

L'enigma dei quasi-cristalli

di Vincenzo Fano

Le nostre migliori teorie fisiche rappresentano lo spaziotempo come un insieme infinito più che numerabile di punti. Ovvero non soltanto infinito come i numeri naturali o quelli razionali, ma infinito come il continuo dei numeri reali. Dunque un infinito molto più grande. Se siamo un po' realisti, verrebbe da dire che effettivamente lo spaziotempo è costituito da un'infinità più che numerabile di punti. Infatti la fisica moderna assume questo implicitamente. E se essa è empiricamente confermata, sarà indirettamente avalorata anche questa ipotesi. Anche le più recenti ipotesi sullo spaziotempo granulare – come quella di Carlo Rovelli – presuppongono che i grani siano comunque costituiti da infiniti punti indivisibili.

Molti fisici, però, non ci credono. Di fatto misuriamo solo grandezze razionali, per cui i punti dello spaziotempo reali non razionali (cioè la stragrande maggioranza) sono più uno stratagemma matematico che altro. Così, ad esempio, la pensava Ludwig Boltzmann (1844-1906), l'ideatore della meccanica statistica morto suicida a Duino. Tuttavia le recenti scoperte sui quasi-cristalli potrebbero portare acqua al mulino dei realisti.

Di questo e di molti altri enigmi, trattati però a partire dai giochi matematici, parla Jean-Paul Delahaye, curatore sulla versione francese di *Scientific American*, di una rubrica simile a quella di Piergiorgio Odifreddi su *Le Scienze*. Il libro tradotto in italiano da Dedalo si intitola *Giochi finiti e infiniti*. In esso il matematico francese guida il lettore, divertendolo, da Galilei a Cantor, da Hilbert a Penrose, dai numeri reali alle tassellature del piano, che sono così importanti per comprendere meglio i quasi-cristalli.

Schechtman, Nobel 2011 per la Chimica, scoprì che esistevano su scala atomica delle strutture ordinate ma non periodiche, come le tassellature di Penrose

Come già si accorse Darwin nell'*Origine della specie*, le api sono architetti straordinari, che tassellano lo spazio con cellette esagonali consumando il minimo di cera. Tassellare il piano o lo spazio è un problema divertente, che ha stimolato molto i matematici. "Tassellare" significa ricoprire con un numero finito di tipi di figure senza lasciare spazi e senza che le "mattonelle" si sovrappongano. Ad esempio è possibile tassellare un pavimento con un tipo di mattonelle regolari, solo se esse sono quadrati, rettangoli, triangoli o esagoni. Negli anni Sessanta il logico Wang, allievo di

Gödel, dimostrò che se ogni tassellatura del piano con poligoni fosse periodica, cioè si riproducesse uguale per traslazione, allora esisterebbe un algoritmo, cioè una procedura meccanica, per stabilire se con un insieme di poligoni sia possibile tassellare il piano o meno, ovvero, per usare il linguaggio di Gödel e Turing, il problema sarebbe "decidibile". Bergen, un allievo di Wang, mostrò che non tutte le tassellature sono periodiche e che quindi il problema è indecidibile. E Roger Penrose dell'Università di Oxford, trovò negli anni Settanta una semplice tassellatura del piano non periodica costituita da soli due poligoni, ottenuti da un rombo tagliato in modo da formare una punta e un aquilone. È notevole il fatto che il rapporto fra l'asse della punta e quello dell'aquilone è un numero irrazionale celebre, cioè la sezione aurea. Inoltre tale tassellatura, benché non periodica, è quasi-periodica, cioè per così dire «vista da lontano» sembra periodica.

Il chimico israeliano Schechtman, in mezzo all'incredulità generale, scoprì negli anni Ottanta dei cristalli, soprattutto leghe di alluminio, che non sono periodici, ma quasi-periodici, proprio come le tassellature di Penrose. Nel 2011 Schechtman ha vinto il premio Nobel per la chimica, pro-

prio per questa scoperta. Recentemente un gruppo di geologi, fra i quali spicca Luca Bindi dell'Università di Firenze, ha trovato un meteorite vecchio di più di quattro miliardi di anni che contiene un quasi-cristallo. Questo significa che questi ultimi non solo esistono in natura, ma sono anche parecchio stabili.

Che cosa hanno a che fare queste sorprendenti scoperte con l'infinità più che numerabile dei punti dello spaziotempo? Il fisico dell'Università di Princeton Paul Steinhardt ha trovato dei quasi-cristalli che con ogni probabilità sono simili alla tassellatura di Penrose. Nel caso di questo e di altri quasi-cristalli risulta che le nostre

teorie chimico-fisiche stabiliscono non solo la distanza fra due atomi, ma anche il rapporto fra diverse distanze interatomiche. Ad esempio nella tassellatura di Penrose con l'aquilone e la punta tale rapporto è la sezione aurea. Questo è uno dei pochi, se non addirittura l'unico caso, in cui una grandezza irrazionale avrebbe un significato fisico diretto. È chiaro che in casi normali come quello del cristallo di cloruro di sodio – il normale sale da cucina – che è cubico, stabilità la distanza fra un atomo di cloro e uno di sodio, poi la geometria del cubo porta a calcolare altre distanze usando i numeri irrazionali e in particolare la radice di due, che tanto aveva colpito i pitagorici. Tuttavia quel numero irrazionale è solo un'esigenza geometrica che non ha un significato fisico diretto. Per contro, nel caso dei quasi-cristalli sembra che i numeri irrazionali contribuiscano a costruire la nostra immagine fisica del mondo al di là della sua rappresentazione geometrica. Questo è un indizio, se non una prova, a favore dei realisti sull'infinità più che numerabile dei punti dello spaziotempo.

R. R. EDIZIONI/REDAZIONE

ERRATA CORRIGE

L'articolo *Farmitalia*, l'occasione mancata uscito nel nostro inserto di Domenica 19 gennaio a pagina 28, è stato erroneamente attribuito a Sergio Luzzatto. L'autore è, invece, Lucio Luzzatto. Ci scusiamo per l'errore con l'interessato e con i lettori.

Jean-Paul Delahaye, *Giochi finiti e infiniti*, Dedalo, Bari, pagg. 232, € 16,00