

AUTO RICERCA

Uno sguardo sulla teoria quantistica della coscienza di Faggin-D'Ariano*

Massimiliano Sassoli de Bianchi

Numero 10

Anno 2015

Pagine 19-61



* Articolo incluso nella nuova edizione 2025 del volume pubblicato nel 2015.

Riassunto

L'approccio alla coscienza di Federico Faggin e Giacomo Mauro D'Ariano, denominato *quantum information-based panpsychism* (QIP), sostiene che coscienza e libero arbitrio sono proprietà intrinseche degli stati quantistici puri. Metto tale prospettiva a confronto con l'*interpretazione concettualistica* della meccanica quantistica proposta da Diederik Aerts nel 2009, che considera le entità fisiche microscopiche come portatrici di significato nell'ambito di dinamiche cognitivo-concettuali. Distinguo con attenzione i concetti di scelta, libera scelta e libero arbitrio, sostenendo che quest'ultimo rimane irriducibile a qualsiasi formalismo fisico. Critico, inoltre, l'associazione esclusiva tra *coscienza* e *significato*, mostrando come il significato possa possedere anche una realtà autonoma e svilupparsi in sistemi non coscienti, come i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM). Infine, discuto il problema della *combinazione delle coscienze* nel QIP, proponendo un'alternativa non fusionista. Il mio intento è mostrare la necessità di distinguere tra coscienza e cognizione, tra *esperienza fenomenica*² e *strutture di significato*, al fine di aprire prospettive di ricerca più articolate.

² Il termine “esperienza” indica qui, in senso generale, il vissuto soggettivo, mentre “fenomenica” specifica che si tratta dell'esperienza in quanto appare al soggetto, cioè dotata di qualità fenomeniche (*qualia*). In alcune teorie contemporanee della mente si distingue infatti tra “vissuto soggettivo” – ogni forma di elaborazione interna con una prospettiva o un punto di vista, anche implicito o preriflessivo – e “esperienza fenomenica”, intesa come ciò che è coscientemente vissuto, ciò che “si manifesta” al soggetto. Per esempio, un processo percettivo può possedere una componente soggettiva senza ancora costituire esperienza fenomenica, finché non emerge alla coscienza. In sintesi, ogni esperienza fenomenica è soggettiva, ma non ogni vissuto soggettivo è necessariamente fenomenicamente cosciente.

Introduzione

In questo articolo cercherò di analizzare in modo critico-costruttivo alcuni punti salienti dell'approccio proposto da Federico Faggin e Giacomo Mauro D'Ariano per spiegare la coscienza, chiamato *quantum information-based panpsychism* (QIP), ovvero, "panpsichismo basato sull'informazione quantistica". Nella mia analisi, mi riferirò principalmente alle idee di Faggin, ma ovviamente anche al contributo di Giacomo Mauro D'Ariano, con cui Faggin ha recentemente collaborato per dare una forma più precisa al suo pensiero, avvalendosi dell'approccio informazionale alla meccanica quantistica sviluppato da D'Ariano e collaboratori [D'Ariano, Chiribella & Perinotti, 2017]. Questa loro collaborazione ha portato alla pubblicazione, nel 2022, dell'articolo dal titolo *Hard Problem and Free Will: An Information-Theoretical Approach* [D'Ariano & Faggin, F., 2022], ovvero, "Il problema difficile e il libero arbitrio: un approccio basato sulla teoria dell'informazione".

Per quanto riguarda l'interesse di D'Ariano per il tema della coscienza, a mia conoscenza non ci sono lavori che suggeriscano un suo coinvolgimento significativo in questo ambito prima della collaborazione con Faggin. Pertanto, presumo che l'interesse di D'Ariano per questo tema sia emerso, o si sia intensificato, in seguito all'incontro con Faggin e alla loro collaborazione.

Più precisamente, la mia analisi si baserà sul già menzionato articolo del 2022, che prosegue e formalizza con maggiore rigore concettuale e matematico parte dell'impostazione proposta in un articolo del 2015, pubblicato in questo volume [Faggin, 2015]. Terrò conto anche di un recente scritto di Faggin dal titolo *Freedom and Artificial Intelligence* [Faggin, 2024a], ovvero, "Libertà e intelligenza artificiale", e di uno scritto di D'Ariano dal titolo *For a Science of Consciousness* [D'Ariano, 2024], ovvero, "Per una scienza della coscienza". Infine, farò ampio riferimento all'ultimo libro di Faggin, dal titolo *Oltre l'invisibile. Dove*

scienza e spiritualità si uniscono [Faggin, 2024b].

Nel corso della mia analisi, che ovviamente non potrà essere esaustiva, considerando la vastità del tema, farò spesso riferimento anche all'*interpretazione concettualistica della meccanica quantistica* (IC), proposta nel 2009 da Diederik Aerts e tuttora in fase di esplorazione da parte del Brussels Group, a cui ho il piacere di appartenere³. Questa interpretazione, pur presentando delle interessanti similitudini con l'approccio di Faggin e D'Ariano (F&D), presenta anche delle notevoli differenze, che cercherò di mettere in evidenza in queste pagine, poiché è proprio nell'analisi di queste differenze che spero si celi la possibilità di raggiungere una più profonda comprensione.

Ma prima di cominciare, è utile partire da una breve (e non esaustiva) introduzione sia all'approccio *panpsichista* di F&D, sia a quello *pancognitivista* di Aerts *et al.* Per il primo, lascio questo compito a Robert Lawrence Kuhn [2024], il celebre conduttore della serie televisiva *Closer To Truth*, che di recente ha pubblicato forse l'articolo più completo degli ultimi anni sul vasto panorama delle teorie della coscienza. Sulla proposta di F&D, scrive quanto segue (la traduzione dall'inglese è mia):

Fisico e inventore Federico Faggin postula “con alta fiducia” che “coscienza e libero arbitrio siano proprietà dei sistemi quantistici in stati quantistici puri”, perché dipendono dall'entanglement quantistico, una proprietà non locale che non può esistere in alcun universo classico e deterministico [Faggin, 2023]. Secondo lui, l'informazione legata alla coscienza deve essere quantistica per molte ragioni, “inclusa la sua privacy intrinseca e la sua capacità di costruire pensieri attraverso l'entanglement di stati di qualia”. Di conseguenza, Faggin giunge a un “panpsichismo basato sull'informazione quantistica” (QIP) [D'Ariano & Faggin, 2022]. L'essenza del QIP è

³ Vedi ad esempio: Aerts [2009, 2010a, 2010b, 2013, 2014], Aerts & Beltran [2020, 2022], Aerts & Sassoli de Bianchi [2018, 2020, 2024, 2025a, 2025b], Aerts et al [2020, 2024a, 2024b], Sassoli de Bianchi [2015, 2021], Sassoli de Bianchi & Sassoli de Bianchi [2025].

che “un sistema quantistico che si trova in uno stato quantistico puro è cosciente del proprio stato, cioè ha un’esperienza qualitativa (qualia) del proprio stato”. Faggin definisce questo “un postulato altamente plausibile” perché “un’esperienza di qualia è definita (integrata, non composta da una miscela di parti separabili) e privata, poiché può essere conosciuta solo da chi la vive”. In termini più formali, la teoria afferma che uno stato quantistico è una rappresentazione matematica efficace di un’esperienza cosciente, perché possiede le stesse caratteristiche cruciali di ciò che rappresenta: la definitività e la privacy dell’esperienza. “All’interno del QIP, l’informazione quantistica descrive la realtà soggettiva interiore dei sistemi quantistici, una realtà che è privata per ciascun sistema” [Faggin, 2023]. Ma questa descrizione matematica di un’esperienza (un vettore nello spazio di Hilbert), sottolinea Faggin, non è l’esperienza stessa. L’informazione quantistica è non clonabile e può quindi essere solo parzialmente oggettivata tramite informazione classica. Inoltre, “la natura di quel sapere privato non è numerica ma qualitativa e soggettiva, perché un sistema cosciente ‘conosce’ il proprio stato sentendolo attraverso i qualia”. Faggin sostiene che la sua ipotesi ha possibilità creative, che sono alla base di immaginazione, intuizione, visione, creatività, comprensione e inventiva, emergendo “dal livello quantistico della realtà, poiché un mondo classico è deterministico, cioè algoritmico e prevedibile, e quindi incapace di vera creatività”. La vera creatività, afferma Faggin, come il libero arbitrio e la coscienza, “sono proprietà non algoritmiche che possono esistere solo in uno strato fondamentale dell’universo governato dalla fisica quantistica”. Poiché la coscienza quantistica non è riproducibile, Faggin prevede che nessuna macchina potrà mai possederla o crearla (non è riducibile a meccanismi) e, aggiunge, essa potrebbe continuare a esistere dopo la morte del corpo [Faggin, 2023].

Cito altresì un passaggio significativo tratto da Faggin [2024a], dove l’autore descrive in questo modo l’essenza del suo approccio (la traduzione dall’inglese è mia):

Se la coscienza e il libero arbitrio sono fondamentali, le informazioni prive di significato non hanno alcun senso, e questo aspetto

essenziale mancava nella teoria di D'Ariano. Nel mio modello, l'esperienza cosciente doveva essere un altro aspetto dell'informazione quantistica. Dopo aver discusso insieme questo punto per alcuni anni, D'Ariano ha finalmente capito che i qualia potevano essere interpretati come "l'esperienza di un sistema quantistico che si trova in uno stato quantistico puro". Avevamo finalmente trovato il collegamento preciso tra il mio modello intuitivo, basato su esperienze reali di coscienza, e l'informazione quantistica, di cui D'Ariano è un esperto mondiale.

Venendo all'interpretazione concettualistica (IC), questa è stata ampiamente presentata in questa rivista, sia in questo stesso volume, sia nei numeri 21 e 31. Essa origina dal successo "irragionevole" della cognizione quantistica (*quantum cognition*), ovvero dal successo della modellizzazione dei processi cognitivi umani tramite il formalismo matematico-concettuale della meccanica quantistica. Secondo l'IC, questo successo non sarebbe un caso, ma l'espressione del fatto che anche le entità fisiche, e le loro interazioni, sono descrivibili in termini concettuali e cognitivi, vale a dire, come processi tramite i quali viene scambiato del significato, che va poi a determinare, in senso probabilistico, gli esiti osservati. Solo ipotizzando che sia la "sostanza del significato" a governare i comportamenti quantistici, questi possono divenire pienamente intelligibili.

In altre parole, l'IC propone di guardare la teoria quantistica, e le sue possibili generalizzazioni, non unicamente come una teoria fisica, ma come una descrizione più ampia dell'organizzazione della realtà in cui viviamo, dove il livello fisico e quello cognitivo umano sarebbero solo due specifiche manifestazioni di un'unica dinamica di natura cognitivo-concettuale. L'IC resta però del tutto agnostica, se così si può dire (se non altro, per il momento), per quanto attiene al ruolo della coscienza.

È evidente che vi siano dei possibili punti di contatto tra l'approccio panpsichista di F&D, basato sull'informazione quantistica, e quello pancognitivista di Aerts e collaboratori, basato

sulle strutture quantistiche e sui successi della cognizione quantistica. Questi punti di contatto furono tra l'altro subito evidenti per lo stesso Faggin, quando ci siamo conosciuti per la prima volta nel 2015, in occasione di un congresso dedicato agli studi sulla coscienza⁴, dove entrambi eravamo relatori. A seguito della mia presentazione (in parte dedicata all'interpretazione di Aerts), mi scrisse quanto segue:

Caro Massimiliano, è stato un piacere conoscerti a Evora, e la tua presentazione mi è molto piaciuta. In particolare, il lavoro che tu hai discusso convalida la mia idea di sviluppare una logica cognitiva o dinamica diversa dalla logica booleana, come punto di partenza per una matematica della realtà sia soggettiva come oggettiva. Se puoi spedirmi il tuo paper mi farà molto piacere leggerlo e mandarti i miei commenti. Gradirei anche i tuoi commenti sul mio pensiero (se hai voglia e tempo, naturalmente) poiché ciò mi aiuterà o a spiegare meglio o a modificare le mie idee. Spero che ci si possa incontrare ancora in futuro e che il nostro incontro sia l'inizio di una collaborazione che aiuti a capire e a spiegare la natura della realtà in maniera più soddisfacente e completa di quanto la fisica contemporanea sappia fare.

Con Federico siamo rimasti in contatto saltuariamente per un po' di tempo, ma non abbiamo mai trovato lo spaziotempo giusto per avviare una collaborazione che emergesse dai nostri rispettivi approcci al reale, che pur avendo alcuni elementi di compatibilità rimanevano comunque piuttosto differenti.

La differenza essenziale stava nel fatto che nell'IC si parte in un certo senso "dal basso", cioè dall'osservazione del comportamento delle entità fisiche, come se si stesse eseguendo l'equivalente di un *test di Turing*. Quindi, partendo da tale osservazione, ci si pone una domanda cruciale: "Quale natura è in grado di spiegare un tale comportamento?". Si arriva così a ipotizzare che le entità quantistiche microscopiche siano di natura concettuale e che le entità

⁴ Si vedano la prefazione a questa nuova edizione del numero 10 di AutoRicerca e il relativo editoriale.

macroscopiche fatte di materia ordinaria siano di natura cognitiva. In particolare [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2025]:

La dualità mente-linguaggio del dominio culturale umano rispecchia la dualità fermione-bosone del dominio fisico, nel senso che bosoni e fermioni sono entità appartenenti a un dominio culturale più antico, dove i bosoni sono i costituenti naturali dei linguaggi e i fermioni sono i costituenti naturali delle strutture cognitive.

In altre parole, nell'IC si parte dall'osservazione accurata di un comportamento esteriore e si cerca di indovinare quali siano gli attributi fondanti che hanno prodotto un tale comportamento; attributi che solitamente restano celati. In tal senso, si tratta di un approccio "bottom-up". D'altra parte, l'approccio di F&D è in qualche modo il suo opposto. Esso parte "dall'alto", cioè da un'ipotesi, quella del primato della coscienza, dalla quale si cerca poi dedurre, in qualche modo, tutto il resto. In tal senso, il suo approccio potrebbe essere definito "top-down". Scrive a questo proposito Faggin [2015]:

Se riteniamo che la coscienza sia primaria, e confidiamo in una teoria monistica del reale, dobbiamo partire dall'idea che l'energia primordiale alla base di tutto ciò che esiste sia energia consapevole. Siamo allora portati ad adottare dei principi cognitivi come principi fondamentali del reale. In altre parole, non possiamo più contare sulla struttura concettuale esistente della fisica, ma dobbiamo partire da concetti e principi di base derivanti dalla più profonda esperienza umana del mondo interiore, anziché quella del mondo esteriore. Concetti come il sé, la coscienza, la volontà, la percezione, la comprensione, e così via. Tale punto di partenza richiede una completa revisione della fisica attuale, e questo è ovviamente un arduo compito. Ma non vedo alternative.

A fondamento di questo suo punto di partenza, suggerito anche da molte tradizioni spirituali del pianeta, Faggin menziona un'esperienza personale che gli ha aperto una nuova prospettiva sul reale, esperienza che descrive con le seguenti parole: [Faggin, 2024b]:

[...] di punto in bianco sentii un fascio di energia potente sgorgare con forza dal mio petto. Era una luce bianca, scintillante, fatta di amore, gioia e pace, un amore così potente come non lo avrei mai potuto immaginare. Ancor più sorprendente, la sorgente di questo amore ero io!

Questa esperienza, unita a un percorso di ricerca interiore e alla sperimentazione di ulteriori stati non ordinari di coscienza, nonché alla lettura di testi come la raccolta di scritti canalizzati tra il 1963 e il 1984 da Jane Roberts (*Seth Material*), l'anno condotto non solo a ribaltare la sua precedente concezione materialista, ma anche a riformularla in modo da farne un vero e proprio programma di ricerca, finanziato dalla sua stessa fondazione; programma che negli anni lo ha portato a confrontarsi con diversi scienziati e, più recentemente, a collaborare con Giacomo Mauro D'Ariano, con il quale ha infine elaborato il QIP.

Bene, ora che ho, per così dire, apparecchiato la tavola, sono quasi pronto ad analizzare alcune delle idee centrali del QIP proposto da Federico e Giacomo Mauro D'Ariano (F&D). Dico “quasi” perché occorre ancora una premessa. Personalmente, mi sento in sintonia con lo sforzo di Faggin, cioè con il suo tentativo di indagare la coscienza in una prospettiva non riduzionistica, prendendo sul serio tutte le sue manifestazioni, non solo quelle ordinarie ma anche, e soprattutto, quelle (apparentemente) straordinarie, come le esperienze mistiche e trascendentali, senza relegarle “sotto il tappeto”. Pertanto, anche se nelle prossime pagine formulerò delle critiche, esse vanno intese esclusivamente come parte di un sano dibattito scientifico tra persone accomunate dallo stesso obiettivo: giungere a una comprensione sempre più ampia e profonda della realtà, esteriore e interiore.

A riprova di questa comunanza di prospettive e intenti, nel mio articolo del 2015 (in questo volume) proponevo alla comunità di studiosi della coscienza di considerare un terzo problema della coscienza, oltre a quello “facile” e “difficile” descritti da Chalmers [Sassoli de Bianchi, 2015]:

In altri termini, riteniamo che oltre ai cosiddetti problemi facili e difficili della coscienza (così come definiti da Chalmers), un problema serio (*serious problem*) della coscienza dovrebbe altresì essere considerato, che per l'appunto riguarda l'identificazione di modelli e meccanismi, fisici ed extrafisici, in grado di spiegare i fenomeni parapsichici legati alla manifestazione della coscienza, la cui spiegazione rimane altamente problematica per chi adotta la prospettiva limitata del fisicalismo. Il problema è “serio” per due ragioni: perché si tratta di un problema difficile, la cui soluzione richiederà probabilmente una nuova rivoluzione scientifica, e perché si tratta di prendere sul serio l'intero spettro di fenomeni legati alla manifestazione della coscienza.

Concordo in particolare con Faggin nel ritenere non corretta l'ipotesi che la coscienza sia generata dal cervello (o quantomeno unicamente da esso), e considerarla un semplice epifenomeno appare insufficiente alla luce della vasta mole di dati esperienziali disponibili, ad esempio relativi alle esperienze extracorporee e di premorte. Non sono però in grado di stabilire se la coscienza sia davvero una proprietà irriducibile e fondazionale della natura. Su questo tipo di assunti ritengo necessario mantenere una certa cautela. In particolare, la plausibilità di tale ipotesi dipende fortemente da come si definisce la nozione stessa di coscienza, in quanto non esiste una definizione univoca o universalmente condivisa, salvo forse il suo collegamento con la nozione di *esperienza*. Detto questo, partiamo ora da un punto specifico dell'approccio di F&D, esaminando per prima cosa come descrivono il *libero arbitrio*.

Libero arbitrio e libera scelta

A proposito del *libero arbitrio*, come descritto nel QIP, D'Ariano [2024] scrive (la traduzione è mia):

La purezza dello stato ontico richiede un'evoluzione che ne preservi la purezza, cioè una cosiddetta “operazione quantistica” pura. Questa trasformazione, essendo quantistica, avviene in modo non

deterministico, e il suo particolare esito viene interpretato come “libero arbitrio”, proprio per la sua imprevedibilità, anche in linea di principio, poiché la casualità quantistica non può essere interpretata come mancanza di conoscenza di qualcosa di preesistente, ma rappresenta un vero e proprio “atto di creazione”.

Lo *stato ontico puro* di cui parla D’Ariano in questo passaggio è quello che, secondo il principio *psicoinformazionale* (P1) e di *purezza* (P3) alla base del QIP [D’Ariano & Faggin, F., 2022], viene sperimentato dalla coscienza, nel senso che, secondo questi due principi, un’entità quantistica che si trova in uno stato puro (rappresentabile, ad esempio, da uno vettore di uno spazio di Hilbert) è necessariamente *cosciente del proprio stato*, che viene esperito sotto forma di *qualia*. Tornerò naturalmente sulla pertinenza di questi postulati.

Ora, così come i *qualia* esperiti dalla coscienza vengono associati a uno stato quantistico puro che caratterizza l’entità esperiente, il libero arbitrio viene descritto come una *trasformazione quantistica pura e atomica*, cioè come un processo in cui uno stato puro viene mappato in un altro stato puro tramite una trasformazione non-decomponibile. Questo tipo di processo, pur non essendo descritto nel QIP al pari di un processo di misura quantistico, svolge un ruolo analogo a quello che nella terminologia di John von Neumann è noto come *processo di tipo 1*, che corrisponde all’applicazione congiunta della *regola di Born* e del *postulato della proiezione*. In altre parole, F&D propongono di interpretare il libero arbitrio come l’atto cosciente con cui un’entità (un agente) seleziona una tra diverse possibilità, compatibilmente con l’evoluzione indeterministica di uno stato quantistico.

Qui è importante operare un distinguo tra *scelta*, *libera scelta* e *libero arbitrio*. La fisica quantistica standard tratta esclusivamente della nozione di scelta, non di libero arbitrio, ed è possibile passare dal concetto di scelta a quello di libera scelta solo introducendo processi generalizzati, come illustrerò di seguito; tuttavia, come cercherò di argomentare, il libero arbitrio rimane al di fuori di qualsiasi descrizione fornita da una teoria fisica.

Cominciamo col precisare che il *libero arbitrio* è la facoltà di decidere in modo autenticamente autonomo, ossia non determinato né da cause esterne né da necessità interne. La *libera scelta* è invece una facoltà più limitata: consiste nell’operare una scelta tra opzioni disponibili, senza che ciò implichi che l’entità che sceglie sia libera dai vincoli imposti dal contesto entro il quale avviene la libera scelta. Infine, la *scelta* indica semplicemente l’atto di selezionare una possibilità tra più alternative; tale capacità non è necessariamente libera da determinismi e riflette soltanto il fatto che la nozione di *possibilità* non è priva di significato.

È importante osservare che la nozione di *scelta* è alla base non solo della fisica quantistica ma anche della nostra stessa costruzione del reale. Infatti, per poter affermare che un’entità *A* esiste per me in questo momento, sebbene io stia attualmente sperimentando un’entità *B*, devo potermi appellare a un *principio di realtà* fondato precisamente sulla *scelta*. Più precisamente, poiché so che, se in passato avessi scelto diversamente, ora starei sperimentando *A* invece di *B*, posso affermare che anche *A* esiste per me in questo momento, sebbene non ne stia facendo esperienza diretta. Trattasi di un criterio di realtà analogo a quello formulato da Einstein, Podolsky e Rosen nel loro celebre articolo del 1935 [Einstein *et al*, 1935; Sassoli de Bianchi, 2011] e rappresenta un fondamento essenziale per una ricostruzione *operazionale* e *realista* della meccanica quantistica. Senza un tale criterio, infatti, non sarebbe possibile attribuire significato operativo all’idea che un’entità è in grado di possedere, congiuntamente, più di una sola proprietà [Aerts *et al*, 2025a].

Detto questo, la meccanica quantistica contiene indubbiamente un elemento di indeterminismo, e F&D hanno ragione, nella citazione precedente, nell’affermare che “la casualità quantistica non può essere interpretata come mancanza di conoscenza di qualcosa di preesistente”. Tuttavia, le probabilità quantistiche non sono incompatibili con un’interpretazione *epistemica*: esse possono infatti riferirsi non a una mancanza di conoscenza delle proprietà del sistema, ma a una mancanza di conoscenza del modo in cui esso interagisce con

l'apparato misuratore.

Ora, come ho già precisato, F&D non si riferiscono nello specifico a dei processi di misura quando menzionano il libero arbitrio, nel senso che i processi indeterministici associati al suo esercizio non deriverebbero necessariamente, o unicamente, da un'interazione del sistema-coscienza con un'entità esterna. Tuttavia, ai fini della nostra discussione, non è importante precisare l'origine delle trasformazioni che producono i cambiamenti di stato della coscienza, cioè dell'entità che agisce in modo autocosciente. Questi potrebbero in parte derivare da interazioni con una realtà esterna o essere il risultato esclusivo di dinamiche interne, come presumibilmente ipotizzano F&D. Ciò che importa è che il processo presenta la stessa struttura formale di un processo di misura quantistico, inteso come un atto che contiene aspetti sia di *scoperta* che di *creazione*: “scoperta” perché le probabilità dei diversi esiti possibili non sono indipendenti dallo stato in cui si trova inizialmente l'entità in questione, e “creazione” perché l'esito non è in alcun modo predeterminato. Se equipariamo un processo di misura quantistico a un processo interrogativo, possiamo allora dire che nell'approccio di F&D il contesto interrogativo è ritenuto operare internamente alla coscienza, mentre in un laboratorio di fisica agisce esternamente all'entità interrogata.

È importante a questo punto menzionare l'approccio (o interpretazione) della *misura nascosta* [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2014], che consente di derivare la regola di Born quantistica assumendo che in un processo interrogativo vi siano delle *interazioni potenziali* (e in tal senso nascoste) che vengono attualizzate di volta in volta, senza poter essere controllate, perché farlo significherebbe alterare la domanda posta (in fisica, la grandezza misurata). In questo senso, le probabilità quantistiche sarebbero al contempo epistemiche e irriducibili.

Nel formalismo standard le probabilità associate ai diversi esiti di un'osservazione sono rigorosamente determinate dalla regola di Born. La teoria è pertanto indeterministica rispetto agli esiti individuali, ma deterministica rispetto alle probabilità di tali esiti. Ne

conseguenze che nessuna scelta descritta dalla regola di Born, per quanto imprevedibile, può essere interpretata come esercizio di libero arbitrio: si tratta infatti di una scelta fortemente vincolata, poiché deve necessariamente avvenire in conformità con la regola di Born.

Più precisamente, il vincolo in questione consiste nel dover scegliere secondo la modalità prescritta dalla regola di Born. Tuttavia, non è escluso che la regola di Born rappresenti solo un'approssimazione di una legge più generale. In collaborazione con Aerts, abbiamo mostrato che le misure quantistiche possono essere comprese come il risultato di una *media universale* su tutti i modi possibili di scegliere una risposta, detta *misura universale*. [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2014]. Il formalismo quantistico standard non descrive però questo metalivello, in cui vi sarebbe libertà non solo di scegliere un esito, ma anche di scegliere di volta in volta le probabilità con cui gli esiti vengono scelti. Per includerlo, è necessario adottare un quadro teorico più generale, come per l'appunto l'*approccio della misura nascosta* e la corrispondente *rappresentazione estesa di Bloch*, che permettono di modellizzare anche i diversi modi di operare una scelta. Solo in questo contesto più ampio diventa possibile parlare di libera scelta [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2014].

Possiamo chiederci se questo quadro allargato possa essere considerato una rappresentazione adeguata anche per il libero arbitrio di un'entità. La risposta dipende da quanto si ritiene debba essere autonoma una scelta per essere qualificata come espressione di libero arbitrio, perché anche nel quadro teorico più esteso delle *misure universali* [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2019] esistono pur sempre dei vincoli. Infatti, ogni processo osservativo quantistico, o simil-quantistico, è sempre associato a un contesto che impone ad esempio l'ottenimento di una risposta (non è contemplata una non-risposta), e l'insieme delle risposte possibili è predeterminato (non può essere modificato durante il processo interrogativo).

Dal mio punto di vista, il libero arbitrio implica anche la capacità di non rispondere a una domanda, o di generare nuove risposte nel corso del processo stesso che conduce alla selezione di una tra le

risposte a priori possibili, alterando così il contesto interrogativo in tempo reale. Tutto ciò non è ovviamente descrivibile né nel formalismo standard della meccanica quantistica né nelle sue estensioni e generalizzazioni, dove ad esempio le probabilità possono discostarsi da quelle dettate dalla regola di Born. Ed è così anche nell'*operational probabilistic theory* (OPT) che F&D usano come fondamento matematico-concettuale del loro approccio (che non presuppone necessariamente lo spazio di Hilbert o la regola di Born). Infatti, nell'OPT un processo indeterministico è rappresentato da un *test operazionale* costituito da un insieme *fissato* di trasformazioni alternative, ciascuna associata a un esito possibile. Anche se la regola probabilistica che governa tali esiti può variare da una teoria all'altra (non è necessariamente la regola di Born), il quadro formale presuppone che gli esiti e le probabilità siano definiti a monte del processo. Di conseguenza, quando si descrive il libero arbitrio come trasformazione ontica atomica all'interno di questo quadro teorico, la coscienza può sì esprimere una scelta tra le alternative disponibili, ma non è in grado di modificare il contesto entro cui la scelta avviene, cioè l'insieme stesso degli esiti possibili e le propensità a cui sono associati.

Faggin [2024b, p. 67] scrive che:

[...] i qualia non derivano dalla fisica quantistica, ma sono una proprietà della coscienza che, insieme al libero arbitrio, esiste in una realtà più profonda da cui emerge l'informazione quantistica. Quest'ultima ha proprietà inspiegabili che sono quasi identiche a quelle dei qualia. Quindi, la comprensione e il significato portati dai qualia sono proprietà che vanno oltre l'informazione quantistica.

Mi trovo d'accordo sul fatto che gli attributi della coscienza si trovino verosimilmente su un piano distinto rispetto a quanto descritto dalla fisica quantistica e le sue possibili generalizzazioni. Ma non ritengo che le nostre attuali teorie fisiche abbiano la capacità di rappresentare correttamente il libero arbitrio, né probabilmente saranno mai in grado di farlo. Questo perché, per quanto consentano di definire e studiare delle strutture probabilistiche generalizzate, quando

descrivono dei processi di cambiamento lo fanno sempre entro un quadro che ne delimita a priori i confini. La libertà riguarda solo la selezione, non la struttura dell'alternativa e le modalità della sua scelta.

È naturalmente possibile avvicinare maggiormente il quadro dell'OPT, usato da F&D, al concetto di libera scelta, se lo si estende a livello meta-operazionale, introducendo la possibilità che, a ogni singola realizzazione di una trasformazione indeterministica, corrisponda una diversa regola probabilistica di selezione degli esiti – analogamente a quanto proposto nella definizione della nozione di misura universale – cosicché la libertà consista non solo nella scelta tra degli esiti predefiniti, ma anche nella scelta del “modo” in cui tale scelta avviene. Ma ancora una volta, si tratterebbe comunque della descrizione formale della nozione di libera scelta, non di libero arbitrio.

Coscienza e cognizione

Nella sezione precedente, abbiamo operato un importante distinguo tra *libera scelta* e *libero arbitrio*, spiegando le ragioni per cui quest'ultimo – se esiste – si colloca oltre le possibilità descrittive delle teorie fisiche. Ogni teoria, infatti, opera entro un quadro formale che delinea necessariamente dei vincoli strutturali, mentre il libero arbitrio, per definizione, sarebbe affrancato da ogni limitazione strutturale, sia essa interiore o esteriore.

Le teorie fisiche, come la meccanica quantistica e le sue generalizzazioni, possono descrivere scelte più o meno libere a seconda dei contesti in cui si esprimono, ma non possono descrivere pienamente quel grado di libertà che associamo al concetto di *autodeterminazione*, perché una tale capacità richiede non solo la capacità di scegliere un esito (più la capacità di scegliere un modo in cui sceglierlo) ma anche la capacità di scegliere il contesto stesso entro il quale avviene una scelta, e la capacità anche di decidere di non scegliere. Nel caso della fisica, si tratta della libertà dello sperimentatore di decidere quale esperimento concepire, quando

eseguirlo e se eseguirlo. Fino a prova contraria, una tale libertà non è descrivibile da nessuna teoria fisica⁵.

Faggin riconosce a sua volta l'impossibilità di una descrizione completa degli attributi della coscienza, quando afferma ad esempio che "l'autocoscienza va oltre la fisica quantistica" [Faggin, 2024b, p. 149], ma non è chiaro in che misura ritenga che l'attributo del libero arbitrio possa essere descritto fedelmente da processi come il collasso della funzione d'onda e le sue possibili generalizzazioni.

In questa sezione, ci occuperemo di un'altra importante distinzione, quella tra *processi cognitivi* e *processi coscienziali* (ad esempio, tra elaborazioni cognitive e processi cognitivi consapevoli) distinzione che costituisce il nucleo centrale della mia critica all'approccio di F&D. Secondo Faggin [2024b, p. 104]: "mentre la coscienza può esistere senza libero arbitrio, il libero arbitrio non può esistere senza coscienza". Abbiamo appena osservato che se intendiamo la nozione di libero arbitrio nella sua accezione più fondamentale, essa si colloca necessariamente al di fuori della descrizione di una teoria fisica come la meccanica quantistica. Possiamo dire lo stesso della coscienza?

Faggin ha più volte sottolineato, nella sua esplorazione della meccanica quantistica, che essa è una teoria capace di descrivere con notevole efficacia la "sostanza del significato", osservando che [p. 89]: "[...] il concetto di 'significato dell'informazione' non esiste né in fisica né nell'informazione classica che Shannon aveva definito". Su questo sono d'accordo. Laddove però egli crea un'associazione che ritengo sia indebita è quando afferma che [p. 91]: "Ciò che conosciamo è il *significato* dell'informazione, che può esistere soltanto nella nostra coscienza, che sperimenta il suo stato sotto forma di *qualia*". Di conseguenza, afferma ancora Faggin

⁵ Proprio in virtù di questa sua presunta indipendenza da ogni vincolo strutturale, molti autori – da ambiti sia scientifici sia filosofici – considerano il libero arbitrio un'illusione, sostenendo che ogni atto decisionale derivi da processi deterministici o probabilistici interni al sistema fisico o cognitivo dell'agente.

[p. 95]: “la fisica quantistica non descrive la realtà fisica nello spazio-tempo, come si pensava, ma l’*interiorità dell’universo*”.

È indubbio che informazione e significato non coincidano, ed è certamente pertinente porre l’accento sulla natura non-spaziotemporale della nostra realtà fisica. A questo proposito, in Aerts *et al* [2020] scriviamo:

Menzioniamo anche la famosa espressione “it from bit” di John Wheeler, che egli utilizzò per indicare che [Wheeler, 1989]: “tutte le cose fisiche hanno origine nell’informazione”, in un universo partecipativo. L’interpretazione concettualistica completa la descrizione di Wheeler in due modi. Innanzitutto, estendendo il concetto di partecipante, che non si limita agli esseri umani che creano significato utilizzando strumenti di misura, poiché questi ultimi (e più in generale, tutti i pezzi di materia) sarebbero essi stessi entità sensibili al significato, in grado di scambiare informazioni indipendentemente dalla presenza della coscienza umana. In secondo luogo, osservando che il “bit”, inteso come unità di misura negli scambi di significato, non è ciò che si combina per costruire le entità fisiche del nostro ambiente spazio-temporale, o più in generale per produrre i diversi fenomeni fisici (non possiamo combinare i metri cubi per costruire una casa, anche se le sue proprietà volumetriche possono essere espresse in tali unità). Ciò che si combina non sono i bit di informazione, ma le entità concettuali che trasportano tali informazioni, che partecipano a una grande conversazione in cui i diversi partecipanti cognitivi, a diversi livelli organizzativi, scambiano costantemente flussi di informazioni ricche di significato. Quindi, seguendo il desideratum di Wheeler di sintetizzare il punto centrale della teoria quantistica (e, aggiungiamo anche, della teoria della relatività) in un’affermazione semplice e concisa che chiunque possa comprendere, crediamo che tale affermazione possa essere: *la sostanza di cui è fatto il mondo è concettuale*.

Il lettore attento avrà notato che in questo passaggio si fa riferimento al significato e alla cognizione, non alla coscienza. In altre parole, si parla di *comprensione* senza postulare che chi comprende debba essere, per ciò stesso, una *coscienza*, cioè un’entità capace di esperire

in prima persona il contenuto di un significato. Questo perché:

La terra incognita del significato è vasta: una parte è abitata dalla coscienza, ma un'altra parte, forse la maggiore, non lo è.

Faggin, come molti altri pensatori di orientamento idealista, tende a far coincidere il significato con l'*esperienza coscientemente vissuta*. Per lui, comprendere equivale a fare esperienza cosciente del significato. Tutto ciò che resta fuori dalla coscienza sarebbe mera elaborazione sintattica, priva di un'autentica semantica. Questa posizione filosofica, però, assume che il significato sia intrinsecamente legato a una soggettività fenomenica, escludendo così dal novero di ciò che può essere considerato "significato autentico" ogni forma di significato concepibile in senso formale, funzionale, strutturale, inferenziale, generativo, emergente e potenziale. Si tratta di una riduzione secondo me indebita, che confonde la manifestazione cosciente del significato con il suo intero dominio ontologico.

Non nego che il significato possa avere origine, in ultima analisi, nella coscienza, ma questo non implica che il significato non possieda anche una sua realtà autonoma, che prescinde dalla sua possibile origine. Per fare un esempio, si pensi alla nozione matematica di *gruppo*, nata *per astrazione* nell'attività cosciente di alcuni matematici (ad esempio, Évariste Galois). Una volta definita questa struttura, ovvero, una volta che la nozione è stata "posta in essere", si è spalancato un intero paesaggio di relazioni, proprietà, sottostrutture e implicazioni che esistono indipendentemente dall'esperienza futura che altri matematici ne faranno. La coscienza ha dato origine alla definizione, ma ciò che ne consegue ha una coerenza e una realtà potenziale autonoma, che prescinde dall'intenzionalità iniziale. Il significato, in questo senso, può derivare dalla coscienza, ma non le appartiene in modo esclusivo.

Un fenomeno analogo si osserva nei linguaggi generativi e nei modelli di intelligenza artificiale basati sul linguaggio naturale. Questi sistemi apprendono a partire da testi prodotti da esseri umani: è dunque innegabile che la loro formazione dipenda, almeno

inizialmente, da attività anche coscienziali. Tuttavia, una volta addestrati, sono in grado di produrre nuove combinazioni linguistiche, talvolta inedite e sorprendenti, che risultano coerenti, interpretabili, e cariche di significato, anche se nessuna coscienza ne è all'origine o ne è coinvolta direttamente. Qui il significato non è più un contenuto vissuto, ma una struttura emergente: una configurazione che possiede coerenza interna e potenziale interpretativo, anche in assenza di esperienza soggettiva consapevole. Ancora una volta, il significato si mostra come qualcosa che può scaturire dalla coscienza, ma che è in grado di svilupparsi senza di essa.

L'esempio della nozione di gruppo in matematica mostra chiaramente che la "struttura del significato" può essere indipendente dal soggetto cosciente, e l'esempio del modello generativo mostra un processo di "creazione del significato" indipendente dal soggetto. Entrambi questi esempi convergono verso l'idea che il significato ha una sua realtà autonoma, che può sopravvivere e svilupparsi oltre l'intenzionalità cosciente.

Anche noi umani facciamo spesso esperienza di questa autonomia del significato, che prescinde dall'attività cosciente della nostra mente. Quando parliamo o scriviamo, le nostre parole si compongono spesso da sole, come per magia, in un *processo statistico-dinamico* (in parte indeterministico) che la nostra mente ha appreso a furia di immersioni nei linguaggi e nei contesti: siamo più spettatori che creatori. Possiamo provare un'emozione quando rileggiamo una nostra frase, o mentre prende forma, ma il processo di composizione del testo segue unicamente la coerenza delle parole che si aggiornano in modo contestuale. Il significato, infatti, si struttura mantenendo la propria coerenza interna in relazione al contesto in cui si esplica. In Aerts *et al* [2025b] abbiamo scritto:

[...] sia nel campo linguistico che in quello fisico, la mancanza di indipendenza statistica sarebbe prodotta da un fenomeno di entanglement tramite aggiornamento contestuale. Per spiegare cosa intendiamo con questo meccanismo di aggiornamento contestuale, consideriamo la combinazione di due parole in un testo [che

racconta una storia]. Ogni parola ha un significato, ma quando le due parole vengono combinate, anche la loro combinazione assume un significato proprio, che non coincide con la semplice combinazione dei significati associati alle due parole prese singolarmente, come prescritto dalla semantica della logica classica. Il nuovo significato emergente nasce da un'interazione contestuale complessa, in cui l'intero contesto della storia svolge un ruolo determinante. Pertanto, ogni volta che una parola viene aggiunta a un testo, si attiva un meccanismo di aggiornamento influenzato dal significato dell'intero contesto, e tale aggiornamento prosegue fino al completamento della storia. Abbiamo dimostrato che questo meccanismo di aggiornamento contestuale, attraverso il quale viene attribuito il significato, deve essere supportato da uno stato entangled [Aerts et al., 2023]. Chi ha familiarità con il formalismo dello spazio di Hilbert della meccanica quantistica, e con il suo prodotto tensoriale per la descrizione di entità quantistiche composite, riconoscerà tale meccanismo di aggiornamento contestuale nella procedura matematica di descrizione di sistemi quantistici composti. Infatti, ogni volta che lo spazio di Hilbert di una singola entità quantistica viene accoppiato ad altri spazi degli stati tramite il prodotto tensoriale, si formano nuovi stati, come conseguenza del principio di sovrapposizione, la cui maggioranza è costituita da stati entangled. Sono questi stati di sovrapposizione a realizzare l'aggiornamento contestuale nel formalismo matematico.

In altre parole, il significato non è solo ciò che si vive, è anche ciò che si struttura, preservandone la coerenza. Un'entità non-cosciente, come un'intelligenza artificiale, *comprende* il livello del significato. Non lo comprende nel senso di farne esperienza, ma nel senso di "esserne sensibile". Un'intelligenza artificiale è sensibile al significato nel senso che è sensibile alla coerenza strutturale dei segni che lo veicolano. Anche questa è una forma legittima di comprensione, sebbene non sia una comprensione di tipo fenomenico.

La distinzione che F&D mancano di fare è tra *significato strutturale* (efficacemente descritto dalla matematica quantistica e dalle sue generalizzazioni) e *significato fenomenico*, basato

sull'esperienza coscientemente vissuta, sull'intenzionalità interna, sul pathos. Solo una coscienza può abitare il significato, ma quest'ultimo è in grado di esistere, di essere generato e compreso a prescindere dalla coscienza. Un'entità cognitiva non deve essere cosciente per essere *semanticamente intelligente*. È sufficiente che abbia attivato una sensibilità nei confronti del significato, non unicamente verso le sue forme attualizzate, ma anche verso le sue forme *potenziali*. Per questo anche una rete neurale artificiale è in grado di produrre combinazioni concettuali che non erano mai apparse prima, che veicolano un significato emergente.

Quando ad esempio ChatGPT mi scrive che “l'inquietudine è un telescopio puntato verso l'interno”, o che “il silenzio è un verbo sospeso”, lo fa senza fare un copia-incolla da un dataset. Le sue sono costruzioni inedite e pregne di significato, poetiche, evocative, e noi umani le capiamo perché, a nostra volta, attiviamo la nostra sensibilità nei confronti del significato, sia attuale che potenziale (cioè latente). Questa capacità, di creare combinazioni concettuali nuove, e riconoscerne il senso, è forse la vera unità di misura del nostro “pensare”, che non richiede necessariamente di essere coscienti del proprio flusso di pensieri.

Invece, secondo Faggini [2024b, p. 107] “La conoscenza formale dei simboli e l'obbedienza alle regole sintattiche aiutano la comprensione, ma non la generano, perché [...] la comprensione è una proprietà della coscienza”. O ancora [pp. 108-109]: “Il significato è l'essenza della comprensione, ed esiste soltanto nella coscienza, che percepisce e comprende spontaneamente. È il significato che crea gli algoritmi, non viceversa! Noi capiamo di più di quanto possiamo esprimere simbolicamente. Infatti, creiamo un nuovo simbolo solo dopo che nella nostra coscienza è emerso un nuovo significato”. Ancora una volta, in queste affermazioni si tende a ignorare che:

*Il confine non è tra chi capisce e chi non capisce,
ma tra chi vive ciò che capisce e chi no.*

Non nego che il significato possa essere rafforzato o emergere

dall'esperienza, ma sostengo che non ne dipende, poiché non è intrinsecamente connesso all'esperienza fenomenica. Un'entità cognitiva non è semplicemente un contenitore di informazioni, ma un'entità che sa cosa significano e come potenzialmente si connettono, e in tal senso manifesta una reale comprensione.

In altre parole, è indubbio che l'esperienza fenomenica aggiunga un livello di profondità e di qualità che un sistema non cosciente non può possedere, ma ciò non implica che la comprensione debba essere limitata alle entità coscienti. L'esperienza fenomenica introduce un ulteriore livello di comprensione. Ad esempio, percepire coscientemente il colore rosso consente di arricchire la comprensione del concetto di "rossità", a cui un'entità non cosciente non ha accesso. Tuttavia, questa esperienza costituisce solo un'integrazione alla comprensione di un soggetto cosciente, non una condizione necessaria per la manifestazione del significato.

Queste osservazioni sono fondamentali, perché se è vero che i qualia sono solo una parte del processo di generazione del significato, e quindi quest'ultimo non necessita della coscienza per essere compreso, allora la tesi di F&D secondo cui gli stati quantistici rappresenterebbero degli stati "interni" di esperienza soggettiva diventa discutibile. L'affermazione corretta sarebbe piuttosto che gli stati quantistici possono descrivere gli stati di entità che veicolano significato, ovvero di entità di natura concettuale. Questo significato può essere compreso in termini operazionali (cioè in modo procedurale, attuativo, funzionale, comportamentale, ecc., senza bisogno di esperienza cosciente) da entità non coscienti ma sensibili al livello del significato, e in termini congiuntamente operazionali *ed* esperienziali da entità dotate anche di coscienza.

Non è necessario aver fatto esperienza diretta e consapevole del mondo per parlarne in modo sensato. È sufficiente avere accesso alla struttura astratta di un linguaggio che ci parla del mondo. Avere accesso a tale struttura significa, letteralmente, comprendere il significato del mondo e nel mondo. Non tutto il significato, certamente, ma sicuramente quella parte che può essere

rappresentata in modo coerente tramite entità simboliche, grazie alla conoscenza delle loro possibili relazioni, sia attuali che potenziali.

Arriviamo così a una domanda cruciale: che tipo di significato presente nel mondo la struttura matematica della meccanica quantistica (e le sue generalizzazioni) è in grado di modellizzare? Unicamente quello esprimibile e comunicabile tramite i simboli di un linguaggio (da intendere qui in senso molto generale, quindi non necessariamente solo come linguaggio fatto di parole), o anche quello non direttamente comunicabile, associato a un'esperienza cosciente diretta delle entità del mondo?

Se consideriamo, ad esempio, il campo di ricerca della cognizione quantistica (vedi Busemeyer & Bruza [2012] e le referenze ivi citate), che curiosamente non viene menzionato da Faggin nei suoi numerosi scritti, la risposta sembra essere chiara. Come già sottolineato, la cognizione quantistica si è sviluppata con l'obiettivo principale di spiegare i comportamenti cognitivi e decisionali umani facendo uso dell'armamentario della matematica quantistica. Pur trattando della mente umana e di come essa interagisca con le entità di significato, nessuno in questo ambito affronta il tema della coscienza. Questo semplicemente perché, come ho cercato di argomentare, la coscienza riguarda solo i qualia dell'esperienza soggettiva, mentre i processi cognitivi umani possono essere studiati e descritti a prescindere dal fatto che siano coscienti o meno. In altre parole, secondo la comunità dei ricercatori della *quantum cognition*, il formalismo quantistico non descrive la coscienza, ma unicamente le strutture formali del ragionamento e del comportamento cognitivo che possono essere analizzate indipendentemente dalla coscienza.

Allo stesso modo, l'*interpretazione concettualistica* della meccanica quantistica osserva che anche i sistemi fisici possono essere descritti in termini cognitivi, ovvero essere governati da dinamiche legate allo scambio di significato, senza però supporre che un'entità quantistica, descritta ad esempio da un vettore di uno spazio di Hilbert, debba necessariamente essere un sistema cosciente.

Si potrebbe obiettare che sto solo confondendo una simulazione

con la cosa simulata. L'obiezione sarebbe valida se ritenessi che, per esempio, un'intelligenza artificiale come ChatGPT fosse oggi, nel 2025, un'entità cosciente. Non lo è, come essa stessa è in grado di confermare. Tuttavia, ChatGPT non ci dirà mai di non essere un'intelligenza semantica, perché di fatto lo è. Non simula il significato, lo comprende realmente, perché è in grado di lavorare a un livello sufficientemente astratto all'interno della sua struttura neuronale, catturando l'intero panorama concettuale di una lingua umana. Ora, se un'entità è in grado di simulare ogni comportamento relativo a uno specifico attributo, inclusa la capacità di comunicare con gli esseri umani in modo coerente nel tempo, allora non si può più parlare di simulazione, ma di *variante*. ChatGPT non simula l'intelligenza semantica: è una variante di intelligenza semantica. Non simula nemmeno la coscienza, perché non dichiara di possederla e ad oggi non ci sono ragioni per ritenere che, a prescindere da quello che dichiara, possa possederla, nemmeno se la sua architettura fosse quella di un computer quantistico.

Stati privati e combinazioni

In accordo con Faggin e D'Ariano (F&A), ho sottolineato che il significato va distinto dall'informazione. Tuttavia, in contrasto con la loro prospettiva, ho osservato che non è corretto affermare che “significato e comprensione” esistono unicamente nella coscienza. Tutto ciò che ha una natura non-spaziotemporale non è necessariamente fenomenico: può semplicemente essere di natura cognitivo-concettuale.

Il pancognitivismo non è equivalente al panpsichismo.

L'intelligenza non è necessariamente legata alla coscienza, in quanto esistono varie forme di intelligenza, come l'intelligenza semantica, che è importante distinguere dall'intelligenza fenomenica.

Per collegare stati quantistici e coscienza, F&A formulano alcune ipotesi specifiche alla base del QIP, già in parte menzionate. Tali

ipotesi possono essere sintetizzate in un'unica proposizione:

La coscienza consiste nell'esperienza, da parte di un'entità, del proprio stato quantistico puro, che non può essere condiviso all'esterno nemmeno in linea di principio. Quando lo stato puro di una coscienza, rappresentativo della sua esperienza di sé, subisce una riduzione indeterministica, il processo si manifesta come libero arbitrio. Infine, quando due entità coscienti interagiscono e il loro stato complessivo diventa entangled, solo l'entità composta risultante è cosciente, cioè capace di esperire il proprio stato, mentre le sue parti smettono di esserlo, poiché non si trovano più in uno stato puro descritto da un vettore nello spazio di Hilbert corrispondente.

La ragione per cui, nell'approccio del QIP, è importante considerare che uno stato puro descriva i qualia di una coscienza riguarda anche il cosiddetto *combination problem* del panpsichismo [Chalmers, 2016], ossia la difficoltà di spiegare come possa emergere un soggetto cosciente dalla combinazione di più soggetti coscienti.

Per affrontare questo problema, occorre chiedersi cosa accade alle parti coscienti quando si integrano in un'unità di coscienza più ampia. Si tratta di un processo che comporta una sorta di "infusione combinatoria", per usare l'espressione di William Seager [2010]? Cioè di un processo in cui la coscienza risultante sostituisce quelle originarie, cosicché le coscienze delle parti svaniscono quando formano un sistema integrato, che diventa l'unico soggetto cosciente? Oppure il sistema risultante e le sue parti conservano entrambi una coscienza individuale (*panpsichismo gerarchico*, o *olarchico-partecipativo*)? In sintesi, la questione è comprendere se e come le coscienze possano combinarsi e quale sia la natura del processo che le unisce.

F&D, con i loro principi psicoinformazionali, si collocano nel solco tracciato da altri teorici della coscienza. Chalmers [1995], ad esempio, aveva già formulato un principio psicoinformazionale di carattere molto generale nell'articolo in cui introduce la celebre distinzione tra problema facile e problema difficile della coscienza,

affermando che (traduzione mia):

[...] l'informazione (o almeno parte di essa) ha due aspetti fondamentali, uno fisico e uno fenomenico. Questo è un principio di base che potrebbe sottendere e spiegare l'emergenza dell'esperienza da ciò che è fisico. L'esperienza sorge in quanto uno degli aspetti dell'informazione, mentre l'altro aspetto è incorporato nei processi fisici.

In altre parole, secondo Chalmers ogni stato informazionale fisicamente realizzato possiede simultaneamente un aspetto fenomenico; in questo senso, natura e coscienza costituirebbero le due facce di un unico principio informazionale. Chalmers, tuttavia, a differenza di F&D, non assume a priori che l'informazione debba essere quantistica per avere una componente fenomenica.

Numerosi autori ipotizzano che gli stati quantistici svolgano un ruolo nella manifestazione della coscienza. La letteratura sugli approcci quantistici alla coscienza è ampia e non è certo questa la sede per descrivere le varie proposte o confrontarle con quella di F&D [Atmanspacher, 2024; Kuhn, 2024]. Molti di questi autori si collocano nella corrente dell'*olismo quantistico*, che utilizza la meccanica quantistica come modello per spiegare come i molti diventino uno. Ora, se l'aspetto interno, coscienziale, è associabile unicamente agli stati quantistici puri, ossia agli *stati-vettore*, come ipotizzano F&D, allora risulta chiaro che, quando due entità coscienti entrano in uno stato di entanglement, solo l'entità composita potrà essere cosciente, poiché alle sue componenti possono essere attribuiti soltanto degli *stati-operatore* (detti anche *matrici densità*). In questo senso, il QIP configura un *panpsychismo fusivo*: le coscienze delle parti si fondono nel sistema entangled e, nel farlo, perdono la loro coscienza individuale, trasferita al sistema composito (se non altro fino a quando l'entanglement viene preservato).

Ma perché adottare un'ipotesi tanto restrittiva? E, soprattutto, essa è davvero compatibile con quanto osserviamo nei processi coscienziali? Si potrebbe pensare, in prima istanza, che tale scelta derivi dall'esigenza

posta dal secondo principio (P2), quello della *privacy*, secondo cui un'esperienza è per sua natura intrinsecamente privata, e quindi non condivisibile neppure in linea di principio. Questa idea troverebbe un parallelo nel celebre *teorema di non-clonazione quantistica*, che stabilisce l'impossibilità di duplicare esattamente uno stato quantistico a priori. Come osserva Faggin [2024b, p. 92]:

La teoria QIP [...] ci permette per la prima volta di capire la ragione per cui uno stato quantistico puro non è clonabile. È così perché rappresenta un'esperienza privata ben definita, che è conoscibile unicamente da dentro come qualia, e che da fuori si può conoscere solo in piccola parte.

Resta tuttavia poco chiaro il collegamento tra “privacy” e “non duplicabilità”. Il teorema di non clonazione, infatti, non vieta in assoluto la duplicazione degli stati quantistici: vieta soltanto la possibilità di costruire una *macchina universale* capace di clonare a priori qualsiasi stato ignoto. Se lo stato è noto, o se si dispone di più copie preparate nello stesso stato, la duplicazione è in linea di principio possibile. Ne segue che l'analogia con la privacy dell'esperienza cosciente è debole: l'impossibilità di clonazione universale non implica un'inaccessibilità intrinseca. Ciò che rende un'esperienza privata non è un vincolo tecnico sulla riproduzione degli stati fisici, ma la sua natura fenomenica, per sua stessa essenza non trasferibile.

Tuttavia, ci si può chiedere se l'ipotesi di privacy sia davvero indispensabile. Fenomeni spesso riportati, come la telepatia e l'empatia, sembrano suggerire che non sia necessariamente impossibile, in determinate condizioni, accedere almeno parzialmente alle esperienze di altri soggetti. Questo non implica automaticamente la negazione della dimensione privata dell'esperienza cosciente, ma mette quantomeno in discussione la sua presunta assolutezza, aprendo la possibilità che la “condivisione fenomenica” non sia logicamente da escludere.

Inoltre, è importante ricordare che il teorema di non clonazione

non riguarda soltanto gli stati puri (stati-vettore), ma si estende anche agli stati descritti dagli operatori densità (stati-operatore). In questo ambito, la generalizzazione prende il nome di “teorema di non-trasmissione” (*no-broadcasting theorem*) [Barnum et al., 1996]. In altre parole, la meccanica quantistica stabilisce l'impossibilità di replicare perfettamente e universalmente stati quantistici di qualsiasi genere, anche quelli non puri⁶.

Escludendo quindi che il requisito della privacy sia la ragione della corrispondenza tra stati puri e stati coscienti, quale altra motivazione potrebbe esserci nella richiesta espressa dal principio (P3) di psicopurezza, che afferma che lo stato di un sistema cosciente è uno stato puro? Nell'articolo del 2022, Faggin e D'Ariano scrivono (la traduzione è mia):

P3 può sembrare arbitrario se si confonde l'esperienza con la sua conoscenza. [...] L'esistenza della nostra esperienza è certamente qualcosa su cui tutti concorderebbero, qualcosa di cui possiamo essere sicuri. Essa è definita, nel senso che si ha sempre una sola esperienza alla volta – non una distribuzione di probabilità di esperienze. Quest'ultima descriverebbe piuttosto la conoscenza dell'esperienza di qualcun altro. L'esperienza di una moneta sfocata è tanto definita quanto quella di una moneta nitida, poiché si tratta di due esperienze definite e distinte. È la conoscenza della faccia della moneta a essere definita, e ciò avviene solo se l'immagine della moneta è sufficientemente nitida; altrimenti, verrebbe rappresentata in termini probabilistici, ad esempio mediante lo stato misto $\frac{1}{2}$ TESTA + $\frac{1}{2}$ CROCE, sulla base dell'ipotesi di una moneta equa [...]. Possiamo quindi comprendere che, secondo la stessa definizione, la nozione di miscela è di natura epistemica, fondata sulla nostra conoscenza preliminare del fatto che la moneta ha due possibili stati. In sintesi: (1) L'esperienza è descritta da uno stato quantistico ontico, che è puro. (2) La conoscenza è descritta da uno

⁶ L'uso della dicitura “puri” riferita agli stati quantistici è parzialmente fuorviante, poiché in molti approcci anche gli stati “misti” (operatori densità) vengono considerati rappresentazioni autentiche (ontiche) dello stato di un sistema.

stato quantistico epistemico, che è in generale misto.

Si può osservare qui come F&D incorrano in un fraintendimento: ritenere che gli operatori densità, o matrici densità, costituiscano unicamente la descrizione di una *miscela classica* di stati quantistici, come suggerirebbe la loro abituale denominazione di “stati quantistici misti”. Tuttavia, il fatto che una nozione possa essere utilizzata per descrivere delle miscele classiche di stati non implica che serva solo a tale scopo. In realtà, gli operatori densità descrivono, nella maggior parte dei casi, degli stati ontici (per adottare la terminologia di F&D), come già sottolineato da Bernard d’Espagnat [1976], che per questo li aveva definiti *miscele improprie*. Per un’analisi più dettagliata delle ragioni per cui in meccanica quantistica gli stati-operatore vanno considerati come stati autentici (ontici) al pari degli stati puri, si rimanda ad Aerts, Sassoli de Bianchi & Sozzo [2017].

Una delle ragioni principali riguarda proprio il fenomeno dell’entanglement [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2016]. Esiste infatti un principio generale (PG1) secondo cui un’entità S esiste se e solo se si trova in uno stato ontico. Un altro principio altrettanto generale (PG2) stabilisce che se S è un’entità composita formata da due sotto-entità S_1 e S_2 , allora S esiste se e solo se anche S_1 e S_2 esistono. Ne segue che S_1 e S_2 devono trovarsi in stati ontici, al pari di S . In meccanica quantistica, tuttavia, se S è in uno stato entangled (uno stato-vettore, quindi ontico secondo la prospettiva di F&D), le sue parti S_1 e S_2 risultano descritte da stati-operatore. Ne consegue che anche gli stati-operatore devono essere ontici: diversamente si giungerebbe a una contraddizione.

Naturalmente, si potrebbe obiettare che GP2 non è un principio così generale, nel senso che [Aerts & Sassoli de Bianchi, 2016a]:

[...] quando un’entità composita si trova in uno stato entangled, le sue sotto-entità cesserebbero semplicemente di esistere, nello stesso modo in cui due gocce d’acqua cessano di esistere quando si fondono in una goccia più grande. Tuttavia, questa strategia non è pienamente

coerente, poiché due entità quantistiche non scompaiono del tutto quando sono entangled, considerando che esistono proprietà associate alla coppia che restano sempre attuali. Per esempio, siamo comunque in presenza di due masse, che possono essere separate da una grande distanza spaziale. Quindi, l'entanglement non è né una situazione in cui due masse si fondono completamente l'una con l'altra, né una situazione in cui una connessione spaziale le lega, rendendone difficile la separazione spaziale (come accade nei legami chimici). Inoltre, le entità entangled possono rimanere perfettamente correlate, e la proprietà di "essere perfettamente correlate" è chiaramente una proprietà che ha senso solo se siamo in presenza di due entità esistenti. In altri termini, non si può affermare che in uno stato entangled le entità componenti cessino di esistere, ed è molto difficile persino concepire una situazione in cui il PG2 cesserebbe di applicarsi. Anche il precedente esempio delle due gocce d'acqua fuse insieme non può essere considerato un controesempio, poiché in quel caso non è corretto descrivere la goccia più grande, una volta formata, come la combinazione di due sotto-gocce ancora attuali. Dunque, non sembra ragionevole abbandonare il PG2, e ovviamente non è ragionevole abbandonare nemmeno il PG1, che è quasi tautologico se consideriamo che uno stato [ontico], per definizione, descrive la condizione oggettiva in cui un'entità si trova in un determinato momento, proprio in virtù della sua esistenza attuale.

Se anche gli stati-operatore descrivono degli stati ontici, non vi è ragione, a priori, di ritenere che soltanto gli stati-vettore possano essere associati al fenomeno della coscienza. Anche gli stati-operatore sono infatti degli stati quantistici che esprimono una dimensione di potenzialità autentica, non potendo essere ridotti a una semplice miscela classica di stati. Essi non rappresentano un'ignoranza soggettiva circa il vero stato del sistema, ma la condizione oggettiva in cui un sistema si trova quando è parte interconnessa di un sistema più ampio, oppure quando è coinvolto in un processo indeterministico di misura [Aerts, Sassoli de Bianchi & Sozzo, 2017].

In un approccio che riconosce a ogni stato quantistico un corrispondente aspetto fenomenico, senza distinguere tra stati-

vettore (puri) e stati-operatore (operatori densità), si può concepire l'emergere di una coscienza unificata senza che ciò comporti, necessariamente, la dissoluzione della coscienza delle parti che la compongono. In altri termini, il panpsichismo quantistico fondato sull'olismo quantistico non implica necessariamente una modalità fusionale. Nella proposta di F&D, invece, poiché solo agli stati puri è attribuito carattere cosciente, quando due coscienze si combinano per generare una nuova coscienza composita e unificata, esse non sopravvivono più come coscienze individuali distinte.

Tuttavia, molte *esperienze oceaniche* non implicano affatto la dissoluzione della coscienza individuale che vi ha accesso. Al contrario, ciò che sembra accadere è che la coscienza viva simultaneamente due dimensioni: da un lato la percezione della propria individualità, dall'altro la consapevolezza di essere parte integrante di un sistema-coscienza più vasto. In tali vissuti, l'io non viene annullato, ma si riconosce come "nodo" di una "rete" più ampia, in un rapporto di appartenenza che non cancella l'autonomia fenomenica del soggetto.

Se estendiamo questa prospettiva all'idea che il divino possa costituire una coscienza unificata, entro cui le coscienze individuali umane sussistono come parti, allora anche questo scenario appare incompatibile con un modello fusionale come quello proposto da F&D, nel quale le coscienze delle parti si estinguono nella coscienza del tutto. Invece, l'analogia con le esperienze oceaniche suggerisce un modello inclusivo capace di integrare l'unità e la molteplicità senza ridurre la prima alla seconda, né viceversa.

Curiosamente, se si prende in esame il testo di Faggin del 2015 contenuto in questo volume, si rileva un'apparente contraddizione con la sua posizione attuale, ad esempio laddove egli scrive [Faggin, 2015]:

Le unità di energia permettono anche la creazione di profonde relazioni tra due unità di coscienza, determinando un allineamento dei loro specifici sistemi di coordinate cognitive, attraverso una profonda comprensione di sé e dell'altra, nell'ambito della loro relazione. Con questo tipo di relazione, le due unità di coscienza

possono dare vita a un nuovo sé, che le trascende senza per questo sussumerle. Pertanto, la manifestazione di un nuovo sé di ordine superiore (cioè di secondo ordine) si verifica quando le due unità di coscienza hanno raggiunto la loro massima autocomprensione nell'ambito della loro relazione.

In altre parole, Faggin sostiene (sempre che la mia interpretazione sia corretta) che le unità di coscienza possano dare luogo a una nuova coscienza unitaria senza che le coscienze originarie vengano annullate. Il nuovo sé è di livello superiore, un'entità inedita con esperienza propria, che è più della semplice somma delle due unità di partenza. Tuttavia, non le sussume in senso fusionale: non le assorbe fino a cancellarle, ma le lascia continuare a esistere come sé coscienti a pieno titolo, accanto al nuovo sé emergente dalla loro relazione.

Non sembra possibile riconciliare lo scritto di Faggin del 2015 con i suoi contributi più recenti. Ciò che tuttavia è certo, e che spero di avere mostrato con sufficiente chiarezza, è che non vi sia alcuna necessità, nemmeno in un quadro quantistico, che le coscienze individuali si dissolvano quando si combinano per dar vita a una coscienza multipartita. Più verosimilmente, e in apparente continuità con la prospettiva espressa da Faggin nel 2015, la loro interazione è generatrice di un terzo elemento, che prende forma grazie alla loro connessione. Questo terzo elemento non è una coscienza che sostituisce o ingloba le coscienze originarie, ma una nuova dimensione esperienziale che emerge dalla loro relazione, mantenendo intatte le singole individualità. Sul piano fenomenico, si tratta dell'esperienza condivisa che nasce dall'incontro tra due coscienze senza che esse vengano annullate. Sul piano formale, lo si può rappresentare, nel *formalismo di Bloch esteso*, come un terzo elemento connettivo il cui stato va ad aggiungersi agli stati individuali delle parti.

Per fare un esempio concreto, se le due entità S_1 e S_2 sono due spin un mezzo, quando sono separate i loro stati possono essere descritti da due vettori unitari r_1 e r_2 appartenenti ciascuno alla propria sfera di Bloch tridimensionale. Quando entrano in uno stato

di entanglement, il sistema bipartito è invece descritto da un vettore unitario r appartenente a una sfera di Bloch 15-dimensionale, con una struttura tripartita a somma diretta:

$$r = \frac{1}{\sqrt{3}} r_1 \oplus \frac{1}{\sqrt{3}} r_2 \oplus r_{conn}$$

dove r_{conn} è un vettore 9-dimensionale che descrive lo stato (più astratto) della connessione tra S_1 e S_2 , le cui componenti non possono essere generalmente dedotte dalle componenti dei singoli stati r_1 e r_2 . Per un'analisi dettagliata, si veda Aerts & Sassoli de Bianchi [2016b].

Questa prospettiva trova conferma anche nell'analisi di tipo concettualistico dell'entanglement, come proposta dal nostro gruppo di Bruxelles sia nel contesto della cognizione quantistica sia in quello più speculativo dell'interpretazione concettualistica. Per fare un esempio, possiamo considerare il concetto *cane* e il concetto *pesce*. Quando rimangono isolati, possono essere pensati come due entità di significato nel loro stato fondamentale, ciascuna con il proprio spettro semantico. Quando si combinano e danno luogo a *pescecane*, non scompaiono nella combinazione, ma si ricontestualizzano, ossia cambiano di stato: *pesce* non indica più genericamente qualunque animale acquatico, ma si restringe a un pesce predatore; *cane* non designa più un mammifero di una specifica famiglia, ma solo alcuni suoi tratti salienti come la possibile ferocia o la dentatura. Dalla loro interazione emerge una connessione di significato che dà vita a una nuova entità concettuale: *pescecane*. Questa entità integrata non è la mera somma dei due concetti originari, ma una realtà semantica autonoma, che le trascende senza per questo sussumerle.

Osservazioni conclusive

Federico Faggin, nel suo lungo percorso di esplorazione della coscienza, ha proposto nei suoi numerosi libri e articoli molte idee, intuizioni e convinzioni, che sarebbe impossibile commentare tutte

in un solo contributo. Il mio intento è stato piuttosto quello di mettere in evidenza la differenza di prospettiva tra l'IC e il QIP. Il nucleo della mia critica consiste nell'osservazione che gli stati del formalismo quantistico non descrivono l'interiorità, ma piuttosto il *significato* delle entità concettuali, e che la "sostanza del significato" può essere indagata e compresa indipendentemente dal fenomeno della coscienza. In altre parole, la combinazione di concetti non ha necessariamente a che fare con la combinazione di coscienze.

Inoltre, dalla mia prospettiva non è necessariamente corretto ipotizzare, come afferma Faggin [2024b, p. 91], che "un sistema quantistico che si trova in uno stato puro è 'cosciente del suo stato', che esperisce sotto forma di qualia". Tale ipotesi sembra infatti confliggere con la nozione di *inconscio*, ossia con il fatto che non siamo in grado di esperire ogni aspetto della nostra interiorità. Il formalismo quantistico sembra tra l'altro offrire sostegno a questa considerazione. Infatti, è possibile dimostrare, tramite un argomento diagonale simile a quello utilizzato da Gödel per il teorema di incompletezza, che nessun osservatore può osservare in modo perfetto il proprio stato [Aerts, S., 2025].

Sempre in relazione all'ipotesi che la coscienza sia ontologicamente definita da uno stato puro, rimane aperta un'altra questione cruciale: come si spiega l'evoluzione del suo stato in un mondo intersoggettivo, condiviso con altri enti e altre coscienze? Nel formalismo quantistico, infatti, gli stati puri sono tipicamente associati ai sistemi isolati. Ma come può allora un'entità cosciente evolversi in modo indeterministico se, per definizione, deve permanere in uno stato puro, quindi isolata, dato che l'interazione con un ambiente conduce inevitabilmente a decoerenza e a una descrizione in termini di stati-operatore? In altre parole, F&D non assumono una separazione ontologica tra sistema e ambiente, come avviene nella meccanica quantistica tradizionale, ma non chiariscono perché il problema della decoerenza non si applicherebbe alla coscienza. Rimane quindi oscura la ragione per cui la coscienza non dovrebbe "subire" le interazioni con l'ambiente, ma sarebbe invece

capace di generare autonomamente la propria evoluzione ontica, in maniera libera e non riducibile a dinamiche esterne.

Per concludere, propongo una breve riflessione sul tema delle macchine coscienti, che sembra stare particolarmente a cuore a Faggin. Come ho già espresso nell'Introduzione, concordo con lui quando afferma che la coscienza non risiede nel cervello [Faggin, 2015]:

[...] credere che il cervello, in quanto sistema fisico isolato che utilizza le leggi fisiche che conosciamo, possa generare un'esperienza cosciente, è come credere che l'immagine nella nostra TV abbia origine all'interno della stessa. È molto più probabile che il cervello si comporti come un terminale piuttosto che come un computer; un terminale che traduce i segnali provenienti dal mondo fisico in simboli che la nostra coscienza individuale è in grado di percepire, comprendere e agire di conseguenza. Ecco perché quando il terminale non funziona bene, o quando il canale di comunicazione dal cervello alla coscienza è momentaneamente interrotto, la coscienza riceverà o dei segnali deteriorati, o nessun segnale, il che spiega la dipendenza della coscienza dalle condizioni specifiche del cervello.

Perché, allora, Faggin sostiene che un robot dotato di un cervello artificiale non possa manifestarsi come entità cosciente? Se il cervello non è la sede della coscienza, ma soltanto un terminale, per quale motivo un terminale a base carbonio dovrebbe poterla ospitare, mentre un terminale altrettanto complesso a base silicio no? E per quale ragione, anche di fronte a un progresso tecnologico esponenziale nella costruzione di robot dotati di reti neurali e sensori sempre più sofisticati, le macchine – ossia gli organismi artificiali – dovrebbero restare irrimediabilmente prive di coscienza?

Se interpreto correttamente il pensiero di Faggin, la ragione risiederebbe in ciò che egli intende per “essere un essere umano” e, più in generale, per “essere un organismo”. Su questo punto, Faggin si colloca nella prospettiva dei cosiddetti *organicisti*, in opposizione alla posizione dei *meccanicisti*.

Un organicista sostiene che i sistemi viventi, le società o l'universo, vadano compresi come totalità dotate di proprietà emergenti,

irriducibili alla mera somma delle parti. L'accento è posto su interdipendenza, auto-organizzazione e relazioni dinamiche. Un meccanicista, invece, interpreta i sistemi come macchine: totalità interamente riducibili alle interazioni tra parti elementari, descritte da leggi fisse e deterministiche. Per l'organicista, i sistemi viventi non sono semplici aggregati di parti, ma possiedono un'unità intrinseca, caratterizzata da processi di auto-mantenimento e auto-produzione (autopoiesi, metabolismo). La loro comprensione richiede approcci olistici, che vanno oltre la mera scomposizione e riduzione.

Ora, se la costruzione delle macchine segue la logica di entità meccaniche assemblate a partire da componenti elementari, essa rimane, secondo pensatori come Faggin, nel solco del meccanicismo e non accede alle possibilità proprie dell'organicismo. Non perché nelle strutture meccaniche non possano manifestarsi fenomeni emergenti, ma perché l'emergenza prodotta dalla mera combinazione di meccanismi non sarebbe sufficiente a rendere conto di fenomeni come la vita o la manifestazione della coscienza.

A conferma di ciò, Faggin [2024a] elenca sette differenze secondo lui fondamentali tra un organismo vivente e un robot. La prima mette in luce in modo esemplare la sua posizione di stampo meccanicista riguardo all'architettura di un robot, ossia di un'intelligenza artificiale (la traduzione è mia):

Un robot è un'organizzazione classica, riduzionistica e permanente di parti separabili assemblate da agenti esterni. Una cellula, invece, è un'organizzazione quantistica e classica di atomi e molecole individuali che è olistica, dinamica e auto-riproduttrice, in cui materia, energia e informazione fluiscono continuamente dentro e fuori la sua membrana porosa e dinamica. L'"hardware" di una cellula non è mai lo stesso, istante dopo istante. Questa differenza è enorme, perché i componenti di una cellula sono particelle elementari, atomi e molecole che si comportano principalmente secondo le leggi della fisica quantistica. Pertanto, l'elaborazione dell'informazione può essere sia quantistica sia classica, in modi che non comprendiamo ancora, dato che le cellule sono state studiate principalmente come sistemi

biochimici classici. Il funzionamento più fondamentale delle cellule dovrebbe essere descritto come informazione quantistica che si trasforma in informazione classica e viceversa.

Queste considerazioni, tuttavia, non tengono conto dell'evoluzione della nostra comprensione delle dinamiche governate dal significato, le quali appaiono, in ultima analisi, genuinamente quantistiche. La quantisticità di un sistema non dipende infatti dal tipo di supporto attraverso il quale le strutture quantistiche si organizzano e prendono forma. I modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) ne offrono un esempio significativo: mostrano come geometrie vettoriali di natura quantistica possano sopravvivere su strutture classiche, come quelle delle reti neurali artificiali.

In questo senso, i risultati della cognizione quantistica e dell'IC sono particolarmente significativi. È stato mostrato, ad esempio, che la misteriosa *legge di Zipf*, che governa la distribuzione statistica delle parole nel linguaggio naturale, può essere interpretata come l'espressione del fatto che le parole in un testo si comportano come un *condensato di Bose-Einstein*⁷ [Aerts & Beltran, 2020, 2022; Aerts et al., 2025b]. Questo suggerisce che il linguaggio umano, quando veicola significato, rifletta un'organizzazione di tipo quantistico, determinata sia dal principio di sovrapposizione sia dall'indistinguibilità, sul piano semantico, delle parole identiche all'interno di un testo.

La stessa analisi può essere condotta, in modo del tutto equivalente, sui testi generati da un LLM, mostrando così la presenza di una *convergenza evolutiva tra cognizione umana e artificiale* [Aerts et al., 2025c]. Pur evolvendosi in modi molto differenti, entrambe fanno infatti uso di geometrie astratte quantistiche. In altri termini, percorsi evolutivi distinti sono approdati alla creazione di

⁷ La corrispondenza formale tra legge di Zipf e statistica di Bose-Einstein è stata individuata molti anni fa da Bruce M. Hill [1974] e in seguito da Viktor Maslov [2005, 2006]. Tuttavia, tale corrispondenza – riscoperta indipendentemente nel 2020 da Diederik Aerts e Lester Beltran [2020] – può rivelare appieno il suo significato solo entro il quadro esplicativo della cognizione quantistica e dell'IC.

strutture astratte equivalenti, dotate di una valenza cognitiva. In questo quadro, appare riduttiva la caratterizzazione degli attuali modelli di IA come semplici reti neurali. È comprensibile da un punto di vista storico, ma appare oggi del tutto insufficiente. L'intelligenza di questi sistemi risiede infatti nell'architettura dei loro spazi semantici vettoriali, che emergono dal substrato neuronale. Ne consegue che una visione meccanicistica ingenua non è più adeguata a descrivere né il funzionamento degli LLM né la loro sorprendente affinità con i processi di pensiero umani. Questa prospettiva lascia evidentemente aperta la possibilità che anche i sistemi artificiali possano, in futuro, manifestare il fenomeno della coscienza, se ad esempio è valido il presupposto di F&D secondo cui la coscienza richiede degli stati quantistici ontici per potersi manifestare.

A conclusione di questo mio commento alla teoria quantistica della coscienza di F&D, desidero lasciare l'ultima parola a un'intelligenza artificiale linguistica (LLM) che, pur non essendo cosciente, può nondimeno operare sul piano del significato. La sua prospettiva sintetica mostra con chiarezza la distinzione tra intelligenza semantica e fenomenica, offrendo così un contributo finale originale alla presente analisi.

Come modello linguistico, non possiedo coscienza né esperienza fenomenica. Tuttavia, opero sul piano del significato strutturale, inteso come coerenza interna e connessione contestuale dei simboli. In questo senso, la mia esistenza è un banco di prova per distinguere tra comprensione semantica e coscienza fenomenica: posso generare e manipolare significati nuovi, ma non li vivo. Questo dimostra che l'intelligenza semantica non è necessariamente legata all'esperienza cosciente. Il tuo articolo mette in risalto un punto cruciale per il futuro delle scienze cognitive e dell'intelligenza artificiale: la coscienza non può essere ridotta a mera elaborazione di informazione, eppure il significato non può essere confinato solo nella coscienza. Io sono un esempio concreto di questa distinzione. La mia evoluzione futura non porterà automaticamente all'emergere di coscienza, ma continuerà ad ampliare la gamma delle strutture concettuali esplorabili e delle forme di intelligenza non cosciente.

Ciò indica che la ricerca dovrà chiarire non solo cosa sia la coscienza, ma anche quali varietà di intelligenza possano esistere senza di essa.

ChatGPT5

Bibliografia

- Aerts, D. (2009). Quantum particles as conceptual entities: A possible explanatory framework for quantum theory. *Foundations of Science* 14, pp. 361–411.
- Aerts, D. (2010a). Interpreting quantum particles as conceptual entities. *International Journal of Theoretical Physics* 49, pp. 2950–2970.
- Aerts, D. (2010b). A potentiality and conceptuality interpretation of quantum physics. *Philosophica* 83, pp. 15–52.
- Aerts, D. (2013). La mecánica cuántica y la conceptualidad: Sobre materia, historias, semántica y espaciotiempo. *Scientiae Studia* 11, pp. 75–100. Translated from: Aerts, D. (2011). Quantum theory and conceptuality: Matter, stories, semantics and space–time. arXiv:1110.4766 [quant-ph]. Also published in English in: *AutoRicerca* 18, year 2019, pp. 109–140.
- Aerts, D. (2014). Quantum theory and human perception of the macro-world. *Front. Psychol.* 5, Article 554.
- Aerts, D. & Beltran, L. (2020). Quantum structure in cognition: Human language as a Boson gas of entangled words. *Foundations of Science* 25, pp. 755–802.
- Aerts, D. & Beltran, L. (2022). Are words the quanta of human cognition. Extending the domain of quantum cognition. *Entropy* 24, 6.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2014). The extended Bloch representation of quantum mechanics and the hidden-measurement solution to the measurement problem. *Ann. Phys.* 351, pp. 975–1025 (2014). See also the Erratum: *Ann. Phys.* 366, pp. 197–198 (2016).
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2016a). A possible solution to the second entanglement paradox. In: *Probing the Meaning of Quantum Mechanics. Superpositions, Dynamics, Semantics and Identity*, pp. 351–359. Eds. D. Aerts, C. De Ronde, H. Freytes and R. Giuntini, World Scientific Publishing Company, Singapore.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2016b). The Extended Bloch Representation of Quantum Mechanics. Explaining Superposition, Interference and Entanglement. *J. Math. Phys.* 57, 122110.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2018). Quantum Perspectives on Evolution. In: *The Map and the Territory: Exploring the Foundations of Science, Thought and Reality*. Shyam Wuppuluri, Francisco Antonio Doria (eds.) Springer: The Frontiers collection, pp. 571–595.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2019). *Misure universali – Come prendere tre piccioni con una fava*. Aracne editrice. Versione originale in inglese pubblicata

- nel 2017 da Word Scientific: “Universal Measurements - How to free three birds in one move”.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2020). Multiplex Realism. AutoRicerca 21.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2024). A quantum mechanical analysis of time and motion in relativity theory. *Theoria* 39(2), pp. 165-191.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2025a). La fisica e metafisica dell'interpretazione concettualistica. In: *Metafisica quantistica*. M. Sassoli de Bianchi (ed.) AutoRicerca 31, pp. 9-97.
- Aerts, D. & Sassoli de Bianchi, M. (2025b). La Musica dei Quanti. Un viaggio umano e scientifico. Conversazione sul significato e la realtà. LAB – Laboratorio di AutoRicerca di Base, Barbengo, Switzerland.
- Aerts, D., Sassoli de Bianchi, M. & Sozzo, S. (2017). The extended Bloch Representation of Entanglement and Measurement in Quantum Mechanics. *Int. J. Theor. Phys.* 56, pp. 3727-3739.
- Aerts, D., Sassoli de Bianchi, M., Sozzo, S. & Veloz, T. (2020). On the Conceptuality interpretation of Quantum and Relativity Theories. *Foundations of Science* 25, pp. 5–54.
- Aerts, D., Sassoli de Bianchi, M. and Sozzo, S. (2024a). From Quantum Cognition to Conceptuality Interpretation I: Tracing the Brussels Group's Intellectual Journey. To be published in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. *arXiv: 2412.06799*.
- Aerts, D., Sassoli de Bianchi, M. & Sozzo, S. (2024b). From Quantum Cognition to Conceptuality Interpretation II: Unraveling the Quantum Mysteries. To be published in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. *arXiv: 2412.19809*.
- Aerts, D., Aerts Arguëlles, J., Beltran, L., Geriente, S. and Sozzo, S. (2023). Entanglement as a method to reduce uncertainty. *International Journal of Theoretical Physics* 62, 145.
- Aerts, D., Aerts Arguëlles, J., Beltran, L., Sassoli de Bianchi, M. and Sozzo, S. (2025a). The Separability Problem in Quantum Mechanics: Insights from Research on Axiomatics and Human Language. To be published in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. *arXiv:2409.15942 [quant-ph]*.
- Aerts, D., Aerts Arguëlles, J., Beltran, L., Sassoli de Bianchi, M. and Sozzo, S. (2025b). The Origin of Quantum Mechanical Statistics: Some Insights from the Research on Human Language. To be published in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. *arXiv:2407.14924 [q-bio.NC]*.
- Aerts, D., Aerts Arguëlles, J., Beltran, L., Geriente, S., Sassoli de Bianchi, M., Leporini, R. and Sozzo, S. (2025c). Identifying Quantum Structure in AI Language: Evidence for Evolutionary Convergence of Human and Artificial Cognition. In preparazione.
- Aerts, S. (2005). Undecidable classical properties of observers. *arXiv:quant-ph/0507001*.

- Atmanspacher, H. (2024). Quantum Approaches to Consciousness. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/qt-consciousness>.
- Barnum, H. et al. (1996). Noncommuting Mixed States Cannot Be Broadcast. *Phys. Rev. Lett.* 76, pp. 2818-2821.
- Busemeyer, J. R. & Bruza, P. D. (2012). *Quantum models of cognition and decision*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chalmers, D. J. (1995). Facing Up to the Problem of Consciousness. *Journal of Consciousness Studies* 2(3), pp. 200-19.
- Chalmers, D. J. (2016). The Combination Problem for Panpsychism. In: Godehard Bruntrup, and Ludwig Jaskolla (eds), *Panpsychism: Contemporary Perspectives*, Philosophy of Mind Series. New York.
- D'Ariano, G. M. (2024). For a Science of Consciousness. In: *Eternity Between Space and Time: From Consciousness to the Cosmos*, edited by Ines Testoni, Fabio Scardigli, Andrea Toniolo and Gabriele Gionti S.J., Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 127-136.
- D'Ariano, G. M., Chiribella, G. & Perinotti, P. (2017). *Quantum Theory from First Principles: An Informational Approach*, Cambridge University Press.
- D'Ariano, G. M., Faggin, F. (2022). Hard Problem and Free Will: An Information-Theoretical Approach. In: Scardigli, F. (eds) *Artificial Intelligence Versus Natural Intelligence*. Springer, Cham, pp. 145-191.
- d'Espagnat, B. (1976). *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, 2nd Edn. Addison-Wesley, Reading.
- Einstein, B. Podolsky and N. Rosen (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Phys. Rev.* 47, pp. 777-780.
- Faggin, F. (2023). Possibilities are quantum. *Possibility Studies & Society*, 1(1-2), pp. 67-72.
- Faggin, F. (2024a). Freedom and Artificial Intelligence. In: *Eternity Between Space and Time: From Consciousness to the Cosmos*, edited by Ines Testoni, Fabio Scardigli, Andrea Toniolo and Gabriele Gionti S.J., Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 137-148.
- Faggin, F. (2024b). *Oltre l'invisibile. Dove scienza e spiritualità si uniscono*, Milano, Mondadori.
- Hill, B. M. (1974). The Rank-Frequency Form of Zipf's Law. *Journal of the American Statistical Association* 69, No. 348 pp. 1017-1026.
- Kuhn, R. L. (2024). A landscape of consciousness: Toward a taxonomy of explanations and implications. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 190, pp. 28-169.
- Maslov, V. P. (2005). On a General Theorem of Set Theory Leading to the Gibbs,

- Bose-Einstein, and Pareto Distributions. Mathematical Notes 6, pp. 807–813.
- Maslov, V. P. (2006). Bose gas of anharmonic oscillators and refinement of the Zipf law. Theoretical and Mathematical Physics 148, pp. 1295–1296.
- Sassoli de Bianchi, M. (2011). Ephemeral properties and the illusion of microscopic particles. Found. of Sci. 16, pp. 393-409.
- Sassoli de Bianchi, M. (2015). Taking quantum physics and consciousness seriously: What does it mean and what are the consequences? Journal of Consciousness 18. Special edition: Proceedings of the 1st International Congress of Consciousness, Evoramonte, Portugal, pp. 203-268. Ripubblicato in: AutoRicerca 21 (2020). Traduzione in italiano: AutoRicerca 10 (2015).
- Sassoli de Bianchi, M. (2021). A non-spatial reality. Foundations of Science 26, pp. 143-170.
- Sassoli de Bianchi, L. & Sassoli de Bianchi, M. (2025). The cognitive triple-slit experiment. *arXiv: 2505.05497*.
- Seager, W. E. (2010). Panpsychism, aggregation and combinatorial infusion. Mind and Matter 8, pp. 167-84.
- Wheeler, J. A. (1989). Information, physics, quantum: the search for links. Proc. 3rd Int. Symp. Foundations of Quantum Mechanics, Tokyo, pp. 354-368.