

La cristal·lografia i els premis Nobel: Dan Shechtman i les simetries impossibles

LA QUANTITAT DE CIENTÍFICS GUARDONATS AMB EL PREMI NOBEL RELACIONATS AMB LA CRISTAL·LOGRAFIA ÉS REALMENT NOTABLE. LA UNIÓ INTERNACIONAL DE CRISTAL·LOGRAFIA (IUCR), A LA SEVA PÀGINA WEB (WWW.IUCR.ORG), EN PRESENTA UNA LLISTA DE 41 REPARTITS EN: 26 DE QUÍMICA, 12 DE FÍSICA I 3 DE MEDICINA.

→ Tenint en compte que el nombre total de científics que han rebut el premi Nobel de Química és de 161 i el de Física de 192, els cristal·lògrafs guardonats representen uns percentatges força elevats, de 16,1% i 6,2% respectivament. Aquesta tendència es manté ferma en el segle XXI amb 6 guardonats amb el premi Nobel de Química fins al moment.

En el cas dels premis Nobel de Química femenins la proporció és espectacular: d'un total de 4 dones que l'han guanyat, la meitat estan vinculades a la cristal·lografia. La **taula 1** il·lustra la situació.

A la **taula 2** es presenta el llistat de "premis Nobel de Cristal·lografia"* des de l'inici de la concessió del premi l'any 1901.

L'observació de la taula 2 mostra que al principi els premis Nobel de Cristal·lografia són tots del camp de la física, que posteriorment van evolucionant cap a la

* TOT I QUE LA FUNDACIÓ NOBEL NO ATORGA EL PREMI NOBEL DE CRISTAL·LOGRAFIA, EN AQUEST ARTICLE S'USA AQUEST TERME PER REFERIR-SE ALS GUANYADORS DEL PREMI NOBEL QUE ESTAN RELACIONATS AMB LA CRISTAL·LOGRAFIA.

Premis Nobel de Química femenins (taula 1)

- **Marie Curie** (1911), que també va rebre el premi Nobel de Física (1903).
- **Irène Joliot Curie** (1935), filla dels premis Nobel Pierre Curie i Marie Curie i esposa del també premi Nobel Frédéric Joliot.
- **Dorothy Hodgkin** (1964), premi Nobel de Química–Cristal·lografia.
- **Ada E. Yonath** (2009), premi Nobel de Química–Cristal·lografia.

Premis Nobel de Cristal·lografia (taula 2)

 Premi Nobel de Física  Premi Nobel de Química  Premi Nobel de Fisiologia o Medicina  Biologia [es recorda que no hi ha Premi Nobel de Biologia]

W. H. Bragg i W. L. Bragg
Utilització dels raigs X
per determinar
l'estructura cristal·lina

1901	1914	1915	1917	1929	1936
 W. C. Röntgen Descobriments dels raigs X	 M. Von Laue Difracció dels raigs X pels cristalls	 Charles Glover Barkla Descobriments dels espectres de raigs X característics dels elements	 L. V. de Broglie La naturalesa ondulatòria de l'electró	 Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye Per les seves contribucions al coneixement de l'estructura molecular mitjançant les seves investigacions sobre els moments dipolars i la difracció dels raigs X i dels electrons en gasos	



COPYRIGHT © NOBEL MEDIA 2011. PHOTO: DAVID BLUMENFELD

EL PREMI NOBEL 2011 DE QUÍMICA, DAN SHECHTMAN, AMB UN ICOSAEDRE [SIMETRIA PENTAGONAL].

química i més endavant es detecta la irrupció potent de la biologia en els darrers anys (es recorda que no hi ha premi Nobel de Biologia). Com a fites destacades dintre de la Taula 2, cal esmentar el premi Nobel de

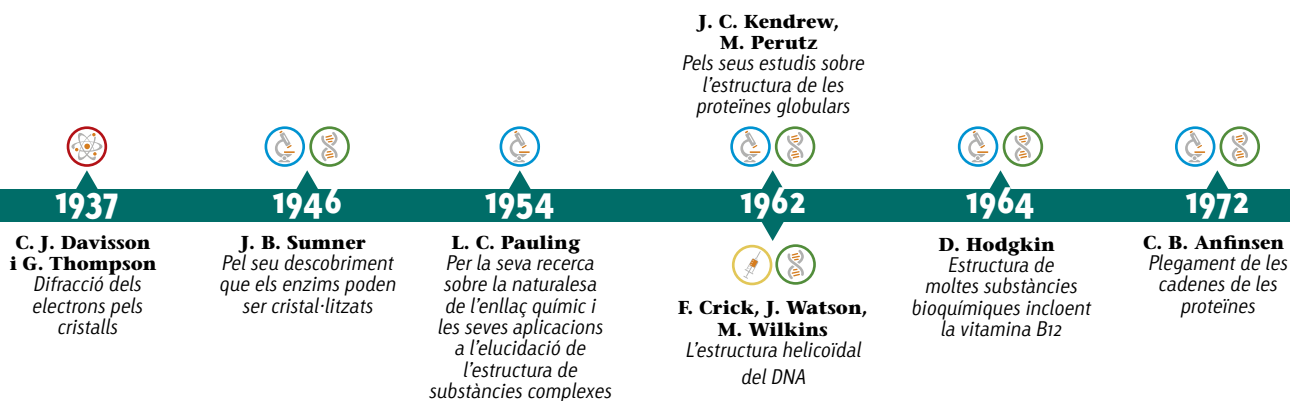
El darrer premi Nobel de Química ha estat de nou per a un cristal·lògraf, el professor Dan Shechtman

l'any 1915, que el van rebre simultàniament els Bragg, pare i fill; l'any 1962, on hi ha dos premis Nobel de Cristal·lografia; i finalment el cas de L. Pauling (premi Nobel de Química 1954), que també va rebre el premi Nobel de la Pau l'any 1962.

En aquest panorama no és d'estranyar que el darrer premi Nobel de Química hagi estat concedit, una altra vegada, a un cristal·lògraf, concretament al professor Dan Shechtman, nascut l'any 1941 a Tel Aviv (Israel).

En el cas que ens ocupa, el premi ha estat atorgat a una sola persona i més enllà de premiar una labor científica de gran importància, també es premia la perseverança d'un home que s'enfronta a la comunitat científica internacional per tal de defensar a ultrança les seves idees, que durant molt de temps no van ser acceptades.

La història comença l'any 1982, quan Dan Shechtman treballava a la Universitat Johns Hopkins (Baltimore, EUA); el tema de la seva recerca era sobre aliatges lleugers per ser aplicats a la indústria aeronàutica.



J. C. Kendrew, M. Perutz
Pels seus estudis sobre l'estructura de les proteïnes globulars

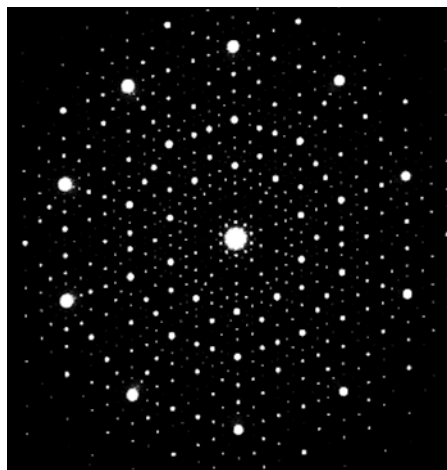


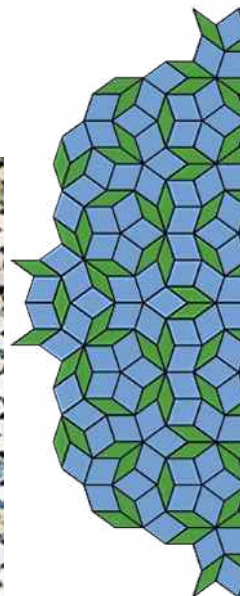
FIGURA 1.- IMATGE DE LA DIFRACCIÓ D'ELECTRONS D'UN QUASICRISTALL



FIGURA 2.- DETALL DE LA FIGURA 1. LES SIMETRIES D'ORDRE 5 ESTAN MARCADES AMB FORMA DE PENTÀGONS



FIGURA 3.- PORTAL D'UNA MESQUITA DE L'IRAN



Un dels experiments consistia a mesurar la difracció d'electrons mitjançant un microscopi electrònic. El matí del 8 d'abril de 1982, Dan Shechtman va observar unes imatges de difracció d'electrons que presentaven una simetria d'ordre 5 (veure figures 1 i 2). Els cristalls, a causa de la seva periodicitat, solament poden presentar simetries rotacionals d'ordres 2, 3, 4 i 6. El que va observar Dan Shechtman era una cosa que no s'havia observat mai i, a més a més, la ciència afirmava que era impossible.

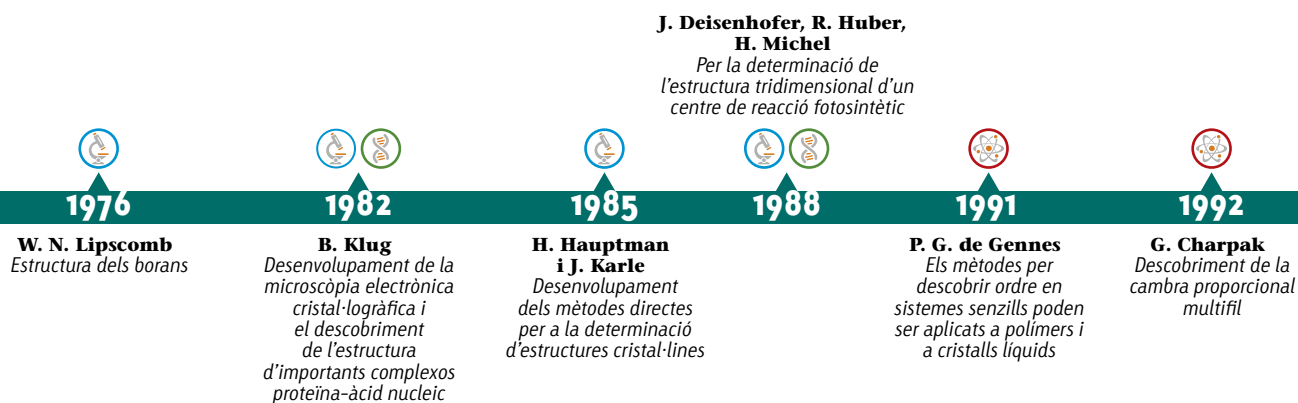
Sens dubte, la seva sorpresa va ser monumental i, com a bon científic, va repetir els experiments moltes vegades i en condicions diferents, però a les imatges seguien sortint, obstinadament, aquelles simetries d'ordre 5 impossibles.

Quan va intentar divulgar els seus resultats va topar amb una forta oposició com ha passat tantes vegades a través de la història (Miguel Servet, Galileo Galilei...), però sortosament al segle XX ja no cremaven ni empresonaven ningú per defensar idees com aquestes. No obstant això, sí que es va veure obligat a abandonar el

laboratori on treballava i va rebre fortes crítiques de la comunitat científica; fins i tot una personalitat tan important com el doble premi Nobel L. Pauling opinava que "no existeixen els quasicristalls, solament existeixen quasicièntífics".

Les aplicacions més conegudes dels quasicristalls les podem trobar en material quirúrgic i fulles d'afaitar, molt dures i molt resistents a la corrosió

Quan va tractar de publicar els seus resultats, les revistes científiques li van negar repetidament la seva publicació; van haver de passar dos llargs anys fins que els resultats es van publicar a la revista *Physical Review Letters* el 1984. Mentrestant altres científics havien anat aportant informació suficient com per fer dubtar la comunitat científica sobre l'existència dels quasicristalls.



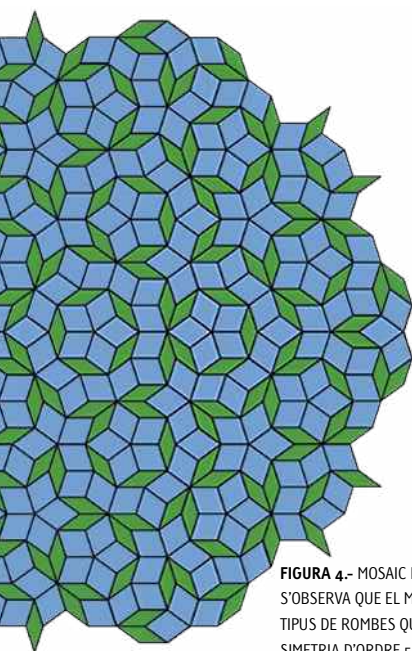


FIGURA 4.- MOSAIC DE PENROSE ("PENROSE TILING"). S'OBSERVA QUE EL MOSAIC ESTÀ CONSTITUÏT PER DOS TIPUS DE ROMBES QUE QUAN S'ACOBLEN PRODUÏEIXEN SIMETRIA D'ORDRE 5 I NO TENEN PERIODICITAT

D'altra banda, es va veure que els quasicristalls són més corrents del que es pensava en un principi; així doncs, s'han trobat exemples d'ells en compostos molt diferents (inorgànics, orgànics) i fins i tot, l'any 2009, es va publicar l'existència d'un quasicristall natural: el mineral anomenat icosaedrita.

Les aplicacions més conegudes dels quasicristalls les podem trobar en material quirúrgic i fulles d'afaitar, que tenen la propietat de ser molt durs i molt resistents a la corrosió. D'altra banda, els quasicristalls també s'han usat com a materials antiadherents que al mateix temps són molt durs.

LES SAGRADES REGLES DE LA CRISTAL·LOGRAFIA

Queda per explicar què són els quasicristalls i quina estructura tenen que possibilita aquestes difraccions tan especials. On deuen estar situats els àtoms en els quasicristalls per produir aquestes simetries impossibles que violen les sagrades regles de la cristal·lografia?

Una explicació rigorosa queda fora de les possibilitats d'aquest article, però es pot fer una explicació bàsica: els quasicristalls es poden descriure com a agrupacions d'àtoms ordenats que tenen simetria (com els cristalls convencionals), però que no tenen periodicitat. La ciència considerava que una tal organització de la matèria era impossible.

Des del punt de vista geomètric, alguns dels mosaics que es troben a les mesquites i a altres construccions àrabs són un excel·lent model bidimensional de l'estructura dels quasicristalls. És notable que una estructura que va fer anar de bòlid la ciència del segle XX estigués exposada a la vista de tothom i fos visitada per milers de persones. A la figura 3 es troba un exemple representatiu on s'aprecia la simetria pentagonal típica dels quasicristalls.

D'altra banda, el matemàtic i físic Roger Penrose va descriure, al voltant del 1970, els anomenats "Penrose tilings", que són mosaics constituïts per dues peces de forma ròmbica que poden omplir (tessellar) tot el pla de forma que no es repeteixen mai (no hi ha periodicitat) i presenten simetria pentagonal com els quasicristalls. A la figura 4 es presenta un d'aquests mosaics.

En vista de la gran quantitat de casos de quasicristalls descrits experimentalment i de les teories convincentes que es van crear per explicar la seva estructura i les seves propietats, l'any 1992, la Unió Internacional de Cristal·lografia va canviar la definició de "cristall" de manera que els quasicristalls s'hi incorporeassin; en definitiva, una gran triomf per a Dan Shechtman... i per a la ciència en general. **Q**



JOAN FRANCESC PINIELLA FEBRER,
DOCTOR ENGINYER QUÍMIC PER L'IQS
I CATEDRÀTIC DE LA UAB

