

Commenti sul libro «Irriducibile»¹ di F. Faggin

J. Julve Incontro Interdisciplinare 27-03-2023

Preambolo

L'autore propone che "il libro della mente auto-cosciente è scritto in caratteri quantistici" [l'espressione è mia] e attinge a concetti di meccanica quantistica non relativistica (MQ) e di teoria quantistica dei campi (QFT), facendo anche allusione a una unificazione superiore. I confini tra questi paradigmi teorici sono convenzionalmente definiti nella fisica moderna. L'autore in generale chiama "meccanica quantistica" la MQ canonica, e "fisica quantistica" tutti gli altri sviluppi, senza curare troppo la precisione terminologica.

Il rigore tecnico è sicuramente osservato nei lavori di G. M. D'Ariano², o in co-autoria con Faggin, dove si qualifica di Teoria la loro proposta QIP (Quantum Information-based Panpsychism) a cui si appoggia *Irriducibile*. Anche per la rinuncia alla precisione fornita dalle equazioni e notazione matematiche, il libro di Faggin è da ritenersi piuttosto la presentazione di una Visione QIP.

Per la discussione conviene sintetizzare i concetti basilari di questa visione, che si possono anche trarre dal Glossario alla fine del libro:

- La coscienza non è prerogativa dei viventi pensanti, ma anche della materia detta inanimata. Fa parte, finora trascurata, dei costituenti elementari del mondo fisico ed è anch'essa di natura quantistica sia come atomizzazione che come dinamica relazionale ("agentività"). Sono le *seity*, stati di coscienza [154], descrivibili come "stati quantistici puri".
- Le *seity* hanno le proprietà fondamentali di identità, coscienza, agentività e libero arbitrio. Le *seity* più elementari sono le Unità di Coscienza (UC, simili alle monadi di Leibniz), che emanano direttamente da Uno (*seity* avvolgente universale). Il libero arbitrio è connaturato all'indeterminismo quantistico.
- Le *seity* possono combinarsi tra di loro dando luogo a una gerarchia di *seity* più complesse con regole emergenti. "Uno" è la totalità di ciò che esiste in potenza e in atto, e sarebbe la combinazione di tutte. Ogni *seity*, elementare o composta, è parte di Uno ma possiede tutte le proprietà fondamentali di Uno.
- La MQ descrive il mondo interiore, "privato" (incomunicabile e non clonabile) sia della materia (che ce l'avrebbe) che il nostro di enti coscienti, mondo costituito da qualia.[150]. La materia è l'aspetto esteriore della realtà, fatto di simboli classici formalizzabili anche con la matematica.
- Le *seity* precedono ontologicamente la materia inanimata, che ne è espressione o conseguenza. La coscienza non è un epifenomeno della materia ma parte costituente anche a

¹ [FEDERICO FAGGIN](#), *Irriducibile*, Mondadori, Milano, 2022. Indico con [numero] la pagina del libro a cui si fa riferimento.

² Nella Bibliografia citata nel libro ci sono lavori di Giacomo Mauro D'Ariano o in co-autoria con F.Faggin, pubblicati in riviste scientifiche con referaggio e testi con editoriali del circuito scientifico standard.

livello microscopico particellare elementare [153]. È la materia a essere la proprietà emergente e non il contrario.

- Le leggi del mondo fisico non sono più una legislazione esterna alla materia inanimata, ma emanano dalla sua stessa natura cosciente [152]. In particolare l'inconciliabilità tra la MQ e la Relatività Generale (RG) einsteiniana, come il mistero dell'intervento della volontà dell'osservatore nel collasso della funzione d'onda, risultano superate.
- Questa legislazione-essenza è universale e si rifà a un Uno, caratterizzato come “campo quantistico” con quattro livelli in una sequenza unificante nidificata: il mondo inanimato, gli organismi viventi, l'intelligenza cosciente e il libero arbitrio, ognuno contenente quello successivo [151]. La visione è fortemente olistica.
- Le *seity*, come parte di Uno [170], ma anche “individualmente”, sono immortali [168].

Nei capitoli 1 (La natura della realtà fisica) e 2 (La natura della realtà quantistica) del libro, l'autore fa un riassunto funzionale alla propria presentazione, ma nell'osservanza della ortodossia della fisica teorica vigente. In tre Annessi faccio una selezione alternativa, sintetizzando le definizioni e le interpretazioni canoniche della MQ, QFT e i modelli di unificazione, per enfatizzare alcuni punti dove si agganciano le estrapolazioni della proposta QIP di Faggin-D'Ariano.

Commenti alla visione di Faggin-D'Ariano

La fisica classica è deterministica, manipola i simboli classici e le loro leggi. Ontologicamente è erronea perché ignora la realtà soggiacente che è invece quantistica. Ha valore solo come comportamento emergente e per gli autori descrive i meccanismi con cui opera il mondo materiale ma non la natura dei significati che la coscienza assegna loro. Come la matematica, è necessaria ma non sufficiente.

La MQ canonica descrive e tratta correttamente i simboli fondamentali introducendo un indeterminismo basico, ma non ancora sufficiente per rendere conto del libero arbitrio. Anche i significati che percepisce la coscienza, l'esperienza cosciente, si dovrebbero includere nello stato quantistico.

Le *seity*, con i loro qualia interni, sarebbero “stati quantistici puri” [157]. Ciò equivale a dichiararli elementi di uno spazio di Hilbert con tutte le proprietà che ne derivano, in particolare che la sovrapposizione di due *seity* deve essere anch'essa una *seity*, possibilità considerata nella visione QIP. Anche la non località, l'entanglement, la non clonabilità, la gerarchia di livelli dei sistemi quantizzabili, sono tratti essenziali condivisi con la MQ.

La caratteristica aggiuntiva fondamentale delle *seity* è essere la sede irriducibile e irriproducibile delle esperienze “private” di identità, auto-coscienza e libero arbitrio. Nella MQ l'aleatorietà o incertezza dei risultati delle misurazioni su di essi si esprime solo come probabilità di ottenerli, ma non detta l'ordine temporale in cui appaiono. È proprio in quest'ordine, che esula le predizioni della MQ, dove risiede la differenza tra simboli e significato, ed è dove troverebbe spazio il libero

arbitrio e la coscienza³ La visione QIP considera “quantistico” anche questo ambito allargato, ma per chiarezza sarebbe da ritenersi meta-quantistico.

Osservazioni e conclusioni

Sorprende che in *Irriducibile* non si faccia riferimento ai precedenti storici delle idee presentate nel libro, al meno per illuminare a titolo comparativo:

- L'atomismo greco, che si stendeva anche alle realtà spirituali. Appena cita le monadi di Leibniz, molto più vicine all'idea di seity.
- La cosmovisione induista-buddista dato l'evidente parallelismo tra il binomio Seity-Uno e l'Atman-Brahma come relazione dialettica parte-intero [170].
- Il Dio personale biblico, che nella forma del Verbo giovanneo implementa e trascende l'Uno in tutte le qualità ad esso attribuite dalla QIP.
- Persino la Trimurti induista o la Trinità cristiana quando vengono descritte come il Dio unico che si sdoppia in più persone come forma di auto-conoscenza in una dinamica di amore interno che si prolunga nel creato e nelle creature.
- La teoria delle Stringhe, universalmente nota come proposta unificante del mondo fisico. Se questo è emanazione delle seity, le stringhe sono di obbligata citazione come tentativo.

L'assenza di paragoni religiosi, e anche filosofici, può essere un criterio editoriale nelle pubblicazioni scientifiche odierne, è meno comprensibile il non riconoscimento del precedente proto-scientifico greco, e certamente è da ritenersi anomala la non citazione dei tentativi di grande unificazione basati sulle stringhe o alternativi. Si invece allude brevemente [160] all'ipotesi di dimensioni spazio-temporali extra che dette teorie richiedono, ma anche la molteplicità di gradi di libertà (numeri quantistici) interni che si aggiudicano alle particelle elementari potrebbero ispirare estrapolazioni alternative alla visione QIP per spiegare la coscienza.

Avendo le seity una base fisica, dal momento che è qualificata di quantistica, una questione non specificata è la loro localizzazione spaziale: abbastanza determinata nelle seity-particella, forse nel cervello (come i processi elettro-chimici nella neurologia ufficiale) per certi fenomeni mentali, sicuramente più estesa per la coscienza superiore (presunte percezione extrasensoriale e esperienze extracorporee, o la coscienza-spirito che riteniamo indipendente dal corpo). Anche sulla temporalità, la visione QIP afferma l'immortalità della coscienza, ma non specifica se è eterna anche verso il passato: una ruota infinita di reincarnazioni mantenuta in moto dall'Uno-Brahma o creazione dell'Uno-Dio biblico? In ogni caso si tratta di estrapolazioni meta-quantistiche.

³ L'allegoria efficace usata dall'autore è quella dei testi scritti: in ogni lingua ogni simbolo elementare (lettera) appare con una frequenza caratteristica, ma è nel loro raggruppamento e ordine che forma parole, nella successione delle parole con le regole della sintassi che crea le frasi, e ancora in altri input, dove risiede il significato. La MQ canonica detta solo le probabilità dei simboli classici. L'ordine temporale in cui appaiono i risultati delle misurazioni sugli stati quantistici si traduce nell'ordine di scrittura e trascende la MQ. Ancora più illuminante è il rapporto tra le singole note e una composizione musicale.

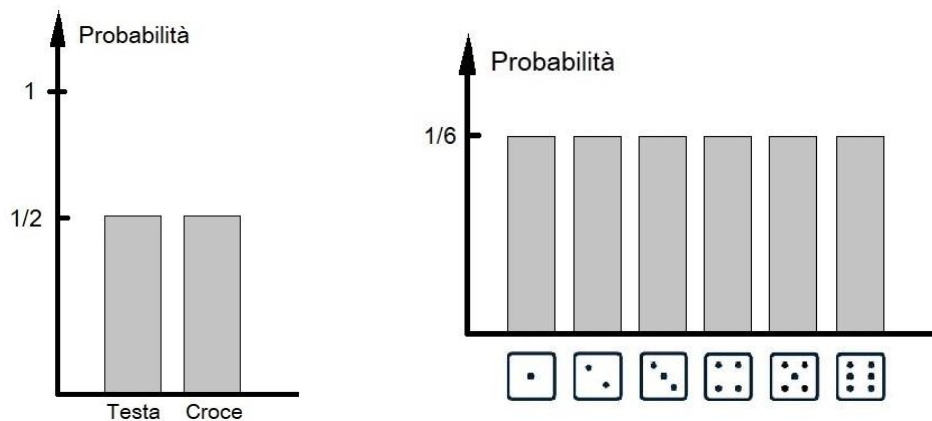
Mutuando termini e concetti dalla MQ e QFT canoniche, in ogni caso le seity postulano per essi valenze meta-quantistiche. Affidare il libero arbitrio a un indeterminismo implementato nell'ordine significativo dei simboli può risultare verosimile, ma sicuramente insufficiente per abbracciare aspetti superiori legati alla coscienza come la responsabilità delle libere azioni o la conformità a un ordine morale. L'autore invece si spinge a modellizzare il problema del male [238] come "incomprensione" o "distorsione" e a situare la propria visione olistica alla base dei passati miti e religioni [240].

Anche se aperta a esperienze private di coscienza e libertà negate dal determinismo classico, credo che la visione QIP sia un tipo nuovo di meccanicismo apprezzabile e illuminato, ma che non raccoglie la lezione di Schrödinger a capo del capitolo 7: «La coscienza non può essere spiegata in termini fisici e nei termini di nessun'altra cosa». Questa sarebbe la vera irriducibilità.

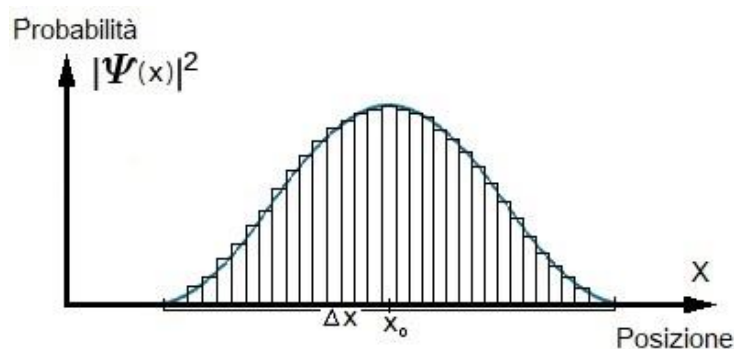
Annesso I Meccanica quantistica canonica

Detta anche “prima quantizzazione”, ha una struttura indeterministica intrinseca di tipo statistico con regole e interpretazione (detta canonica o di Copenhagen) molto precise.

Un sistema probabilistico-statistico classico (moneta, dado, roulette) suppone che abbiamo un sistema identico a se stesso nel tempo sul quale facciamo ripetute misurazioni (lanciare e vedere), o alternativamente una collezione indeterminata di sistemi identici (“ensemble statistico”) sui quali facciamo una sola misurazione su ognuno, e facciamo la statistica dei risultati. Se la moneta o il dado non sono truccati, otteniamo la equiprobabilità mostrata nei seguenti grafici a barre:



Nella MQ canonica si adotta il concetto di ensemble statistico: una collezione di sistemi nello stesso stato sui quali facciamo la misurazione e alla fine il conteggio dei risultati (perché nella singola misurazione il sistema osservato collassa e rimane quindi alterato). Se misuriamo la posizione di una particella in uno stato quantistico, mettiamo centrato attorno ad una posizione x_0 e localizzato nell'intervallo Δx , si può avere per esempio la seguente distribuzione continua di probabilità⁴ di trovarlo in x :

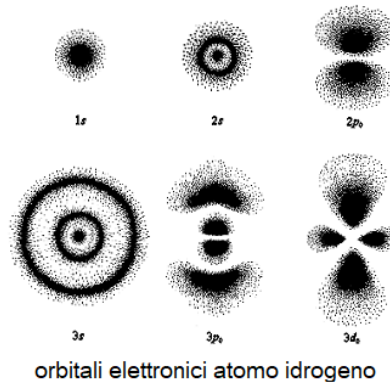


L'indeterminismo riguarda sia il risultato di ogni singola misurazione (ma non la frequenza con cui appaiono i risultati, fissata come nel lancio del dado), sia il fatto che più è determinata una variabile come la posizione (più è stretta la campana sopra), e più è indeterminata la variabile complementare, in questo caso il momento della particella.

⁴ Notiamo che questa densità di probabilità è $P(x) = |\psi(x)|^2$ dove la funzione d'onda $\psi(x)$ rappresenta una distribuzione di “ampiezza di probabilità”, che ha valori complessi. Questa definizione (postulato) è essenziale alla MQ e permette la formulazione adeguata della sovrapposizione e delle interferenze tra stati quantistici.

Lo stato di una particella localizzata in una regione finita dello spazio è la sovrapposizione di stati dal momento esattamente determinato (onde piane), che invece occupano tutto lo spazio.

Come esempio fisico concreto, gli stati consentiti agli elettroni in un atomo di idrogeno corrispondono a nubi di probabilità di trovare l'elettrone, dette orbitali. Nella figura sono disegnati gli orbitali 3-dimensionali di sei stati diversi, soluzioni della equazione di Schrödinger contraddistinte dal livello energetico e dal momento angolare:



La “libertà” degli elettroni in un atomo è soggetta alla ferrea regola statistica che li fa stare in determinati orbitali con una data probabilità di trovarsi in ciascun punto all’interno di essi.

La MQ postula che gli stati quantistici formano uno spazio di Hilbert, il che significa che le loro sovrapposizioni (combinazioni lineari con coefficienti complessi) sono anch’esse stati fisici possibili, e le libertà di ogni entità ritenuta “quantistica” ne risultano fortemente regimentate.

L’*entanglement* è più appariscente nei sistemi bi- o multi-partiti, ma l’auto-intreccio si dà anche per la singola particella: se è presente (cioè la funzione d’onda è non nulla) in una regione dello spazio e misurando la posizione la troviamo in un punto x all’interno della regione, allora nel collasso la particella “scompare” istantaneamente dal resto della regione per quanto questa sia grande anni luce. È una manifestazione della non località intrinseca alla MQ.

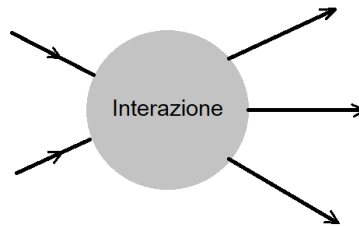
Non prescritta dalla MQ canonica è la scelta di quali siano i sistemi da “quantizzare”, cioè da dotare di natura quantistica⁵. Possiamo considerare quindi sistema quantistico la singola particella libera, o gli elettroni legati in un atomo, o gli elettroni e nuclei atomici legati in molecole complesse, o nella rete cristallina di un semiconduttore, o i condensati di Fröhlich nei microtuboli neuronali, o persino l’intero universo. Nei sistemi complessi una assunzione cruciale è quella delle variabili rappresentative del sistema con le convenienti semplificazioni⁶ che vogliamo “quantizzare”. Abbiamo quindi una gerarchia di sistemi e variabili descrittive, che vanno dall’elettrone libero al cosmo, su cui implementare le regole del formalismo quantistico, e che si scelgono secondo criteri di interesse teorico o pratico.

⁵ Una volta scelto il sistema, la procedura è scrivere l’energia del sistema (la funzione Hamiltoniana $H(p,x)$) in termini delle posizioni x e momenti p , sostituirli con i rispettivi operatori che agiscono sulle funzioni d’onda e risolvere l’equazione di Schrödinger risultante.

⁶ In cosmologia quantistica si considerano variabili come il raggio di curvatura dell’universo piuttosto che le posizioni e i momenti delle innumerevoli particelle che lo compongono.

Annesso II Teoria quantistica dei campi

Detta anche “seconda quantizzazione”, è stata indotta dalla necessità di descrivere la creazione/annichilazione di stati particellari osservata alle energie relativistiche. Introduce operatori matematici (i Campi Quantistici) che svolgono questo compito tra i diversi stati quantistici di particella elementare. Lo scopo principale è poter calcolare l’ampiezza di probabilità che un insieme iniziale di particelle (normalmente una in caso di decadimento o due nelle collisioni; la collisione di tre o più particelle ha rilevanza trascurabile) interagisca producendo un insieme finale uscente.



Nel formalismo della QFT le particelle iniziali e finali sono nel loro “stato asintotico” di onde piate, cioè con momento perfettamente determinato (quello che interessa conoscere e si misura nei laboratori di particelle) e quindi sono completamente non localizzate spazialmente.

Il numero di particelle, e quindi di loro stati, esistenti nell’universo capaci di interagire secondo le regole della QFT è incommensurabile e i campi quantistici operano cambiamenti nel numero di occupazione dei loro stati. Il numero di operatori quantistici fondamentali è invece ridotto ed è raccolto nella tabella del Modello Standard (MS) delle particelle elementari. Contando le duplicazioni particella-antiparticella, lo sdoppiamento dei colori dei quark, i mediatori delle forze e il bosone di Higgs, ne risultano 61 campi quantistici, ognuno associato a un tipo di particella elementare.

I campi quantistici sono estesi su tutto lo spazio-tempo. Gli stati quantistici di particella da essi creati/annichilati sono anch’essi estesi su tutto lo spazio (onde piate).

$$\phi(x) = \int \frac{d^3\mathbf{p}}{(2\pi)^3} (a_{\mathbf{p}} e^{-ipx} + a_{\mathbf{p}}^\dagger e^{ipx})$$

In questo esempio semplice di campo quantistico scalare (particella senza spin), a_p^+ e a_p sono rispettivamente gli operatori di creazione e annichilazione di una particella di momento p descritta da una onda piatta e^{ipx} .

Le particelle fisicamente localizzate sono sovrapposizioni di onde piate secondo i canoni della “prima quantizzazione”, ed è uno scenario non descritto dalla QFT, problematico e oggetto di studio.

La località della QFT riguarda le interazioni tra i campi quantistici, che avvengono nello stesso punto dello spazio-tempo, e la cui propagazione tra due punti rispetta i limiti causali relativistici (microcausalità).

Annesso III Unificazione dei campi

Dal completamento del MS negli anni 70 del secolo scorso, si sono moltiplicati i tentativi per trovare una unificazione dei costituenti del modello nel senso di:

- Unificare le quattro interazioni fondamentali (gravitazione, elettromagnetica, nucleari forte e debole) in una sola, cioè con una sola costante di accoppiamento che esprime la sua intensità a immagine della costante della gravitazione universale di Newton. Questa unicità sarebbe manifesta alle alte energie, presumibilmente alla elevatissima energia di Planck, ma ovviamente a quelle di laboratorio appare “rotta” nella gerarchia mostrata dal MS.
- I campi quantistici di tutti i tipi di particella elementare (quelli del MS e eventualmente altri ipotetici oltre il MS come gli assioni, i monopoli magnetici e altri, ma sempre parte di una tabella limitata) farebbero parte di una sola famiglia o multipletto, come le facce di un poliedro regolare, che sono dotate di una simmetria rotazionale.

La QFT più progredita in questa direzione è stata la Supergravità (SUGRA), con difficoltà che portarono a abbandonare il paradigma dei campi quantistici a favore del nuovo della teoria delle Stringhe. Per quest’ultima, le particelle elementari corrispondono ai possibili modi di vibrazione di corde fondamentali, che possono essere aperte o chiuse. La necessità di consistenza matematica della SUGRA e delle Stringhe richiede che lo spazio-tempo abbia 11 dimensioni: le 3+1 conosciute più 7 extra, inosservate ma ricercate.

Esistono cinque tipi di teoria di stringa matematicamente consistenti, collegati tra di essi da trasformazioni matematiche di “Dualità” (e a loro volta con la SUGRA), e si pensa che tutti provengano da una ipotetica Teoria M (da matrice, magia o mistero) cercata e non trovata da 25 anni. Ammesso che la avessimo, rimane il problema che i modelli concreti (cioè con parametri di masse e tipi delle particelle e forze fondamentali osservabili in laboratorio) in cui si realizza costituiscono un “landscape” di 10^{500} possibilità, e quindi senza potere predittivo.

