένας πλακάς «ντύνει» το μπάνιο ή την κουζίνα, κανονικά, με τετραγωνικά πλακίδια. Θα μπορούσε βέβαια να χρησιμοποιήσει τριγωνικά ή εξαγωνικά, σε καμιά περίπτωση όμως πενταγωνικά, διότι με αυτά θα έμεναν κενά ανάμεσα στα πλακίδια.

Τάξη με εναλλαγή μοτίβων

Μέχρι την ανακάλυψη του Σέχτμαν ήταν σαφές: Όλοι οι κρύσταλλοι αποτελούνται από πανομοιότυπες μονάδες, οι οποίες είναι δομημένες χωρίς κενά ανάμεσά τους, ώστε να μπορούν πάντοτε να επαναλαμβάνονται. Έτσι, για τους κρυστάλλους ίσχυε ως κανόνας ότι η πενταπλή συμμετρία ήταν απαγορευμένη. Τέτοιοι κρύσταλλοι αντετίθεντο, κατά τις παλιότερες απόψεις, στους νόμους της φύσης. Όμως, το νέο υλικό που παρασκεύασε ο Σέχτμαν είχε πενταπλή συμμετρία. Το δείγμα του αποτελούσε έναν τελείως νέο τύπο στερεού: επρόκειτο για τους λεγόμενους ημικρυστάλλους*. Αυτοί οι κρύσταλλοι των οποίων η δόμηση βασίζεται σε τελείως διαφορετικούς κανόνες, θυμίζουν τα εντυπωσιακά μωσαϊκά του αραβικού κόσμου. Σε αναλογία προς τα μωσαϊκά αυτά, οι δομικοί λίθοι ενός ημικρυστάλλου δεν επαναλαμβάνονται ποτέ, αλλά περιστοιχίζονται πάντοτε από ένα άλλο μοτίβο (σχέδιο). Παρόλα αυτά, δεν δημιουργείται κανένα χάος, επειδή οι δομικοί λίθοι είναι τοποθετημένοι με τάξη στον κρύσταλλο. Αυτό βέβαια γίνεται κατανοητό μόνο με εφαρμογή μαθηματικών.



Οι δομές των ημικρυστάλλων θυμίζουν εντυπωσιακά μωσαϊκά του αραβικού κόσμου, σαν αυτά της Αλάμπρα.

* *Ημικρύσταλλος* είναι η απόδοση στα ελληνικά του αγγλικού όρου quasicrystal. Ίσως ορθότερος θα ήταν ο όρος *ψευδοκρύσταλλος*, δεδομένου ότι το quasi σημαίνει «σχεδόν», ή «κατά κάποιον τρόπο». Ημικρύσταλλος είναι η μετάφραση του semicrystal.

Ένας σκληρός αγώνας

Ο εφετινός νομπελίστας της Χημείας είχε να δώσει έναν σκληρό αγώνα πριν την αναγνώριση της ανακάλυψής του. Όταν οι ερευνητές, συνάδελφοι του Σέχτμαν, άκουσαν για το τι πίστευε ότι είχε ανακαλύψει, τον κορόιδεψαν. Ο προϊστάμενός του τον συμβούλεψε να μελετήσει προσεκτικά ξανά από την αρχή το βιβλίο με τις ...βασικές γνώσεις κρυσταλλογραφίας. Όταν ο Σέχτερ συνέχισε να επιμένει για την ορθότητα των πειραματικών του αποτελεσμάτων, χρειάστηκε να εγκαταλείψει την ερευνητική του ομάδα (οι τρελές ιδέες του Σέχτμαν δεν άρεσαν καθόλου στον προϊστάμενό του).

Το 1984, δύο χρόνια μετά την ανακάλυψή του, ο Σέχτμαν έστειλε τα ερευνητικά του αποτελέσματα σε ένα αξιόλογο επιστημονικό περιοδικό για δημοσίευση. Τα χειρόγραφά του όμως επεστράφησαν, αφού ο εκδότης θεώρησε την εργασία του Σέχτμαν ως ανοησίες και την απέρριψε. Και άλλοι επιστήμονες, μεταξύ αυτών και ο μέγας βιοχημικός Λάινους Πόλινγκ (Linus Pauling), δις βραβευθείς με Νομπέλ, αμφισβήτησε εντονότατα τα ευρήματα του Σέχτμαν, υποστηρίζοντας ότι αυτά μπορούσαν να ερμηνευθούν μέσω «διδυμίας», σύμφωνα με την οποία δύο κανονικοί περιοδικοί κρύσταλλοι συνενώνονται κατά μία γωνία.

Ο Σέχτμαν για μεγάλο διάστημα αναζήτησε υποστήριξη από άλλους κρυσταλλογράφους, τους οποίους τελικά έπεισε για την ορθότητα της εργασίας του. Αφού έδειξε την εργασία του στον John Cahn, εξέχοντα ερευνητή στην επιστήμη των υλικών, εκείνος τη συζήτησε με τον Denis Gratias, ειδικό στη μαθηματική κρυσταλλογραφία στο Εθνικό Κέντρο Επιστημονικών Ερευνών (CNRS) της Γαλλίας. Ακολουθώντας πλέον τις συμβουλές τους, τον Οκτώβριο του 1984, ο Σέχτμαν και ο συνάδελφός του στο Technion Αϊλαν Μπλεχ (Ilan Blech) υπέβαλαν από κοινού σε άλλο περιοδικό, στο «*Physical Review Letters*», μια αναθεωρημένη εκδοχή της εργασίας. Αυτή δημοσιεύθηκε τον Νοέμβριο του 1984, περισσότερο από δύο χρόνια μετά το αρχικό πείραμα του Σέχτμαν. Στον επιστημονικό κόσμο η εργασία αυτή έσκασε σαν βόμβα. Μάλιστα, δέκα χρόνια αργότερα, το 1992, οι επιστήμονες άλλαξαν τον ορισμό που έδινε η Διεθνής Ένωση Κρυσταλλογραφίας για το τι είναι κρύσταλλος: ο παλιός ορισμός του κρυστάλλου ως στερεό με «κανονικά διατεταγμένο και περιοδικά επαναλαμβανόμενο τρισδιάστατο πρότυπο» δεν ήταν πλέον επίκαιρος. Ο νέος ορισμός λέει ότι κρύσταλλος είναι απλά ένα στερεό με «διακριτό διάγραμμα περίθλασης».

Όχι μόνο βασική έρευνα

Μέχρι σήμερα, ερευνητές από όλον τον κόσμο που ακολούθησαν τα ίχνη του Σέχτμαν έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν, εργαστηριακά, εκατοντάδες νέα είδη ημικρυστάλλων. Πρόκειται σε όλες τις περιπτώσεις για μεταλλικά κράματα. Εξάλλου, το 2009 εντοπίστηκαν σε ποταμό της Ρωσίας και ορυκτά που εμπεριέχουν φυσικά σχηματισμένους ημικρυστάλλους. Τέλος, μια σουηδική εταιρεία εντόπισε ημικρυστάλλους σε ένα είδος ατσαλιού. Εκεί η παρουσία τους οδηγεί σε ενίσχυση του ατσαλιού.

Πολλά από τα υλικά με ημικρυστάλλους έχουν ξεχωριστές ιδιότητες: είναι σκληρά, εύθρυπτα, με λείες επιφάνειες και, σε αντίθεση με τα μέταλλα, κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

Ως προς την πρακτική εφαρμογή της ανακάλυψης του Σέχτμαν: Ήδη στην αγορά κυκλοφορούν ξυριστικές λεπίδες και ειδικές βελόνες για εγχειρίσεις οφθαλμών,

κατασκευασμένες από σκληρό εξευγενισμένο χάλυβα, η κατασκευή του οποίου στηρίζεται στους ημικρυστάλλους που ανακάλυψε ο Σέχτμαν. Άλλες εφαρμογές μπορούν να υπάρξουν σε πετρελαιοκινητήρες, φωτοδιόδους LED, επικαλύψεις τηγανιών κουζίνας, κ.λπ.

Πηγές: 1. «Νομπέλ Χημείας στα ατομικά μωσαϊκά» Καφαντάρης Τάσος, Εφημερίδα «Το Βήμα», 05.10.2011
2. «Chemie Nobelpreis 2011» Osterath Brigitte, WDR, Tagesschau, 05.10.2011
3. «Israeli scientist wins Nobel Prize for Chemistry» Chang Kenneth, The New York Times (Science), 05.10.2011