

## Fenomeni quantomeccanici cerebrali

Rita Casadio 20 giugno 2022

**Premessa:** La meccanica quantistica (MQ) è l'unica teoria che giustifica la formazione di molecole a partire dai componenti fondamentali e le loro proprietà fisico-chimiche. Con la MQ è possibile la descrizione della densità elettronica degli atomi e delle molecole in Chimica ma anche in Biochimica, dove in numero degli atomi coinvolti per molecole va dal centinaio a molte migliaia, rendendo quindi la computazione molto onerosa non intrattabile. In generale, con la meccanica quantistica è possibile ricavare teoricamente le proprietà delle molecole come osservate in fase sperimentale. Le proprietà possono essere ricavate anche quando queste sono difficilmente misurabili, per mancanza di tecnologia adeguata. Esistono molti fenomeni in soluzione che trovano spiegazione in ambito quantomeccanico (per esempio lo scambio di protoni tra molecole, la misura del pH (grado di acidità di una soluzione e molto altro). Più atomi costituiscono la molecola, più è difficile trattare simultaneamente le proprietà fisicochimiche. Comunque l'estensione (la scalabilità) di ciò che è provato su piccola scala si pensa sia possibile su larga scala, con metodi approssimati se necessario. In base a questa ipotesi quindi tutta la materia biologica è descrivibile in termini di QM.

### Alcuni fenomeni quantomeccanici in biologia

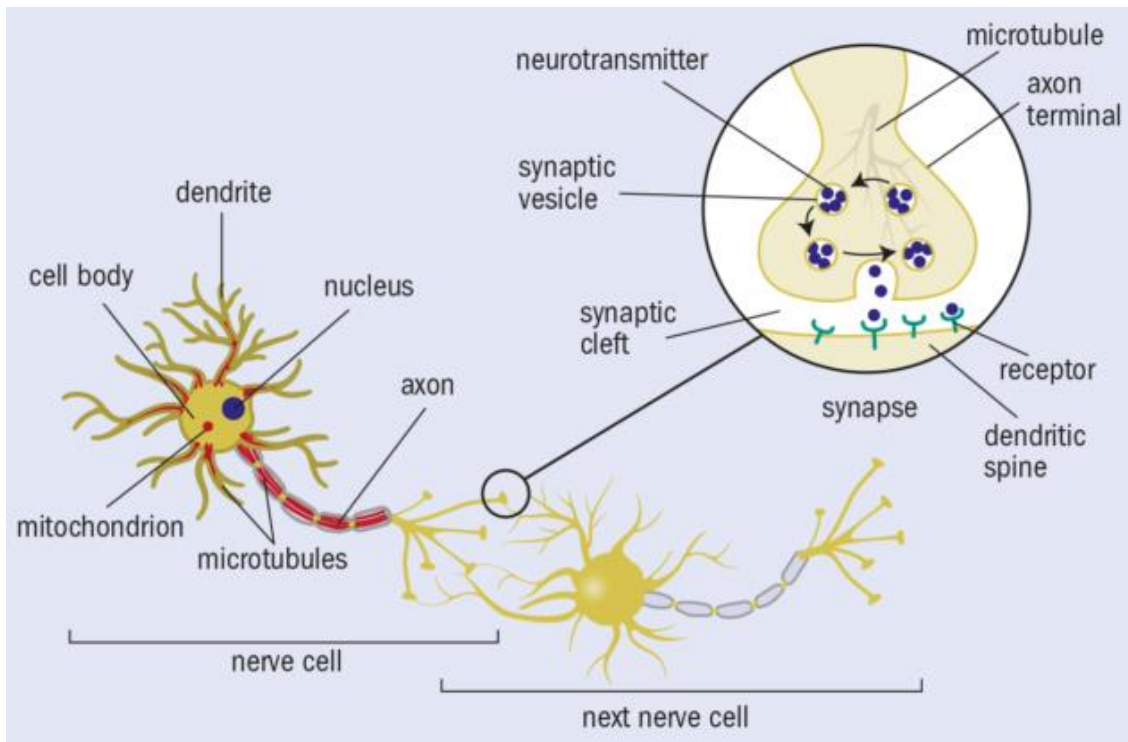
Abbiamo già sottolineato come la biologia quantistica si occupi di fenomeni biologici, su scala mesoscopica e macroscopica che trovano spiegazione solo se si considerano le proprietà quantomeccaniche delle molecole in gioco. Sicuramente tutti i processi biologici dove avviene conversione di energia sono quanto meccanici in natura, e molti studi sperimentali e teorici dimostrano le basi quantomeccaniche di processi fondamentali come l'assorbimento di luce visibile nella fotosintesi da parte di centri proteici, il trasferimento di energia eccitonica e le reazioni di trasferimento elettronico e protonico che avvengono nei processi fotosintetici, nei fenomeni olfattivi e nella respirazione mitocondriale. Altri fenomeni descritti in termini quantomeccanici sono quelli di mutagenesi del DNA, i processi di fototrasduzione visiva, le migliaia di attività enzimatiche che si conoscono nei vari organismi, e la magnetorecezione, cioè alla capacità degli animali e in particolare degli uccelli di orientarsi al buio, utilizzando il campo magnetico che agisce sulle proprietà di spin di alcune molecole proteiche.

La biologia quantistica ha come scopo l'interpretazione di fenomeni che avvengono a livello macroscopico in termini di proprietà quantomeccaniche della materia e quindi la loro analisi secondo modelli desunti dalla teoria QM. I modelli servono a giustificare/predire gli osservabili sperimentali. *Gli aspetti più salienti della biologia quantistica si hanno in ambito neuroscientifico, e su questi ci soffermiamo, visto che conducono a spiegazioni di interesse quali la teoria della conoscenza e in particolare i meccanismi di coscienza/consapevolezza.*

### Struttura e funzione di una cellula nervosa

Per comprendere gli effetti quantistici, occorre capire cosa è un processo neurale, visto che è il processo (funzionamento) che può suggerire caratteristiche QM. Figura 1 mostra la comunicazione tra due cellule neuronali tramite le loro sinapsi (in giallo, l'interazione tra due cellule nervose che comunicano e nell'inserito con dettaglio molecolare che cosa significhi a livello chimico la comunicazione o processo di trasmissione dell'informazione da una cellula all'altra). In breve le cellule nervose includono tre elementi principali (il corpo cellulare, che contiene vari organelli, tra cui i mitocondri; i dendriti, che ricevono i segnali e l'assone che trasmette i segnali). I segnali sono dovuti al passaggio di neurotrasmettitori (molecole organiche di vario tipo) da una cellula all'altra, attraverso il rilascio di vescicole sinaptiche. Sono più di cinquanta le sostanze chimiche di cui è stata dimostrata la funzione di neurotrasmettitore a livello sinaptico. Ci sono due gruppi di

trasmettitori sinaptici: quello costituito da trasmettitori a basso peso molecolare a rapida azione e il gruppo dei neuropeptidi di dimensioni maggiori ad azione più lenta.



**Fig.1 Schema di funzionamento neuronale** (Ref: <https://physicsworld.com/a/do-quantum-effects-play-a-role-in-consciousness> )

Il primo gruppo di neurotrasmettitori è composto da trasmettitori responsabili della maggior parte delle risposte immediate del sistema nervoso, come la trasmissione di segnali sensoriali al cervello e di comandi motori ai muscoli. I neuropeptidi sono, invece, implicati negli effetti più prolungati, come le modificazioni a lungo termine del numero di recettori e la chiusura o l'apertura prolungata di alcuni canali ionici.

Le sinapsi sono specializzate. I neurotrasmettitori rilasciati nello spazio sinaptico vengono "riconosciuti" dai recettori proteici della cellula vicina. L'elemento a due cellule di Figura1 va poi immaginato in tridimensione e inserito nei miliardi di cellule della corteccia che danno origine alle reti neurali. Si stima che nell'uomo la superficie corticale sia ca. 2.600 cm<sup>2</sup>, i neuroni ca. 30 miliardi, le sinapsi ca. 10<sup>15</sup> miliardi e addirittura 10 elevato a 1 milione i circuiti che si potrebbero formare.

### **I Microtubuli delle cellule neuronali**

Per discutere gli effetti quantistici occorre anche capire cosa sono i **microtubuli**. I microtubuli derivano dalla polimerizzazione di una proteina (tubulina) e costituiscono con i filamenti il citoscheletro cellulare. Sono complessi rigidi, e polari, formati da eterodimeri allineati in tubuli cavi con un diametro di circa 25 nm. Sono presenti nelle cellule eucariotiche (dotate di nucleo) (figura 2).

La loro funzione principale è l'organizzazione e il trasporto intracellulare ed assicurano anche una certa stabilità meccanica alla cellula. Inoltre, in altri tipi di cellule, hanno un ruolo fondamentale anche nella divisione cellulare.

Le diversità funzionali dei microtubuli sono dovute a diverse caratteristiche, fra le quali la presenza di proteine associate ai microtubuli (MAPs), che li stabilizzano e che servono per trasmettere informazione

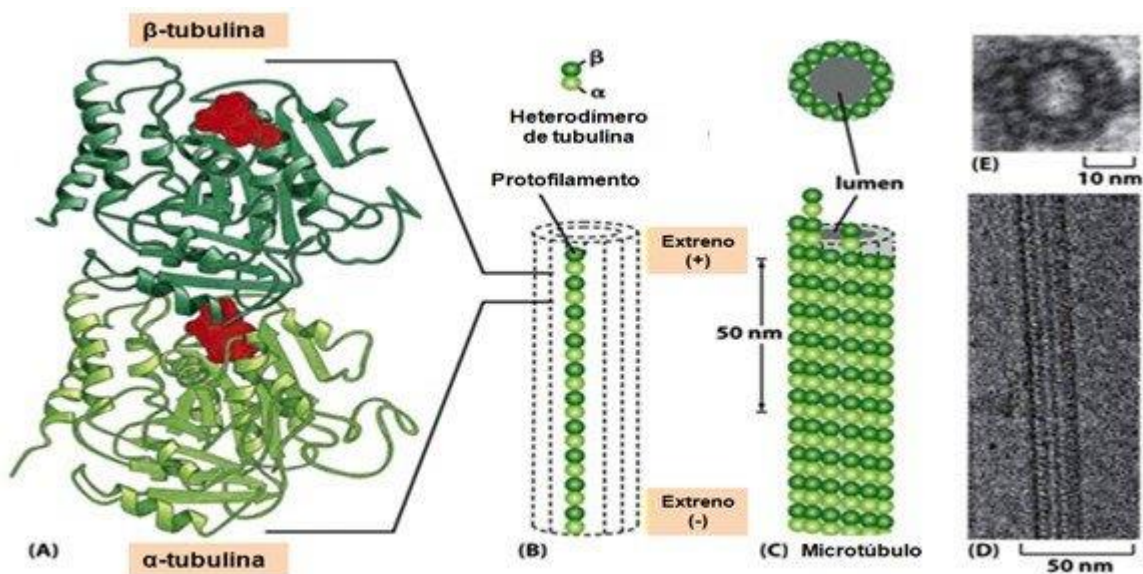


Fig 2 Dalla tubulina al microtubulo (<https://www.chimica-online.it/biologia/microtubuli.htm>)

### I mitocondri

L'altro organello importante per capire gli osservabili sperimentali è il mitocondrio che usa il trasporto elettronico tra proteine e la differenza di concentrazione di protoni transmembrana conseguente per produrre ATP. L'ATP fornisce energia chimica a tutti i processi cellulari ed in particolare al moto delle vescicole lungo i microtubuli (Figura 3, (<https://it.wikipedia.org/wiki/File:FluorescentCells.jpg>), Fig4 )

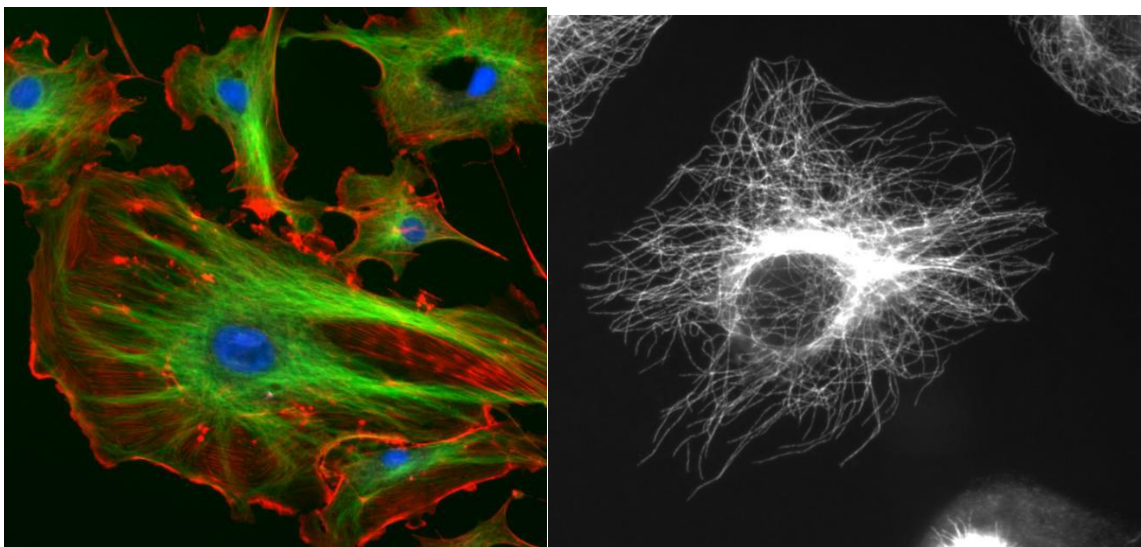
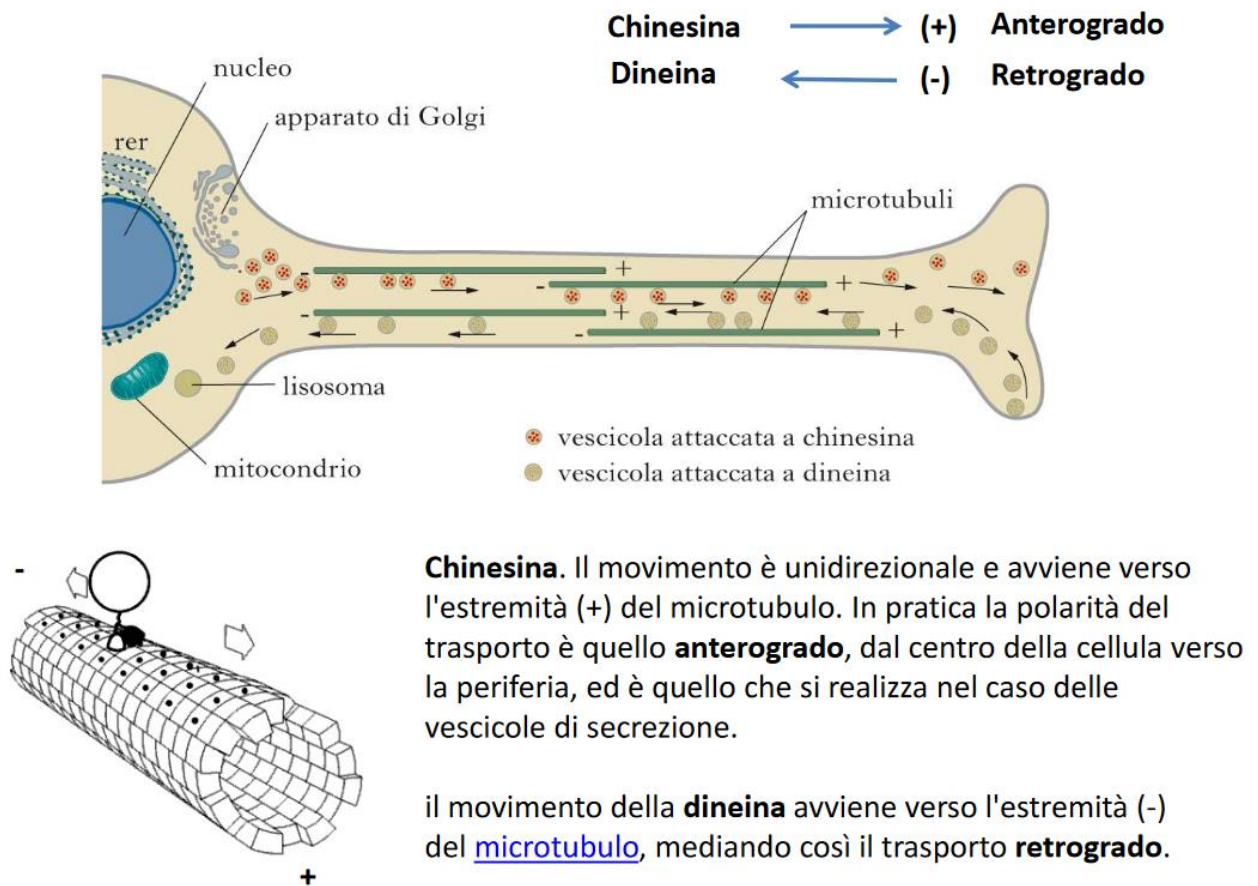


Fig 3 Il citoscheletro cellulare e la rete dei microtubuli

**Problema: cosa sono e dove sono gli effetti quantistici? Dobbiamo tenere presente alcuni concetti fondamentali in MQ: sovrapposizione degli stati, coerenza, tunnelling e entanglement....**



**Fig 4 Meccanismo di trasporto delle vescicole mediato dai microtubuli nel neurone** (modificata da <https://www.treccani.it/enciclopedia/microtubulo>)

## La coscienza/conoscenza quantistica

Riporto di seguito alcune note sulla coscienza quantistica che ho già proposto

La novità sul piano teorico/interpretativo è il ribadire il concetto di coscienza quantistica, già presente comunque in letteratura a partire dal secolo scorso con ipotesi considerate per lo più avveniristiche e che in parte la recente ricerca ha confermato per quel che riguarda le proprietà strutturali e funzionali delle molecole coinvolte. Mi limito a citare le più note che molta discussione hanno suscitato.

George Penrose (Colchester UK, 1931) basandosi su alcune scoperte del medico-fisiologo Stuart Hameroff (Buffalo USA, 1947), ha elaborato a partire dal 1989 una teoria secondo cui la coscienza potrebbe essere il risultato di fenomeni quantistici, che avrebbero luogo nei microtubuli (la struttura portante delle reti) dei neuroni e che rientrerebbero in una nuova teoria capace forse di unificare la teoria della relatività di Einstein con la meccanica quantistica (teoria della coscienza quantistica o "riduzione obiettiva orchestrata", abbreviata in Orch-Or, da orchestrated objective reduction). Secondo la teoria, i microtubuli cellulari possono funzionare da elementi di calcolo quantistico. All'interno dei microtubuli la coerenza di stati di

sovrapposizione quantistica viene mantenuta fino al collasso della funzione d'onda. *La sovrapposizione degli stati permane perché la sovrapposizione quantistica resta fisicamente separata all'interno della geometria spazio-temporale del supporto, ed è detta riduzione obiettiva.* L'istante di coscienza corrisponde al collasso di un'area di coerenza quantistica. I microtubuli sarebbero sede di attività coerente, la cui causa fisica, secondo Penrose e Hamerhoff, sarebbero i "condensati di Fröhlich", che analogamente ai condensati di Bose-Einstein sono sistemi con un'unica proprietà collettiva di coerenza quantistica macroscopica (scoperti dal fisico Fröhlich). Nei condensati di Fröhlich diversi "oscillatori" in vibrazione possono raggiungere uno stato ordinato altamente condensato, vibrando in risonanza, e questo potrebbe spiegare i vari fenomeni osservati in biologia, tra cui appunto la neurotrasmissione.

Nel 2014 Penrose e Hameroff hanno annunciato la scoperta, ad opera di Anirban Bandyopadhyay del National Institute for Materials Science del Giappone, della presenza di reazioni quantistiche nei microtubuli, confermata anche da altri studi. Ciò ha riportato in primo piano la teoria Orch-Or.

La coscienza sarebbe dunque un fenomeno quantistico e come tale potrebbe sopravvivere alla morte fisica del cervello, per rimanere sotto varie forme nel multiverso, in quanto in base alla legge di conservazione dell'energia, l'informazione quantistica non può essere distrutta.

In alternativa, Max Tegmark (Stoccolma, 1967), professore di Fisica al MIT confuta la teoria della "riduzione obiettiva orchestrata", calcolando che la scala di tempo di attivazione ed eccitazione di un neurone nei microtubuli è più lento del tempo di decoerenza di un fattore di almeno 10 alla 9, e ciò sarebbe inconsistente con lo stato di coscienza. Max Tegmark, autore tra l'altro di due libri recenti: [l'Universo Matematico (Bollati Boringhieri, 2014) e Vita 3.0. Essere umani nell'era dell'intelligenza artificiale, (Raffaello Cortina Editore, 2017)], teorizza la coscienza come stato della materia, "il percettronio", con caratteristiche emergenti ben precise che renderebbero ragione degli stati mentali di Quiniana memoria (WV Quine 1908-2000). La coscienza diventa quindi oggetto di una formulazione quanto meccanica in cui gli stati di coscienza hanno Hamiltoniane precise (2014, arXiv.org > quant-ph > arXiv:1401.1219, Cornell University). Interessante, ma a mio avviso con poco spazio per la personalità individuale.

In sintesi la coscienza come complesso di processi che caratterizza l'agire umano è oggi interpretata a livello microscopico come possibile fenomeno quantistico che ha come supporto l'organizzazione cerebrale e che rende ragione delle nostre singolarità.

Occorre completare lo scenario con la teoria del *connettoma*, dove l'individualità è dovuta al fantasmagorico intreccio di sinapsi che ciascuno di noi sviluppa in relazione alle esperienze individuali (Sebastian Seung: Connettoma. La nuova geografia della mente (2013, Codice Edizioni).

Alcune affermazioni

**Penrose:** "nell'universo quantistico esistiamo a tempo indeterminato". Secondo il premio Nobel Roger **Penrose**, l'universo fisico in cui viviamo è solo una nostra percezione e una volta che i nostri corpi fisici muoiono la coscienza potrebbe viaggiare verso universi paralleli e alcuni credono che la coscienza viaggi verso universi paralleli dopo la morte.

"L'aldilà è una realtà infinita molto più grande di quella in cui questo mondo è radicato. In questo modo, le nostre vite in questo piano di esistenza sono già racchiuse e circondate, dall'aldilà... Il corpo muore ma il campo quantistico spirituale continua. In questo modo siamo immortali" sono le conclusioni a cui giunge tra gli altri **Robert Lanza** in "Beyond Biocentrism: Rethinking Time, Space, Consciousness, and the Illusion of Death". Alla domanda "l'anima esiste?" la teoria sostiene che siamo immortali ed esistiamo al di fuori del tempo. Il biocentrismo infatti postula che lo spazio e il tempo non siano ciò che pensiamo. La morte non esiste in un mondo senza tempo e senza spazio.

Queste teorie hanno come conseguenza estrema che la morte non è l'evento terminale che crediamo visto che la nostra energia viene liberata nell'universo. "Uno degli assiomi più sicuri della scienza è che l'energia non muore mai; non può né essere creata né distrutta. Questa energia potrebbe trascendere da un mondo all'altro". Quindi la morte non ha alcun senso in questi scenari.

#### **Fase sperimentale (Biofisica Quantistica)**

**Gli esperimenti accreditati (Ref: <https://physicsworld.com/a/do-quantum-effects-play-a-role-in-consciousness/>)**

- Emissione fotonica in seguito ad eccitazione chimica di porzioni di cervello
- Effetto degli anestetici
- Compasso magnetico (nell'uomo)
- Entanglement cognitivo (nell'uomo)