

GENNAIO 2023

Io considero la coscienza come fondamentale, e la materia un derivato della coscienza. Non possiamo andare oltre la coscienza. Tutto ciò di cui discorriamo, tutto ciò che noi consideriamo come esistente, richiede una coscienza

Max Planck, 1931



Nel dipinto di Marc Chagall anche gli animali partecipano alla gioia della sposa.
Emozioni e sentimenti albergano nella coscienza collettiva degli esseri viventi e forse anche delle cose.
La coscienza potrebbe essere una delle forze naturali primigenie

MESE	Settim	L	M	M	G	V	S	D
GENNAIO	52	26	27	28	29	30	31	1
Capodanno (1)	1	2	3	4	5	6	7	8
Epifania (6)	2	9	10	11	12	13	14	15
	3	16	17	18	19	20	21	22
	4	23	24	25	26	27	28	29
	5	30	31	1	2	3	4	5

note



Modelli Quantistici della Coscienza

Antonella Vannini¹

Abstract

In questo articolo viene presentata una breve rassegna dei modelli quantistici della coscienza rinvenuti in letteratura. Nella parte conclusiva vengono forniti due criteri di classificazione dei modelli giungendo così a selezionare unicamente quei modelli che nascono dall'unione della meccanica quantistica con la relatività ristretta.

1. Premessa

Fino a pochi decenni fa, la sfera dei contenuti e degli stati coscienti non era reputata un oggetto adeguato di indagine scientifica. Essa appariva troppo sfuggente, troppo imparentata con concetti metafisici per poter essere ricondotta al modello naturalistico delle leggi universali e al rigore dei metodi e delle procedure di controllo in uso nella scienza. A partire dagli anni '80, tuttavia, il vertiginoso progresso delle neuroscienze ha portato conferme sperimentali sempre più numerose sul legame esistente tra fenomeni cerebrali e processi mentali. Acquisita in tal modo una solida base fisiologica di riferimento, l'indagine sulla mente e sulla coscienza ha cessato di essere considerata un argomento di pura speculazione filosofica, per entrare a pieno titolo nel campo della ricerca scientifica.

¹ antonella.vannini@gmail.com

Gli autori - scienziati e filosofi - che attualmente si interessano al problema della coscienza e degli stati mentali sono moltissimi, ed estremamente variegata è la gamma delle loro posizioni. Le teorie sulla coscienza proposte negli ultimi decenni vanno dai modelli fondati sulla fisica classica (ad esempio i modelli avanzati da Paul Churchland, Antonio Damasio, Daniel Dennett, Gerald Edelman, Francisco Varela e John Searle) ai modelli di ultima generazione che tentano di fondare una spiegazione delle dinamiche coscienti sui principi della Meccanica Quantistica (MQ), quali i concetti fondamentali di dualismo onda-particella, collasso della funzione d'onda, retrocausalità, non località e campo unificato (ad esempio i modelli proposti da John Eccles, Stuart Hameroff, Roger Penrose e Chris King). Malgrado i progressi finora ottenuti, una autentica comprensione dei fenomeni mentali appare ancor oggi un traguardo piuttosto lontano.

2. I modelli quantistici della coscienza: una cronologia

Verranno descritti brevemente, in ordine cronologico a partire dall'anno 1924, i modelli quantistici della coscienza rinvenuti in letteratura.

2.1. Il modello di Alfred Lotka: la costante di Planck come linea di confine tra mondo oggettivo e mondo soggettivo (1924).

Il modello di Lotka, proposto prima della scoperta del principio di indeterminazione di Heisenberg e della formulazione dell'interpretazione di Copenhagen, può essere considerato il primo modello quantistico della coscienza. Lotka ipotizza due tipi di coscienza. La prima, da lui chiamata *deterministica*, corrisponde al mondo esterno dei fatti oggettivi. La seconda, da lui chiamata *soggettiva*, corrisponde al mondo interiore (qualia). Secondo Lotka, la coscienza del primo tipo (deterministica) è relativa a tutti quei fenomeni che si manifestano al di sopra della costante di Planck. A questo livello si ipotizzava che vigessero le leggi deterministiche della fisica newtoniana. La coscienza del secondo tipo (soggettiva) avrebbe invece luogo al di

sotto della costante di Planck, dove le leggi della fisica newtoniana non hanno più modo di operare.

2.2. *Il modello di Niels Bohr: la coscienza crea la realtà attraverso il collasso della funzione d'onda (1930).*

L'interpretazione di Copenhagen, proposta da Niels Bohr e Werner Heisenberg, ipotizza un collegamento diretto tra coscienza e proprietà della Meccanica Quantistica. Infatti, la CI riconosce esplicitamente alla coscienza (tramite l'esercizio dell'osservazione o misurazione del sistema), la capacità di far collassare la funzione d'onda determinando, in questo modo, la manifestazione della realtà stessa.

Secondo il modello proposto da Bohr e Heisenberg, la coscienza sarebbe una proprietà immanente della realtà che precede e determina, attraverso l'osservazione ed il conseguente collasso della funzione d'onda, tutta la realtà esistente.

2.3. *Il modello di Luigi Fantappiè: onde anticipate e coscienza (1941).*

Il punto di partenza del modello di Fantappiè è, dal punto di vista fisico-matematico, l'operatore di d'Alembert. Tale operatore fu ottenuto da Klein e Gordon nel 1927, quando riscrissero l'equazione d'onda di Schrödinger al fine di renderla compatibile con gli assunti della relatività ristretta.

L'operatore di d'Alembert prevede due tipi di onde: *onde ritardate* che divergono dal passato verso il futuro e *onde anticipate* che divergono a ritroso nel tempo, dal futuro al passato e che, per noi che ci muoviamo avanti nel tempo, corrispondono ad onde convergenti. Studiando le proprietà matematiche di queste onde Fantappiè scoprì che le onde divergenti sono governate dalla legge dell'*entropia*, mentre le onde convergenti sono governate da una legge simmetrica, che porta alla creazione di differenziazione e ordine, e che Fantappiè chiamò la legge della *sintropia*. In particolare, Fantappiè identificò nell'organizzazione dei sistemi viventi la manifestazione della sintropia, ossia delle onde anticipate. Partendo dalle

proprietà matematiche della sintropia e dell'entropia, Fantappiè giunse a formulare un modello della coscienza articolato sui seguenti punti:

- *Libero arbitrio*: elemento costitutivo della coscienza, viene visto da Fantappiè come conseguenza di uno stato costante di scelta tra informazioni provenienti dal passato e sollecitazioni provenienti dal futuro.
- *Sentimento di vita*: altro elemento costitutivo della coscienza è, secondo Fantappiè, il *sentimento di vita*, quale diretta conseguenza delle onde convergenti, che si muovono a ritroso nel tempo, dal futuro verso il passato. Fantappiè sostiene questa affermazione argomentando che, nel momento in cui i sensi del mondo esterno oggettivo si affievoliscono, come negli stati di meditazione profonda, le persone sperimentano forme di coscienza in cui passato, presente e futuro coesistono. La coesistenza di passato, presente e futuro discende direttamente dai principi della relatività ristretta e dalla loro applicazione nell'equazione di Klein-Gordon.
- *Memoria non locale*: Fantappiè ipotizza, come conseguenza del principio della sintropia, l'esistenza di collegamenti non locali nell'universo. Ad esempio, la memoria dei sistemi viventi potrebbe manifestarsi come *collegamenti non locali* con eventi passati che, in base all'equazione di Klein-Gordon, sono tuttora presenti.

L'impostazione di Fantappiè può essere oggi ritrovata nell'Interpretazione Transazionale della MQ (TI) e nel modello della coscienza proposto da Chris King.

2.4 Il modello di David Bohm: l'ordine implicato (1950).

Bohm introduce i concetti di *ordine implicato* e *ordine esplicito*. Nell'ordine implicato non vi è differenza tra mente e materia, mentre nell'ordine esplicito la mente e la materia si separano. Quando ci muoviamo all'interno della materia, ossia nel mondo quantistico del microcosmo, l'ordine implicato emerge, mentre quando ci muoviamo al di sopra del livello di azione della MQ, ossia nel macrocosmo, l'ordine esplicito prende il sopravvento. Secondo Bohm la coscienza coincide con l'ordine implicato. Nell'ordine implicato le particelle prendono forma, si

“in-formano” attraverso il collasso della funzione d'onda, e quindi l'ordine implicato coincide con il processo di in-formazione (prendere forma). Bohm era solito spiegare l'ordine implicato riportando l'esempio della musica. Quando ascoltiamo un brano musicale, infatti, percepiamo l'ordine implicato nel suono (cioè l'informazione associata al suono come esperienza soggettiva dell'ascolto del brano musicale) e non solo l'ordine esplicito dal suono (parametri fisici del suono, come la frequenza e l'ampiezza delle onde sonore). Secondo Bohm, ogni particella materiale è dotata di una rudimentale qualità mentale. Il processo dell'in-formazione, cioè del prendere forma da parte della materia, costituisce il ponte tra le qualità mentali e le qualità materiali delle particelle. Al livello più basso della realtà, cioè al livello della MQ, i processi mentali (coscienti) e quelli fisici sarebbero essenzialmente la stessa cosa.

2.5 Il modello di Herbert Fröhlich: l'ordine dei condensati di Bose-Einstein (1968).

I condensati di Bose-Einstein sono uno stato della materia che si raggiunge a temperature estremamente basse. Questi condensati si manifestano come strutture estremamente “ordinate”, e l'ordine raggiunto è tale che tutte le particelle, che compongono il condensato, si comportano come se fossero un'unica particella.

Nel 1960 Fröhlich mostrò che durante la digestione tutti i dipoli si allineano e oscillano in modo perfettamente coordinato. Di conseguenza, Fröhlich ipotizzò che ciò potesse portare, nelle membrane cellulari a temperatura ambiente, alla formazione di condensati di Bose-Einstein. Una proprietà dei condensati di Bose-Einstein è che essi consentono di amplificare i segnali e di codificare le informazioni, elementi che, secondo Fröhlich, sono alla base della coscienza. Il lavoro di Fröhlich venne ripreso e ampliato nel modello QBD (Quantum Brain Dynamics) della coscienza, proposto da Umezawa e Ricciardi.

2.6. *Il modello di Evan Walker: il tunneling sinaptico (1970).*

Nella meccanica quantistica, con il termine *effetto tunneling* si indica il fenomeno per cui una particella viola i principi della meccanica classica oltrepassando una barriera (ad esempio una differenza di potenziale) più forte dell'energia cinetica della particella stessa.

Secondo Walker, grazie all'effetto tunneling gli elettroni possono passare da un neurone adiacente all'altro, creando così un network neurale "virtuale" (e parallelo a quello macroscopico o "reale") a cui sarebbe associata la coscienza. Il sistema nervoso reale opera attraverso messaggi sinaptici, mentre il sistema nervoso virtuale opererebbe attraverso effetti di tunneling quantico. Il sistema nervoso reale seguirebbe le leggi della fisica classica, mentre il sistema nervoso virtuale seguirebbe le leggi della meccanica quantistica. La coscienza sarebbe perciò il prodotto delle leggi della meccanica quantistica, anche se il comportamento del cervello può essere descritto in base alle leggi della fisica classica.

2.7. *Il modello di Umezawa e Ricciardi: Quantum Field Theory e Quantum Brain Dynamics (1980).*

Nel 1967 Luigi Maria Ricciardi e Horoomi Umezawa proposero un modello della coscienza basato sulla Teoria Quantistica dei Campi (QFT, Quantum Field Theory). Questo modello è un ampliamento del modello proposto da Fröhlich sui condensati di Bose-Einstein. Le funzioni più elevate ed evolute del cervello vengono viste come conseguenza di fenomeni quantici di ordine collettivo. In particolare, la memoria viene associata ai "vacuum states". Nella QFT i vacuum states sono i livelli più bassi di energia in cui, per definizione, non sono contenute particelle. La stabilità dei vacuum states li rende ideali come unità di memoria. Umezawa e Ricciardi sottolineano che una delle proprietà dei vacuum states è quella di consentire correlazioni e forme di ordine che possono estendersi fino al livello macroscopico, producendo campi che interagiscono con il sistema neurale. Secondo Umezawa, la coscienza sarebbe il risultato della totalità dei processi fisici di tipo quantistico, mentre il sistema nervoso sarebbe relegato alla sola funzione di trasmissione dei segnali macroscopici. Il modello di Umezawa è stato ripreso e sviluppato ulteriormente da Giuseppe Vitiello.

2.8. *Il modello di John Carew Eccles: gli psiconi (1986).*

John Carew Eccles, premio Nobel per la fisiologia nel 1963, scoprì che in tutti i tipi di sinapsi a trasmissione chimica gli impulsi che invadono un reticolo vescicolare presinaptico determinano al massimo una sola esocitosi. Esiste un principio di conservazione al livello del trasmettitore sinaptico, attraverso un processo ancora sconosciuto di complessità superiore. L'esocitosi è l'attività unitaria fondamentale della corteccia cerebrale. Con i principi della meccanica quantistica è possibile spiegare la bassa probabilità di emissioni quantiche (esocitosi) in risposta agli impulsi nervosi. Eccles introduce gli *psiconi*, particelle di coscienza, che ipotizza abbiano la capacità di connettersi insieme per offrire un'esperienza unificata. Prove sempre più numerose, secondo Eccles, indicano che il complesso processo dell'esocitosi e la sua natura probabilistica sono governati da transizioni quantistiche fra stati molecolari metastabili. Per Eccles, la mente è un campo non-materiale; l'analogo più simile è forse un campo di probabilità. La coscienza appartiene ed è evocata dall'attenzione che agisce su aree selezionate della corteccia cerebrale determinandone l'eccitazione.

2.9. *Il modello di Nick Herbert: la coscienza pervasiva (1987).*

Secondo Herbert la coscienza è una proprietà che pervade tutta la natura, ed è una componente fondamentale dell'universo come lo sono le forze e le particelle. Herbert giunge a questa affermazione analizzando i principi di probabilità, di assenza di materia (gli oggetti si formano solo quando vengono osservati) e di interconnessione (entanglement). Secondo Herbert, questi tre principi sono direttamente collegati alle tre caratteristiche fondamentali della coscienza: libero arbitrio, ambiguità di fondo e interconnessione psichica.

2.10. *Il modello James Culbertson: lo psicospazio (1987).*

Secondo Culbertson la memoria è alla base della coscienza, e nasce nel momento in cui la materia cambia il suo stato nel tempo. In altre parole, la memoria non è altro che il risultato di connessioni che si stabiliscono tra stati distinti dello spazio-tempo. La memoria non è quindi il frutto di dati che vengono immagazzinati nel cervello, ma di collegamenti tra momenti distinti dello spazio-tempo. Di conseguenza, Culberston afferma che la coscienza non risiede nel cervello, ma nello spazio-tempo dove risiede la memoria stessa. Per descrivere questo concetto, Culberston conia il termine di *psico-spazio*.

Dal momento che tutti gli oggetti della natura cambiano il proprio stato nel tempo, Culberston arriva alla conclusione che tutti gli oggetti della natura potrebbero essere dotati di coscienza.

2.11. *Il modello di Ian Marshall: Quantum Self Theory (1989).*

Il lavoro di Marshall prende le mosse dalla proposta di Fröhlich e collega le proprietà olistiche della coscienza con l'eccitazione dei condensati di Bose-Einstein. Quando i condensati vengono eccitati da un campo elettrico, si ha un'esperienza cosciente. Marshall ipotizza che il collasso della funzione d'onda vada sempre verso la formazione di condensati Bose-Einstein e che vi sia quindi una tendenza universale verso la creazione di vita e coscienza (principio antropico). Le mutazioni non avverrebbero quindi in modo casuale, ma tenderebbero verso la formazione di vita e coscienza. Il mondo mentale (l'esperienza conscia) coinciderebbe con i bosoni (particelle attrattive come i gravitoni e i gluoni che stabiliscono "relazioni" e possono condividere gli stessi stati), mentre il mondo materiale coinciderebbe con i fermioni (elettroni, protoni, neutroni) in cui non vi è condivisione degli stessi stati.

2.12. *Il modello di Michael Lockwood: l'interpretazione "Many Minds" (1989).*

Il modello di Lockwood si riferisce esplicitamente all'interpretazione della MQ denominata "Many Worlds" (vedi sopra). Secondo Lockwood, le sensazioni sono attributi intrinseci degli stati fisici del cervello e sussisterebbero tutte contemporaneamente, creando un sistema a tante "menti" quante sono le combinazioni di tutti gli stati mentali possibili. La coscienza andrebbe poi a "selezionare" nel cervello le sensazioni, estraendole da tutte le possibili, ma non le creerebbe.

2.13. *Il modello di Roger Penrose e Stuart Hameroff: ORCH-OR, Orchestrated Objective Reduction (1989).*

Il modello di Hameroff e Penrose parte dal presupposto che la realtà sia composta da 3 mondi: il mondo platonico, il mondo fisico e il mondo mentale. Mentre nell'interpretazione di Copenhagen il mondo fisico viene determinato dal mondo mentale (dall'osservazione) attraverso il collasso della funzione d'onda, nel modello di Penrose e Hameroff questi mondi sono separati e interagiscono tra loro attraverso il collasso della funzione d'onda.

Penrose e Hameroff suggeriscono che nei microtubuli, strutture di tubulina che formano il citoscheletro dei neuroni, abbia luogo, ogni 25 msec, il collasso della funzione d'onda (OR), producendo così un'esperienza cosciente, cioè portando il mondo mentale ad entrare in contatto con il mondo fisico.

Secondo gli autori l'insieme dei collassi della funzione d'onda darebbe origine al flusso della coscienza e ad una "orchestrazione", cioè a processi di computazione quantica che si autoorganizzano.

2.14. *Il modello di Chris King: Supercausalità e coscienza (1989).*

Il matematico Chris King propone un modello fondato sull'interpretazione transazionale (TI) della MQ che, come abbiamo visto, prevede una duplice soluzione dell'equazione d'onda relativizzata (equazione di Klein-Gordon).

Nel modello proposto, King afferma che gli oggetti quantici si trovano costantemente di fronte a biforcazioni (sollecitazioni provenienti dal passato e sollecitazioni provenienti dal futuro) che possono essere superate unicamente operando scelte. King ricorda i lavori di Eccles, Penrose e Hameroff che dimostrano l'esistenza di strutture quantiche nei sistemi viventi e giunge così ad ipotizzare che i sistemi viventi stessi siano influenzati non solo dalla causalità ma anche dalla retrocausalità (*supercausalità*). Ciò porrebbe i sistemi viventi in uno stato costante di scelta che, secondo King, è una caratteristica comune a tutti i livelli dell'organizzazione biologica, dalle molecole fino alle macrostrutture. Dal momento che le unità fondamentali di un organismo biologico agirebbero ognuna in base al libero arbitrio e, dal momento che gli esiti di questo libero processo di scelta non sono determinabili a priori, il sistema stesso dovrebbe manifestare costantemente dinamiche caotiche e sfuggire così ad un approccio di studio puramente deterministico. King individua due livelli di spiegazione della coscienza. Nel primo livello, l'informazione si trasferisce dalla mente al cervello, attraverso le scelte operate esercitando il libero arbitrio; nel secondo livello, l'informazione passa dal cervello alla mente, grazie alla selezione e all'amplificazione dei segnali (ad esempio i segnali sensoriali ricevuti dai recettori periferici, ma anche i segnali interni) operata dalle dinamiche caotiche (ad esempio le strutture frattali) del cervello.

2.15. *Il modello di Matti Pitkänen: TGD, Topological Geometro Dynamics (1990).*

Il modello TGD della coscienza si basa sull'ipotesi di salti quantici che coinvolgono momenti diversi del tempo (quantum jumps between quantum histories) e sul concetto che tutto è coscienza. In base a questo modello si parte da uno stadio iniziale di massima coscienza che diminuisce progressivamente via via che le particelle sviluppano interconnessioni tra di loro

(entanglement). In altre parole, il Sé rimarrebbe cosciente finché non è entangled e la coscienza può solo essere persa.

2.16. *Il modello di Karl Pribram: Modello Olografico della mente (1991).*

Nel suo modello, Karl Pribram propone una ipotesi olografica della memoria e della mente. Un ologramma è una fotografia tridimensionale prodotta con l'aiuto di un laser. Per creare un ologramma, l'oggetto da fotografare è prima immerso nella luce di un raggio laser, poi un secondo raggio viene fatto rimbalzare sulla luce riflessa del primo e lo schema risultante dalla zona di interferenza dove i due raggi si incontrano viene impresso sulla pellicola fotografica.

Quando la pellicola viene sviluppata risulta visibile solo un intrico di linee chiare e scure che, illuminato da un altro raggio laser, lascia emergere il soggetto originale. La tridimensionalità di tali immagini non è l'unica caratteristica interessante degli ologrammi; infatti, se ad esempio l'ologramma di una rosa viene tagliato a metà e poi illuminato da un laser, si scoprirà che ciascuna metà contiene ancora l'immagine intera della rosa. Anche continuando a dividere le due metà, vedremo che ogni minuscolo frammento di pellicola conterrà sempre una versione più piccola, ma intatta, della stessa immagine. Diversamente dalle normali fotografie, ogni parte di un ologramma contiene tutte le informazioni possedute dall'ologramma integro.

Secondo la visione di Pribram, i ricordi non sono "immagazzinati" in qualche area del cervello, ma si celano negli schemi degli impulsi nervosi che si intersecano attraverso tutto il cervello, proprio come gli schemi dei raggi laser che si intersecano su tutta l'area del frammento di pellicola che contiene l'immagine olografica. Secondo questo modello, inoltre, ogni sensazione viene trasformata dal cervello in un'onda, e tutte le onde interferiscono tra loro generando così gli ologrammi. Le stesse equazioni utilizzate per analizzare gli ologrammi (le trasformazioni di Fourier) sono utilizzate, secondo l'autore, dal cervello per analizzare i dati sensoriali.

2.17. *Il modello di Henry Stapp: Quantum State Reduction and Conscious Acts (1993)*

Il modello di Stapp si basa sul concetto che la coscienza crea la realtà (interpretazione di Copenhagen). Stapp parte dall'affermazione di Von Neumann secondo la quale l'universo è il risultato oggettivo di atti soggettivi (di osservazione) per giungere all'affermazione che ciò che esiste è l'esperienza soggettiva, e che l'unica cosa che possiamo conoscere sono le nostre stesse percezioni. Il modello della coscienza di Stapp è tripartito:

1. La realtà è una sequenza di eventi finiti nel cervello.
2. Ogni evento si traduce in un aumento di conoscenza.
3. La conoscenza è la conseguenza di sistemi che osservano.

2.18. *Il modello di Kunio Yasue: Quantum Brain Dynamics (1995).*

Yasue Kunio e Jibu Mari partono dal modello di Umezawa per sviluppare una neurofisica quantistica nella quale le onde cerebrali vengono rappresentate per mezzo dell'equazione di Schrödinger. Il cervello diventa così un sistema quantistico macroscopico. Yasue ipotizza che la coscienza emerga dall'interazione tra i campi elettromagnetici e i campi molecolari dell'acqua nelle proteine. L'evoluzione della funzione d'onda neurale non sarebbe random (probabilistica), ma sarebbe funzionale all'ottimizzazione dell'azione dei neuroni, giungendo così ad un modello cibernetico della coscienza non basato su reti neurali fisiche, ma sul concetto delle interazioni tra onde.

2.19. *Il modello di Giuseppe Vitiello: modello dissipativo della coscienza (1995).*

Il modello proposto da Vitiello si fonda sulla QFT (Quantum Field Theory) e riprende il lavoro di Umezawa, nel quale i "vacuum states" erano considerati come unità di memoria. L'autore parte dalla considerazione che un problema lasciato aperto da Umezawa è quello della capacità di memoria. Infatti, nel modello di quest'ultimo, le nuove informazioni sovrascrivono

quelle precedenti. Nel tentativo di ovviare a questo limite, Vitiello propone un *modello dissipativo della coscienza*, nel quale i sistemi viventi si comportano come *sistemi dissipativi* proprio allo scopo di abbassare le temperature interne e permettere la formazione di vacuum states (che richiedono temperature molto più basse di quelle corporee). Quando si considera il cervello come un sistema dissipativo, è necessario tener presente, nel formalismo matematico della QFT, *l'ambiente*, il cui ruolo è appunto quello di assorbire l'energia dissipata dal sistema. Vitiello giunge, dal punto di vista del formalismo matematico della QFT, ad affermare che l'ambiente, per poter espletare la propria funzione assorbitrice, debba avere il verso del tempo orientato in direzione opposta rispetto al cervello. Poiché la funzione cognitiva che Vitiello tenta di spiegare con la QFT è la memoria che, per definizione, è un processo irreversibile che si muove dal passato verso il futuro, l'ambiente deve necessariamente muoversi indietro nel tempo, dal futuro verso il passato.

Il modello di Vitiello consente di aumentare i gradi di libertà del sistema e, di conseguenza, le dimensioni della memoria, risolvendo in questo modo il problema della sovrascrittura. Infine, l'autore ipotizza che la coscienza nasca nel processo continuo di interazione del cervello con il suo "doppio", rappresentato dall'ambiente.

2.20. *Il modello di Alex Kaivarainen: modello gerarchico della coscienza (1996).*

Il modello gerarchico di Kaivarainen parte dal presupposto che l'eccitazione neurale dipenda da un insieme di onde:

- termiche (onde di de Broglie – onde B)
- elettromagnetiche (onde IR)
- acustiche (onde tr)
- gravitazionali (onde lb).

A tal fine vengono inseriti 4 nuovi tipi di particelle:

1. *Effectons* (per le onde tr e lb);
2. *Convertons* (per l'interazione tra one tr e lb);
3. *Transitons* (per gli stati tr e lb);
4. *Deformons* (superposizioni di *transitions* e *convertons*).

Questo modello porterebbe, secondo l'autore, a giustificare condensati di materia nelle cellule.

2.21. *Il modello di Massimo Bondi: giunzioni sinaptiche e coscienza (1998).*

Bondi parte dall'analisi delle situazioni in cui la coscienza svanisce, come ad esempio il sonno, le anestesie e le situazioni patologiche. Questi tre momenti (fisiologici, farmacologici e patologici), dimostrerebbero la natura globale della coscienza che si accende e spegne quando le strutture neurali (giunzioni sinaptiche) perdono le loro proprietà computazionali di natura quantica. Il modello proposto da Bondi prevede l'esistenza di canali a spirale che si propagano nelle strutture labirintiche della corteccia cerebrale portando alla costituzione di strutture anatomiche e istologiche nelle quali il flusso delle particelle determina uno stato costante di coscienza.

2.22. *Il modello di Huping Hu: la coscienza mediata dallo spin (2002).*

Hu sottolinea che lo spin sta emergendo come l'elemento fondamentale della meccanica quantistica. Hu associa gli spin ai pixel, in questo caso *pixel mentali*. Il modello della coscienza che ne consegue ha quindi proprietà non-locali e non-computabili.

3. Classificazione dei modelli quantistici della coscienza e prospettive per la ricerca

I modelli della coscienza fin qui rinvenuti in letteratura possono essere suddivisi in tre grandi categorie:

1. modelli che collocano la coscienza nella posizione di un principio primo dal quale discende la realtà;
2. modelli che fanno discendere la coscienza dalle proprietà indeterministiche e probabilistiche del mondo quantistico;
3. modelli che individuano nella MQ un principio d'ordine dal quale discendono e si organizzano le proprietà della coscienza.

La tabella n. 1 mostra in quale categoria rientra ciascun modello. Analizzando i modelli quantistici della coscienza qui descritti, è possibile rinvenire una tendenza alla “deriva mistica” principalmente nei modelli che rientrano nella prima categoria e che si rifanno, in modo più o meno esplicito, all’interpretazione di Copenhagen della MQ. Tali modelli sfuggono, per definizione, alla verifica sperimentale, in quanto fanno discendere le loro assunzioni dal fatto che la coscienza stessa si pone a monte della realtà osservata e la determina. In questo senso, i modelli che rientrano nella prima categoria potrebbero essere considerati non tanto dei modelli della coscienza, quanto piuttosto dei modelli che cercano di spiegare l'emergere della realtà osservabile da processi panpsichisti. Non a caso, questi autori fanno esplicito riferimento al concetto di *panpsichismo*.

Per quanto riguarda la seconda categoria di modelli, anch’essi si pongono al di là della falsificabilità, in quanto partono dall’assunto che la coscienza risieda in un dominio non osservabile con le attuali tecnologie della ricerca, come ad esempio i processi che avvengono a scale di misura al di sotto della costante di Planck.

1) La coscienza crea la realtà	2) Determinismo vs indeterminismo	3) L'ordine crea la coscienza
Bohr (1930) Herbert (1987) Penrose e Hameroff (1989) Stapp (1993)	Lotka (1924) Bohm (1950) Walker (1970) Culbertson (1987) Lockwood (1989) Pitkänen (1990) Kaivarainen (1996) Bondi (1998)	Fantappiè (1941) Fröhlich (1968) Umezawa e Ricciardi (1980) Eccles (1986) Marshall (1989) King (1989) Pribram (1991) Yasue (1995) Vitiello (1995) Hu (2002)

Tabella 1: classificazione dei modelli quantistici della coscienza

Infine, i modelli che rientrano nella terza categoria e che si basano sulla ricerca, in natura, di un principio di ordine che possa giustificare le proprietà della coscienza, si richiamano prevalentemente a principi e fenomeni che hanno già portato alla realizzazione di interessanti applicazioni in campo fisico (come, ad esempio, i condensati di Bose-Einstein, i superconduttori e il laser). Questo fa in modo che tali modelli possano essere più facilmente tradotti in ipotesi operative da verificare in campo sperimentale.

Al criterio della falsificabilità scientifica, appena discusso, va aggiunto, però, un secondo criterio relativo alla compatibilità del modello con le caratteristiche tipiche dei sistemi biologici. Ciò in quanto i principi di ordine rinvenuti nella terza categoria propongono soluzioni spesso palesemente incompatibili con le caratteristiche dei sistemi biologici, come, ad esempio, i condensati di Bose-Einstein che richiedono, per manifestarsi, temperature prossime allo zero assoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$). Applicando questo secondo criterio di selezione vengono progressivamente esclusi tutti i modelli ad eccezione del modello di Luigi Fantappiè e di Chris King. A tal proposito è necessario sottolineare che il modello proposto da Fantappiè ed il modello di King possono essere considerati degli "ibridi" tra meccanica quantistica e relatività ristretta, in quanto partono dall'unione dell'equazione di Schrödinger (meccanica quantistica) con l'equazione energia, momento, massa (relatività ristretta).

Si giunge così alla conclusione che tutti i modelli della coscienza proposti nell'ambito della meccanica quantistica non sono traducibili in proposte sperimentali perché sono o incompatibili con il criterio della falsificabilità e/o incompatibili con le caratteristiche dei sistemi biologici. Gli unici due modelli che superano il vaglio di questa prima rassegna sono quelli che uniscono la meccanica quantistica con la relatività ristretta.

Bibliografia

1. Baaquie B., Martin F., *Quantum Psyche. Quantum Field Theory of the Human Psyche*, NeuroQuantology, March 2005, Vol. 3(1):7-42;
2. Bernoider G., *Quantum Neurodynamics and the Relation to Conscious Experience*, NeuroQuantology, June 2003, Vol. 1(2):163-168;
3. Bohm D., *Wholeness and the implicate order*, Routledge, Oxford, 1980;
4. Bondi M., *Quantum Electrodynamics and Unified Synaptic Channel in the identification of Consciousness*, NeuroQuantology, June 2005, Vol. 3(2): 119-133;
5. Craddock T.J.A., Tuszynski J.A., *On the Role of the Microtubules in Cognitive brain Functions*, NeuroQuantology, March 2007, Vol. 5(1): 32-57;
6. Cramer J.G., *The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics*, Reviews of Modern Physics, July 1986, 58:647-688;
7. Culbertson J., *The minds of robots*, University of Illinois Press, 1963;
8. Culbertson J., *Sensetions, memories and the flow of time*, Cromwell Press, Trowbridge, UK, 1976;
9. Eccles J., *Evolution of the brain*, Routledge, Oxford, 1989;
10. Eccles J., *The self and its brain*, Springer, Berlin, Germany, 1994;
11. Fantappiè L., *Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico*, Di Renzo Editore, Roma, 1991;
12. Fantappiè L., *Conferenze scelte*, Di Renzo Editore, Roma, 1993;
13. Flanagan B.J., *Multi-Scaling, Quantum Theory, and the Foundations of Perception*, NeuroQuantology, December 2003, Vol. 1(4):404-427;

14. Fröhlich H., *Long range coherence and energy storage in biological systems*, Int. J. Quantum Chemistry 1968, 2:641-649;
15. Georgiev D.D., *Consciousness Operates Beyond the Timescale for Discerning Time Intervals*, NeuroQuantology, March 2004, Vol. 2(1):122-145;
16. Georgiev D.D., *Falsifications of Hameroff-Penrose Orch-Or Model of Consciousness and Novel Avenues for Development of Quantum Mind Theory*, NeuroQuantology, March 2007, Vol. 5(1):145-174;
17. Globus G., *Quantum Intentionality*, NeuroQuantology, March 2006, Vol. 4(3):222-239;
18. Hameroff S., Penrose R., *Conscious events as orchestrated space-time selections*, Neuroquantology, 2003, Vol. 1(1):10-35;
19. Hameroff S., *Quantum computation in brain microtubules: the Penrose-Hameroff model of consciousness*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1998, 356:1869-1896;
20. Hameroff S., *Consciousness, the brain and spacetime geometry*, in *The Annals of the New York Accademy of Sciences*, Special Issue Cajal and Consciousness, 1998;
21. Hameroff S., *Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules*, Neuroquantology, March 2007, Vol. 5(1):1-8;
22. Herbert N., *Quantum Reality: Beyond the New Physics*, American Journal of Physics, May 1987, 55(5):478-479;
23. Hu H., Wu M., *Spin as Primordial Self-Referential Process Driving Quantum mechanics, Spacetime Dynamics and Consciousness*, NeuroQuantology, March 2004, Vol. 2 (1):41-49;
24. Järvilehto T., *Consciousness and the Ultimate Essence of Matter*, NeuroQuantology, September 2004, Vol. 2(3):210-218;
25. Jibu, M., Yasue, K., *Quantum brain dynamics and consciousness*, in *Advances in Consciousness Research*, Vol.3, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, 1995;
26. Kaivarainen A., *Hierarchic Model of Consciousness*, NeuroQuantology, September 2005, Vol. 3(3):180-219;
27. Khoshbin M.R., *Achille's Heels of the ORCH OR Model*, NeuroQuantology, March 2007, Vol. 5(1): 182-185;
28. King C.C., *Chaos, Quantum-transactions and Consciousness*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1(1):129-162;

29. King C.C., *Dual-Time Supercausality*, Physics Essays, 1989, 2(2):128-151;
30. King C.C., *Did Membrane Electrochemistry Precede Translation?*, Origins of Life & Evolution of the Biosphere 1990, 20:15-25;
31. King C.C., *Fractal and Chaotic Dynamics in the Brain*, Prog Neurobiol 1991, 36:279-308;
32. King C.C., *Fractal neurodynamics and quantum chaos: Resolving the mind-brain paradox through novel biophysics*, In E. Mac Cormac and M. Stamenov (Eds.), *Fractals of brain, fractals of mind*, Advances in Consciousness Research, 7, John Benjamin Publishing Company, Amsterdam, 1996;
33. King CC. *Quantum Mechanics, Chaos and the Conscious Brain*, J Mind and Behavior 1996b, 18:155-170;
34. Lockwood M., *Mind, brain and the quantum*, Basil Blackwell, Oxford, 1989;
35. Lotka A.J., *Elements of Mathematical Biology*, Dover Publications, New York, 1924;
36. Mac Cormac E., Stamenov M.I., *Fractals of brain, fractals of mind*, in Advances in Consciousness Research, Vol. 7, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam 1996;
37. Marshall, I.N., *Consciousness and Bose-Einstein Condensates*, New Ideas in Psychology 1989, 7 :73 – 85;
38. Marshall I.N., Zohar D., *Quantum Society*, William Morrow, New York, 1994;
39. Matsushima K., Kotani S., *Neuronal microtubule-associated proteins*, NeuroQuantology, March 2007, Vol. 5(1): 9-31;
40. Mender D., *Decentering the subject of physics*, Neuroquantology, March 2007, Vol. 5, Issue 1: 175-181;
41. Penrose R., *Il grande, il piccolo e la mente umana*, Cortina Editore, Milano 2005;
42. Penrose R., *Ombre della mente*, Rizzoli, Milano 1994;
43. Penrose R., *The Emperor's New Mind*, Oxford Univ. Press, 1989;
44. Pereira A., *The Quantum Mind/Classical Brain Problem*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1, Issue 1: 94-118;
45. Perus M., *Conscious Image Processing. An Integrated Neural and Quantum Model*, NeuroQuantology, June 2003, Vol. 1, Issue 2: 200-231;
46. Pitkänen M., *TGD (Topological Geometro Dynamics) Inspired Theory of Consciousness*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1, Issue 1: 68-93;

47. Pratt D., *Consciousness, Causality, and Quantum Physics*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1, Issue 1:58-67;
48. Pribram K., *Languages of the Brain*, Prentice Hall, New Jersey, 1971;
49. Pribram K., *Brain and Perception*, Lawrence Erlbaum, Oxford, 1990;
50. Ricciardi, L.M. e Umezawa, H., *Brain and physics of many body problems*, Biological Cybernetics, Vol. 4, N. 2, pp. 44-48, Springer, Berlin 1967;
51. Shan G., *A Possible Quantum Basis of Panpsychism*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1, Issue 1:4-9;
52. Stapp H.P., *Mind Matter and Quantum Mechanics*, Springer-Verlag, Berlin, 1993;
53. Stapp H.P., "Attention, intention, and will in quantum physics", *Journal of Consciousness Studies*, 6(8/9), 1999, pp. 143-164.;
54. Tabony J., *Self-Organization and higher level emergent phenomena in a population of microtubules*, NeuroQuantology, March 2007, Vol. 5, Issue 1: 100-144;
55. Vitiello G., *Quantum Dissipation and Information. A route to consciousness modelling*, NeuroQuantology, June 2003, Vol. 1, Issue 2:266-279;
56. Vitiello, G. *My Double Unveiled – The dissipative quantum model of brain* – Benjamins Publishing Co., Amsterdam, 2001;
57. Walker E., *The Nature of Consciousness*, *Mathematical BioSciences* 7, 131—178, 1970;
58. Watson D, Williams B, *Eccles' Model of the Self Controlling Its Brain*, NeuroQuantology, March 2003, Vol. 1, Issue 1:119-128.