

Il senso dei quanti per la vita biologica

Scienza. Nuove ricerche indagano gli effetti quantistici nei sistemi con i quali la vita si organizza. Con possibili impieghi nell'imaging

Gianluca Dotti

Se il *quantum computing* è il filone che più spesso fa notizia e raccoglie interessi economici, altri approcci di ricerca scaturiti dalla fisica quantistica stanno esplorando frontiere di grande interesse, scientifico e culturale. Sempre più programmi di ricerca e contest scientifici, in particolare, si concentrano sugli effetti quantistici nei sistemi biologici, con pseudovirus e tessuti che fungono da banchi di prova per raccogliere evidenze verificabili.

Un gruppo di ricercatori di Oxford ha mostrato, in uno studio pubblicato su *Nature* a gennaio, come sia possibile sfruttare la fisica quantistica per ingegnerizzare proteine magneto-sensibili che fungono da sensori all'interno delle cellule. L'ambito di ricerca richiede ancora una delimitazione rigorosa del proprio perimetro: lo studio di effetti quantistici nei viventi riguarda meccanismi microscopici ben circoscritti, senza applicazioni dimostrate né implicazioni relative alla fisiologia, alla salute o allo sviluppo di terapie. Il rischio di scivolare in estrapolazioni speculative e strizzare l'occhio ai millantatori è, infatti, sempre alto.

L'interesse scientifico di fondo nasce da una questione ben nota ai fisici: gli organismi viventi sono tipicamente umidi, piuttosto caldi e disordinati, e in queste condizioni gli effetti quantistici tendono a dissiparsi rapidamente. La sopravvivenza di stati quantistici coerenti su scale di tempo biologicamente rilevanti è quindi, almeno in linea di principio, poco probabile. Eppure alcuni processi fondamentali - come il trasferimento di energia nella fotosintesi o la catalisi enzimatica - suggeriscono che dinamiche subatomiche possano contribuire al funzionamento di sistemi biologici complessi, ponendo la questione se (e in quali condizioni) questi effetti possano permanere abbastanza a lungo da avere una rilevanza funzionale, e dunque varcare il confine tra il dominio della fisica e quello della biologia.

Il tentativo di applicare i principi della meccanica quantistica allo studio della vita ha radici che risalgono al primo Novecento, quando il fisico danese Niels Bohr, premio Nobel nel 1922, lo propose per comprendere la relazione tra fenomeni macroscopici e dinamiche microscopiche. In quegli stessi anni Pascual Jordan e Max Delbrück (che poi riceverà il Nobel per la medicina nel 1969 per gli studi sui batteriofagi) iniziarono a esplorare l'idea che alcuni processi cellulari potessero essere analizzati anche seguendo un'interpretazione quantistica.

Un punto di svolta arrivò nel 1944 con la pubblicazione di «What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell», opera di divulgazione scientifica firmata Erwin Schrödinger, premio Nobel per la fisica nel 1933, nella quale si suggeriva che l'eredità genetica potesse essere legata a una struttura molecolare stabile ma non periodica, un "cristallo aperiodico" capace di immagazzinare informazione biologica. Queste riflessioni teoriche contribuirono a orientare la ricerca che avrebbe portato, pochi anni dopo, alla proposta del modello a doppia elica del Dna.

Il sottinteso di tutto il filone è che i processi dei viventi possono essere ricondotti, almeno in linea di principio, al comportamento collettivo di atomi e molecole. Dimostrarlo sperimentalmente nei sistemi biologici resta però tutt'altro che semplice, e le evidenze hanno riguardato per anni solo fenomeni relativamente semplici, come l'effetto tunnel riscontrato nel funzionamento degli enzimi.

Solo di recente alcune tecniche sperimentali hanno iniziato a rendere possibile l'indagine diretta di questi fenomeni su sistemi ingegnerizzati. Nel 2020 Science ha pubblicato una lunga revisione della letteratura scientifica mostrando che le evidenze sono ancora molto deboli, e solo all'inizio di quest'anno si è dimostrato che alcune proteine possono operare come sensori quantistici all'interno di batteri a temperatura ambiente.

L'obiettivo di questi esperimenti non è intervenire sulle funzioni biologiche, bensì comprendere se le proprietà quantistiche possano essere sfruttate per sviluppare nuove modalità di *imaging* o di rilevazione del micro-ambiente molecolare. In parallelo, alcune proposte teoriche avanzate in recenti programmi di ricerca suggeriscono che entità biologiche semplici come le particelle virali non replicanti, o tessuti come la pelle, possano costituire piattaforme sperimentali per testare l'interazione tra fenomeni quantistici e sistemi viventi in condizioni controllate.

Il confine tra i due ambiti, la materia vivente e non, diventa un terreno di indagine per verificare se l'accesso a effetti quantistici possa conferire vantaggi funzionali. In un volume dedicato a questi temi, il fisico teorico spagnolo Salvador Miret Artés propone una descrizione della vita come un processo di auto-organizzazione fuori equilibrio, in cui la stabilità macroscopica emerge da interazioni microscopiche. «Il comportamento della materia vivente non può essere compreso appieno senza tenere conto delle dinamiche che si sviluppano su scale temporali estremamente ridotte», osserva. «Molte proprietà osservabili a livello biologico dipendono infatti da fenomeni che si collocano al di sotto della scala classica e che restano difficili da

isolare e descrivere sperimentalmente». L'interesse scientifico è sulla possibilità che alcune funzioni biologiche sfruttino, in modo transitorio e localizzato, effetti quantistici non direttamente osservabili, ma con un ruolo significativo nell'organizzazione della vita stessa.

© RIPRODUZIONE RISERVATA