



## FINALMENTE ROGER PENROSE

di Michele Emmer\*

Era ora! È il caso di dire. Finalmente a Sir Roger Penrose, alla soglia dei 90 anni (è nato l'8 agosto 1931), viene assegnato il premio Nobel per la fisica per le sue ricerche sui buchi neri dell'universo, iniziate molti decenni fa. Ha lavorato per molti anni con Stephen Hawking, morto due anni fa. Nel film sulla vita di Hawking *La teoria del tutto* per il quale Eddie Redmayne ha ricevuto l'Oscar come migliore attore compariva brevemente anche Roger Penrose, impersonato dall'attore Christian McKay. Penrose è sempre stato una persona piena di interessi e creativa. Non scriverò di buchi neri ma di due altri interessi che Penrose ha avuto nella sua vita, tra i tanti: Escher e i quasicristalli.

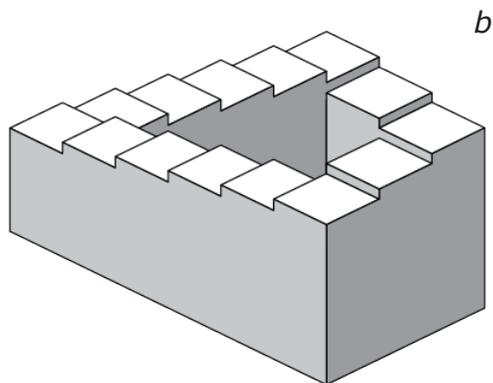
È una persona gentile, disponibile, che mi ha affascinato sin da subito e così i miei studenti di fisica che hanno passato con lui due giorni indimenticabili durante il convegno su Escher a Roma nel 1985.

### Escher e Penrose

L'incontro tra Penrose e Escher era inevitabile. Avviene al congresso mondiale di matematica di Amsterdam nel 1954, Penrose è uno studente di matematica. Al convegno era presentata la prima mostra importante dedicata al grafico olandese. Nel film *Escher: Geometries and Impossible Worlds* che abbiamo girato a Roma, così racconta: «Mi fu detto che le stampe e i disegni di Escher avrebbero interessato partico-

larmente i matematici. In effetti quando andai a vederla la trovai particolarmente affascinante. Quando tornai in Inghilterra cominciai a pensare se sarei stato capace di fare anch'io qualcosa di geometricamente bizzarro. Quindi ho cominciato a fare dei disegni che erano in un certo senso impossibili. Li ho via via semplificati finché ho disegnato il triangolo, che è un tipo di cosa, come potrei dire, un oggetto impossibile [oggi è noto come triangolo di Penrose]. Qual è l'idea? È che nel triangolo ogni parte della figura potrebbe esistere come oggetto tridimensionale, ma tutta la configurazione è un qualcosa che non potrebbe esistere nello spazio. Mostrai il disegno a mio padre Lionel (psichiatra e genetista) e lui disegnò un certo numero di figure impossibili e arrivò a disegnare le scale che scendono sempre in un modo impossibile. Qualche tempo dopo inviammo un articolo che conteneva un certo numero di disegni al "British Journal of Psychology" [il triangolo e le scale dei Penrose sono divenuti un classico non solo in teoria della percezione visiva ma anche in psicologia].

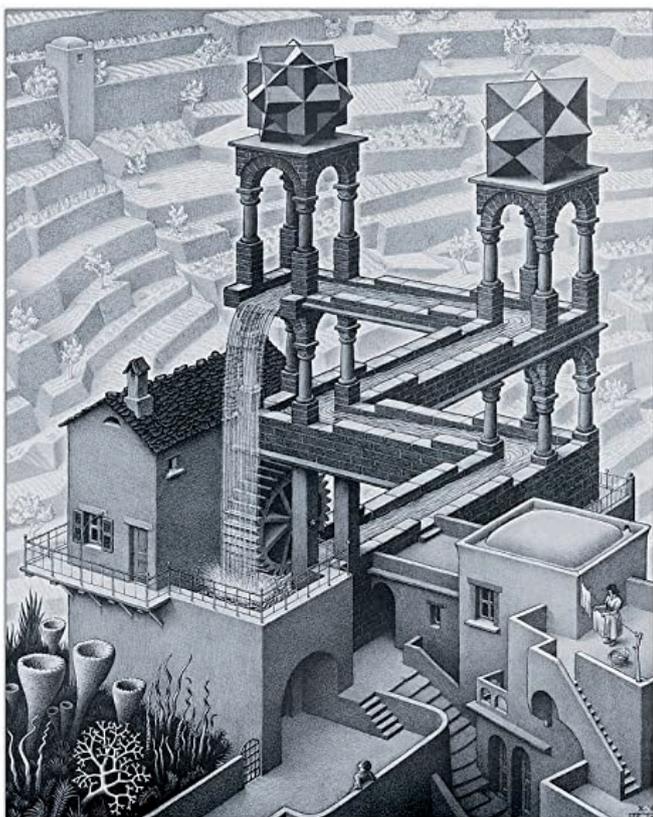




Triangolo (a) e scale (b) dei Penrose

Quando vennero pubblicati ne inviammo una copia a Escher, ed egli incorporò i disegni in alcune delle sue opere».

Roger Penrose ha poi ribadito nel suo lavoro *Escher and the Visual Representation of Mathematical Ideas* che Escher aveva creato nello stesso periodo ma in modo del tutto indipendente la sua incisione *Belvedere*. Nella sezione del suo primo libro, Escher ricorda come siano stati i disegni dei Penrose a ispirare le sue opere *Salire e scendere* e *Cascata*.



M. C. Escher, *Waterfall*

## Penrose e i quasicristalli

Una delle cose che interessavano molto Escher erano le simmetrie dei ricoprimenti piani, quelle che si chiamano tassellazioni. Un motivo che riempie tutto il piano in modo simmetrico e ripetitivo all'infinito. I pesci, gli uccelli, tanti sono i disegni periodici inventati da Escher. Simmetrie che si chiamano cristallografiche perché sono tipiche dei cristalli. Queste simmetrie sono per loro natura periodiche. Per esempio non possono esistere simmetrie periodiche con struttura pentagonale, con delle mattonelle pentagonali non si riempie il piano, restano dei vuoti. Insomma, cristalli con simmetria pentagonale non possono esistere. Questa certezza viene messa in discussione nel 1984 in uno degli esempi più interessanti di come la matematica sia 'irragionevolmente' legata alla realtà fisica e in tutto questo c'entra ancora Penrose. Nel novembre 1984 viene pubblicato un lavoro intitolato *Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and no Translational Symmetry*, autori i fisici Dany Schechtman, Ilan Blech, Denis Gratias e John Cahn. La pubblicazione di questo lavoro ha dato origine a un vastissimo dibattito tra i matematici, i fisici, i cristallografi e i chimici. Metteva in crisi una delle basi della cristallografia. Nei cristalli la presenza di un ordine a lungo raggio è sinonimo di periodicità, e ogni struttura periodica ha una cella che ripetuta all'infinito costruisce tutta la struttura. Ecco allora che, già nel titolo il lavoro pubblicato nel 1984 contraddiceva le idee alla base della cristallografia: ordine a lungo raggio e assenza di simmetria traslatoria, due proprietà che sembravano in netto contrasto tra loro. In questa sorta di quasicristalli, osservati con tecniche di microscopia elettronica o di dif-

frazione, si osservava una sistemazione su larga scala della simmetria di tipo pentagonale, e non vi era alcuna cella che ripetuta all'infinito generasse tutta la struttura. Si era verificato l'impossibile.

Dal 1984 gli scienziati hanno cercato di modificare i loro modelli per tener conto delle nuove esperienze. In realtà era già molto tempo che si discuteva, in linea teorica, se potesse esistere una nuova area della cristallografia in cui fosse possibile avere la simmetria pentagonale e le altre non ammissibili. Questa domanda veniva posta spesso, tra la fine degli anni settanta e l'inizio degli anni ottanta, a Roger Penrose, che aveva scoperto in quegli anni un certo numero di ricoprimenti del piano che avevano le due proprietà di avere simmetrie non ammesse nella cristallografia classica e di non essere di tipo periodico, nel senso che vi erano chiaramente regioni che si ritrovavano nella struttura in scale diverse senza tuttavia una periodicità globale. I ricoprimenti di Penrose erano quasiperiodici. Il nome quasicristalli deriva dalla contrazione di cristalli quasiperiodici. Quando gli veniva chiesto se i suoi risultati potessero essere la premessa per un'area del tutto nuova della cristallografia, di solito Penrose rispondeva: «In linea di principio, sì; ma come potrebbe la natura operare in questo modo?».

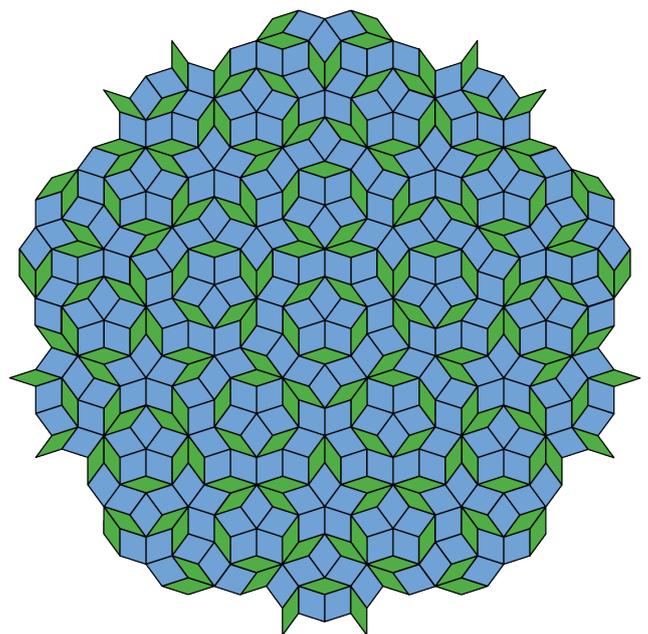
Di alcuni di questi ricoprimenti Penrose fece anche una versione per bambini; modificò le due figure geometriche che servivano a generare uno dei ricoprimenti, in due tipi di uccelli; purtroppo, a parte alcuni prototipi, la versione giocattolo del ricoprimento trovata da Penrose non venne mai costruita su larga scala: era ritenuta troppo complicata. Nel film *Simmetria e tassellazione* (1979), sempre girato a Roma, Penrose illustrava il suo mosaico-puzzle con i due tipi di uccelli;

la sequenza terminava con la composizione in animazione del puzzle.

La cosa 'irragionevole' è che se si ricostruisce con un computer la figura di diffrazione generata dalla distribuzione di punti ai vertici dei rombi di un ricoprimento di Penrose, si ottiene la stessa simmetria delle immagini di diffrazione ottenute con i quasicristalli! Un esempio clamoroso di come ricerche matematiche a priori del tutto futili, ovvero del tutto interne alla matematica, siano divenute un punto fondamentale di riferimento per ricerche di fisica e cristallografia.

Nel 2011 il Nobel per la chimica fu assegnato a Shechtman per la scoperta dei quasicristalli. Successivamente se ne sono trovati allo stato naturale.

L'articolo di Penrose con i disegni quasi periodici era stato pubblicato in origine su una rivista di studenti della Cambridge University «Eureka». È stato tradotto anche in italiano nel 1989 per il catalogo della mostra *L'occhio di Horus: itinerari nell'immaginario matematico* con la sua autorizzazione.



*Ricoprimenti di Penrose*

In uno dei suoi libri più famosi *La mente nuova dell'imperatore* Penrose ha scritto: «Gli oggetti matematici non sono che concetti; sono le idealizzazioni mentali dei matematici, alle volte stimulate da taluni aspetti del mondo intorno a noi, ma sempre idealizzazioni mentali. Possono essere quindi altra cosa da semplici costruzioni arbitrarie della mente umana? Allo stesso tempo capita di frequente che vi siano legami pro-

fondi con la realtà, legami che vanno al di là delle possibili elaborazioni mentali di un qualsiasi matematico. Si ha l'impressione che il pensiero umano sia guidato verso una verità esterna ed eterna – una verità che esiste di per sé, e che si rivela solo parzialmente a qualcuno di noi».

Lunga vita a Roger Penrose!

\* Michele Emmer è un matematico, accademico, saggista e socio corrispondente dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti