

TEORIA DELL'INTERCONNESSIONE E ONTOLOGIA TRINITARIA

Lezione del 6 maggio 2026

Il dialogo contemporaneo tra fisica e teologia non si limita a una mutua tolleranza, ma mira a una “consonanza” epistemologica necessaria affinché la scienza mantenga aperto il suo orizzonte e la teologia rinnovi il proprio linguaggio categoriale. In questa prospettiva, l’universo non è una macchina inerte, ma un “evento relazionale” che invita a riflettere sulla natura trinitaria del Creatore.

1. L’Era Meccanicistica: Newton e la crisi della sostanza

La fisica classica, culminata con la pubblicazione dei *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) di Isaac Newton, ha introdotto un’ontologia basata su entità discrete (atomi) interagenti in uno spazio e tempo assoluti.

La visione newtoniana si regge sulla legge fondamentale della dinamica:

$$F = m \cdot a$$

Forza (F): un vettore che rappresenta l’azione esterna sul corpo.

Massa (m): lo scalare che misura l’inerzia, ovvero la resistenza intrinseca della materia al cambiamento.

Accelerazione (a): la derivata seconda della posizione rispetto al tempo.

Questa formula implica un *determinismo causale* assoluto: data una forza, l’effetto sulla materia è univocamente calcolabile, rendendo il futuro una semplice estensione meccanica del passato¹.

1.1 Inerzia e Deismo

¹ Sintesi delle altre leggi della meccanica classica. Oltre alla seconda legge della dinamica, il sistema newtoniano si fonda su: *Prima Legge — Inerzia*: ogni corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che non sia costretto a mutare tale stato da forze impresse. *Terza Legge — Azione e reazione*: a ogni azione corrisponde sempre una reazione uguale e contraria; le mutue azioni di due corpi l’uno sull’altro sono sempre uguali e dirette in senso opposto ($F_{\{AB\}} = -F_{\{BA\}}$)

Legge di Gravitazione universale: due corpi dotati di massa si attraggono con una forza direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ dove G è la costante gravitazionale.

Wolfhart Pannenberg ha evidenziato come l'introduzione del *principio di inerzia* nel XVII secolo abbia scosso la dottrina della *creatio continua*. Se la materia persiste nel suo stato senza intervento esterno, il ruolo di Dio come "sostentatore" costante dell'essere appare superfluo, relegandolo a "Grande Progettista" — Deismo — che abbandona la creazione alle proprie leggi. L'atomismo fisico ha così alimentato un'antropologia dell'individuo isolato, in contrasto con la visione paolina di un cosmo dove "*tutte le cose sussistono insieme*" (Col 1,17).

2. LA RIVOLUZIONE RELATIVISTICA: EINSTEIN E IL LOGOS CONTINGENTE

Albert Einstein, tra il 1905 — *Relatività ristretta* — e il 1915 — *Relatività generale* —, ha ridefinito il cosmo come un tessuto dinamico dove spazio e tempo non sono più "contenitori" ma variabili legate alla materia.

2.1 Equivalenza Massa-Energia (1905):

$$E = m \cdot c^2$$

Questa equazione stabilisce che la *massa* (m) è una forma di *energia* (E) condensata (moltiplicata per il quadrato della velocità della luce, "c"). Fisicamente, ciò significa che la materia non è sostanza statica, ma dinamismo energetico.

2.2 L'Intervallo Invariante di Minkowski:

Con Einstein e Minkowski (1908), scopriamo che la distanza spaziale e l'intervallo temporale tra due eventi possono variare a seconda della velocità dell'osservatore. Tuttavia, esiste una quantità che non cambia mai per nessuno, chiamata appunto *intervallo invariante* (ds^2):

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$

dx, dy, dz: sono le differenze nelle tre coordinate spaziali (larghezza, altezza, profondità).

dt: è la differenza di tempo tra i due eventi.

c: è la velocità della luce, che funge da fattore di conversione per rendere il tempo confrontabile con lo spazio.

ds²: è l'intervallo risultante.

L'aspetto rivoluzionario è che, sebbene un osservatore veda più spazio (dx) e meno tempo (dt) e un altro veda l'opposto, il calcolo finale di ds^2 darà sempre lo stesso identico risultato per entrambi. Questo significa che, sotto il velo della relatività soggettiva, esiste *un'architettura oggettiva* e fissa del cosmo.

2.3 Thomas Torrance e la razionalità del Logos

Thomas F. Torrance (1913-2007) sostiene che l'invarianza razionale (ds^2) rifletta il *Logos* divino: l'universo è intelligibile perché è stato creato attraverso la Ragione suprema. Torrance introduce il concetto di *razionalità contingente*: l'universo ha un ordine matematico rigoroso ma non necessario; esso esiste solo per la libera scelta d'amore di Dio. Questo supera il dualismo tra spirito e materia, poiché la geometria stessa dello spazio-tempo è "carica" di significato (teologico).

3. INDETERMINAZIONE E *KENOSI*: LO SPAZIO DELLA LIBERTÀ

Con la nascita della meccanica quantistica — Planck, 1900; Heisenberg, 1927 —, la materia ha rivelato un'apertura ontologica fondamentale che sfida il determinismo di Newton.

3.1 Legge di Planck (1900):

$$E = h \cdot \nu$$

E (Energia): rappresenta l'energia contenuta in un singolo "quanto" (ad esempio, un fotone).

h (Costante di Planck): è una costante universale fondamentale ($6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$) che stabilisce la scala minima della realtà. Senza questa costante, i pacchetti d'energia non esisterebbero e l'universo sarebbe un *continuum* deterministico.

ν (Frequenza): indica quante oscillazioni al secondo compie l'onda associata alla particella. Poiché h è fissa, l'energia di un pacchetto dipende esclusivamente dalla sua frequenza: più alta è la frequenza, più "carico" di energia è il pacchetto.

➔ Polkinghorne sostiene che la quantizzazione dell'energia sia la base di un "universo aperto".

Se l'energia fosse continua e interamente prevedibile, il mondo sarebbe una macchina chiusa. La granularità quantistica suggerisce invece una realtà fatta di potenzialità e novità, dove il futuro non è una semplice ripetizione del passato. Teologicamente, il fatto che l'energia si presenti in

unità discrete riflette la *contingenza* del creato. Le cose non esistono per necessità matematica assoluta, ma come “pacchetti” di essere specifici e finiti, dotati dal Creatore della capacità di “farsi da sé”.

3.2 Principio di Indeterminazione di Heisenberg (1927):

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2}$$

Lo spartiacque definitivo tra la visione meccanicistica di un universo “orologio” e la visione contemporanea di un universo “aperto” e relazionale.

Δx (Incertezza sulla posizione): rappresenta quanto poco conosciamo il luogo esatto in cui si trova una particella.

Δp (Incertezza sulla quantità di moto): rappresenta quanto poco conosciamo la sua velocità e direzione (il suo “stato di moto”).

h (Costante di Planck ridotta): ‘ il valore minimo di “azione” nell’universo.

Il segno $\geq$ (maggiore o uguale) indica che il prodotto di queste due incertezze non può mai scendere sotto una soglia fissa. Se cerchiamo di rendere Δx quasi zero (posizione esattissima), matematicamente Δp deve tendere all'infinito (velocità totalmente ignota), e viceversa.

3.2.1 Dall’epistemologia all'ontologia

È cruciale distinguere tra due interpretazioni che sono state dibattute per decenni:

Interpretazione Epistemologica: l’idea che la particella *abbia* una posizione e una velocità precise, ma che i nostri strumenti siano troppo grossolani per misurarle senza disturbarle.

Interpretazione Ontologica: l’affermazione, oggi ampiamente accettata nel consenso scientifico, che la particella non possiede simultaneamente queste proprietà in modo definito.

Heisenberg ci dice che a livello fondamentale la realtà è “sfocata” o “fitful” (incostante). Prima della misurazione, la particella esiste in un mare di potenzialità; non è che noi “non sappiamo” dove sia, è che essa “non è” in un unico posto definito.

3.3 Polkinghorne e la Creazione Kenotica

John Polkinghorne (1930-2021) interpreta questa “apertura” come una forma di *Kenosi* (svuotamento). Dio, per amore, “lascia spazio” alla creazione affinché possa “farsi da sé”. L’universo

non è un teatro di marionette, ma un sistema aperto dove la Provvidenza agisce attraverso l'input di "informazione attiva" (una causalità *top-down*) senza violare le leggi fisiche. Le fessure ontologiche quantistiche permettono l'interazione tra lo Spirito (puro atto) e la materia.

4. ENTANGLEMENT: LA PERICHORESIS COME FONDAMENTO DELL'ESSERE

Il fenomeno dell'*entanglement* (1935, confermato da Bell nel 1964²) dimostra che due particelle possono rimanere istantaneamente correlate indipendentemente dalla distanza.

$$|\Psi_{AB}\rangle \neq |\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle$$

$|\Psi_{AB}\rangle$ (Stato del Sistema Totale): Utilizza la *notazione di Dirac* (ket)³ per indicare lo stato quantistico dell'intero sistema composto dalle particelle A e B.

$|\psi_A\rangle$ e $|\psi_B\rangle$: rappresentano gli stati che le particelle avrebbero se fossero indipendenti.

Prodotto (Prodotto Tensoriale): è l'operazione matematica che "somma" le parti per formare un tutto separabile. Se la formula fosse un'uguaglianza (=), significherebbe che il sistema è solo la somma dei suoi componenti (visione atomista).

² John Bell dimostrò matematicamente che, se il mondo fosse composto da particelle dotate di proprietà locali e indipendenti, la correlazione tra le misure di due particelle non potrebbe superare un certo limite numerico. Questo limite è espresso dalle *Disuguaglianze di Bell*. In una delle versioni più comuni (CHSH), il valore S delle correlazioni deve rispettare questa condizione in un mondo classico: $S \leq 2$. L'esperimento prevede la misurazione dello *spin* (o della polarizzazione) di due particelle *entangled* inviate a due rilevatori distanti. I rilevatori cambiano continuamente l'angolo di misurazione in modo casuale. Risultato classico: se le particelle fossero separate, il valore S sarebbe sempre ≤ 2 . Risultato quantistico: gli esperimenti hanno mostrato che il valore è circa $2\sqrt{2} \approx 2.82$. Poiché $2.82 > 2$ le *Disuguaglianze di Bell* sono violate. Questo significa che il presupposto del realismo locale è falso: la separazione tra le particelle non esiste a livello ontologico.

³ La *notazione di Dirac*, nota anche come *notazione bra-ket*, è il linguaggio formale universale della meccanica quantistica, introdotto dal fisico Paul Dirac nel 1939.

Il Ket - Lo stato come Essere: Il *ket*, indicato dal simbolo $|\psi\rangle$ rappresenta lo stato quantistico di un sistema. Matematicamente, è un vettore in uno spazio astratto chiamato Spazio di Hilbert. Non rappresenta una "cosa" statica, ma l'insieme di tutte le potenzialità di un sistema (ad esempio, lo spin di un elettrone o la posizione di un fotone).

Il bra, indicato dal simbolo $\langle \dots |$ è il "duale" del ket. Matematicamente, è un funzionale lineare, che possiamo immaginare come un vettore riga pronto ad accogliere un vettore colonna (il ket). Rappresenta l'osservatore o l'apparato di misura che "interroga" il sistema.

Quando un *bra* incontra un *ket*, formano un *bracket* (parentesi), ovvero un numero complesso che rappresenta il prodotto interno; indica l'"ampiezza di probabilità" che il sistema si trovi in un determinato stato. È la misura di quanto due stati si "sovrappongono" o sono in armonia tra loro.

Paul Dirac era ossessionato dalla bellezza matematica, arrivando a sostenere che "Dio ha usato una matematica bellissima nel creare il mondo". John Polkinghorne sottolinea spesso che la capacità della notazione di Dirac di semplificare calcoli immensi in simboli eleganti e simmetrici non è un caso, ma un riflesso del *Logos*.

Il segno di disuguaglianza ($\neq$): è il cuore della formula. Indica che lo stato del *sistema non può essere scomposto* in parti individuali. In un sistema *entangled*, l'informazione risiede nella *relazione* stessa e non nelle singole particelle.

Dobbiamo guardare a cosa succede quando due oggetti sono indipendenti.

Lo Stato di Prodotto (separabilità): nella fisica classica o in sistemi quantistici non correlati, se la particella A è in uno stato (ad esempio “spin su”) e la particella B è in un altro (“spin giù”), il sistema totale è semplicemente la somma o il “prodotto” delle due: $|\Psi_{AB}\rangle = |\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle$. In questo caso, le parti precedono il tutto: conosco A, conosco B, e quindi conosco il sistema.

Lo Stato Entangled (non-separabilità): in un sistema *entangled*, la matematica ci dice che lo stato globale *non può essere scomposto* in parti individuali. Non esiste un'equazione separata per A e una per B. L'informazione non risiede “dentro” le particelle, ma nella *relazione* tra di esse: nel “Tutto”. Se provi a descrivere A senza B, la matematica fallisce perché A, da sola, non ha uno stato definito finché non viene misurato l'intero sistema.

4.1 Le proprietà definite solo nel sistema

In fisica classica, una mela è rossa anche se nessuno la guarda. In un sistema *entangled*, le particelle non possiedono proprietà “locali” (come la posizione o lo spin) in modo indipendente.

- Esse esistono in una **sovrapposizione di stati** finché non avviene una misurazione.
- Nel momento in cui misuro la particella A, la particella B “collassa” istantaneamente nello stato corrispondente, anche se si trova dall'altra parte della galassia. Questo dimostra che la loro identità non è una proprietà privata del singolo atomo, ma un “prestito” che ricevono dal legame che le unisce.

4.2 Separazione fisica vs Separazione ontologica

- **Separazione fisica:** è la distanza misurabile nello spazio (metri, chilometri, anni luce). Le particelle appaiono come due punti distinti nello spazio-tempo.
- **Separazione ontologica:** riguarda la natura dell'essere. L'*entanglement* dimostra che la separazione fisica è, in un certo senso, un'illusione ottica. A livello di “essere” (ontologia), le particelle rimangono una singola entità indivisibile. Il Teorema di Bell (1964) ha confermato sperimentalmente che nessuna “variabile nascosta” locale può spiegare questo legame: l'universo è intrinsecamente non-locale.

4.3 Zizioulas e l'Ontologia relazionale

Nel volume *The Trinity and an Entangled World* (2010), John Zizioulas collega l'*entanglement* alla *Perichoresis* trinitaria (mutua compenetrazione). Egli distingue tra:

- *Ekstasis*: il movimento della persona che "esce" da sé per relazionarsi all'altro.
- *Hypostasis*: la sussistenza particolare che si riceve solo attraverso la relazione.

L'essere è comunione: come l'elettrone *entangled* non esiste come monade, così la persona umana è definita dai suoi nodi relazionali. La sostanza di Dio (e della creazione) non è una "cosa" solitaria, ma l'evento stesso dell'amore relazionale.

Bibliografia

DELIO, ILIA, *Il Cristo emergente. Il senso cattolico di un universo in continua evoluzione*, San Paolo 2014.

EINSTEIN, ALBERT, *Relatività. Esposizione divulgativa*, a cura di V. Barone, Bollati Boringhieri, Torino 2025.

HEISENBERG, WERNER, *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano 2015.

NEWTON, ISAAC, *Principia. Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di A. Pala, UTET, Torino 1997.

PANNENBERG, WOLFHART, *Teologia sistematica*, 3 voll., Queriniana, Brescia 1996.

POLKINGHORNE, JOHN, *Quark, caos e cristianesimo*, Claudiana, Torino 1997.

POLKINGHORNE, JOHN, *The Trinity and an Entangled World: Relationality in Physical Science and Theology*, Wm. B. Eerdmans Publishing Co. Publication, 2010.

ZIZIOULAS, JOHN D., *Being as Communion: Studies in Personhood and the Church*, Darton, Longman & Todd Ltd, 1985.