

UN PREMIO NOBEL CADUTO DALLO SPAZIO

Maurizio Travaglini, Vincenzo Nasti, Roberto Pucci
Gruppo Mineralogico Romano

L'articolo è la recensione della conferenza tenuta il 18 ottobre 2014 dal prof. Luca Bindi del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'Aula Magna del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma Sapienza, durante la quale i presenti sono rimasti affascinati dalla straordinaria e "strana storia dei materiali impossibili formati agli albori del sistema solare".

Un premio Nobel caduto dallo spazio

Prof. Luca Bindi
Università degli Studi di Firenze

sabato 18 ottobre ore 15.30

Aula 1 - Dipartimento di Scienze della Terra
Edificio Geologia - Piazzale Aldo Moro, 5 - Roma

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
Sapienza, Università di Roma

PIAZZALE
AL MORO, 5
ROMA

Non capita spesso di assistere a una conferenza su argomenti da "addetti ai lavori" e provare la sorpresa non solo di ben comprendere quanto presentato, ma soprattutto di essere magicamente coinvolti e, quindi, di trovarsi trascinati anche emotivamente a partecipare alle varie fasi di una straordinaria scoperta scientifica.

Il merito va certamente al prof. Luca Bindi, autore e relatore della conferenza, che con termini semplici ha saputo condurre l'affollata Aula Magna del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università Sapienza di Roma, peraltro gremita di giovani, nell'affascinante percorso da lui effettuato verso la conferma della esistenza in natura di sostanze cristalline "anomale" rispetto ai consolidati criteri della cristallografia.

La conferenza si è pienamente collocata nell'ambito delle iniziative dell'Università Sapienza volte a celebrare l'Anno Internazionale della Cristallografia.

Il tema dell'incontro è stato quello dei *QUASICRISTALLI*, ma anche il resoconto di un avvincente percorso che ha portato il prof. Bindi a interessarsi all'argomento e, vincendo – come ci ha raccontato – alcune iniziali "resistenze ideologiche" di colleghi statunitensi, a unirsi a questi nella ricerca e individuazione di ciò che si credeva non esistesse in natura, ma solo in composti creati artificialmente dall'uomo.

L'interesse del prof. Bindi nacque dalla lettura di un articolo di scienziati dell'Università di Princeton (Lu *et al.*, 2001) nel quale venivano forniti schemi per la identificazione dei *quasicristalli*. Poiché nello stesso articolo si sollecitava anche la collaborazione da parte di colleghi interessati, nacque un primo contatto che sfociò poi in una piena collaborazione e amicizia.

I QUASICRISTALLI

Per meglio comprendere le peculiarità dei *quasicristalli* è opportuno ricordare la definizione di minerale: “*solido cristallino in cui la posizione degli atomi è disposta in un reticolo periodico di punti, che si ripetono nelle 3 dimensioni allo stesso modo, e dove ogni cella elementare ha uno schema identico a quelle che la circondano*”.

Nei *quasicristalli* “*lo schema è quasiperiodico. La disposizione locale degli atomi è fissa e regolare, ma non è periodica in tutto il materiale: ogni cella ha una configurazione differente di celle che la circondano*”. “*Tale disposizione segue lo schema geometrico studiato teoricamente dal fisico e matematico Roger Penrose*” (fig. 1). “*I quasicristalli (abbreviativo di “cristalli quasiperiodici”) sono solidi caratterizzati da*

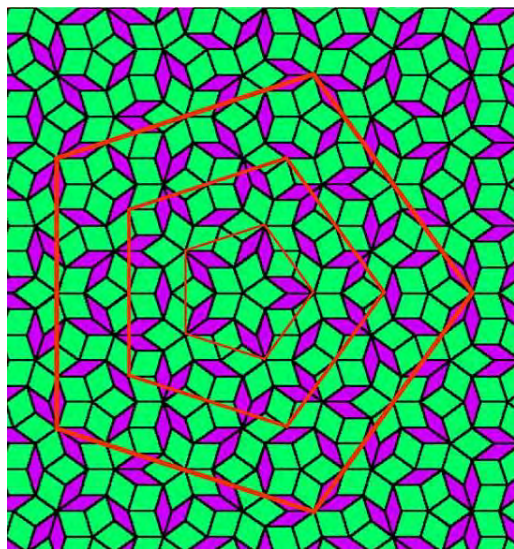


Fig. 1 - Mosaico ideato da R. Penrose e costituito da due tasselli che violava le regole cristallografiche perché aveva una simmetria di ordine cinque (Penrose, 1974).

uno spettro di diffrazione composto da picchi di Bragg¹ (come i cristalli periodici) ma con simmetrie vietate ai cristalli, come una simmetria di ordine 5 in un piano o una simmetria icosaedrica nelle tre dimensioni”.²

Essi furono scoperti, in un composto sintetico ottenuto in laboratorio, nel 1982 dal fisico israeliano Dan Shechtman (Shechtman *et al.*, 1984)

Come egli stesso ha raccontato, “la sua scoperta fu presa con grande scetticismo da buona parte della comunità scientifica”. E dire scetticismo è poco, visto che Linus Pauling (eminente chimico americano) chiamò Shechtman, in pubblico, *un quasi scienziato*.

Perché i “*quasicristalli*” potessero “essere considerati stati fondamentali della materia” (Bindi, 2014) era indispensabile trovarne formati in natura e quindi stabili nel tempo; tale scoperta venne effettuata nel 2009 e, alla fine del 2011, a Dan Shechtman fu assegnato il premio Nobel per la chimica (Lidin, 2011).

A questo punto è opportuno chiarire il ruolo avuto, in tutta la vicenda, dal prof. Bindi che, nel 2007, aveva aderito all’invito alla collaborazione nella ricerca sui *quasicristalli* (Lu *et al.*, 2001).

I *quasicristalli* fino ad allora studiati erano stati individuati in “materiali” artificiali ma, seppur da taluni ipotizzati, non erano mai stati trovati in “natura”.

¹ Facendo incidere un’opportuna onda elettromagnetica su di un cristallo, si osservano fenomeni di ‘interferenza’ causati dalla riflessione di onde da parte di piani cristallini diversi ma paralleli.

² Com’è noto in mineralogia morfologica gli assi di simmetria sono le rette ideali che attraversano il poliedro passando per il suo centro e che, mediante una rotazione di un angolo alfa, portano periodicamente il solido stesso a ricoprirsi per n volte, nello spazio, dopo un intero angolo giro (360°). Gli assi cristallografici conosciuti finora erano di ordine 1, 2, 3, 4 e 6 (simboli A1, A2, A3, A4, A6).

Dopo approfonditi studi e comparazioni “alla ricerca di candidati promettenti in natura” e individuati in composti di rame e alluminio, il prof. Bindi pose l’attenzione nel 2009, presso il Museo di Storia Naturale dell’Università degli Studi di Firenze, su un campione classificato come khatyrkite con composizione $(\text{Cu,Zn})\text{Al}_2$ (Razie *et al.*, 1985).

Il campione, di appena 4 mm, era costituito da un aggregato cristallino, di paragenesi mineralogica complessa comprendente, oltre la khatyrkite e la cupalite $[(\text{Cu,Zn})\text{Al}]$, spinello, diopside e olivina forsteritica (fig. 2), e nel suo studio fu individuata la presenza di granuli (di dimensioni di circa 100 μm) di un minerale che, perfettamente caratterizzato, risultò essere una nuova specie, di formula $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$, ma cosa ben più importante, di grado di simmetria 5 (fig. 3), primo *quasicristallo* di origine non sintetica; si sottolinea non sintetica in quanto un composto della stessa struttura e stechiometria era stato sintetizzato in laboratorio già nel 1985 (Tsai *et al.*, 1985 in Steinhardt e Bindi L., 2012).



Fig. 2 - Il campione “fiorentino” contenente la khatyrkite dove fu individuata e studiata la *icosahedrite*.

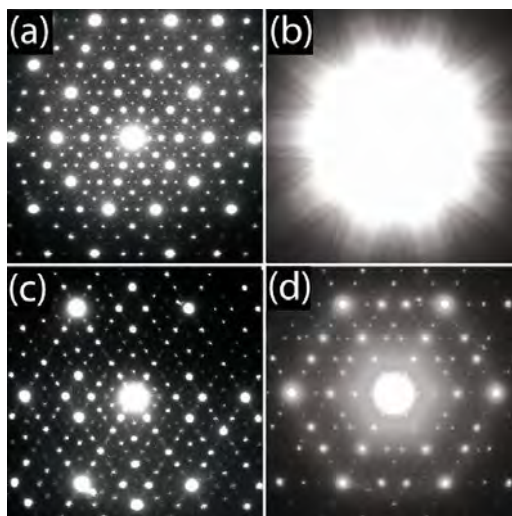


Fig. 3 – Immagini di diffrazione³ al TEM (Transmission Electron Microscope) della *icosahedrite*. Il fascio elettronico, puntato lungo gli assi, produce spettri di diffrazione con simmetria cinque (a), tre (d) e due (c). In (b) lo spettro di diffrazione lungo l’asse cinque ottenuto tramite luce convergente.

La paragenesi escludeva, inoltre, condizioni di formazione compatibili con attività antropiche (pressioni superiori a 10 GPa) (Bindi *et al.*, 2009, 2011).

³ La simmetria di un solido è determinata bombardando il campione con elettroni lungo direzioni diverse e poi esaminando lo spettro ottenuto. Se gli atomi sono disordinati, lo spettro risultante è costituito da anelli diffusi, ma se gli atomi sono disposti in modo ordinato, come avviene per i cristalli e i *quasicristalli*, lo spettro di diffrazione è costituito da macchie singole e mostra una simmetria che riflette la simmetria della disposizione atomica lungo la direzione del fascio di elettroni incidenti. Gli spettri ottenuti per il *quasicristallo* naturale mostrano una simmetria icosaedrica, la simmetria di un pallone da calcio. Puntando il fascio elettronico lungo gli assi, si possono ottenere spettri di diffrazione con simmetria cinque, tre e due.

La nuova specie fu denominata *icosahedrite* e approvata dall'IMA (IMA 2010-042; Bindi *et al.* 2011). Per sgombrare il campo da ogni possibile dubbio circa l'esatta origine e provenienza del campione fiorentino contenente la khatyrkite e la icosahedrite, rinvenuto nel 1979 a Khatyrka sui monti Koryak nella regione autonoma di Chukotka nella Russia estremo-orientale (e che fu poi appurato essere di natura "extraterrestre" (Bindi *et al.*, 2012), si rese necessario organizzare nel 2011 una spedizione di ricerca, guidata dal prof. Bindi, alla quale partecipò anche Valery Kryachko, colui che aveva trovato - circa 30 anni prima - il citato campione di khatyrkite (figg. 4 e 5).

La ricerca fu coronata da successo e fu rinvenuto un micro campione di minerale che alle successive analisi ai raggi X si confermò essere un *quasicristallo* naturale di icosahedrite (fig. 6).

Da quanto precede bene si comprende come gli studi e le ricerche del prof. Bindi, assieme agli amici/colleghi americani, abbiano fortemente contribuito all'assegnazione al prof. Shechtman del Premio Nobel per la



Fig. 4 – La spedizione a Khatyrka sui Monti Koryak (18 luglio-13 agosto 2011).



Fig. 5 – Momenti della ricerca, sulla sinistra il prof. L. Bindi.

chimica e gli siamo grati di averci fatto toccare con mano, grazie al suo racconto, quanto possa essere entusiasmante e gratificante, dedicarsi con passione e amore alla scienza.

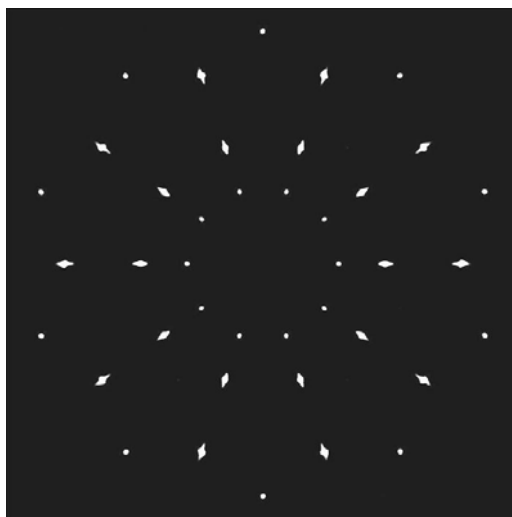


Fig. 6 - Immagine di diffrazione ai raggi X del campione di *icosahedrite*, *quasicristallo* naturale, rinvenuto nella spedizione del 2011.

Mentre andiamo in stampa, il prof. Bindi ci informa della sensazionale scoperta di un *quasicristallo* naturale con simmetria decagonale. Il minerale, con composizione $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$, è stato rinvenuto nello stesso frammento di meteorite nel quale è stata rinvenuta l'*icosahedrite*. In Bibliografia è citato il relativo articolo (Bindi et al. 2015).

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il prof. Luca Bindi per la rilettura del presente articolo e per l'autorizzazione a pubblicare alcune immagini della presentazione che ha accompagnato la Conferenza del 18 ottobre 2014.

BIBLIOGRAFIA

- BENCIVELLI S. (2013) - Cartoline da Lindau, Dan Shechtman e la sua rivoluzione dei quasicristalli, Resoconto dal 63rd Lindau Nobel Laureate Meeting – *Le Scienze* (Edizione italiana di *Scientific American*) – 4 luglio 2013, www.lescienze.it.
- BINDI L., STEINHARDT P.J., YAO N., LU P.J. (2009) - Natural Quasicrystals - *Science*, Vol. 324, n. 5932, 1306–1309.
- BINDI L., STEINHARDT P.J., YAO N., LU P.J. (2011) - Icosahedrite, $Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$, the first natural quasicrystal. - *Amer. Mineral.*, Vol. 96, 928–931.
- BINDI L., EILER M.J., YUNBIN GUAN Y., HOLLISTER S.L., MACPHERSON G., STEINHARDT P.J., YAO N. (2012) - Evidence for the extra-terrestrial origin of a natural quasicrystal – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, vol.109 n.5, 1396-1401.
- BINDI L., *Distinguished Lectures 2014/2015, La strana storia dei materiali impossibili formati agli albori del sistema solare.*- Immagini proiettate in occasione della Conferenza del 18 ottobre 2014.
- BINDI, L., YAO N., LIN C., HOLLISTER S. L., ANDRONICOS J.C., DISTLER V.V., EDDY P. M., KOSTIN A., KRYACHKO V., MACPHERSON G., STEINHARDT M.W., YUDOVSKAYA M., STEINHARDT J.P. (2015) - Natural quasicrystal with decagonal symmetry. - *Scientific Report*, 5, 9111; DOI:10.1038/srep09111.
- LIDIN S. (2011) – The discovery of quasicrystals; Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2011 – *The Royal Swedish Academy of Sciences*, Stockholm, 5 october 2011, 11, 1-11.
- LU J.P., DEFFEYES K., STEINHARDT J.P., YAO N. (2001) - Identifying and indexing icosahedral quasicrystals from powder diffraction patterns. - *Physical Review Letters*, vol.87, n.27, 1–4.
- MACPHERSON J.G., ANDRONICOS J.C., BINDI L., DISTLER V.V., EDDY P. M., EILER M. J., GUAN Y., HOLLISTER S.L., KOSTIN A., KRYACHKO V., STEINHARDT M.W., YUDOVSKAYA M., STEINHARDT J.P. (2013) - Khatyrka, a new CV3 find from the Koryak Mountains, Eastern Russia - *Meteoritics & Planetary Science*, vol.48, n. 8, 1499-1514.
- PENROSE R. (1974) - The role of aesthetics in pure and applied mathematical research. - *Bull. Inst. Math. Appl.*, 10, 266–271.
- RAZIN L. V., RUDASHEVSKIJ N. S. E VYALSOV L. N. (1985) - New natural intermetallic compounds of aluminum, copper and zinc-khatyrkite $CuAl_2$, cupalite $CuAl$ and zinc aluminides from hypui erbasites of dunite-harzburgite formation. - *Zapiski Vses. Mineralog. Obshch.*, 114, 90–100.
- STEINHARDT P. J. E BINDI L. (2012) - In search of natural quasicrystals. - *Reports on Progress in Physics*, 75, 9, 1-11
- SHECHTMAN D., BLECH I., GRATIAS D., CAHN J.W. (1984) - Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry. - *Physical Review Letters*, vol.53, n.20, 1951–1954.
- TSAI A .P., INOUE A. E MASUMOTO T. (1987) - A stable quasicrystal in Al–Cu–Fe system. - *Japanese Journal of Applied Physics*, 26, 2, 9, 1505-1507.