

Alessandro Pluchino (2023)

Aristotele 2.0?

Se la si inquadra da una certa prospettiva, è forte l'impressione che la *dottrina aristotelica delle cause* [1], che incarna la critica del grande filosofo stagirita al materialismo dei presocratici, abbia anticipato molti dei temi che oggi sono – o meglio dovrebbero – essere al centro del dibattito sulla contrapposizione tra vivente e non-vivente, organico e inorganico, causalità e finalità, teleonomia e teleologia, etc.

Nelle prossime pagine cercheremo di spiegare come le *quattro cause* di Aristotele possano essere rivisitate in chiave moderna per gettare luce su questo dibattito.

1-Causa Materiale, ossia ciò di cui un'entità è costituita.

Riguardo a questa tipologia di causa, probabilmente Aristotele concorderebbe con l'affermazione che, in accordo con il *riduzionismo ontologico* o *costitutivo* [2] (ormai accettato dalla stragrande maggioranza degli scienziati), qualunque entità, vivente o non vivente, a qualunque livello di descrizione sia situata nella gerarchia delle strutture, è costituita dalla stessa sostanza di base, cioè dai campi di materia-energia-informazione che caratterizzano il livello fondamentale della realtà.

In questo senso, la moderna *teoria quantistica-relativistica dei campi* sarebbe la base *necessaria* di qualunque descrizione del reale, sebbene essa *non sia sufficiente* quando si considerano entità a scale non microscopiche e soprattutto a livelli di complessità crescenti. E' evidente infatti che a questi livelli di descrizione più elevati rispetto a quello fondamentale emergono nuove proprietà e nuove leggi intrinsecamente non riconducibili/riducibili alla teoria dei campi (è la cosiddetta "*emergenza radicale*" [3]). Tale evidenza, tuttavia, non è affatto in contrasto con il riduzionismo ontologico, ma semmai con il cosiddetto *riduzionismo epistemologico* o *teoretico*, secondo il quale le teorie e le leggi formulate ad un dato livello di descrizione sarebbero da considerarsi sempre come casi particolari di teorie e leggi formulate ad un livello di descrizione inferiore. E' questa forma di riduzionismo ad essere chiaramente falsificata da qualunque fenomeno complesso, a maggior ragione se appartenente al reame del vivente.

Anche il cosiddetto *riduzionismo metodologico* o *esplicativo*, il quale asserisce che per comprendere un certo sistema debba sempre essere necessario analizzarne gli elementi costituenti, i componenti degli elementi costituenti, i componenti dei componenti e così via, fino al più basso livello gerarchico (e che ha certamente permesso alla scienza di ottenere alcuni indiscussi successi, dalla scoperta dei quark fino a quella del DNA), sembra essere seriamente messo in difficoltà dalla non-linearità tipica di qualunque sistema complesso, in cui il tutto è sempre maggiore della somma delle parti e in cui, quindi, le relazioni tra gli elementi sembrano essere più importanti della costituzione degli elementi stessi.

Mettere in discussione il riduzionismo ontologico significherebbe invece individuare una qualche forma di discontinuità, ontologica appunto, tra il vivente e il non vivente, tra il mondo animato e quello inanimato, tra le entità coscienti e quelle non coscienti. Ma a quanto mi risulta i tentativi in tal senso sono sempre falliti (inclusi quelli di dimostrare l'esistenza di un'anima immateriale e/o del libero arbitrio, peraltro presunte prerogative esclusive di una certa specie privilegiata di ominidi di nostra conoscenza...). Nel seguito assumeremo quindi che qualunque fenomeno dell'universo sia *compatibile* con (ovvero *non violi*) l'assunzione di base del riduzionismo ontologico.

2-Causa Efficiente, ossia l'agente che determina il mutamento.

Questa tipologia di causa proposta da Aristotele coinciderebbe con il concetto generale di causa espresso dal principio di causalità, che è alla base della visione deterministica del mondo e del successo del metodo scientifico. Potremmo definirlo così: l'evento A è causa dell'evento B se (i) A si trova nel passato di B (più precisamente, dal punto di vista relativistico, nel "cono di luce del passato" di B) e se (ii) senza l'evento A l'evento B non si sarebbe verificato.

E' questo il concetto di causa che aveva in mente Laplace quando enunciò il suo celebre manifesto del determinismo [4]: *“Possiamo considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo passato e la causa del suo futuro. Una intelligenza che, per un istante dato, potesse conoscere tutte le forze da cui la natura è animata e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, e che inoltre fosse abbastanza grande da sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti del più grandi corpi dell'universo e quelli dell'atomo più leggero: nulla le risulterebbe incerto, l'avvenire come il passato sarebbe presente ai suoi occhi”*.

Ovviamente, quando parlava di “una intelligenza”, Laplace non si riferiva ad una intelligenza umana ma ad una intelligenza sovranaturale, divina. Dal nostro punto di vista limitato, infatti, è spesso impossibile identificare con precisione le catene causali che portano ad un qualsiasi evento, anche quando abbiamo a che fare con fenomeni fisici relativamente semplici (come il lancio di un dado o di una moneta), figuriamoci quando abbiamo a che fare con fenomeni complessi, soprattutto in ambito biologico, psicologico o sociale [5].

I concetti di caos deterministico e di criticità auto-organizzata introdotti nella seconda metà del secolo scorso (sulla base delle profonde intuizioni avute da Poincaré quasi un secolo prima [6]) hanno mostrato chiaramente che il determinismo non coincide con la prevedibilità e che quindi l'imprevedibilità dei fenomeni macroscopici complessi, che si tratti di complessità organica o inorganica (secondo la distinzione di Weaver [7]), può essere perfettamente compatibile con l'esistenza di catene causali deterministiche che legano la dinamica temporale di questi sistemi alla loro storia passata.

In questa prospettiva, l'indeterminismo quantistico entrerebbe in gioco solo al livello più basso di descrizione della realtà, dove hanno origine le catene causali deterministiche (altrimenti cadremmo in un regresso infinito di cause), cioè al livello microscopico delle fluttuazioni di energia del cosiddetto “vuoto quantistico” (o campo di energia di punto zero): queste fluttuazioni rappresenterebbero l'unica vera sorgente di “casualità oggettiva” nel nostro universo, laddove tutti gli altri eventi apparentemente casuali (a partire dal lancio di dadi o della moneta citati sopra, fino ad arrivare alla nostre scelte tra due o più opzioni che giudichiamo equipollenti) sarebbero in realtà solo “pseudo-casuali”, avendo anch'essi alle spalle la loro catena deterministica di cause antecedenti [8].

Il combinato disposto di determinismo + casualità oggettiva potrebbe quindi essere alla base di qualunque fenomeno fisico, biologico, psicologico o sociale, a qualunque livello di complessità e di organizzazione esso si manifesti.

Se la catena di causa-effetto è relativamente semplice da identificare, come avviene per i fenomeni regolati da leggi fisiche espresse sotto forma di equazioni differenziali in forma chiusa (che permettono di effettuare previsioni sotto forma di soluzioni delle equazioni stesse), si può parlare – con Mayr [9], come già ricordato da Brunella – di processi “teleomatici”, cioè di processi automatici che non hanno alcun fine reale, anche se a volte sembra che ce l'abbiano (un sasso che rotola perché gli ho dato un calcio, un corpo che si porta all'equilibrio termico con l'ambiente).

Se la catena di causa-effetto è meno evidente, in quanto coinvolge processi più complessi e magari situati a livelli di descrizione differenti, si può parlare invece – sempre con Mayr – di processi “teleonomici”, cioè di processi che coinvolgono una qualche forma di progettualità, tipicamente da parte di entità viventi; ma anche in questo caso non si tratta di processi intrinsecamente teleologici, in quanto le loro cause restano comunque nel passato (come quando decido di bere un bicchier d’acqua e poi eseguo le operazioni necessarie per portare a termine il mio progetto). Un processo genuinamente teleologico dovrebbe fare piuttosto riferimento a cause che si trovano nel futuro, dunque richiederebbe una generalizzazione del principio di causalità come lo abbiamo enunciato in precedenza (vedremo che questa generalizzazione non è impossibile, ma farà riferimento ad un’altra tipologia di cause previste da Aristotele, quelle “finali”).

Restando legati al principio di causalità, la natura ci appare come una struttura gerarchica e priva di scala (scale-free o frattale), dotata di anelli di retroazioni multiple e costituita da molteplici livelli di descrizione, all’interno di ciascuno dei quali i sistemi viventi (particolari strutture dissipative fuori dall’equilibrio, termodinamicamente aperte e operativamente chiuse) si auto-organizzano (autopoieticamente) al margine del caos salvaguardando l’equilibrio dinamico tra le loro due tendenze fondamentali, quella auto-assertiva (egoistica, competitiva) e quella integrativa (altruistica, cooperativa), e co-evolvendo così verso livelli di complessità crescente, sospinti dalla pressione evolutiva delle mutazioni casuali e della selezione naturale darwiniana multilivello [5]. Dal livello delle cellule, a quello degli organismi dotati di sistema nervoso, fino a quello degli ecosistemi naturali e delle strutture socioculturali, potenti principi organizzatori (sincronizzazione, criticità auto-organizzata, rottura spontanea della simmetria e super-coerenza, sinergetica, simbiosi, memetica ed evoluzione lamarckiana, ecc.) hanno sicuramente affiancato la selezione naturale nell’arco di milioni di anni, giocando di volta in volta il ruolo di forze dell’ordine o del disordine. Rimane però aperta la questione se tutti questi principi, e più in generale i processi basati sulle sole cause materiali ed efficienti, bastino a tenere conto della differenza tra vivente e non vivente, tra organico e non organico.

Forse nel prossimo futuro la nuova matematica “relazionale” della complessità sviluppatasi negli ultimi trent’anni, fatta di sistemi dinamici e geometria frattale, di automi cellulari e meccanica statistica non estensiva [10], di reti mono e multilayer [11] con eventuali interazioni multiple (ossia di ordine più elevato di quello “pairwise”, dove i link collegano solo coppie di nodi), ma anche di teorie più controverse come quella della formazione dei domini di coerenza in elettrodinamica quantistica [12] (veicolata negli organismi biologici dalle molecole d’acqua), riuscirà a catturare quel “quid” che separa la vita dalla non vita e a svelare definitivamente il segreto della coscienza e dell’auto-coscienza. Forse riusciremo prima o poi a riprodurre una cellula vivente in laboratorio a partire dagli elementi chimici di cui appare composta in natura, o magari realizzeremo forme di vita artificiale a partire da altri elementi (ad esempio utilizzando silicio invece che carbonio) e riusciremo a dotarle di reti neurali sufficientemente complesse da generare forme genuine di coscienza non biologica. O forse in un futuro non troppo lontano i nuovi supercomputer riusciranno a riprodurre virtualmente un batterio o addirittura un cervello, sganciando così la vita dal dominio della materia e aprendo la strada ad un universo di pura informazione (forse il coronamento finale del “metaverso” sponsorizzato già oggi dal patron di Facebook, Mark Zuckerberg), il tutto sempre senza violare le prescrizioni del riduzionismo ontologico.

Ma sono dei “forse” grandi quanto una casa. Nulla ci assicura che, invece, Aristotele non ci avesse visto giusto e che siano necessarie altre tipologie di cause per catturare l’essenza della vita e della coscienza. E che magari si tratta di cause strettamente legate ad alcune caratteristiche intrinseche del mondo biologico.

3-Causa Formale, ossia la forma o l'essenza di un'entità.

Nel paragrafo precedente abbiamo citato il vuoto quantistico come sorgente degli eventi microscopici genuinamente casuali che starebbero alla base delle catene causali deterministiche che condizionano le dinamiche degli eventi macroscopici a tutti i livelli di descrizione della realtà. All'inizio degli anni Novanta del secolo scorso il teorico dei sistemi Ervin Laszlo propose un altro possibile ruolo del vuoto quantistico, legato alla sua presunta capacità di "memorizzare" le traiettorie sia di singole particelle elementari che di interi sistemi complessi sotto forma di "figure di interferenza" analoghe a quelle con cui si memorizzano immagini tridimensionali su una lastra olografica bidimensionale. Per questo motivo Laszlo diede al vuoto quantistico il nome di "campo olografico" [13].

In estrema sintesi, l'importanza dell'ipotesi olografica di Laszlo – che per inciso si sposa sia con interpretazioni realiste della meccanica quantistica (come quella di Bohm [14]) sia con altre più recenti ipotesi del vuoto quantistico come una forma moderna di etere turbolento (Consoli-Pluchino [15]) – sta nel fatto che alcuni tipi particolari di sistemi complessi, quali ad esempio i sistemi viventi e più in generale i sistemi al margine dal caos, sembrerebbero essere in grado di realizzare una "trasformazione inversa" e dunque di "leggere" le tracce impresse nel vuoto da loro stessi o da altri sistemi analoghi, sfruttando questo processo per "guidare" la loro evoluzione spazio-temporale in maniera "in-formata" e non più "cieca" come prevedono le teorie evolutive standard. In questo modo i sistemi viventi riuscirebbero, per così dire, a "prendere la strada giusta" in prossimità delle biforcazioni evolutive previste ad esempio dalla termodinamica dei processi irreversibili di Prigogine [16], dirigendosi così verso forme sempre più elevate di complessità. E il tutto, ancora una volta, senza violare le prescrizioni del riduzionismo ontologico.

Come scrive lo stesso Laszlo [13], "[...] grazie alla multidimensionalità della forma d'onda, gli organismi sono in-formati sia della loro figura morfologica specie-specifica, sia della figura dei più ampi sistemi in cui sono integrati. Di conseguenza l'effetto del campo olografico conduce gli individui biologici verso la generazione e la rigenerazione delle loro morfologie specie-specifiche e le specie biologiche verso la mutazione, adattata all'ambiente, del genotipo". Se l'ipotesi di Laszlo fosse confermata (al momento evidentemente ancora non lo è), il campo olografico potrebbe dunque rappresentare la riproposizione in chiave moderna del concetto aristotelico di causa formale, che risulterebbe dunque indispensabile per consentire ai sistemi viventi di conservare le loro funzioni e le loro caratteristiche peculiari (organizzazione, individualità, diversità e relazionalità [17]) mantenendosi dinamicamente fuori dall'equilibrio termodinamico in quello stato metastabile a bassa entropia (ed elevata neghentropia) che chiamiamo appunto "vita".

Il concetto di causa formale potrebbe anche essere tirato in ballo a proposito di alcune varianti meno ortodosse del campo olografico di Laszlo, come ad esempio i "campi morfogenetici" di Brian Goodwin e Rupert Sheldrake [18], i "fattori immateriali di guida" di Hermann Weyl [19], le "impronte psichiche" di Alistair Hardy [20] o gli "archetipi" di Roberto Fondi [21]. Ciò che accomuna e rende interessanti questi concetti, al di là del loro attuale livello di solidità scientifica, è che si tratta comunque di tentativi di superare il principio di causalità legato alle sole cause efficienti, esponendolo alle suggestioni di antiche tradizioni sapienziali ed esoteriche non solo occidentali ma anche orientali. A questo proposito lo stesso Laszlo, quando parla del vuoto quantistico come di un campo universale in grado di creare una registrazione olografica dell'avventura della materia nello spazio e nel tempo, fa spesso riferimento alle intuizioni della filosofia indiana relative all'esistenza di un "*campo akashico*", che conterrebbe una registrazione duratura di tutto ciò che accade ed è mai accaduto nell'intero universo. Questo concetto richiama fortemente anche il concetto di inconscio collettivo di Jung, un contenitore psichico universale – non dissimile dalla noosfera di Teilhard de Chardin [22] – contenente simboli e archetipi condivisi da tutti i membri della nostra specie ("*trasformate specie-specifiche nel dominio delle frequenze del campo olografico*", li chiamerebbe Laszlo) e ai quali la

nostra mente riuscirebbe, in particolari condizioni, ad attingere. Lo psicologo transpersonale Stanislaw Grof, attraverso centinaia di sedute eseguite con pazienti in stati alterati di coscienza, ha mostrato molto chiaramente come la nostra mente possa, in quelle condizioni, accedere ad ogni aspetto dell'universo, e in particolare alla sfera degli archetipi e al mondo del mito [23].

Ad ogni modo, anche se si riuscisse a dimostrare definitivamente che un qualche tipo di causa formale giochi un ruolo decisivo nell'emergere della vita dalla non vita nel nostro universo, questo potrebbe ancora non essere sufficiente. Potrebbe ancora mancare un ingrediente fondamentale alla ricetta del vivente...

4-Causa Finale, ossia lo scopo per cui una certa entità esiste.

Eccoci così arrivati alla quarta e ultima tipologia di cause immaginate da Aristotele, ossia quelle finali. Queste potrebbero essere in realtà le più importanti ai fini della questione che ci interessa, ossia quella di capire se davvero esiste una peculiarità delle entità viventi rispetto a quelle non viventi. Infatti la loro esistenza introdurrebbe genuini aspetti teleologici (non più solo teleomatici o teleonomici) in grado di generalizzare la definizione standard del principio di causalità estendendola a cause che non si trovano solo nel passato di un certo evento (come quelle efficienti o quelle formali) ma anche nel suo futuro.

Il motivo principale per cui le cause finali sono sempre state ufficialmente bandite dal dibattito scientifico è legato alla profonda influenza che la visione newtoniana classica dello scorrere del tempo ha esercitato sul pensiero occidentale. Basti pensare che questa visione resiste tuttora tenacemente dentro di noi, nonostante da più di cento anni la teoria della Relatività einsteiniana l'abbia messa definitivamente in discussione. Ma se è così resistente, è perché è certamente quella che si sposa meglio con le nostre sensazioni: un presente che fluisce, uniformemente e alla stessa velocità dappertutto, da un passato che non esiste più, ma che è in grado di influenzare causalmente il presente, verso un futuro che non esiste ancora e quindi non può essere in grado di esercitare alcuna influenza causale.

La Relatività, che peraltro – insieme alla teoria quantistica – è tra le teorie sperimentalmente più corroborate nella storia della scienza, ci restituisce una visione completamente diversa: lo scorrere del tempo è un'illusione dei sensi e il passato e il futuro, dal canto loro, coesistono invece in quello che viene chiamato continuum spazio-temporale [24]. Quindi il modello di realtà più compatibile con la teoria einsteiniana sarebbe quello di un "universo blocco" quadridimensionale (tre dimensioni spaziali più una temporale), eterno e imm modificabile, in cui la distensione lungo la direzione del tempo di qualunque entità può essere rappresentata da una specie di "linea" vermiforme (detta appunto linea di universo). In questo universo blocco le entità viventi dotati di una qualche forma di coscienza (i cosiddetti "osservatori") avrebbero uno statuto particolare [25]. Solo loro, infatti, sperimenterebbero un tempo che scorre (*Chronos*, per i greci la forma temporale del divenire), nella direzione stabilita dalla 'freccia del tempo' del secondo principio della termodinamica (cioè dalla crescita dell'entropia). In realtà, però, nulla scorre: tutto è eternamente presente nell'universo blocco dimensionale, che coinciderebbe con l'*Aion* greco, il «sempre-essente», la «durata» senza limiti, che non ha né principio né fine e che se ne sta, perciò, perennemente nell'«ora», privo di passato e di futuro¹ [26].

¹ Si noti per inciso che questa interpretazione fisico/biologica della distinzione tra *Chronos* e *Aion* riconcilerebbe le visioni apparentemente contrapposte del divenire di Eraclito e dell'essere di Parmenide, come aveva già provato a fare Platone nel *Timeo* quando scrisse: "La natura dell'anima era eterna, e questa proprietà non era possibile conferirla pienamente a chi fosse stato generato: e però (il padre) pensa di creare un'immagine mobile dell'eternità [aionos], e... che procede secondo il numero, quella che abbiamo chiamato tempo [chronos] (Platone, *Timeo*, 37d-38a).

Dunque, se il futuro esiste già, non è più così scontato che non possa esercitare alcuna influenza retroattiva sugli eventi presenti o passati. Intorno alla metà degli anni Ottanta del secolo scorso, il celebre fisico statunitense John Wheeler propose un famoso esperimento mentale (poi denominato *delayed-choice experiment* e confermato anche sperimentalmente) proprio allo scopo di dimostrare che le scelte che un osservatore compie in un certo momento contribuiscono a *determinare eventi del passato*, anche molto remoto: è la cosiddetta “causalità a ritroso” [27]. In realtà, già alcuni decenni prima, il matematico italiano Luigi Fantappiè aveva scoperto una possibile “sorgente” fisica di questa causalità a ritroso, ponendola alla base della distinzione tra il vivente e il non vivente [28].

Basandosi su proprietà matematiche delle equazioni ondulatorie fondamentali della meccanica relativistica, e integrandole con la natura discontinua dei fenomeni quantistici, Fantappiè aveva dimostrato che quelle equazioni ammettono due tipi di soluzioni: le *soluzioni dei potenziali ritardati*, rappresentate da onde divergenti dalle sorgenti e dirette dal passato verso il futuro, e le *soluzioni dei potenziali anticipati*, rappresentate da onde convergenti verso le sorgenti, e dirette dal futuro verso il passato. Nella sua “*Teoria unitaria del mondo fisico e biologico*” del 1944, il matematico italiano aveva intuito che se la prima tipologia di soluzioni (ben note agli scienziati) era certamente alla base dei comuni processi fisici di tipo entropico (cioè quelli governati dalle cause efficienti, per i quali si osserva un aumento dell’entropia del sistema considerato), la seconda poteva essere invece alla base di un’altra categoria di processi, che lui definì sintropici (governati quindi da cause che si trovano nel futuro), tipici di tutti i fenomeni, come ad esempio quelli biologici, dove si osserva una riduzione locale di entropia.

La teoria di Fantappiè (anche in questo caso, se fosse confermata) consentirebbe di spiegare la natura profonda della vita senza introdurre alcun *élan vital* (dunque senza violare le prescrizioni del riduzionismo ontologico), ma semplicemente allargando la descrizione dei fenomeni naturali dal solo contesto entropico a quello entropico-sintropico, dove il concetto aristotelico di causa finale – anch’esso declinato in chiave moderna – troverebbe una sua collocazione come garante della natura genuinamente teleologica dei processi biologici. Per inciso, le due componenti entropica e sintropica ricordano molto da vicino, rispettivamente, le due componenti di energia “tangenziale” e “radiale” introdotte qualche anno più tardi da Teilhard de Chardin [22] per caratterizzare il processo che, secondo il gesuita e paleontologo francese, muoverebbe l’evoluzione delle specie verso livelli sempre più elevati di complessità-coscienza... chissà che Teilhard non si sia ispirato proprio a Fantappiè per elaborare le sue teorie...

In conclusione, è davvero forte la sensazione che l’odierno dibattito sulle differenze tra materia vivente e non vivente potrebbe essere arricchito da una rivisitazione delle intuizioni aristoteliche relative alle quattro cause, una sorta di *Aristotele versione 2.0*, possibilmente fondata su una relatività fisicamente realizzata in un “vuoto strutturato” che per ironia della sorte sembra oggi avvicinarsi molto a quella visione atomistica/meccanicistica dei presocratici (ovviamente anch’essa rielaborata in chiave moderna, accessoriata con interazioni quantistiche non-locali [29]) che lo Stagirita voleva combattere con la sua dottrina delle cause.

Bibliografia

- [1] Si veda ad esempio: F.Fronterotta, *La scienza e le cause a partire dalla metafisica di Aristotele*, Bibliopolis 2010
- [2] Sul riduzionismo si vedano: F.J.Ayala, T.Dobzhansky (eds), *Studies in philosophy of biology*, University of California Press 1974; E.Mayr, *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri 1990

- [3] I.Licata, *La logica aperta della mente*, Codice Edizioni, Torino 2008
- [4] P.S.Laplace, *Essai philosophique des probabilités*, Cambridge University Press 2009
- [5] A.Pluchino, *La firma della complessit . Una passeggiata al margine del caos*, Malcor D'Edizioni 2015
- [6] Si veda ad es.: A.Pluchino, *(Tre) corpi al margine del caos*, su "La Vita Pensata" Gennaio 2022 - <https://www.vitapensata.eu/2022/01/04/tre-corpi-al-margine-del-caos/>
- [7] W.Weaver, *Science and Complexity*, in «American Scientist» 36, 1948
- [8] M.Consoli, A.Pluchino and A.Rapisarda, *Basic randomness of nature and ether-drift experiments*, Chaos, Solitons and Fractals 44 (2011) 1089-1099
- [9] E.Mayr, *The idea of teleology*, Journal of the history of ideas, 53 (1) 1992
- [10] C.Tsallis, *Introduction to non-extensive statistical mechanics*, Springer 2009
- [11] G.Bianconi, *Multilayer networks. Structure and function*, Oxford University Press 2018
- [12] G.Preparata, *QED Coherence in Matter*. World Scientific, 1995. doi: 10.1142/2738; P.Renati, *Relationships and Causation in Living Matter: Reframing Some Methods in Life Sciences?* Physical Science & Biophysics Journal, ISSN: 2641-9165
- [13] Ervin L szl , *L'ipotesi del campo Psi: fisica e metafisica dell'evoluzione*, Lubrina Editore 1987; E.Laszlo, *Alle radici dell'Universo*, Sperling & Kupfer 1993
- [14] D.Bohm, B.Hiley, *The undivided universe: an ontological interpretation of quantum theory*, London, Routledge 1993
- [15] M.Consoli, A.Pluchino, *Michelson-Morley Experiments. An enigma for physics and history of science*, World Scientific 2018
- [16] I.Prigogine, *Termodinamica di irreversibile processes*, Wiley- Interscience, New York 1967
- [17] S.Forestiero, *The historical nature of biological complexity and the ineffectiveness of the mathematical approach to it*, Theory in Biosciences 2022 - <https://doi.org/10.1007/s12064-022-00369-7>
- [18] R.Sheldrake, *A new science of life: the hypothesis of formative causation*, Blond & Briggs, London 1981
- [19] Si veda ad es.: J.A.Wheeler, *Hermann Weyl and the Unity of Knowledge*, American Scientist 74, 1986
- [20] A.Hardy, *The spiritual nature of man*, Oxford University Press 1979
- [21] R.Fondi, *Organicismo ed evoluzionismo: intervista sulla nuova rivoluzione scientifica*, Il Corallo 1984
- [22] T.De Chardin, *Il fenomeno umano*, Queriniana 2014
- [23] S.Grof, *La mente ologica*, Red Edizioni 1996-2007
- [24] C.Rovelli, *L'ordine del tempo*, Adelphi 2017
- [25] A.Pluchino, *Tempo, Cosmologia e Libero Arbitrio*, 2011 http://www.pluchino.it/NUOVO-SITO-2019/BOOKS_ET_AL.html
- [26] U.Curi, *La morte del tempo*, Il Mulino 2021
- [27] Si veda: *Mathematical Foundations of Quantum Theory*, edited by A. R. Marlow, Academic Press, 1978
- [28] L.Fantappi , *Principi di una Teoria Unitaria del mondo fisico e biologico*, Di Renzo Editore 1993
- [29] M.Consoli, A.Pluchino, *Il vuoto: un enigma tra fisica e metafisica*, Aracne Editrice 2015 (http://www.pluchino.it/NUOVO-SITO-2019/BOOKS_ET_AL/IL_VUOTO_2015.pdf); M.Consoli, A.Pluchino, P.Zizzi, *Quantum Non-Locality and the CMB: what Experiments say*, in preparazione