



Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
*Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica,
Matematica e Scienze Naturali*
142° (2024), Vol. V, fasc. 3, pp. 215-219
ISSN 0392-4130 • ISBN 000-00-00000-00-0

La bellezza di cercare, la gioia di scoprire

LUCA BINDI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, 50121 Firenze
E.mail: luca.bindi@unifi.it

Abstract – The text is a personal and reflective account of the author's journey toward the discovery of the first natural quasicrystals and the recognition received from the National Academy of Sciences. Everything begins with an inexhaustible childhood curiosity, nurtured by taking objects apart and observing nature in search of order and explanations. This attitude leads him to crystallography, where one day he notices an “impossible” pentagonal symmetry in a sample. Doubts, repeated tests, discussions with often skeptical colleagues, article rejections, and the feeling of chasing an unreasonable idea follow. Yet the strength of the data pushes him to persist. The turning point comes with the analysis of an old meteoritic sample revealing the same anomalous structure: a natural extraterrestrial quasicrystal. Years of research follow, including an expedition to Kamchatka that results in the discovery of a new quasicrystalline phase formed under extreme conditions. The author reflects on the difficulties, solitude, waiting, and patience that characterize research, but also on the sense of wonder that accompanies every true discovery. Science, he argues, requires humility, perseverance, and the ability to listen to the quiet whispers of truth. To young researchers he offers one message: do not seek glory, but the questions that ignite curiosity and keep the drive toward the unknown alive.

Keywords: natural quasicrystals, meteorite, basic research, scientific passion

Riassunto – Il testo è un racconto personale e riflessivo sul percorso che ha portato l'autore alla scoperta dei primi quasicristalli naturali e al riconoscimento dell'Accademia Nazionale delle Scienze. Tutto nasce da una curiosità infantile inesauribile, nutrita dallo smontare oggetti e dall'osservare la natura in cerca di ordine e spiegazioni. Questa attitudine lo conduce alla cristallografia, dove un giorno nota in un campione una simmetria pentagonale “impossibile”. Iniziano così dubbi, verifiche, discussioni con colleghi spesso scettici, rifiuti di articoli e la sensazione di inseguire un'idea irragionevole. Eppure, la forza dei dati lo spinge a insistere. La svolta arriva con l'analisi di un vecchio campione meteoritico che rivela la stessa struttura anomala: un quasicristallo naturale extraterrestre. Seguono anni di ricerche, tra cui una spedizione in Kamchatka che porta alla scoperta di una nuova fase quasicristallina formata in condizioni estreme. L'autore riflette sulle difficoltà, la solitudine, l'attesa e la pazienza che caratterizzano la ricerca, ma anche sulla meraviglia che accompagna ogni vera scoperta. La scienza, sostiene, richiede umiltà, ostinazione e la capacità di ascoltare i sussurri della verità. Ai giovani ricercatori lascia un messaggio: non cercare la gloria, ma le domande che accendono la curiosità e mantengono viva la spinta verso l'ignoto.

Parole chiave: quasicristalli naturali, meteorite, scienza di base, passione scientifica

Motivazione per l'assegnazione della Medaglia delle Scienze Fisiche e Naturali 2024 dell'Accademia dei XL

La Commissione nominata dal Presidente l'11 dicembre scorso per esaminare le candidature alla Medaglia delle Scienze Fisiche e Naturali 2024 ha concluso i propri lavori, svolti in prevalenza a distanza, e ha raggiunta l'unanima conclusione che la Medaglia delle Scienze Fisiche e Naturali 2024 sia da assegnare al Professor Luca Bindi.

Luca Bindi, dopo la sua scoperta nella meteorite di Khatyrka del primo quasicristallo naturale, l'icosaedrite, $\text{Al}_6\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$, lega ternaria caratterizzata da rotazione 5 e piastrella pentagonale (ritenuta teoricamente impossibile e che a Dan Shechtman, primo scopritore tra i prodotti artificiali, ha fatto ottenere il Premio Nobel per la Chimica 2011), ha orientato le sue ricerche e quelle del suo gruppo allo studio della stabilità dei quasicristalli in condizioni estreme. Ha dimostrato che l'icosaedrite si è formata nello spazio a pressioni elevatissime e che è stabile a temperature che vanno da vicino allo zero assoluto a migliaia di gradi centigradi. Rappresenta quindi un testimone dell'impatto forse di due asteroidi ancor prima della formazione della Terra 4,53 Ga fa. Bindi ha inoltre ritrovato un altro quasicristallo naturale, di formula $\text{Al}_{71}\text{Ni}_{24}\text{Fe}_5$, che presenta rotazione 10 e piastrella decagonale e che perciò è stato denominato come minerale decagonite. Inoltre, Bindi ha rinvenuto nella trinitite, scoria vetroso-metallica sparsa sul suolo nel sito di Los Alamos, una terza specie di quasicristallo, icosaedrico e primo del tipo silicatico ($\text{Si}_{61}\text{Cu}_{30}\text{Ca}_7\text{Fe}_2$), formatosi nelle condizioni di estrema temperatura e pressione del Trinity Test, la prima esplosione atomica effettuata dall'uomo prima di sganciare le bombe sul Giappone. Non è però da considerare un minerale perché la sua origine da materiale assemblato dall'uomo è indubbia.

Luca Bindi opera secondo il principio che «*Nature does it better*» cioè che la Natura è in grado di realizzare reazioni estreme e strutture nuove prima che la ricerca umana arrivi a simulare in laboratorio condizioni similari su reagenti di composizione idonea.

Per prima cosa, desidero esprimere la mia più sincera gratitudine all'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL, per avermi selezionato per la Medaglia delle Scienze Fisiche e Naturali per l'anno 2024 (Fig. 1). È davvero un grande onore ricevere questo riconoscimento da un'istituzione che da sempre rappresenta un punto di riferimento nella promozione della ricerca e della conoscenza scientifica nel nostro Paese. Lo considero un incoraggiamento prezioso a proseguire nel mio lavoro con ancora maggiore dedizione e senso di responsabilità.



Fig. 1. Foto della premiazione (avvenuta a Villa Torlonia il 23/05/2024) con il Presidente dell'Accademia Corrado De Concini.

Tutto è iniziato con una roccia. Non una roccia qualunque, ma una che mi avrebbe cambiato la vita. A prima vista non sembrava niente di speciale. Era piccola, opaca, ruvida. Ma come spesso accade nella scienza, sono i dettagli a contenere i segreti più profondi.

Forse, però, dovrebbero dire che tutto è iniziato molto prima. Molto prima di quel campione. Molto prima del microscopio. Prima dell'università, prima del laboratorio, perfino prima di sapere cosa fosse la cristallografia. È iniziato quando ero bambino. Ricordo ancora quando passavo interi pomeriggi in cortile a smontare qualunque oggetto mi capitasse sottomano: vecchie sveglie, torce rotte, radioline che mio padre non usava più. E ogni volta, davanti a quelle piccole geometrie meccaniche fatte di ingranaggi e molle, mi chiedevo: *perché funziona così?* Quella domanda – *perché?* – è stata la colonna sonora della mia infanzia.

Ero uno di quei bambini che tempestavano gli adulti di interrogativi improbabili: perché il cielo è blu? Perché i sassi affondano e le barche no? Perché le foglie cambiano colore? Non cercavo risposte per curiosità passeggera: cercavo ordine in un mondo che mi sembrava pieno di misteri. Ricordo che una volta, avrò avuto sette anni, trovai un ciottolo nel giardino della scuola. Aveva delle minuscole inclusioni luccicanti. Lo portai alla maestra convinto di aver scoperto qualcosa di straordinario. Lei sorrise e mi disse che era un pezzo di granito.

to, niente di speciale. Ma io non le credetti del tutto. Quel piccolo bagliore, quella minuscola irregolarità, per me contenevano una storia che sfuggiva ai nostri occhi. Oggi mi piace pensare che forse, già allora, qualcosa dentro di me stava imparando a vedere dove gli altri non guardavano.

E poi c'erano i libri di scienza che prendevo dalla biblioteca comunale, spesso troppo difficili per la mia età, ma che sfogliavo come se fossero mappe per territori inesplorati. La scienza, per me, non era una materia: era un ponte verso il mistero. E quando più tardi iniziai a studiare seriamente mineralogia, capii che quel ponte era diventato una strada.

Quando ho osservato quella roccia al microscopio ho visto qualcosa che non tornava. Una simmetria che non doveva esserci. Una struttura pentagonale. Per chi non ha familiarità con la cristallografia, può sembrare un dettaglio minore. Ma per chi conosce le regole dei cristalli, sa bene che una simmetria pentagonale è vietata. È come se un libro scientifico contenesse una poesia nel mezzo di una formula matematica. Era qualcosa di inaspettato, di poeticamente impossibile.

La prima reazione non è stata l'entusiasmo, ma il dubbio. Avevo sbagliato qualcosa? Era un artefatto? Un errore dello strumento? Un difetto nella preparazione del campione? Era davvero possibile che la natura avesse infranto una delle sue stesse leggi? La mente razionale, quella allenata alla prudenza scientifica, cercava di mettere ordine. Ma nel profondo sentivo che lì c'era qualcosa che meritava attenzione.

Fare ricerca spesso significa convivere con questi dubbi. Accettare che la realtà possa contraddirsi. Che i dati possano parlarti una lingua nuova. Significa avere il coraggio di sostare nell'incertezza, senza avere fretta di trovare subito una risposta. Significa restare aperti. Significa ascoltare anche quando ciò che senti sembra assurdo.

Ho passato settimane, mesi, a ripetere le analisi (Fig. 2). A mostrare le immagini a colleghi, a scrivere appunti, a confrontare. Ogni giorno mi alzavo con una sola domanda: *è possibile?* E ogni notte andavo a dormire con un'altra: *e se stessi solo perdendo tempo?* Ma è proprio in questo spazio tra la possibilità e il dubbio che nasce la vera ricerca. Quella che non si accontenta delle risposte facili.

Quella piccola anomalia è diventata un'ossessione. Ho cominciato a scavare, non solo in senso letterale, ma anche metaforico. Nella letteratura scientifica, nei magazzini polverosi dove si trovano campioni dimenticati, nei racconti dei colleghi più anziani. Ho contattato musei, archivi, laboratori. Ogni passo era lento, pieno di



Fig. 2. Immagini dell'autore mentre analizza frammenti della meteorite contenente il primo quasicristallo naturale.

ostacoli. Ma anche pieno di una certa bellezza. Perché quando cerchi qualcosa che nessuno ha mai trovato, ti muovi in un terreno che non ha mappe. Devi fidarti del tuo istinto, ma anche sapere quando fermarti, quando fare un passo indietro.

E poi c'è la solitudine. Non quella fisica, ma quella dello sguardo. Quando vedi qualcosa che gli altri non vedono, o non vogliono vedere. Parlavo di questa simmetria con i colleghi, e in molti scuotevano la testa. "Impossibile" dicevano. "I quasicristalli non esistono in natura, sono solo un prodotto di laboratorio". Alcuni erano gentili, altri scettici, qualcuno apertamente derisorio. E in quei momenti, la tentazione di dubitare di sé diventa fortissima. Ma il dubbio, se gestito con lucidità, può essere un motore potente.

A volte non è la durezza delle critiche a scoraggiarti, ma la leggerezza con cui vengono pronunciate. Come se tutto il tuo lavoro fosse un gioco di fantasia. Come se stessi inseguendo un miraggio nel deserto. Ma io sentivo che c'era qualcosa. Non un'idea brillante, non un'ipotesi geniale. Ma un dato. E i dati, quando sono solidi, hanno

una voce che resiste. Anche se sussurrano, se li ascolti davvero, dicono la verità.

Ci sono stati momenti in cui mi sono sentito solo. Ma anche momenti in cui quella solitudine era necessaria. Perché è nel silenzio che la mente riesce ad ascoltare. A collegare. A immaginare. La scienza, a volte, ha bisogno di solitudine. Di silenzi lunghi, scomodi, pieni di domande. È in quei momenti che si forma lo sguardo del ricercatore: un mixto di attenzione, di pazienza e di ostinazione.

E poi sono arrivati i rifiuti. Articoli respinti, conferenze dove le persone uscivano mentre parlavo, silenzi che facevano più rumore di mille contestazioni. C'è stato un momento in cui ho davvero pensato di mollare. Di tornare a fare quello che sapevo fare bene, senza inseguire ombre. La sensazione di essere fuori rotta era forte. Ma qualcosa dentro di me continuava a dire: *insisti*.

Ma poi, come spesso accade, è arrivata una svolta. Un collega mi scrive. C'è una pista: un campione raccolto decenni prima, catalogato e poi dimenticato. Decidiamo di analizzarlo. E il risultato è sconvolgente: è lo stesso tipo di struttura. Ma con una differenza ancora più incredibile. Quel campione non è terrestre. È caduto sulla Terra da un meteorite. Il primo materiale con simmetria proibita naturale, ed è extraterrestre [1-10].

Ricordo il momento in cui ho realizzato cosa avevamo trovato. Non ho pensato alla gloria, alle pubblicazioni, ai premi. Ho pensato: *la natura è più creativa di quanto immaginiamo*. Ha scritto una pagina che nessuno aveva letto. E io ho solo avuto la fortuna – e la testardaggine – di voltare quella pagina. Una pagina scritta milioni di anni fa, in un luogo oltre la Terra.

E poi, negli anni successivi, è arrivata una delle esperienze più intense della mia vita scientifica: la spedizione in Kamchatka (Fig. 3). Era una delle regioni più remote, selvagge e imprevedibili che avessi mai visto. Una terra di vulcani, fiumi gelidi e silenzi enormi. Stavamo cercando nuove tracce di impatti meteoritici, nuove rocce che potessero contenere strutture analoghe a quelle già identificate. Ricordo ancora una notte in cui il cielo era così limpido che sembrava di poter toccare le stelle con le dita. Eravamo accampati sul fiume Khatyrka. Il rumore dell'acqua in lontananza sembrava una voce antica.

A un certo punto, mentre stavamo setacciando tonnellata di argilla, notammo un piccolo frammento dall'aspetto insolito, con una superficie irregolare e lucente. Ci inginocchiammo tutti attorno, come fossimo esploratori attorno a un fuoco. La raccolsi e sentii subito che aveva un peso particolare, una lucentezza diversa dal resto dei campioni. La misi nello zaino senza alcuna cer-

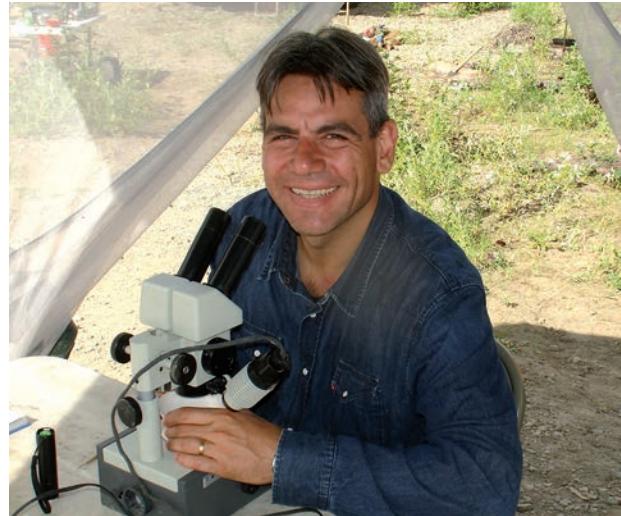


Fig. 3. Foto dell'autore durante la spedizione in Kamchatka (estate 2011) mentre guarda al microscopio alcuni frammenti poi rivelatisi essere parte di una meteorite vecchia quanto il Sistema Solare.

tezza, solo con quella sensazione istintiva che avevo da bambino: *c'è qualcosa qui dentro*.

Solo mesi dopo, in laboratorio, scoprimmo che quel campione conteneva una nuova fase quasicristallina, diversa da tutte quelle note, formata in condizioni estreme di pressione e temperatura. Una firma mineralogica unica, generata nell'istante stesso di un impatto cosmico avvenuto migliaia di anni fa.

Quella piccola pietra raccolta in un pomeriggio freddissimo, tra le argille di migliaia di anni fa e il silenzio della tundra, era diventata una finestra su un evento cosmico. E ancora una volta ho pensato a quel bambino che smontava sveglie: la meraviglia non mi aveva mai abbandonato.

Non è stato un lampo. È stato un lento emergere. Una consapevolezza che cresce. Come quando ti rendi conto che qualcosa che hai sempre considerato impossibile è lì, davanti a te. E allora cambia tutto. Cambia il modo in cui guardi il mondo, il modo in cui pensi la materia, la struttura, la forma. Ti rendi conto che ciò che credevi impossibile era solo qualcosa che non avevi ancora capito.

Da lì in poi, le cose sono cambiate. I riconoscimenti sono arrivati, sì. Ma quello che conta di più per me non è il Nobel assegnato al mio gruppo, o le copertine delle riviste. È sapere che quella mia ostinazione, quel mio rimanere in piedi nel dubbio, ha aperto una nuova porta nella conoscenza. Che quell'insistenza ha spostato, anche solo di poco, il confine del conosciuto.

E ancora oggi, quando osservo una roccia, sento quella curiosità intatta. Quella sete di capire. Perché ogni og-

getto della natura, anche il più banale, può contenere un frammento di mistero. Ogni granello di materia può raccontare una storia millenaria, se abbiamo gli strumenti – e la pazienza – per ascoltarla.

La ricerca non è fatta solo di scoperte. È fatta di cadute. Di notti insonni. Di dati che non tornano. Di esperimenti che falliscono. Di email senza risposta. Di dubbi che mordono. Di budget che finiscono, di strumenti che si rompono. Ma anche di meraviglia. Di intuizioni improvvise. Di dettagli che cambiano tutto. Di silenzi che dicono più di mille parole.

E soprattutto, è fatta di tempo. Il tempo giusto. Il tempo dell'attesa. Il tempo dell'insistenza. Il tempo della maturazione. A volte non basta avere ragione: bisogna avere anche pazienza. Perché il mondo, la comunità scientifica, persino noi stessi, abbiamo bisogno di tempo per accettare ciò che rompe gli schemi. Il tempismo, in scienza, è tutto. Non basta vedere: bisogna essere pronti a vedere.

Fare ricerca è un atto di umiltà. È dire: *non so. Ma voglio capire.* È un atto di fede laica, nella possibilità che la realtà sia conoscibile. Ma anche sorprendente. È un viaggio senza garanzie. Senza assicurazione sul risultato. Ma pieno di senso. È camminare nel buio, con la speranza che da qualche parte ci sia una luce. E sapere che, anche se non la troverai, il cammino avrà avuto valore.

E se c'è una lezione che ho imparato, è questa: la verità non urla. Non si impone. La verità spesso sussurra. È fragile. Ha bisogno di essere protetta, ascoltata, verificata. E talvolta anche difesa. Non solo dalle opinioni degli altri, ma dalle nostre stesse convinzioni. Dalla nostra voglia di avere ragione. La verità è una creatura timida: si mostra solo a chi ha la pazienza di guardare a lungo.

Oggi parlo spesso con giovani ricercatori. E dico loro questo: non cercate la gloria. Cercate le domande che vi tolgonon il sonno. Quelle che vi fanno sentire sciocchi. Quelle che nessuno vuole ascoltare. Quelle che sembrano troppo piccole o troppo grandi. Quelle che mettono in crisi ciò che pensate di sapere.

Cercate la meraviglia. E coltivate la meraviglia ogni giorno, anche quando tutto sembra andare storto. Perché la meraviglia è il carburante della scienza. È ciò che ci tiene in cammino quando tutto sembra buio. È ciò che ci fa restare, quando ogni voce ci dice di mollare.

C'è qualcosa di profondamente umano nella ricerca. È l'istinto di esplorare, di andare oltre la collina, di aprire una scatola chiusa solo per vedere cosa c'è dentro. Ed è un istinto che, se coltivato, ci rende migliori. Più pazienti. Più profondi. Più consapevoli della nostra ignoranza. Ci ricorda che sapere non è possedere, ma condividere.

Perché in quelle domande c'è la scintilla della scopri-

ta. E anche se non troverete mai la risposta, il solo cercarla vi avrà cambiati. E vi avrà resi liberi. Libera è la mente che osa dubitare, che accetta l'errore come tappa inevitabile del viaggio.

Chi fa ricerca è, prima di tutto, un cercatore di domande. E ogni caduta, ogni fallimento, è solo una curva nella strada. Se ci si rialza, lo si fa con occhi più aperti. E con un cuore più leggero. E con un rispetto più profondo per il mistero. Perché il mistero non è un ostacolo alla conoscenza: è il suo respiro.

E allora, anche se non avrete una medaglia o un titolo, avrete qualcosa di più raro: la consapevolezza di aver guardato l'ignoto, e di averlo ascoltato.

E questo, alla fine, è ciò che conta davvero.

REFERENZE

- P.D. Asimow, C. Lin, L. Bindi, C. Ma, O. Tschauner, L.S. Hollister, P.J. Steinhardt, Shock synthesis of quasicrystals with implications for their origin in asteroid collisions, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 113 (2016) 7077-7081.
- L. Bindi, Quasicrystalline shifting in natural orders, Nature Geos. 18 (2025) 200.
- L. Bindi, P.J. Steinhardt, N. Yao, P. Lu, Natural Quasicrystals, Science 324 (2009) 1306-1309.
- L. Bindi, P.J. Steinhardt, N. Yao, P. Lu, Icosahedrite, $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$, the first natural quasicrystal, Am. Mineral. 96 (2011) 928-931.
- L. Bindi, N. Yao, C. Lin, L.S. Hollister, C.L. Andronicos, V.V. Distler, M.P. Eddy, A. Kostin, V. Kryachko, G.J. MacPherson, W.M. Steinhardt, M. Yudovskaya, P.J. Steinhardt, Decagonite, $\text{Al}_7\text{Ni}_{24}\text{Fe}_5$, a quasicrystal with decagonal symmetry from the Khatyrka CV3 carbonaceous chondrite, Am. Mineral. 100 (2015) 2340-2343.
- L.S. Hollister, L. Bindi, N. Yao, G.R. Poirier, C.L. Andronicos, G. MacPherson, C. Lin, V.V. Distler, M.P. Eddy, A. Kostin, V. Kryachko, W.M. Steinhardt, M. Yudovskaya, J.M. Eiler, Y. Guan, J.J. Clarke, P.J. Steinhardt, Impact-induced shock and the formation of natural quasicrystals in the early Solar system, Nature Comm. 5 (2014) 3040.
- C. Lin, L.S. Hollister, G.J. MacPherson, L. Bindi, C. Ma, C.L. Andronicos, P.J. Steinhardt, Evidence of redox reaction in the quasicrystal-bearing Khatyrka meteorite reveals multi-stage formation process, Sci. Rep. 7 (2017) 1637.
- G.J. MacPherson, C. Andronicos, L. Bindi, V.V. Distler, M. Eddy, J. Eiler, Y. Guan, L.S. Hollister, A. Kostin, V. Kryachko, W. Steinhardt, M. Yudovskaya, P.J. Steinhardt, Khatyrka, a new CV3 find from the Koryak Mountains, Eastern Russia, Met. Plan. Sci. 48 (2013) 1499-1514.
- M.M.M. Meier, L. Bindi, P.R. Heck, A.I. Neander, N.H. Spring, M.E.I. Riebe, C. Maden, H. Baur, P.J. Steinhardt, R. Wieler, H. Busmann, Cosmic history and a candidate parent asteroid for the quasicrystal-bearing meteorite Khatyrka, Earth Plan. Sci. Lett. 490 (2018) 122-131.
- S. Tommasini, L. Bindi, M. Petrelli, P.D. Asimow, P.J. Steinhardt, Trace element conundrum of natural quasicrystals, ACS Earth Space Chem. 5 (2021) 676-689.

