

DUALITÀ', EPIGENESI, INTENZIONALITÀ': DAL MENTE-CORPO AL PERSONA-CORPO

AUTORE: GIANFRANCO BASTI¹

1. L' antropologia duale nel contesto di un'ontologia duale dell'universo fisico e biologico	2
1.1. Verso un'ontologia duale dell'universo fisico e biologico	2
1.1.1. Un cambio di paradigma	2
1.1.2. Logica matematica (mathematical logic) vs. logica filosofica (philosophical logic)	3
1.1.3. Logica filosofica e ontologia formale	6
2. La nozione di informazione nelle scienze fisiche	11
2.1. Una prima approssimazione dal senso comune	11
2.2. La fondazione fisica della nozione d'informazione e la nozione di funzione d'onda	13
2.3. Due ontologie a confronto della nozione d'informazione in fisica fondamentale	14
2.4. Una fondazione informazionale delle leggi matematiche della fisica	15
2.5. Ontologia naturalista dell'informazione e virtualità dei multiversi	17
2.6. Ontologia naturalista dell'informazione e accelerazione entropica dell'universo	21
2.7. Verso una formalizzazione dell'ontologia fisica dell'informazione	22
3. La nozione di informazione nelle scienze biologiche	23
3.1. Genetica, epigenetica e approccio informazionale nelle scienze biologiche	23
3.2. Ontologia dei viventi secondo la teoria duale	26
3.3. Persona e personalità, trascendenza e inter-soggettività	27
3.4. Sopravvivenza dell'anima individuale nella teoria duale	30

¹ Ordinario di Filosofia della Natura e della Scienza, Facoltà di Filosofia, Pontificia Università Lateranense (basti@pul.it) .

Abstract

L'articolo presenta una sintesi dell'attuale dibattito molto vivace nelle scienze fisiche, biologiche e neurocognitive sulla realtà e sul ruolo dell'informazione nei sistemi fisici, biologici e neurali. La risultante nozione di informazione come grandezza fisica fondamentale come l'energia si pone in continuità con un'ontologia duale dell'ente fisico in generale. Ciò è consistente con un'antropologia della persona come sostanza psicofisica ed una ridefinizione del classico problema mente-corpo nei termini più appropriati di "persona-corpo".

In this paper we present a synthesis of the actual debate in the physical, biological and neurocognitive sciences about the reality and the role of information in the physical, biological and neural systems. Such a notion of information as a fundamental physical magnitude like energy, is compatible with a dual ontology of the physical being in the wider sense. This ontology is consistent with an anthropology of the person as a psychophysical substance, and with a re-definition of the classical mind-body problem in the more appropriate terms of the person-body relationship.

1. L' ANTROPOLOGIA DUALE NEL CONTESTO DI UN'ONTOLOGIA DUALE DELL'UNIVERSO FISICO E BIOLOGICO

1.1. Verso un'ontologia duale dell'universo fisico e biologico

1.1.1. Un cambio di paradigma

Il fisico e cosmologo inglese Paul Davies ora all'Arizona State University di Tucson, nella conclusione di un suo recente saggio programmaticamente intitolato *L'universo dal bit* (*Universe from Bit*), inserito in una bella collezione di saggi da lui stesso curata insieme al teologo finlandese dell'Università di Copenaghen, Niels Henrik Gregersen², preannuncia con entusiasmo la prossima nascita di una *ontologia scientifica* dotata anche di una base empirica ed in parte *sperimentale*. Un'ontologia fondata sulla composizione *duale* della realtà, fisica, biologica, antropologica, poiché basata sulle due grandezze fisiche fondamentali della *materia* (massa-energia) e dell'*informazione*.

A questa ontologia *duale*³ e non dualista sono dedicati infatti i vari saggi della raccolta che affrontano la questione della dualità materia/informazione, in maniera approfondita e quasi sempre condivisibile, sia dal punto di vista filosofico (epistemologico e ontologico) e teologico (teologia naturale), sia dal punto di vista scientifico (fisico, matematico, biologico, neuroscientifico e cognitivo). L'ampia e quasi sempre aggiornata bibliografia che accompagna ciascuno dei saggi pubblicati, mostra che siamo di fronte ad un vero e proprio cambio di paradigma nei fondamenti della scienza moderna, che, come vedremo subito, ha dell'impressionante, soprattutto per ciò che concerne la rilevanza della *nozione e misura scientifica di "informazione"* in quella che è la "regina della scienza moderna": la fisica, ed in particolar modo la cosmologia.

Così, se mi si consente una nota autobiografica, è bello vedere che idee che personalmente in filosofia della scienza ed ontologia difendo da oltre trent'anni stiano pian piano entrando nella *vulgata* filosofico-scientifica internazionale: come diceva la mia saggia nonna, "le idee hanno le gambe". D'altra parte, spero che passi un tempo minore di questo nel rendersi conto da parte di scienziati e filosofi che un'*ontologia scientifica* richiede un *metodo* dunque un *apparato logico-formale* adeguato in grado di confrontarsi, non solo con la grande

² Cfr. PAUL DAVIES, «Universe from bit», in *Information and the nature of reality. From physics to metaphysics.*, a cura di P. DAVIES AND N. H. GREGERSEN, Cambridge UP, Cambridge, 2010, pp. 65-91.

³ Di per sé il termine "duale" viene accuratamente evitato dagli Autori dei saggi, che tutti concordano però sulla critica all'ontologia "materialista" e "dualista" che hanno condizionato la modernità, in nome della centralità della nozione di "informazione", che si affianca a quella di "materia" (massa-energia, in base all'equivalenza della relatività), rendendo obsoleta l'ontologia materialistica-meccanicista che accompagnò la nascita della fisica moderna newtoniana e laplaciana.

tradizione ontologica del passato, classico e moderno, ma anche con l'apparato logico-formale della scienza moderna, ovvero con la cosiddetta logica-matematica, senza confondersi con essa.

Solo così, infatti, si potrà distinguere, fra l'altro, fra quella che può essere la *base sperimentale* delle scienze naturali nel senso moderno-galileiano del termine — legata imprescindibilmente all'effettuazione di determinate operazioni di misura — e *base empirica* di un'ontologia scientifica. Essa va intesa in un'accezione molto più ampia, includente cioè anche l'esperienza ordinaria dell'uomo. In che senso ed in quale misura queste due forme di esperienza possano essere poste, o meno, in continuità è problema centrale di ogni ontologia scientifica di tipo naturalista (definiremo in seguito con più precisione cosa qui intendiamo con questa espressione) che va risolto caso per caso, rispetto ai diversi oggetti di indagine⁴.

1.1.2. Logica matematica (*mathematical logic*) vs. logica filosofica (*philosophical logic*)

Naturalmente, parlare di "ontologia" e per di più di ontologia "scientifica", rivendicando un metodo logico rigoroso di argomentazione per la filosofia, va contro una certa mentalità oggi dominante di tipo nihilista. Ora, se qualche consolazione vi può essere nel fatto di "aver toccato il fondo" — e col Nihilismo questo fondo è stato indubbiamente toccato — tale consolazione certamente consiste nell'evidenza che dal fondo non si può che risalire, perché più in basso non si può andare.

Uno dei segni di questa 'rinascita' che guarda con occhi nuovi alla dialettica Classicità-Modernità per rivalutare ciò che della Classicità, e del Medio Evo in particolare, va rivalutato come *patrimonio indelebile dell'umanità*, riguarda proprio la Logica. Riguardo ad essa, il secolo XX si è aperto con una grande conquista: quella dell'*assiomatizzazione* della Logica matematica, ovvero della logica *estensionale*, grazie alla pubblicazione fra il 1910 ed il 1913 dei "*Principia mathematica*" di Alfred N. Whitehead e Bertrand Russell, divenuta una vera e propria 'lingua universale' per la Scienza. Una lingua che è davvero alla base dell'attuale globalizzazione della pratica e della ricerca scientifica e tecnologica — in particolare verso l'Est del mondo — rendendo accessibile la *comunicazione* e quindi l'educazione scientifica, al di là di distanze culturali e sociali millenarie⁵.

⁴ Ovvero, esistono determinate misure, e quindi evidenze empiriche di tipo scientifico, che mai potranno corrispondere ad alcun tipo di esperienza ordinaria diretta (per esempio, nello sconfinato mondo della fisica sub-nucleare), o viceversa, esistono determinate evidenze empiriche di tipo ontologico proprie della nostra quotidiana esperienza ordinaria diretta (per esempio, quelli delle esperienze coscienti "in prima persona") che mai potranno avere il loro corrispettivo diretto in termini di misure su oggetti fisici (Cfr. *infra*, anche se al riguardo si cita l'ormai classico J. R. SEARLE, «Dualism revisited», *Journal of Physiology - Paris*, 101 (2007), 169-78.) Come pure esistono evidenze razionali tanto nelle scienze naturali (per esempio, relativamente a certi oggetti/procedure matematiche), come nell'ontologia scientifica (per esempio, relativamente a oggetti spirituali), che mai potranno avere corrispettivo empirico in nessuno dei due sensi.

⁵ In una parola, un cinese, per esempio, prima dell'estensione del metodo assiomatico a tutte le scienze teoriche ed applicate a base matematica, per capire ed appropriarsi adeguatamente, anche solo a livello applicativo di una disciplina scientifica, avrebbe dovuto studiarsi almeno due o tre lingue occidentali, studiarsi qualche secolo di storia europea e americana, non solo scientifica, oltre che studiare la matematica e la disciplina scientifica in questione in una o più di queste lingue e impraticarsi delle varie tecniche sperimentali e di laboratorio sottese a alle diverse teorie, con uno spreco di tempo e risorse facilmente immaginabile. Quello spreco di tempo e risorse intellettuali è quello che, a tutt'oggi, ancora occorre per impadronirsi adeguatamente di una disciplina o di una metodologia filosofica o teologica di un'altra cultura e che rende così difficile e lento il progresso del dialogo interculturale. Viceversa oggi, il medesimo cinese, grazie all'uso di un unico linguaggio simbolico, e alla cristallizzazione di un sapere scientifico di secoli, se non di millenni, in pochi, assolutamente univoci assiomi, ciò che prima avrebbe richiesto decine e decine di anni di studio, oggi richiede tre o al massimo i cinque anni di una buona laurea scientifica. In questo modo, la Cina, come l'India o la Corea del Sud, possono sfornare ogni anno centinaia di migliaia di scienziati e tecnici di livello ed agguerriti, in grado di spostare in due decenni l'asse dell'economia e dello sviluppo mondiale da Occidente a Oriente, come sta avvenendo. Oggi è possibile estendere i vantaggi del metodo assiomatico anche alle discipline umanistiche, for-

Allo stesso tempo, proprio l'invadenza di ritorno della cultura scientifica su tutti gli aspetti della vita contemporanea in tutte le culture (con le distorsioni che ognuno vede) sta evidenziando in questi ultimi vent'anni un'altra conquista della logica del XX sec. fino ad allora passata sotto silenzio, almeno per il grande pubblico. Una conquista iniziata proprio in seguito all'evento dei "Principia" e al tentativo, ad opera del cosiddetto "primo Wittgenstein" del *Tractatus*⁶, di applicare anche alle Discipline umanistiche lo strumento logico dei Principia, dando luogo al fenomeno del Neo-positivismo (in Filosofia della Scienza) e della Filosofia analitica, nel resto della Filosofia.

Ebbene, con molta lungimiranza, già nel 1912, prima ancora della pubblicazione del *Tractatus*, il filosofo statunitense Clarence I. Lewis (appena addottorato) in una serie di articoli che lo resero giustamente famoso⁷, già evidenziava il limite fondamentale della Logica dei Principia quando fosse stata applicata — come avvenne poi col *Tractatus* — alla formalizzazione di 'altri' tipi di implicazione (rispetto all'originaria "implicazione materiale" della logica matematica) e quindi di *deduzione/dimostrazione*, innanzitutto nelle discipline metafisiche ed etiche (si trattava della famosa "implicazione stretta" delle discipline apodittiche, la metafisica innanzitutto, quella in cui non si considera vera un'implicazione che viene da premesse false). Allo stesso tempo Lewis, nel momento in cui rivendicava la peculiarità della *Logica filosofica* rispetto alla *Logica matematica* dei Principia, riconosceva la potenzialità che l'assiomatizzazione della *Logica matematica* operata dai Principia avrebbe avuto per la diffusione della cultura e della pratica scientifica. Cosa che si è puntualmente verificata.

Sebbene la prima formalizzazione della logica modale offerta da Lewis non era immune da critiche⁸, la sua genialità consistette nell'intuire che per dare alla cultura e pratica filosofica della post-Modernità altrettanta rilevanza e diffusione di quella matematico-

nendo così uno strumento effettivo ad un dialogo e ad una comprensione reciproca e quindi necessariamente anche ad una valorizzazione dei contenuti delle varie culture umanistiche, per una globalizzazione che, valorizzando le differenze, non sia solo scientifica, quindi a senso unico, e perciò necessariamente scienziata.

⁶ Iniziativa in effetti da ascrivere maggiormente a Russell che, come sanno gli storici della Logica, pubblicò il *Tractatus* di Wittgenstein per assecondare i propri piani di estendere la Logica dei Principia alla Filosofia e non solo alla Scienza. Infatti, Wittgenstein non pubblicò mai il *Tractatus* perché partì per la prima guerra mondiale. Al suo ritorno, avvinto da una profonda crisi morale e religiosa per ciò che aveva visto e vissuto, si ritirò sulle montagne della Carinzia (Tirolo), facendo l'insegnante ai poveri pastorelli analfabeti di quei monti — che allora non erano certo i rinomati posti di vacanza di oggi — meditando addirittura di farsi monaco. A valle intanto, Russell, di cui Wittgenstein era stato alunno e sotto il cui influsso scrisse il *Tractatus*, pubblicò questo testo con una sua prefazione, dando così immediata fama a questo scritto che, fra gli altri, Moritz Schlick usò per i suoi seminari di dottorato all'Università di Vienna. Seminari che annoverarono fra i loro partecipanti le future migliori menti della Logica e della Filosofia della Scienza del '900, da Carnap, a Gödel, a Feigl, a Popper medesimo, per citarne solo alcuni. È infatti da siffatta culla del "Circolo di Vienna", distrutta dal proditorio assassinio di Schlick ad opera di uno studente nazista nel 1921, che il movimento neo-positivista e quindi tutta la Filosofia della Scienza del '900 presero le mosse, a insaputa di chi aveva dato il via a tutto questo. Fu solo nel 1929, infatti, che Russell andò a prelevare Wittgenstein dalle montagne della Carinzia per fargli innanzitutto prendere la laurea in Filosofia (il più famoso filosofo della prima metà del '900 non era neanche laureato, con buona pace delle nostre Facoltà di Filosofia!) per poi metterlo a Cambridge sulla cattedra che fu di Peirce (quando si dice i "baroni" universitari!)... Ma colui che cominciò ad insegnare a Cambridge fino alla sua morte non era più il Wittgenstein del *Tractatus*. Era il Wittgenstein consapevole della molteplicità dei "giochi linguistici", irriducibili alla sola estensionalità della Logica matematica... Il resto è storia di oggi.

⁷ C. I. LEWIS, «Implication and the Algebra of Logic», *Mind*, 21 (1912), 522–531; ID., «The Calculus of Strict Implication», *Mind*, 23 (1914), 240–247.

⁸ Si tratta del suo primo manuale di logica per gli studenti: C. I. LEWIS, *A Survey of Symbolic Logic*, University of California Press, Berkeley, CA, 1918 (Ristampa: Dover Publications, New York, 1960). Il grande logico matematico Emile Post gli fece notare un'incongruenza per cui, in quella assiomatizzazione, l'impossibilità di una premessa si riduceva alla sua semplice falsità di modo che l'implicazione stretta, così formalizzata, veniva a ridursi a quella materiale. Lewis naturalmente emendò questo errore dando così origine negli scritti seguenti a quella che è storicamente la prima formalizzazione della logica modale.

naturalistica — abbattendo barriere millenarie di reciproca impermeabilità fra le culture umanistiche — occorre assiomatizzare anche la *Logica filosofica*, anziché ridurla (come voleva Russell) alla sola Logica matematica dei (suoi) *Principia*. Un programma che doveva cominciare proprio dalla *Logica modale*, la Logica delle varie forme di ‘possibilità’/‘necessità’ (ontica [fisica e metafisica], logica, epistemica, deontica [morale e legale], assiologica, intenzionale, ecc.) che la tradizione aristotelico-scolastica ci aveva consegnato, ma che a partire dal XIV secolo, con la decadenza della Scolastica (ma anche per la mancanza di *strumenti formali* adeguati alla sua fruibilità concreta, quelli appunto di cui Lewis si accingeva a dotarla), aveva cominciato ad essere posta nel dimenticatoio, fino ad essere osteggiata apertamente nella Modernità come sinonimo di ottusità culturale dopo il disastro dell’*affaire* Galilei.

In tal modo Lewis, pubblicando con C.H. Langford nel 1932 quello che risulterà essere il primo testo di logica modale assiomatizzata⁹: [a] non solo inconsapevolmente gettava una specie di ponte ideale che scavalcava Modernità e Rinascimento, collegandosi direttamente a Pietro Ispano, il Papa-logico che proprio sull’analisi delle diverse forme d’implicazione e di necessitazione (modalità) aveva centrato i suoi studi sulla Logica aristotelica e scolastica; ma¹⁰ [b] pionieristicamente rendeva *possibile in linea di principio* l’assiomatizzazione e la formalizzazione della grande sintesi scolastica medesima, senza i riduzionismi formalistici della sua decadenza rinascimentale-moderna¹¹.

Grazie al suo lavoro iniziale, ma fondamentale, di assiomatizzazione della logica filosofica divenne chiaro che tutte le varie forme di ‘modalità’ condividono sì una medesima struttura sintattica, ma costituiscono altrettante interpretazioni semantiche di questa struttura reciprocamente irriducibili. Con Lewis cioè cominciò la formalizzazione della *logica filosofica*, proprio come con Frege, Whitehead e Russell era cominciata l’assiomatizzazione della *logica matematica*. Se questa dunque era la “*Logica estensionale*” (cfr., per esempio i diagrammi di Eulero-Venn per rappresentare l’estensione delle classi), che prescinde *sistematicamente* dalle diverse semantiche della *modalità* perché pensata dai suoi ideatori proprio per questo¹², le *semantiche della comune sintassi modale* (formalizzata per la prima volta da Lewis) di cui invece la filosofia, ma più in generale le Scienze umane –Diritto incluso– hanno bisogno (con o senza formalizzazione), acquistarono il nome di “*logiche intensionali*” (aletiche [logiche e ontiche], epistemiche, deontiche, assiologiche, etc.).

Un nome collettivo preso dalla tradizione fenomenologica e dal magistero di Husserl in particolare, il quale, pur senza l’assiomatizzazione inaugurata da Lewis, aveva già intra-

⁹ Cfr. C. I. LEWIS E C. H. LANGFORD, *Symbolic Logic*, Century Company, New York, 1932 (Ristampa in 2. Ed., Dover Publications, New York, 1959).

¹⁰ Come ho notato in un mio recente studio di imminente pubblicazione (Cfr., G. BASTI, «Logica aletica, deontica, ontologia formale. Dalla verità ontica all’obbligo deontico», in *Logica e Diritto: tra scoperta ed argomentazione. Atti della Giornata canonistica interdisciplinare*, a cura di Paolo Ghetti and Gianfranco Basti, Lateran University Press, Città del Vaticano, 2012, pp. 105-270.), è curioso ed insieme significativo che “sia il diavolo che l’acqua santa” convengano nell’identificare con l’abbandono da parte della teologia dello strumento logico rigoroso alla fine del sec. XIII, l’inizio della involuzione volontarista della teologia che ha portato al disastro contemporaneo dell’ontoteologia, da una parte, e del nihilismo/fideismo dall’altra. Infatti sia Odifreddi da una parte (Cfr. P. ODIFREDDI, *Il diavolo in cattedra. La logica da Aristotele a Gödel*, Einaudi, Torino, 2003.), sia il Papa Benedetto XVI dall’altra, riconduco la crisi della teologia post-medievale all’abbandono dello strumento logico dalla fine del secolo XIII, quindi dal magistero di Pietro Ispano, poi Papa Giovanni XXI.

¹¹ Per evitare facili entusiasmi, soprattutto per gli appassionati di “zoologia filosofica” che vivono per la mania di etichettare la “razza filosofica” dei diversi filosofi da trattare come esemplari da “bioparco” da contemplare e (forse) da studiare, va precisato che Lewis è un rappresentante del Pragmatismo, quindi molto lontano dalla Scolastica e dalla Neoscolastica. Allo stesso tempo però, come Frege non è grande perché fu un “realista logico”, ma perché “inventò” la Logica simbolica e quindi rese estendibile alla Logica quell’assiomatizzazione che Riemann e Peano avevano già applicato alla Matematica, diventando perciò il logico più importante dopo Aristotele, così Lewis non è grande per il suo “credo” pragmatista, ma perché estese l’assiomatizzazione della logica alla filosofia, senza ridurla alla logica matematica, a cominciare dagli inizi aristotelici della logica filosofica.

¹² Per rendere cioè la Scienza moderna a base matematica del tutto indipendente dalla Filosofia anche nel suo ‘*organon*’, ovvero nel suo metodo logico-formale di argomentazione.

preso negli stessi anni un'analogia critica del riduzionismo neo-positivista, cercando di dotare la Filosofia post-moderna di un metodo rigoroso — quello fenomenologico — distinto da quello estensionale delle Scienze a base matematica, che era stato esteso anche alla Filosofia dal cosiddetto movimento della "Filosofia analitica" a sfondo neo-positivista che si rifaceva al *Tractatus* di Wittgenstein. Tanto per tranquillizzare i tomisti, si tenga presente che Tommaso nel *De Veritate*, definendo i trascendentali dell'essere come nozioni equivalenti (della medesima estensione così che "convertono" fra di loro: *ens et verum convertuntur*), ma con diversi significati, si muove — ovviamente: la filosofia è *scienza* se si usa un metodo logico rigoroso — nell'ambito delle logiche *intensionali*.

Sebbene dai filosofi "continentali" — che ignorano la logica contemporanea — la "logica filosofica" (*philosophical Logic*) o "logica della filosofia" sia spesso confusa con la "filosofia della logica"¹³, essa costituisce oggi il campo più fiorente della logica e della filosofia post-analitica. Al suo interno, a sua volta, la *logica modale* e le sue molteplici interpretazioni semantiche, nei termini di quelle che abbiamo "etichettato" come "logiche intensionali", sono quelle più studiate e applicate, non solo in filosofia e nelle scienze umane, ma anche — specialmente in alcune branche come "l'ontologia formale" e la "logica dinamica" — in Informatica¹⁴.

D'altra parte, simmetrica all'ignoranza logica dei filosofi "continentali", è l'ignoranza storico-filosofica dei filosofi "analitici", e dei logici e degli scienziati in generale, sebbene lodevoli eccezioni in ambedue i campi siano sempre possibili. Così, non di rado, quando ci si accosta 'da filosofi' a testi tecnici contemporanei di logica filosofica e logica modale, generalmente viene etichettata come "logica classica" quella che è solo la logica estensionale (ovvero, la logica matematica e la riduzione estensionale moderna dell'intera sillogistica aristotelica e scolastica). Complementariamente, vengono etichettate come "non-classiche" o addirittura "logiche alternative" quelle che sono solo riproposizioni post-moderne, assiomatizzate, di aspetti o componenti essenziali della logica pre-moderna modale, medievale e aristotelica in particolare. Basta, comunque, capirsi e non diventare prigionieri delle etichette: il filosofo e lo studioso di filosofia è più di un inconsapevole "guardiano del bioparco filosofico"...

1.1.3. Logica filosofica e ontologia formale

Tralasciando sulle applicazioni informatiche della logica filosofica e in particolar modo dell'ontologia formale, tutte le logiche intensionali (temporali, aletiche, epistemiche, deontiche, intenzionali, etc.) si caratterizzano rispetto alla logica estensionale propria della logica-matematica, non solo per il fatto di usare altrettante diverse interpretazioni semantiche (sensi) della nozione sintattica di "necessità"¹⁵, rispetto a quella univoca logica-matematica.

¹³ Come se qualcuno confondesse la "Logica matematica" ovvero la "logica della matematica" con la "matematica della logica"...

¹⁴ Per una sintesi aggiornata della *Logica filosofica* si può consultare il recentissimo: J.P.BURGESS, *Philosophical Logic*, Princeton University Press, Princeton (NJ), 2009 (Princeton Foundations of Contemporary Philosophy). Un testo fin troppo sintetico e quindi di non immediata accessibilità per chi non conosce la Logica simbolica, ma utile a tutti per la bibliografia ragionata per ogni capitolo, in grado perciò di offrire una *review* completa di questa promettentissima Disciplina. Molto più fruibile da tutti è invece l'aggiornata sintesi di Logica modale e delle sue molteplici applicazioni in Logica filosofica (ontologia e metafisica formali, logiche epistemiche, deontiche, etc.), ma anche in informatica, fornita da: R. GIRLE, *Modal logics and Philosophy. Second edition*, Acumen Publishing, Durhan, 2009. La prima edizione di questo libro è diventata libro di testo di Logica modale in moltissime Università e questa seconda ne sta seguendo le orme. Chi invece vuole confrontarsi con la 'bibbia' della Logica modale in un testo che, per chi ama la Logica, è vero godimento dello spirito, può ancora bearsi di un libro apparentemente datato, ma che come tutti i capolavori non tramonta, considerato unanimemente tale in tutto il mondo: M.J. CRESSWELL - G.E. HUGES, *A new introduction to modal Logic*, Routledge, London, 1996.

¹⁵ P.es., nelle logiche *aletiche*, si distingue fra diverse semantiche della necessità/possibilità. Innanzitutto fra necessità/possibilità *logica* (nel senso che i teoremi esistono potenzialmente nel senso di *implicitamente* nei loro assiomi: non c'è aumento/diminuzione di informazione) e necessità/possibilità *ontica* (nel senso che gli effetti esistono *potenzialmente* nelle loro cause, ma non implicitamente: la quantità di informazione non si conserva). Ovvero si distingue fra necessitazione "per legge" (logica) e "per causa" (onti-

Si caratterizzano anche per un diverso senso che viene dato alla nozione di *predicazione* rispetto a quella delle scienze matematiche e naturali moderne, dove la predicazione viene ridotta alla nozione di *appartenenza di classe* (e/o di *insieme*). Per questo motivo le logiche intensionali si distinguono da quella estensionale per i diversi *criteri di verità* che si usano nei due casi¹⁶.

Ora, è universalmente accettato che *tre sono le principali teorie della predicazione* nella storia del pensiero occidentale — *nominalismo, concettualismo, realismo* — che corrispondono ad altrettante *teorie degli universali*, intendendo con “universale” — in quanto distinto da “classe” o “insieme” — “ciò che può essere predicato di un nome”, secondo la classica definizione di Aristotele (*De Interpretatione*, 17a39).

Per ciascun tipo di teoria ontologica indicheremo anche alcuni dei principali esponenti, antichi e moderni, delle diverse ontologie. Inoltre, distingueremo fra almeno tre tipi di realismo: *logico, naturalista, senza o con generi naturali*. Infine, dal punto di vista delle logiche dei predicati soggiacenti, è chiaro che tutte le ontologie nominaliste sono logiche del *primo ordine*, visto che è vietato in esse quantificare su simboli di predicati, perché gli universali “non esistono” in tali ontologie, quindi non possono essere argomenti che soddisfano predicati di ordine superiore. Viceversa le altre due ontologie, usano logiche (almeno) del *secondo ordine*, visto che ammettono, anche se in sensi diversi, la “realtà degli universali” e quindi è possibile quantificare su simboli predicativi. Ammettono cioè che variabili predicative possono essere argomenti che soddisfano predicati di ordine superiore al primo.

Seguendo Cocchiarella e altri miei scritti sull’argomento¹⁷, distinguiamo i tre principali gruppi di ontologie, col terzo diviso in almeno quattro sotto-gruppi sono:

1. *Nominalismo*: gli universali predicabili si riducono alle espressioni predicative di un dato linguaggio che, *con le sue regole convenzionali*, determina completamente le *condizioni di verità* dell’uso di quelle espressioni (Sofisti, Quine).
2. *Concettualismo*: gli universali predicabili sono espressioni di *concetti mentali* che determinano *verità/falsità* delle corrispondenti espressioni predicative (Kant e trascendentalisti moderni).

ca): un processo fisico può essere causalmente determinato e logicamente impredicibile (indeterminato). Questo è il caso, per esempio, di tutti i processi di auto-organizzazione nei sistemi complessi, dove il sistema è capace di *generare informazione*. A sua volta, nella necessitazione *ontica* si distingue fra *necessitazione fisica* (= asserto vero in *alcuni* modi possibili soltanto: è il caso della necessitazione *ipotetica*, tipica dell’ontologia scientifica) e *necessitazione metafisica* (= asserto vero in *tutti* i mondi possibili, sia dove gli oggetti cui gli asserti si riferiscono esistono attualmente, sia no (p.es., tutti gli enunciati che riguardano le essenze di oggetti)): è il caso della necessitazione *apodittica*, tipica dell’ontologia metafisica. Nelle logiche *deontiche*, invece, necessità/possibilità si interpretano nel senso di *obbligo/permesso*. Anche qui esiste una distinzione fondamentale fra “obbligo/permesso” in senso *legale* ed in senso *morale*: non tutto ciò che è legalmente obbligatorio lo è anche moralmente e viceversa. Per un quadro completo dei diversi sensi intensionali della nozione modale di necessità/possibilità, cfr. il mio già citato GIANFRANCO BASTI, «Logica aletica, deontica, ontologia formale», cit., pp. 174ss. Una trattazione più completa, anche se ormai datata si può trovare in SERGIO GALVAN, *Logiche intensionali. Sistemi proposizionali di logica modale, deontica, epistemica*, Franco Angeli, Milano, 1991.

¹⁶ Laddove nella logica estensionale la verità/falsità di una proposizione è decisa in base alle sole *tavole di verità*, nelle logiche intensionali i *criteri di verità* variano in funzione delle diverse modalità interpretative delle relazioni di necessità/possibilità coinvolte. P.es., la verità della proposizione “Cesare scrisse il ‘De Bello Gallico’ e combatté in Gallia” dipende, in base alla tavola di verità della congiunzione, dalla verità delle due proposizioni componenti. Essa invece non è affatto sufficiente a decidere della verità della proposizione temporizzata “Cesare scrisse il ‘De Bello Gallico’ mentre combatteva in Gallia” in cui sono coinvolte le relazioni fra le diverse modalità di necessità/possibilità che caratterizzano eventi passati, presenti e futuri.

¹⁷ N. B. COCCHIARELLA, *Formal Ontology and Conceptual Realism (Synthese Library)*, Springer Verlag, Berlin-New York, 2007. Si veda anche i miei: G. BASTI, «Ontologia formale: per una metafisica post-moderna», in *Il problema dei fondamenti. Da Aristotele, a Tommaso d’Aquino, all’ontologia formale*, a cura di A. STRUMIA, Cantagalli, Siena, 2007, pp. 193-228; ID., «Ontologia formale. Tommaso d’Aquino ed Edith Stein», in *Edith Stein, Hedwig Conrad-Martius, Gerda Walter. Fenomenologia della persona, della vita e della comunità*, a cura di A. ALES BELLO, F. ALFIERI E S. MOBEEN, Laterza, Bari, 2011, pp. 107-388.

3. *Realismo*: gli universali predicabili sono espressioni di *proprietà e relazioni* che esistono indipendentemente dalle capacità linguistiche o mentali:
 - a. *Nel mondo logico*, avremo così le ontologie del cosiddetto *realismo logicista* (Platone, Frege, ...) ¹⁸
 - b. *Nel mondo fisico*, avremo così le ontologie del cosiddetto *realismo naturalista* che può essere di due tipi:
 - *Fiscalismo* (o *Atomismo*): senza generi naturali (Democrito, Wittengstein, ...)
 - *Essenzialismo*: con generi naturali (Aristotele, Tommaso, Scolastica, ...)

Dove la principale differenza fra queste due forme di realismo naturalista è che le teorie *essenzialiste* sono quelle che affermano che la separazione fra predicazioni necessarie e contingenti si basano sulla distinzione fra proprietà che appartengono *necessariamente* a certi enti perché “essenziali” e altre che appartengono solo in forma *contingente* ad essi perché “accidentali”.

In ogni caso, ciò che distingue l’ontologia formale dalla logica formale è che la prima distingue, formalizzandoli a differenza della seconda, fra diversi sensi della nozione di essere. Mentre cioè la seconda riduce l’essere a copula di un’espressione predicativa — ovvero riduce l’esistenza all’appartenenza di classe (lo “esiste” di x , della quantificazione esistenziale, di una formula predicativa denota l’appartenenza di x a una classe (insieme) non vuota(o): $\exists x Px \leftrightarrow x \in P$) —, l’ontologia formale, mantiene distinti l’essere della relazione predicativa (lo “essere dell’essenza” dell’ontologia classica) dallo “essere dell’esistenza” distinguendo, inoltre, in quest’ultima, almeno tre diversi sensi che, seguendo la formalizzazione di Cocchiarella, ho anche altrove così simbolizzato:

1. $\{\exists x, \exists F; \forall x, \forall F\}$: ciò che *può essere* (*potentia esse*, “essere potenzialmente”), ma non esiste *attualmente* (p.es. enti x e/o proprietà F passati/futuri rispetto a un *io pensante* (enti logici, fantastici, etc.) e/o rispetto a un *concorso causale naturale* (enti naturali, proprietà naturali, generi (essenze) naturali, per i quali indicizzeremo con n i rispettivi quantificatori, cioè: $\{\exists^n x, \exists^n F; \forall^n x, \forall^n F\}$).
2. $\{\exists^e x, \forall^e x; \exists^e F, \forall^e F\}$: ciò che è *attualmente*, esiste, come individuo generico x e/o come proprietà e/o genere (una “sostanza seconda”, direbbe Aristotele) F in uno o più individui x .
3. $E!(a) := (\exists^e y) (y = a)$: ciò che è *esistente* come individuo concreto a (“sostanza prima”, direbbe Aristotele), ma mai come proprietà/genere, cioè $(\forall^e F) \rightarrow E!(F)$. Dove, come si vede, non usiamo il semplice quantificatore ma il predicato di esistenza $E!(a)$ per indicare lo “essere esistente” (*is existing* nel senso dell’identità nel tempo di una sostanza non il semplice “esistere” come “essere in atto”, esserci) dell’individuo concreto a , come ciò che “contrae” alla propria essenza *individuale* l’infinita “potenza attiva causale” dell’essere come atto, dell’essere “partecipato”. Un qualcosa che possiamo simbolizzare, ma non formalizzare nell’ontologia di Cocchiarella, poiché richiede un’estensione particolare della sua ontologia, proprio come l’ontologia di Tommaso è estensione di quella aristotelica ¹⁹.

¹⁸ Come esempio di formalizzazione di un’ontologia del realismo logico mi piace qui citare il recentissimo testo di Uwe Meixner, uno dei più prestigiosi filosofi tedeschi di questi anni. Una trattazione tanto bella — l’autore ha il dono di un’eccezionale chiarezza espositiva — quanto inutile per il dialogo con la scienza ed in genere per il recupero di un’ontologia naturalista di cui abbiamo estremo bisogno, Si tratta del libro di U. MEIXNER, *Axiomatic formal ontology (Synthese Library)*, Springer Verlag, Berlin-New York, 2010. Del medesimo autore si veda anche: ID., *The theory of ontic modalities*, Ontos Verlag, Frankfurt, 2007.

¹⁹ Di per sé possiamo usare l’assiomatizzazione di Cocchiarella solo parzialmente, perché nella sua ontologia manca la possibilità di formalizzare la nozione di “partecipazione dell’essere” a livello metafisico e, correlativamente, a livello logico-ontologico la possibilità di interpretare la sua teoria della “doppia saturazione” soggetto/predicato come una teoria di *mutua determinazione* fra di essi. Non per nulla e molto correttamente, Cocchiarella riconosce come nella sua formalizzazione manca la possibilità di definire l’*essenza individuale* perché, riconosce correttamente, nessuna forma di causalità naturale è in grado di giustificare una teoria causale dei generi che arrivi fino a giustificare l’esistenza di un genere per ciascun individuo, in particolare l’*unicità* di ciascuna persona umana. Un limite che, ancora correttamente riconosce Cocchiarella, la sua teoria condivide con l’ontologia aristotelica. Infatti, egli afferma ci-

Infine, per concludere questa sommaria presentazione dell'ontologia formale, una parola su quelle teorie ontologiche che consentono una formalizzazione della nozione di genere naturale e che ci torneranno particolarmente utili laddove occorre formalizzare rigorosamente l'interpretazione *naturalista* della nozione e misura d'informazione, come vedremo fra poco, in quanto suppone la distinzione fra due generi di necessità nelle logiche *aletiche*. La necessità/possibilità *ontica*, basata su relazioni "reali" o "fra cose (*res*)" o "relazioni causali", nell'accezione pre-moderna della nozione di "causa"²⁰, e necessità/possibilità *logica*, quella delle *leggi* che normano le relazioni non fra oggetti naturali, ma fra oggetti logici — "relazioni di ragione", le definivano gli scolastici. Così, laddove le ontologie concettualiste a cominciare da Abelardo, distinguono fra "predicazione *concettuale*" (p.es., del concetto di "rosso" o di "cavallo") e "predicazione *naturale*" (la corrispondente proprietà/qualità fisica dello "esser-rosso" o dello "esser-cavallo") — che per questo restano bloccate in irresolvibili dicotomie fra "soggetto e oggetto"²¹ — nel realismo naturalista *il predicato è lo stesso*, ma con due distinte "significazioni" (cfr. la dottrina scolastica tommasiana della predicazione *in intentio prima* (significazione reale) e *in intentio secunda* (significazione concettuale) dell'unico e medesimo predicato. La teoria della "doppia significazione", come opposta a quella della "doppia predicazione", può essere agevolmente simbolizzata mediante un'opportuna *indicizzazione dei quantificatori* con cui si delimitano i domini, e quindi "la capacità di significare" o "la capacità di riferirsi-a-qualcosa" del medesimo predicato.

Nell'ontologia formale di Cocchiarella che possiamo qui agevolmente assumere, poiché si tratta di nozioni aristoteliche più che tommasiane, la *formalizzazione* della teoria della doppia significazione, è resa *simbolicamente* attraverso un'opportuna *indicizzazione dei quantificatori* che hanno per argomento anche *variabili predicative* e non solo *individuali* (come detto, poiché non siamo in una ontologia nominalista, ci muoviamo in una teoria del secondo ordine):

1. $(\forall F^j)(\exists x_1, \dots, (\exists x_j) F(x_1, \dots, x_j))$: significazione *concettuale* (predicato *F* significa un concetto). Predicazione "in intenzione seconda", anche se logicamente primaria ("ciò che è primo *in intenzione* è ultimo *in esse*"). Per questo, come anticipato quando abbiamo introdotto la simbolizzazione dei diversi sensi dell'essere, usiamo una quantificazione senza indici. Perché è la quantificazione "normale" in logica, dove non ci si riferisce *mai* a entità reali, ma solo astratte (cfr. *logica vs. ontologia*).
2. $\forall^n F^j \diamond_c \exists^e x_1, \dots, \exists^e x_j F x_1, \dots, x_j$: significazione *naturale* (predicato *F* significa una proprietà naturale). Dove: (\forall^n) significa che la variabile predicativa argomento del quantificatore denota una *proprietà naturale* (*F*); (\exists^e) significa che la variabile individuale argomento del quantificatore denota un *ente naturale* (*x*) attualmente esistente; e dove (\diamond_c) significa che l'operatore modale di possibilità è preso in senso *aletico-ontico* di *possibilità causale*, "reale" e non logica o razionale.

tando Plantinga (Cfr. ALVIN PLANTINGA, *The nature of necessity*, Oxford UP, Oxford, 1974. pp. 71ss.), in tale ontologia sebbene esiste la possibilità del concetto predicabile di essere identico a Socrate non c'è alcuna nozione che corrisponda alla proprietà/genere *naturale* di "essere Socrate". (Cfr. COCCHIARELLA, *Formal Ontology*, cit., p. 287s.). Propriamente, quindi, useremo solo il linguaggio simbolico del realismo concettuale di Cocchiarella e non il suo intero linguaggio formale per cominciare a formalizzare il linguaggio naturale della teoria tommasiana anche se, in effetti, basterebbe modificare solo pochi assiomi della formalizzazione di Cocchiarella, fondamentalmente la sua definizione di *identità*, ma non è qui il luogo per spingere la nostra analisi così avanti. Vi torneremo dopo, proprio perché i recenti sviluppi di una teoria ontologica naturalista della nozione di informazione in fisica ci possono aiutare in questa direzione, anche se personalmente insieme a Perrone, avevamo anticipato questi sviluppi da oltre vent'anni. Ma le idee hanno bisogno di tempo per maturare...

²⁰ Ovvero, senza "la presa a rovescio" moderna — per usare una classica espressione feuerbachiana che accusava l'ontologia moderna di aver messo "l'uomo a testa in giù" —, che pretendeva di fondare la necessità causale su quella logica e questa su quella concettuale dell'auto-coscienza per questo definita "trascendentale", ovvero fondativa rispetto al categoriale e al predicativo (si pensi alla fondazione humaniano-kantiana della nozione di causa).

²¹ La scelta dello strumento logico è fondamentale in qualsiasi disciplina scientifica: nessuno può pretendere di dimostrare di più di quanto lo strumento logico prescelto gli consente. Se si distingue fra predicazione concettuale e reale non c'è alcuna speranza di riconnettere i due in nessun modo.

In altri termini, dipende dall'appropriato concorso causale se il predicato F è saturato o meno da individui attualmente esistenti. Per esempio, se F stesse per "essere dinosauri", è chiaro che oggi non è saturato da nessun individuo esistente, come, al tempo dei dinosauri, il predicato "essere lucertole" non era saturato da alcun individuo attualmente esistente. Ciò non significa che "allora" le lucertole come "ora" i dinosauri, non abbiano alcuna forma di realtà biologica, visto che erano (sono) *potenzialmente realizzabili nel concorso causale biologico appropriato*. Diverso invece, sarebbe il caso della F "araba fenice" che mai potrà essere implementata in una matrice di causalità biologica, ma solo in una di causalità mentale (è un "ente fantastico", una *fiction*). Nel qual caso potrei indicizzare l'operatore modale di possibilità con M , in quanto prodotto della mente (quindi (\diamond_M)) e non di cause fisiche C .

Venendo dunque alla formalizzazione dei *generi naturali*, tipico dell'ontologia formale è il rispetto dell'*intrinseco valore ontologico* di tutte le lingue naturali delle diverse culture. In particolare, per quanto riguarda le lingue occidentali, si valorizza la distinzione fra *predicazione essenziale* (= predicazione di genere, ciò che un individuo è) e *predicazione accidentale* (= predicazione di proprietà, ciò che un individuo ha). Due predicazioni che nelle lingue occidentali si riportano, rispettivamente, alla predicazione mediante *nomi comuni* (*sortal names*: distinzione cioè solo "numerica" fra individui) o "predicazione sostantivale"; e predicazione mediante *aggettivi* o "predicazione aggettivale"²²:

1. *Predicazione aggettivale* di proprietà: p.es.: "Alcune piante sono verdi" ($\exists p \forall p$: "per qualche p , V di p ");
2. *Predicazione sostantivale* (o di *essenza*) di generi concettuali/naturali: p.es.: "L'uomo (u) è un animale (A)" ($\forall u uA$: "per tutti gli u , u è un A ", dove va notata l'inversione di argomento e predicato (uA , " u di A ", per i generi, e $\forall p$ " V di p ", per le proprietà), per distinguere simbolicamente i due tipi di predicazione, essenziale (nominale, uA) e accidentale (aggettivale, $\forall p$).

Tipico del realismo concettuale di Cocchiarella come del naturalismo aristotelico-tomista è il dato che i generi (specie) naturali, come le proprietà naturali, sono *causalmente realizzabili* in natura – di qui l'indicizzazione causale in C degli operatori modali \Box_C e \Diamond_C , anche se in forma diversa dei generi dalle proprietà, perché occorre giustificare il principio evidente di ogni naturalismo della *conservazione* (stabilità) *della specie/genere* attraverso il succedersi degli individui.

Nel realismo concettuale, i *generi naturali* (*natural kinds*) vengono denotati attraverso una distinta *indicizzazione* dei quantificatori delle rispettive variabili predicative: $\forall^K \exists^K$. Ontologicamente, non vanno interpretati come individui (malgrado la denotazione mediante nomi nei linguaggi naturali occidentali)²³, bensì come *nodi stabili della struttura causale* dell'evoluzione fisica e/o biologica della natura. P.es., nel caso delle specie biologiche, finché il concorso causale genetico (DNA) e ambientale (nicchia ecologica) è stabile, si può garantire l'*identità nel tempo* del genere/specie, attraverso succedersi degli individui appartenenti a quel genere/specie. In simboli:

1. *Identità degli individui*, appunto genericamente intesi, dove A è un simbolo per un genere: $(\forall^k A) \Diamond_C (\exists^e x) (\exists y A) (x=y)$.
2. *Fondazione causale della necessità della predicazione essenziale*, la necessità della predicazione essenziale è data dal fatto che il concorso causale da cui l'esistenza dell'individuo concreto *a necessariamente* dipende, è inclusa in quella che determina il genere di appartenenza *ontologica* comune ad una moltitudine di individui generici y della stessa specie (= condivisione di un unico concorso causale necessitante). In altri termini, mentre il concorso causale da cui dipende una proprietà accidentale non è necessitante rispetto all'esistenza del soggetto di quella proprietà, nel senso che quel soggetto può continua-

²² Alla ovvia è piuttosto banale obiezione che posso trasformare qualsiasi aggettivo in pronomi e quindi qualsiasi predicazione "aggettivale" in "sostantivale" (p.es., "Socrate è bianco" in "Socrate è un bianco"), la risposta ovvia è che significa che sto attribuendo un *valore essenziale* a una proprietà. Nel caso del nostro esempio, vuol dire che sono un razzista della supremazia bianca. Biologicamente parlando, ho confuso una razza con una specie: prova ne è che gli incroci fra razze sono fecondi, fra specie no.

²³ Sarebbe questa della denotazione nominale la spiegazione "logico-grammaticale" del platonismo, ovvero il dotare le essenze (generi/specie) di esistenza *individuale*.

re ad esistere anche senza quella proprietà, il concorso causale da cui dipendono le proprietà essenziali di quell'ente sono *necessarie* alla sua stessa esistenza. Infine, il discorso potrebbe concludersi dicendo che l'appartenenza *ontologica* al genere è fondamento della *verità* dell'appartenenza *logica* \in alla classe corrispondente, ovvero:

$$(\forall^k A) (\forall y A) \Box_C (E!(a) \rightarrow a=y \wedge (a \forall y) \in \mathbf{A})$$

dove A è il *nome comune* che denota il genere inteso come *coniunzione di individui* y la cui esistenza *necessariamente* dipende da un concorso causale comune ($\forall y A$ ="ogni y che è un A ", p.es.: "ogni atomo d'oro") e \mathbf{A} è il corrispondente simbolo astratto per la classe, intesa come *coniunzione di proprietà* comuni a più individui. Viceversa, vedremo che laddove volessi caratterizzare l'appartenenza di genere di un organismo biologico, rispetto a quella di un ente inorganico, dovrei evidenziare nel formalismo quello che la biologia contemporanea definisce il *fattore epigenetico*. Ma su questo torneremo, quando fra poco evidenzieremo, anche formalmente, la differenza essenziale esistente fra ontologia duale in fisica e in biologia.

Nel prossimo paragrafo ci confronteremo, così, con diversi esempi di ontologia fisica della nozione di *informazione*. Trattazioni che si vanno moltiplicando in questi anni per le molteplici sfide che la cosmologia, teorica e osservativa, la fisica quantistica, la fisica della complessità e la teoria della computabilità nei sistemi classici, quantistici e caotici pongono circa la fondazione fisica della nozione di informazione. Una nozione che ormai va ben al di là delle sue origini ingegneristiche in *teoria delle comunicazioni*.

Attenzione, però, la scelta fra le diverse forme di ontologia duale non è questione di gusti o di "fede" filosofica, altrimenti cadremmo nel nichilismo. La scientificità dell'ontologia si misura, come in ogni altra disciplina scientifica, dal rigore formale, e dalla capacità esplicativa della teoria col minor numero di assiomi. In questo, come vedremo subito, l'ontologia naturalista stravince.

2. LA NOZIONE DI INFORMAZIONE NELLE SCIENZE FISICHE

2.1. Una prima approssimazione dal senso comune

Il nostro senso comune occidentale è talmente impregnato di dualismo nell'affrontare, sia la nozione di "forma" e di "causa formale" in ontologia, sia la nozione di "informazione" nelle scienze, che occorre soffermarci ulteriormente su questo problema, offrendo al nostro senso comune degli esempi che lo aiutino a interpretare correttamente queste nozioni, per evitare che, sia da sostenitori che da detrattori della teoria *duale*, si continui a interpretare inconsapevolmente la "forma" o la "causa formale" in senso effettivamente *dualista*, ovvero come una sorta di assurda "causa efficiente immateriale". Una "forma" capace, cioè, di esercitare un'azione su corpi e corpuscoli fisici (p.es., modificare verso e/o direzione di un flusso di elettroni nella propagazione di un impulso elettrico in un mezzo conduttore), "in concorrenza" con le forze fisiche. Una nozione che non ha nulla a che fare con la nozione scientifica di "informazione", nè con l'ontologia corrispondente duale o "ilemorfica", di ispirazione aristotelica e tomista.

Una definizione intuitiva di "forma" (e quindi di "informazione", nel senso, sempre intuitivo, di "applicazione di una forma a qualcosa che ne è sprovvisto") che può aiutare l'ontologia del senso comune a curarsi dal virus dualista nell'interpretare queste nozioni è la seguente: "relazione di ordinamento di parti che potrebbero stare (ordinarsi) altrimenti". Una simile definizione ha il duplice pregio di essere in continuità:

1. Con la *nozione scientifica* di "informazione" che, *matematicamente*, è legata alla nozione di "(im-)probabilità"²⁴, p.es., di determinati stati fisici all'interno del sistema, e, *logica-*

²⁴ In fisica matematica, e più esattamente in meccanica statistica la nozione di "informazione" è legata alla nozione statistica di *entropia* che essenzialmente è una misura del numero di modi in cui il microstato (le particelle componenti) di un sistema fisico potrebbe ordinarsi. Propriamente, l'entropia si definisce come proporzionale al logaritmo del numero di possibili configurazioni microscopiche che gli atomi

mente, è legata alla nozione di “(in-)decidibilità”²⁵ di determinati enunciati all’interno di una teoria deduttiva. Il fatto che la nozione di informazione sia applicabile sia in fisica che in matematica, che in logica, giustifica la definizione di “informazione” nelle scienze naturali come “grandezza fisica misurabile, ma immateriale” data da Wheeler e che commenteremo fra poco, una nozione che, metafisicamente, ha senso solo in un’ontologia *duale*.

2. Con la *nozione ontologica* di “forma” come atto/determinazione della “materia” (potenza/indeterminazione), come nell’ontologia duale di ispirazione aristotelica, nozione che dipende da una fondazione causale della forma e dell’informazione, dall’azione di una causa efficiente su un sostrato indeterminato. Tuttavia nell’estensione *metafisica* di tale ontologia anche alle sostanze spirituali operata da Tommaso, siccome ciò che conta non è la “materialità” del sostrato che la forma “ordina”, attualizzando in esso uno o più dei possibili ordinamenti, ma la sua *indeterminatezza*, la sua “potenzialità ad essere altrimenti di come esso è”, la nozione di “informazione” si applica anche alla *comunicazione* fra entità immateriali come fra “sostanze spirituali” (angeli) superiori e/o inferiori (Cfr. p.es., *S.Th.*, I, 106, 3 ad 3; *De Ver.*, 9, 7 ad 1, etc.), o nell’uomo fra le “forme intellettive” e le “forme sensibili” (Cfr., la famosa *conversio ad phantasmata*: *S. Th.*, II-II, 175, 5 co.). Una relazione di “informazione” come “determinazione dell’indeterminato”, senza base *materiale*, per cui Tommaso usa in ogni caso il termine tecnico di *conversio*.

Sempre per aiutare il nostro senso comune a guarire dal morbo dualista, un elementare esempio può aiutarci ulteriormente a comprendere la suddetta definizione intuitiva. Può aiutarci cioè a comprendere come un *semplice cambio di ordinamento* delle cause efficienti, può determinare un catastrofico cambio degli effetti. Per produrre un certo effetto non ba-

e/o le molecole del sistema (= microstati) potrebbero assumere e che danno luogo agli stati macroscopici osservabili del sistema (= macrostati). In termodinamica statistica, per esempio, in cui la nozione statistica di entropia è stata sviluppata da L. Boltzmann, il secondo principio afferma che in un sistema termodinamico isolato (che non scambia energia con l’esterno) l’entropia non può essere mai *decrecente*, ma solo stabile o crescente. In questo senso l’entropia viene presa come una misura di “disordine”, nel senso che un sistema isolato tenderà ad assumere nel tempo tutte le possibili configurazioni del microstato compatibili col principio di conservazione dell’energia (= principio “ergodico”, formulato per la prima volta da Poincaré). L’informazione, intesa come ciò che si oppone al decadimento entropico di un sistema, può essere allora intesa come una misura di “ordine”, talvolta definita anche come *neghentropia*. Infatti, essendo lo stato di massima entropia lo stato più probabile cui il sistema tende (= stato di equilibrio o di minima energia “libera”), l’informazione può essere intesa come una misura dell’improbabilità di una determinata configurazione “ordinata” del sistema e quindi come una misura di “sorpresa” per un osservatore, passando così da un’ontologia *naturalista* (improbabilità) ad una *concettualista* (sorpresa) della nozione d’informazione. E’ questo il senso con cui l’informazione viene intesa anche in *teoria delle comunicazioni*. P.es., la prima volta che leggo il giornale al mattino esso ha per me il massimo di contenuto informativo (sorpresa), contenuto che crolla verticalmente già la seconda volta che lo leggo, in quanto le sue notizie hanno perso ogni capacità di sorpresa. Analogamente in biologia, un organismo vivente, avendo una struttura fisica estremamente complessa, è altamente *improbabile* in natura e quindi è dotato di un grandissimo contenuto d’informazione (di ordine) e quindi di sorpresa per un osservatore.

²⁵ In logica, sappiamo come la necessaria *incompletezza* di ogni teoria formalizzata, in quanto coerente, è legata alla necessaria *indecidibilità* di alcune “formule ben formate” al suo interno, dove “indecidibilità” significa che la verità o la falsità della formula non può essere formalmente “decisa” (dimostrata) all’interno della teoria formalizzata medesima. Ovviamente, l’indecidibilità delle formule all’interno di una teoria, possono essere rimosse in una teoria “più potente” della prima, mediante, per esempio, l’aggiunta di ulteriori assiomi. In questo senso, si afferma che la seconda teoria è dotata di maggior “contenuto informativo” della prima, essendo l’informazione in logica una quantità che si conserva all’interno di ciascuna teoria, nel senso che un teorema non aggiungerà mai informazione a quella già contenuta nei suoi assiomi. E’ chiaro che questo senso della nozione di “informazione” nei sistemi logico-matematici fa riferimento a un’ontologia logicista della nozione di informazione medesima. Ciò che conta, per noi, è che, come si vede, il “sostrato” che l’informazione ordina in questo senso non ha nulla a che vedere con un sostrato “materiale” come nella lettura fiscalista della nozione. E ciò è metafisicamente molto importante per l’uso della nozione di informazione negli enti immateriali in generale, non solo logici, ma anche spirituali.

sta, infatti, un insieme di cause agenti e materiali, bensì occorre anche l'*ordinamento* di queste cause.

P. es., per produrre un incendio, non basta un fiammifero acceso, la paglia, ed il soffio della mia bocca. Se, infatti, l'azione del soffio precede l'avvicinamento del fiammifero acceso alla paglia, spegnerò il fiammifero e otterrò solo un fiammifero spento. Se viceversa lo segue, attizzerò un incendio, che, per opportune circostanze, potrebbe avere anche effetti devastanti. Dopo che avrò scoperto questa *relazione d'ordine*, nulla mi vieta di formalizzarla sotto forma di "legge **Errore. Il segnalibro non è definito.** universale degli incendi", a partire da due cause agenti (fiammifero acceso, soffio) ed una causa materiale **Errore. Il segnalibro non è definito.** (paglia) *iniziali*. Quando dunque Aristotele definiva la "forma" una vera e propria "causa", proprio perché aveva dinanzi fenomeni *non-lineari* come quello dell'esempio sopra ricordato (piccoli cambiamenti nelle cause iniziali, come il cambio di un semplice ordinamento di parti, possono produrre grandi cambiamenti nell'effetto finale) non aveva certo torto. E questo senza dover supporre che la "forma" agisse a sua volta sulla materia come una sorta di magica "energia immateriale"... Analizzando fra poco la nozione di "forza entropica" vedremo diversi esempi scientifici di questa nozione di forma legata all'ordinamento, senza supporre alcun campo di forze soggiacente, malgrado il nome.

2.2. La fondazione fisica della nozione d'informazione e la nozione di funzione d'onda

E' stato il grande fisico John Archibald Wheeler, uno dei maggiori fisici teorici del '900 dell'Università di Princeton, maestro in quell'università di altri fra i maggiori fisici teorici della seconda metà del secolo scorso (dal Premio Nobel Richard Feynman, a Kip Thorne, a Jacob Bekenstein a Hugh Everett), recentemente scomparso a 96 anni (2008), e con il quale ho avuto l'onore di incontrarmi più volte, a formulare nel 1990, per la prima volta, questa idea che ogni ente fisico fosse ultimamente costituito di *energia ed informazione*.

Ciò fu espresso sinteticamente attraverso il suo famoso principio *it from bit*:

It from bit. Altrimenti detto, noi poniamo che ogni 'it' — ogni particella, ogni campo di forza, addirittura lo stesso continuo spazio-temporale — deriva la sua funzione, il suo significato, la sua stessa esistenza per intero — anche se in alcuni contesti solo indirettamente — dalle risposte elicitate dall'apparato a questioni di tipo si-no, scelte binarie, 'bits'. 'It from bit' simbolizza l'idea che ogni componente del mondo fisico ha al fondo — molto in profondità, nella stragrande maggioranza dei casi — una sorgente ed una spiegazione *immateriali*; ciò che noi chiamiamo "realtà" sorge, in ultima analisi, dal porre delle questioni "si-no" e dalla registrazione di risposte evocate dall'apparato. In breve ciò significa che tutte le realtà fisiche sono all'origine *informazionali* (*information theoretic*) e che tutto ciò costituisce un universo di partecipazione"²⁶.

Fra i fisici teorici, colui che forse ha offerto il quadro interpretativo più suggestivo ed estremo dell'idea qui espressa da Wheeler è stato un fisico tedesco, Heinz-Dieter Zeh, ora emerito dell'Università di Heidelberg. Egli, in base ad una lettura che potremmo definire neo-spinoziana dell'ontologia duale, attraverso la nozione di *decoerenza* della funzione d'onda, fornisce un unico quadro esplicativo ad un'infinità di paradossi teorici della fisica quanto-relativistica (dal paradosso della misura, al paradosso della non-località, al paradosso della dissipazione d'informazione nei buchi neri, alla freccia del tempo, allo stesso principio di quantizzazione e di indeterminazione etc.) invertendo la relazione fra meccanica classica (relatività inclusa) e quantistica. L'entità fondamentale è l'unica funzione d'onda quantistica, dalla cui decoerentizzazione in diversi contesti, tutte le singole realtà che compongono l'universo a livello microscopico, mesoscopico, macroscopico, noi stessi compresi, derivano. La generalizzazione della nozione di "universo di partecipazione" di Wheeler

²⁶ J. A. WHEELER, «Information, physics, quantum: The search for links», in *Complexity, entropy, and the physics of information*, a cura di W. H. ZUREK, Addison-Wesley, Redwood City, CA, 1990, p. 75

proprio questo significherebbe, sebbene impostata così, si tratta di una visione della realtà, ripetiamo, molto neo-spinoziana che ricorda da vicino *Process and Reality* di Whitehead²⁷.

Per avere una visione intuitiva dell'idea di fondo, l'unica funzione d'onda quantistica può rappresentarsi come le onde dell'oceano viste dall'elicottero. Esse appaiono come un'unica onda che si propaga con molte creste. Tuttavia per un osservatore sulla riva, o per una nave, o per uno scoglio nell'oceano (cioè per sistemi localizzati), l'unica onda si manifesta come tante onde distinte che si rifrangono in successione temporale sulla riva, sulla carena della nave o sullo scoglio. La discretizzazione spazio-temporale degli eventi/enti fisici, come la stessa "freccia del tempo", dipende dunque dalla *decoerentizzazione* dell'unica funzione d'onda (non-locale) in molteplici funzioni d'onda particolari e quindi in particelle (in meccanica quantistica ogni ente/evento può essere rappresentato come funzione d'onda: cfr. il principio di complementarità onda/particella di Bohr), causa la sua interazione con sistemi (ambienti) *locali*. Ed è da questo che dipende il fatto che il mondo *esista e ci appaia* come spazio-temporalmente composto di enti/eventi distinti, noi stessi compresi. Infatti, non c'è possibilità di un osservatore "esterno" al mondo come nell'analogia dell'onda oceanica: in quanto immersi nell'oceano, noi interagiamo e vediamo solo onde/particelle locali e distinte, proprio come un osservatore posto su un'isola nell'oceano non vede un'unica onda, ma molteplici onde rifrangersi sulla spiaggia.

Così, in un articolo apparso nella miscelanea in onore del 90° compleanno di Wheeler, celebrato nel 2002²⁸, Zeh critica coloro che considerano la funzione d'onda quantistica in termini puramente informativi, per esempio tutti i fisici informatici che usano la decoerenza per realizzare il computer quantistico, secondo le originali intuizioni di Wheeler stesso e del suo discepolo Feynman. Per Zeh essa è *un'unica realtà fisica duale*, un "it" che contiene in forma non-locale, spazio temporalmente ubiqua, tutta l'informazione, "bit", e tutta l'energia (materia) che vengono a distribuirsi (dissiparsi) nei diversi enti/eventi della fisica ordinaria mediante il meccanismo della decoerenza. Come si vede siamo di fronte ad una sorta di "monimo spinoziano" (un'unica sostanza, con "attributi" energetici ed informativi insieme, ultimamente identici) rivitalizzato...

2.3. Due ontologie a confronto della nozione d'informazione in fisica fondamentale

In ogni caso, visioni metafisiche totalizzanti a parte, il concetto di "informazione" come grandezza fisica "immateriale" — ancora più interessante della "massa" e della "energia", le uniche grandezze fisiche "materiali" di cui finora si era interessata la fisica moderna —, è entrato nella pratica scientifica ordinaria del XXI secolo. Questo, grazie all'enorme interesse teorico e pratico che lo studio della *fisica dell'informazione* oggi suscita, non solo in biologia e nelle neuroscienze, come di solito si pensa, ma anche in *fisica fondamentale* (quantistica), prima di tutto in vista della costruzione del computer quantistico. Addirittura la "fisica informatica" si avvia oggi a diventare una delle tante branche della fisica fondamentale, oggetto d'insegnamento universitario, come la meccanica, l'elettronica, la termodinamica, la quantistica medesima.

Così, seguendo Davies nel suo già citato, recente saggio sintetico sulla questione, *Universe from bit*, potremmo dire che due sono i tipi di ontologie preponderanti della nozione d'informazione in fisica fondamentale fra i fisici teorici. Due tipi di ontologie che potremmo riportare al nostro schema delle ontologie possibili, definendole, rispettivamente, o di tipo *naturalista* o di tipo *concettualista*. Il primo tipo di approccio, più genuinamente fisico e cui Davies e io stesso aderiamo, viene di solito fatto risalire a uno dei maggiori fisici teorici

²⁷ Per un'approfondita rivisitazione della nozione di *decoerenza* nella fisica quantistica, sia teorica che applicata, cfr. M. SCHLOSSHAUER, «Decoherence, the measurement problem, and interpretations of quantum mechanics», *Review of Modern Physics*, 76 (2004), 1267-1305. Una sintetica, e per questo molto provocante, recente visione d'insieme dell'approccio può trovarsi in: H. D. ZEH, «Quantum discreteness is an illusion», *Foundations of Physics*, 40 (2010), 1476-1493.

²⁸ Cfr. H. D. ZEH, «Wave function: 'it' or 'bit'?, in *Science and Ultimate Reality*, a cura di J. D. BARROW, P. C. W. DAVIES E C. L. HARPER JR., Cambridge UP, Cambridge, MA, 2004, pp. 103-20.

del '900, Rolf Landauer, che, come ricorda Davies, affermava che "l'universo computa all'interno dell'universo" e non in un iperuranio platonico,

un punto di vista motivato dalla sua insistenza sul fatto che "l'informazione è fisica" (...). In altre parole, in un universo limitato in risorse e tempo – per esempio, un universo soggetto al limite informativo cosmico²⁹ – concetti come numeri reali, valori parametrici infinitamente precisi, funzioni differenziabili e la stessa evoluzione unitaria di una funzione d'onda (quella neo-spinoziana di Zeh, [N.d.R.](#)) sono una finzione: un'utile finzione invero, ma pur sempre una finzione³⁰.

E' chiaro che, come vedremo meglio commentando i lavori di Benioff cui Davies qui si sta riferendo, non parleremo di "finzione", ma più propriamente di "astrazione". Ma su questo torneremo subito.

Un esempio tipico, invece, di un'ontologia concettualista della nozione di informazione in cosmologia che suppone l'esistenza di un osservatore esterno rispetto al quale soltanto l'informazione come l'entropia possono essere giustificate³¹, e che quindi suppone un approccio infinitista alle leggi della fisica, come pure un'interpretazione unitaria dell'evoluzione della funzione d'onda quantistica e l'esistenza attuale di infiniti universi, è stata recentemente riproposta da Max Tegmark³². Potremmo dire che tanto l'interpretazione naturalista dell'informazione è utile a suggerire nuove ipotesi alla ricerca fisica e cosmologica, come vedremo subito, quanto quella concettualista – con il suo fondo di realismo logico platonico che suppone – serve solo a fornire un esercizio intellettuale la cui utilità per lo sviluppo della ricerca è tutta da dimostrare e per la quale è difficile evitare il giudizio di Davies che si tratti di una pura "finzione intellettuale". Ma, come abbiamo visto, è questo il destino in generale delle ontologie concettualiste del realismo logico, non solo in fisica. Oggi hanno un valore solo erudito o, peggio, ideologico.

2.4. Una fondazione informazionale delle leggi matematiche della fisica

Tornando così all'ontologia naturalista della nozione d'informazione, nota correttamente Davies stesso, una teoria del genere, basata su una nozione *ontica* di informazione, come grandezza fisica *reale* sebbene distinta dalla *materia* (massa-energia) cui inerisce – e dove dunque l'osservatore, laddove fosse necessario supporlo, è interno non esterno alla realtà

²⁹ Si tratta di un parametro fondamentale adimensionale dell'universo fisico, che può essere ottenuto in molti modi. Seth Lloyd, per esempio, usando la meccanica quantistica l'ha calcolato a partire dall'ipotesi quantistica che gli stati della materia sono fondamentalmente discreti e formano un insieme numerabile. Quindi è possibile calcolare approssimativamente quanti bit d'informazione un qualsiasi volume di universo può contenere. Siccome l'universo si espande, ma è comunque finito, può essere definito un orizzonte spazio-temporale degli eventi all'interno dell'universo stesso. Quindi, per la regione di universo all'interno dell'orizzonte al tempo attuale, il limite cosmico informativo è dell'ordine di 10^{122} bit. Questo numero ha un'interpretazione fisica molto elegante essendo definito dall'area dell'orizzonte divisa dall'area più piccola permessa dalla discretizzazione quantistica, la cosiddetta area di Planck, che è approssimativamente 10^{-65} cm². Come nota Davies il numero di Lloyd non è affatto nuovo in fisica. Esso corrisponde infatti a $N^{3/2}$ dove N è il cosiddetto "Numero di Eddington-Dirac", ma corrisponde anche all'attuale età dell'universo calcolata in unità atomiche. Il profondo significato fisico e termodinamico del limite informativo cosmico è magistralmente spiegato da Davies nella sezione 4.3 del suo saggio ed è legato alla nozione del cosiddetto "principio olografico" di 'tHooft e Susskind che non possiamo qui spiegare, ma del quale ci serviremo ancora fra poco.

³⁰ DAVIES, «Universe from bit», *cit.*, p. 83.

³¹ Si tratta di una generalizzazione della classica nozione termodinamica di entropia (e all'inverso di informazione) come misura dell' "ignoranza" dell'osservatore rispetto allo stato del sistema fisico osservato, supposto come in sé determinato con infinita precisione. Un'interpretazione concettualista dell'informazione che viene di solito fatta risalire a un classico lavoro di Leo Szilard, pubblicato in tedesco nel 1929 e ripubblicato in inglese nel 1964 da cui ottenne la massima diffusione. Cfr. L. SZILARD, «On the decrease of entropy content in a thermodynamical system by the intervention of intelligent beings», *Behavioral Science*, 9(4) (1964), 301-10.

³² MAX TEGMARK, «How unitary cosmology generalizes thermodynamics and solves the inflationary entropy problem» <<http://arxiv.org/pdf/1108.3080.pdf>> [26 September 2011].

fisica cui egli stesso appartiene —, porta immediatamente a invertire la relazione di indole “platonica” che ha prevalso nella modernità³³:

Matematica → Leggi della Fisica → Informazione

In quella, che noi possiamo definire di indole “aristotelica”³⁴, che sempre di più va affermandosi per la sua potenza euristica:

Informazione → Matematica → Leggi della Fisica.

Davies fa qui riferimento, in particolare, ad una serie di pubblicazioni del fisico Paul Benioff³⁵ che, lavorando in questi ultimi dieci anni sui fondamenti della fisica computazionale applicati alla fisica quantistica, intesa come fisica *fondamentale*, evidenzia un metodo di mutua determinazione fra numeri – e quindi leggi matematiche – e processi fisici. Un metodo che con Perrone, in una serie di articoli pubblicati negli anni '90, a partire da un suo importante lavoro pubblicato nel 1995³⁶, avevamo già applicato, come elemento di una rinnovata teoria della computabilità, ai sistemi complessi, caotici in particolare³⁷.

Il principio, letto in chiave cosmologica, consiste nel leggere la dinamica dell'universo come “computazioni” che l'universo stesso attua all'interno delle risorse finite dell'universo stesso, senza cioè poter far ricorso a quelle risorse di “infinità” che caratterizzano le teorie fisico-matematiche astratte, costruite dall'uomo, per rappresentare queste dinamiche medesime. Le grandezze fisiche, che la loro rappresentazione matematica nelle teorie interpreta come campi numerici (e/o spazi funzionali), sono generati dagli stessi processi fisici che su di essi si sviluppano e su di essi vengono astrattamente definiti. Ciò porta a quella inversione della relazione fra matematica e fisica cui Davies faceva riferimento — e che potremmo sintetizzare in una frase ad effetto: “dalla fisica-matematica alla matematica-fisica”.

Un'inversione che storicamente corrisponde ad una riscoperta dell'ontologia aristotelica del numero, la distinzione cioè fra “numeri concreti” finitistici — che nascono fisicamente dall'inerenza di una forma alla materia — e “numeri astratti” infinitistici, che mentalmente li rappresentano per astrazione dai numeri concreti.

Il principio di fondo, nel nostro come nell'approccio di Benioff, consiste in quello che tecnicamente si definisce come *computational coarse graining*. Genericamente il *coarse graining* consiste nella tecnica matematica di riscaldare l'unità di misura sulla dimensione dell'incertezza che risulta dall'operazione di misura medesima. L'attributo *computational* evidenzia come, da una parte, la procedura di riscaldamento può essere agevolmente automatizzata e resa ricorsiva come una sorta di “inseguimento” delle variazioni imprevedibili, ridefinendo continuamente l'unità, e dunque il numero, sull'entità della variazione stessa. D'altra parte, l'attributo *computational* evidenzia come ogni processo fisico matematizzabile — ovvero cui può essere associata una legge matematica — può essere interpretato come “generante” la matematica con cui interpretarlo, mediante l'informazione (incertezza) che

³³ E' Davies stesso a caratterizzarla così. In fondo, Koyré medesimo nei suoi famosi “Studi Galileiani”, definì la scienza moderna col suo partire dall'ipotesi matematica cui segue il controllo empirico mediante operazioni di misura, una sorta di “verifica empirica” di platonismo (Cfr. A. V. KOYRÉ, *Studi galileiani*, trad. di Maurizio Torrini, Einaudi, Torino 1976 (orig., 1939)).

³⁴ Ma nessuno si azzarda a dirlo, perché non è politicamente corretto.

³⁵ In particolare, Davies fa riferimento a PAUL BENIOFF, «Toward a coherent theory of physics and mathematics», *Foundations of Physics*, 32 (2002), 989-1029. Io preferisco riferirmi al più recente e completo, sorta di continuazione del precedente: ID., «Towards A Coherent Theory of Physics and Mathematics: The Theory-Experiment Connection», *Foundations of Physics*, 35 (2005), 1825-56.

³⁶ Cfr., A. L. PERRONE, «A formal Scheme to Avoid Undecidable Problems. Applications to Chaotic Dynamics», *Lecture Notes in Computer Science*, 888 (1995), 9-48.

³⁷ Vorrei qui ricordare come rispetto ai principi che vengono qui evidenziati da Benioff e da noi stessi, conta poco che si stia lavorando su dinamiche quantistiche o caotiche (o su ambedue, nel caso del cosiddetto “caos quantistico”). Ciò che conta è che siamo di fronte funzioni d'onda – ovvero a sistemi probabilistici su base deterministica (equazioni differenziali) – che mediante la loro decoerenza (intesa nel senso più generale possibile di repentina riduzione della loro dimensionalità), generino informazione su base rigorosamente fisica e senza fare riferimento a osservatori esterni al sistema. Fornendo la base, cioè, ad un'interpretazione ontologica e non concettualista della nozione d'informazione in fisica e, più generalmente, nelle scienze naturali.

esso stesso genera. Ecco come Benioff sintetizza il cuore del suo approccio generalizzando-lo ad una qualsiasi teoria fisico-matematica astratta, in quanto caratterizzabile come una struttura definita sul campo dei numeri complessi C :

Il metodo suggerito è basato sull'osservazione che tutte le teorie fisiche fino ad oggi possono essere descritte come altrettante strutture matematiche su C , il campo dei numeri complessi. Il metodo consiste nel rimpiazzare C con C_n , che è l'insieme di stringhe finite complesse di numeri razionali di lunghezza n in una qualche base (p.es., binaria), e quindi prendendo il limite per $n \rightarrow \infty$ ³⁸.

Naturalmente ciò che manca al metodo di Benioff, o almeno non viene qui esplicitato, è che la coda decimale finita dei razionali in questione è a lunghezza *variabile* in funzione dell'estensione dell'incertezza da colmare, comunque finita. Solo mediante una teoria del riscaldamento dinamico, lo spazio R_n definito sui razionali a coda decimale finita, ma variabile può approssimare al limite lo spazio R dei reali della matematica astratta. Una condizione che Benioff ipotizza solo nella conclusione del suo lavoro qui citato come idea da realizzare, ma che invece è la chiave già realizzata del metodo di Perrone e della sua effettività computazionale. Un'effettività che risulterebbe così legata al fatto che, alla luce delle riflessioni di Benioff e di Davies, è la medesima natura a computare in maniera siffatta, come è particolarmente evidente nei sistemi biologici e neurali.

In ogni caso, sia Benioff sia Davies sono concordi nell'evidenziare come un siffatto approccio naturalista alla fondazione delle leggi matematiche della fisica e della loro evoluzione in funzione dell'evoluzione dell'universo stesso, può rendere conto di quello che l'altro grande fisico teorico del '900, E. Wigner, definì, con il gusto dell'espressione a effetto, come "l'irragionevole effettività della matematica nelle scienze naturali" in un famoso saggio degli anni '60 dello scorso secolo che aveva proprio questa affermazione paradossale come titolo³⁹.

2.5. Ontologia naturalista dell'informazione e virtualità dei multiversi

Un altro possibile successo dell'ontologia naturalista dell'informazione in fisica che stiamo qui descrivendo è quello recentemente illustrato dal Premio Nobel per la Fisica del 2006 George Smoot, Nobel ricevuto per i suoi studi sulle disomogeneità nella "radiazione cosmica di fondo a microonde". Tali misure, fornendo una prova osservativa dell'ipotesi dell'inflazione e quindi del big-bang, hanno inaugurato la nuova era della "cosmologia osservativa di precisione", basata cioè non solo sulle ipotesi matematiche, ma su precise operazioni di misura in grado di controllare le ipotesi⁴⁰. Ebbene, Smoot, in una serie di recenti saggi teorici sull'argomento ha mostrato una serie di affascinanti ipotesi, aperte al controllo sperimentale che possono essere tratte da un'interpretazione naturalista e non concettualista della nozione di informazione in cosmologia.

La prima riguarda l'ipotesi dei molti universi, oggi spesso alla ribalta della divulgazione "a effetto" che purtroppo condiziona la pubblicistica attuale sulla cosmologia⁴¹. Nell'approccio di Smoot, basato su una ontologia naturalista della nozione d'informazione, punto di partenza della sua trattazione di questa ipotesi è l'altra non meno sconvolgente, anche se di minore impatto mediatico, perché è solo per gli addetti ai lavori, che

³⁸ P. BENIOFF, «Towards A Coherent Theory of Physics and Mathematics: The Theory-Experiment Connection», *cit.*, 1829.

³⁹ E. WIGNER, «The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences», in *Symmetries and Reflections*, Indiana University Press, Bloomington IN, 1960, pp. 222-37.

⁴⁰ Come altrove ho avuto modo di affermare, le osservazioni di Smoot stanno alla cosmologia come quelle di Galilei col suo cannocchiale all'astronomia del '600. Con Smoot cioè, la cosmologia comincia a divenire a pieno titolo "scienza galileiana", con una base osservativa, di misure di precisione, e non solo con una base di rigore matematico nella formulazione dell'ipotesi.

⁴¹ Ci stiamo qui riferendo al recente saggio, G. F. SMOOT, «Go with the Flow, Average Holographic Universe», *Int.Journ.of Modern Physics*, D19 (2010), 2247-58.

la gravità sia una manifestazione macroscopica della teoria quantistica dello spazio-tempo, proprio come le teorie dell'elasticità e dell'idrodinamica sono la manifestazione della sottostante teoria quantistica degli atomi⁴²

In altri termini, la gravità va interpretata come una *forza entropica*. Una forza, cioè, solo apparente a livello macroscopico, ma che non si fonda su nessuna forza fisica *reale* a livello microscopico. Un po', insomma, come le famose "variabili termodinamiche" (calore, pressione, volume) che sono manifestazioni macroscopiche dello stesso fenomeno microscopico: la velocità del moto delle particelle di un gas. Viceversa, una forza entropica non suppone nessun campo di forze microscopico, ma, si origina in un sistema a molti gradi di libertà per la sua tendenza statistica ad aumentare l'entropia. A livello di equazioni, una forza entropica viene definita così in termini di una differenza di entropia⁴³. Come E. Verkinde ricorda, esistono consolidate evidenze di forze entropiche, p.es., la cosiddetta forza elastica — classicamente legata alla cosiddetta "forza d'inerzia" che infatti anch'essa può essere interpretata come forza entropica: d'altra parte il principio di equivalenza della relatività lo richiede, come Verkinde dimostra nel suo articolo —, ma anche in idrodinamica e in bio-fisica, come accenneremo quando tratteremo dell'informazione in biologia. Come si vede, il mio precedente esempio di senso comune di un'azione "come fosse una forza" dell'informazione può trovare ben altre e più fondamentali esemplificazioni in fisica, fornendo altresì anche una giustificazione alla confusione platonica e neo-platonica di "causa efficiente" e "causa formale".

Tornando al nostro argomento, questa della gravità intesa come forza entropica è la tesi di partenza con cui il suo saggio si apre, e che si connette direttamente ad altre due evidenze fondamentali. La prima è proprio l'ulteriore straordinaria conferma del limite cosmico informativo di Lloyd, cui abbiamo già fatto più volte riferimento (cfr. in particolare nota 29), che viene dal cosiddetto "principio cosmologico olografico" elevato oggi a principio cosmologico fondamentale.

Per capire questa nozione, i punti-chiave da tenere a mente⁴⁴ sono innanzitutto la scoperta di Hawking del 1975 che i buchi neri non sono poi così "neri", perché ad essi è associabile una radiazione termica e quindi una temperatura che è inversamente proporzionale alla loro massa — più il buco nero è piccolo, più irradia calore. D'altra parte se parliamo di calore, parliamo di entropia e quindi d'informazione. Già nel 1973 Jacob Bekenstein aveva definito una possibile misura di entropia associabile a un buco nero, se considerato nei termini della meccanica quantistica. La scoperta fatta da Hawking, se applichiamo ad essa la misura di Bekenstein, è che l'informazione dissipata da un buco nero scala non con il suo volume — come invece è in meccanica statistica e in termodinamica classica con i gas⁴⁵ —, ma con l'area che delimita il volume del buco nero e quindi la superficie del suo orizzonte degli eventi, calcolata in multipli dell'area di Planck. Più esattamente l'entropia S associabile al buco nero è definita dalla seguente equazione:

$$S = \frac{1}{4} kA$$

⁴² *Ivi*, p. 2247

⁴³ A tale riguardo, Smoot fa riferimento a due essenziali, recenti contributi, del fisico indiano T. Padmanabhan e del fisico olandese Erick Verlinde, che hanno dimostrato come la gravità emerge naturalmente come forza entropica dal principio cosmologico olografico, ed è legata all'informazione associata alla posizione dei corpi. Il cuore della dimostrazione consiste nell'evidenza che, "il prodotto della temperatura e del cambio nell'entropia, dovuto allo spostamento di materia, è uguale al lavoro compiuto dalla forza gravitazionale. In questo modo, la legge della gravitazione di Newton emerge in modo straordinariamente semplice" (E. VERLINDE, «The origin of gravity and the laws of Newton», *Journal of High Energy Physics*, 29(4) (2011), 1104-33). Cfr. anche T. PADMANABHAN, «Equipartition of energy in the horizon degrees of freedom and the emergence of gravity», *Mod.Phys.Letters A*, 25 (2010), 1129-36, che ha invece applicato la stessa idea alla gravità quantistica in cosmologia. Ne accenneremo dopo.

⁴⁴ Per questa ricostruzione mi sono rifatto a DAVIES, «Universe from bit», *cit.*, pp.77ss. in cui è contenuta anche la bibliografia di riferimento degli autori qui citati che, per brevità, non riporto.

⁴⁵ L'entropia (ovvero l'incertezza con cui determinare lo stato di moto di ciascuna particella di gas) associata a due volumi di gas nel medesimo stato termodinamico è proporzionale alla *somma dei volumi*.

Dove A è l'area della superficie che circonda il buco nero (il suo orizzonte degli eventi) calcolata in unità di Planck e k è la costante di Boltzman.

Ora come l'entropia di un gas, definita in base alla relazione di Shannon come l'inverso dell'informazione I ($S = -I$), può essere considerata come l'informazione persa sulla posizione e la quantità di moto di ciascuna particella che compone il gas, così vi è una perdita d'informazione irreversibile legata al fatto che la materia attraversa la superficie del buco nero, superficie che costituisce un "orizzonte degli eventi" dalla quale nessun raggio di luce e quindi nessuna informazione può essere emessa. Ora, come sappiamo, in base alla relazione di Hawking-Berkenstein l'informazione totale associabile all'orizzonte degli eventi di un buco nero non può eccedere un quarto della sua area. In seguito Bekenstein (1982) ha dimostrato che questo limite vale non solo per un buco nero, ma per l'orizzonte degli eventi di un qualsiasi sistema fisico, la cui area sia calcolata in unità di Planck.

Successivamente, il Premio Nobel Gerhard 'tHooft (1993) e quindi Leonard Susskind (1995), che collegò quest'evidenza alle teorie di stringa, applicarono questo limite all'area dell'orizzonte degli eventi che racchiude l'universo in espansione, definendo così quello che è stato definito il principio cosmologico *olografico*. Infatti, analogicamente a com'è possibile, con la tecnica olografica, racchiudere nella superficie bidimensionale dell'ologramma tutta l'informazione in grado di ridarmi l'immagine di un oggetto tridimensionale — ed è un'evidenza ormai comune a tutti, perché le immagini olografiche sono diffuse ovunque dalle banconote alle carte di credito —, così tutta l'informazione contenuta nell'universo — in base alla misura di Hawking-Bekenstein, estesa all'orizzonte degli eventi dell'universo stesso — è identica a quella contenuta in un quarto del suo orizzonte degli eventi, calcolato in unità di Planck. La straordinaria conferma di quest'ipotesi è venuta dal fatto che la quantità di informazione così calcolata per l'universo "olografico" è esattamente dello stesso ordine, 10^{122} bit, della misura di Lloyd che già conosciamo, che viene così elevata al rango di costante fisica fondamentale.

La seconda, ed ancora più fondamentale evidenza alla base del lavoro di Smoot, è la relazione sempre più stretta e che via via ha ottenuto sempre più conferme, fra gravitazione, termodinamica e informazione. Tale relazione si è evidenziata in questi ultimi quarant'anni, proprio a partire dalla fisica dei buchi neri la cui ipotetica esistenza deriva, innanzitutto, da considerazioni esclusivamente legate alla relatività generale e quindi alla sua teoria gravitazionale. Una relazione che, però, grazie alla scoperta della radiazione di Hawking e al suo collegamento con l'entropia di Bekenstein appena ricordate, ha visto un suo primo essenziale collegamento con la termodinamica e la teoria dell'informazione anche a livello cosmologico. Esistono però ben altre e più fondamentali ancora evidenze di questo collegamento:

1. Innanzitutto, tutta una serie di evidenze matematiche, per la cui bibliografia rimando all'articolo che stiamo esaminando, che correlano la forza e l'accelerazione gravitazionale alla fisica del calore e al principio di equipartizione dell'energia.
2. Quindi, la derivazione delle equazioni cosmologiche di Friedmann, a partire dall'ipotesi dell'unico orizzonte cosmico degli eventi, e dalle assunzioni già matematicamente dimostrate, che l'entropia è proporzionale alla sua area e la temperatura alla gravità della sua superficie.
3. Infine, in base al già ricordato principio olografico cosmologico, l'idea che tutta l'informazione contenuta nell'universo possa essere codificata sulla superficie bidimensionale dell'orizzonte cosmologico degli eventi, può essere generalizzata nella seguente ipotesi che fornisce allo *it from bit* di Wheeler un'interpretazione estremamente suggestiva. Nelle parole stesse di Smoot:

la teoria suggerisce che l'intero universo può essere concepito come una struttura informazionale bidimensionale "dipinta" sull'orizzonte cosmologico, tale che le tre dimensioni che osserviamo ne sono soltanto un'effettiva descrizione a scale macroscopiche e a basse energie.

Di qui la congettura fondamentale riguardante i cosiddetti "multiversi"

Tutte le possibili storie dell'universo, passate e future, sono codificate nell'apparente orizzonte dell'universo.

Assumiamo quindi il punto di vista che lo spazio-tempo classico e addirittura quello semi-classico altro non sono che il limite approssimato a tratti (*coarse grained limit*) della struttura microscopica dell'informazione mediata sull'insieme⁴⁶.

E' chiaro dunque che perché l'orizzonte degli eventi cosmologico contenesse tutta l'informazione necessaria per l'attuale universo complesso, esso dovesse necessariamente accelerare la sua espansione. Allo stesso tempo, all'ovvia obiezione di come potesse contenere l'informazione passata e futura quando era di dimensioni molto piccole, la risposta è che tale informazione sugli stati potenziali passati e futuri dell'universo riguardava il contenuto attuale dell'universo stesso che a quel tempo era abbondantemente "vuoto" di corpi dotati di massa. Allo stesso tempo, decelerando la sua espansione, dopo aver raggiunto una dimensione sufficientemente grande, il conseguente aumento di entropia ha fatto sì che aumentasse conseguentemente anche l'informazione, proprio come andava aumentando il numero di computazioni/eventi necessari alla progressiva complessificazione dell'universo medesimo⁴⁷. In altri termini, ontologici, gli stati passati dell'universo contengono solo *causalmente* non *logicamente* gli stati futuri e quindi lo stato attuale dell'universo, visto che si richiede un meccanismo di aumento dell'*informazione* (attuale) che abbiamo visto è proporzionale all'aumento dell'area dell'orizzonte degli eventi che contiene l'universo stesso.

Questa interpretazione dell'origine *causale* dell'informazione fa sì che l'ontologia con essa compatibile sia quella *modale* del *realismo naturalista* che abbiamo illustrato nel §1.1.3.

Il meccanismo di "generazione dell'informazione" che Smoot molto sinteticamente spiega, è infatti, teoricamente vicino a quello della "eduazione della forma" della ontologia aristotelica come l'ho semi-formalizzato nel mio testo di filosofia della natura nel senso di una (parziale) stabilizzazione degli stati instabili della materia in seguito ad una determinata azione causale (efficiente)⁴⁸. Analogamente, nel formalismo di Feynman degli integrali di percorso, l'ampiezza di probabilità per ogni dato processo è dato dalla somma su tutti i possibili percorsi pesati con la stessa probabilità. Allo stesso tempo però, gli effetti di interferenza dopo un tempo sufficientemente lungo, garantiscono che solo i contributi *derivanti da punti stazionari dell'azione* danno luogo a storie con una probabilità significativa, ed al limite, all'unica traiettoria *effettiva* che definisce l'evoluzione spazio-temporale del sistema quantistico considerato e quindi l'informazione necessaria per caratterizzarlo.

Ora in una teoria quantistica della gravitazione dove gli integrali di percorso costituiscono le storie di tutti i possibili universi, il meccanismo termodinamico dell'equipartizione dell'energia è ciò che garantisce l'uguale soppesamento di tutti i possibili percorsi sulla

⁴⁶ SMOOT, «Go with the Flow», *cit.*, p. 2251. Eccoci così tornati all'ipotesi di Benioff sul fondamento fisico della matematica e delle leggi matematiche della fisica. In ogni caso, se è possibile tentare di fornire una resa intuitiva del principio. Immaginiamo di avere uno di quei classici oggetti di carta tridimensionali ripiegati su se stessi così da formare un unico foglio bidimensionale. Tutta l'informazione era "nascosta" nelle pieghe...

⁴⁷ Passiamo così ad una nozione di informazione sempre legata all'inverso dell'entropia, ma intesa stavolta come misura di complessità (algoritmica): il numero cioè di computazioni necessarie per produrre una certa sequenza "ordinata" di bit. P.es., se usiamo la codifica binaria, la più semplice di tutta, ogni dinamica può agevolmente essere trasformata in una "dinamica simbolica": data una sequenza di eventi e una soglia tutti gli eventi sopra o sotto soglia possono essere interpretati come una sequenza, rispettivamente di 1 e di 0.

⁴⁸ Cfr. G. BASTI, *Filosofia della Natura e della Scienza. Vol. I: I Fondamenti*, Lateran University Press, Roma, 2002, pp. 343-49. In sintesi, il meccanismo che Aristotele suggerisce è che, data una successione completamente a-periodica di stati di un sostrato materiale (ricordiamo che era stata appena fatta la scoperta-schock per la matematica pitagorica dei numeri irrazionali), per esempio un *migma* (il termine è di Aristotele stesso) di elementi in moto caotico, una forma può essere "edotta" da questa materia se per l'azione di una causa agente un sotto-insieme della sequenza viene reso stabile (periodico). Ecco insomma come la natura "calcola" troncando, "a diverse" lunghezze, sequenze della coda decimale a-periodica dei reali, per tornare all'idea computazionale "finitista" dell'approccio di Perrone-Benioff...

superficie dell'orizzonte degli eventi dove essi sono codificati. Quindi, avere *potenzialmente* "in un solo contenitore *causale*" tutta l'informazione di tutte le possibili storie dell'universo è molto conveniente per determinare gli eventi *attuali* dell'universo. Ed è in questo senso, conclude Smoot, che «il multiverso siamo noi».

Senza qui entrare in ulteriori dettagli tecnici che possono trovarsi nell'articolo, vorrei solo ricordare alcuni punti salienti. Innanzitutto, come la curvatura dello spazio-tempo tipico dell'effetto gravitazionale delle masse secondo la teoria della relatività generale, emerge "naturalmente" in questo quadro come deformazione necessaria a massimizzare l'entropia nella porzione di spazio-tempo considerata, data la quantità di massa-energia in tale regione contenuta. Ciò fa sì che, da una parte, l'entropia sia inversamente proporzionale alla curvatura dello spazio-tempo, mentre la temperatura sia proporzionale ad essa, proprio come nei buchi neri. In una parola, come sperimentalmente osservato, più l'universo si dilata più aumenta l'entropia e più diminuisce la temperatura. Allo stesso tempo però, tutto questo significa anche che il legame individuato fra gravitazione, termodinamica e informazione, garantisce che, malgrado il principio di equipartizione faccia sì che, da una parte, tutte le storie degli universi possibili contribuiscano in egual maniera, e dall'altra, genera lo spazio-tempo e la forza gravitazionale al suo interno⁴⁹, tuttavia esista un meccanismo di interferenza costruttiva fra le ampiezze di probabilità di storie di possibili universi, il cui risultato è l'esistenza di un'unica storia effettiva: quella del nostro universo attuale. Tale risultato viene così sintetizzato da Smoot nella conclusione del suo saggio:

Noi viviamo nel migliore dei mondi possibili perché esso è tutti i mondi possibili e l'unico mondo (attuale). Questo è quanto è scritto nel grande libro: l'apparente orizzonte degli eventi⁵⁰

2.6. Ontologia naturalista dell'informazione e accelerazione entropica dell'universo

Un corollario della teoria cosmologica appena ricordata, è illustrato da Smoot in due successivi saggi, uno dei quali ancora non pubblicato. Ambedue sono dedicati a illustrare come nell'ambito della teoria cosmologica sopra illustrata, siano originate le due accelerazioni cui è andata soggetta l'espansione dell'universo. La prima è quella legata all'ipotesi dell'inflazione originaria subito dopo il big-bang, ipotesi formulata attorno al 1920 e da cui deriva la sostanziale isotropia dell'espansione dell'universo prevista dall'equazione di Friedman-Lemaître — ovvero il modello standard di "big-bang" dell'attuale cosmologia — ed il cui segno, sperimentalmente osservabile/misurabile anche da noi, è la proprietà di sostanziale omogeneità della radiazione cosmica di fondo a microonde (CMBR) in cui l'universo attuale è immerso.

La seconda accelerazione cosmica, successiva, quanto drammaticamente inaspettata e che è stata scoperta solo di recente, nel 1998, osservando il comportamento di alcuni gruppi di Supernovae — misure che sono state in seguito confermate da una pletora di altre osservazioni/misure anche sulla stessa CMBR —, ha portato a formulare la discutibile ipotesi dell'esistenza di una "energia oscura" equivalente a più del 70% dell'intera energia dell'universo.

Il primo dei due lavori di Smoot e dei suoi collaboratori cui qui stiamo facendo riferimento⁵¹ dimostra matematicamente che si potrebbe fare a meno dell'energia oscura e spiegare l'accelerazione cosmica, legandola all'aumento dell'entropia sull'orizzonte cosmico per l'espansione dell'universo. Un aumento dell'entropia che può dar luogo all'azione di

⁴⁹ Cfr. T. PADMANABHAN, «Equipartition of energy in the horizon degrees of freedom and the emergence of gravity», *Mod.Phys.Letters A*, 25 (2010), 1129-36. Si tratta dell'interpretazione, all'interno della gravità quantistica, della gravità come *forza entropica* che Verkinde ha dimostrato per la meccanica newtoniana. Basta tener presente che il "principio dell'equipartizione dell'energia" è l'altra faccia di quello dell'aumento di entropia in termodinamica.

⁵⁰ SMOOT, «Go with the Flow», *cit.*, p.2258.

⁵¹ D. A. EASSON, P. H. FRAMPTON, G. F. SMOOT, «Entropic accelerating universe», *Physics Letters B*, 696 (2011), 273-77.

una vera e propria forza entropica in una maniera simile alla derivazione dell'energia gravitazionale dalle fluttuazioni quantistiche e termiche dell'orizzonte dell'universo, per il principio dell'equipartizione dell'energia che abbiamo sopra ricordato.

Il secondo dei lavori cui qui si fa riferimento⁵² spiega con il medesimo principio anche l'accelerazione necessaria per l'inflazione originaria del nostro universo.

2.7. Verso una formalizzazione dell'ontologia fisica dell'informazione

Come avremo notato, sia Davies che Smoot tengono a sottolineare che il limite della quantità d'informazione contenuta nell'universo dell'ordine di 10^{122} bit è un limite che riguarda la quantità *attuale* di informazione che può essere contenuta nell'universo, stante la sua finitudine spazio-temporale. All'interno di questi limiti, però, meccanismi come la decoerenza della funzione d'onda in meccanica quantistica e, più in generale, nella meccanica statistica — in particolare nei sistemi complessi stabili fuori dall'equilibrio, fondamentali a livello mesoscopico e macroscopico per l'organizzazione "complessa" della materia, nei sistemi chimici e biologici — sono sorgenti d'informazione *potenzialmente infinita*.

Sono cioè produttori di stabilità dinamiche imprevedibili (attrattori, ciclici e/o di punto fisso) e quindi di quantità di informazione *attuale* sempre e comunque *finita*. Ecco perché Smoot definisce essere un orizzonte *causale* l'orizzonte degli eventi — anzi i molteplici tipi di orizzonti degli eventi dell'universo primordiale⁵³ — su cui l'informazione dei molteplici universi possibili sono bi-dimensionalmente "dipinti" in base al principio olografico. L'informazione degli stadi successivi dell'evoluzione cosmica non è insomma contenuta nell'orizzonte cosmologico come nella memoria di un computer, ma *nei fattori causali in grado di produrla*.

È ovvio che quest'ontologia naturalista può essere agevolmente interpretata nell'ambito di un'ontologia dei generi naturali, visto che questa suppone un'origine *causale* dell'informazione, come abbiamo visto. Quando poi riflettessimo sulla spiegazione "informativa" della "forza gravitazionale" e addirittura della "forza inerziale" che la cosmologia informativa implica, se fossimo animati da intenzioni apologetiche o addirittura revansciste, potremmo parlare di un'inconsapevole "palingenesi di aristotelismo". Basterebbe ricordare qui qual è la spiegazione "termodinamica" della teoria cosmologica aristotelica dei "luoghi naturali", quella per cui i corpi pesanti tendono "verso il basso" e quelli leggeri "verso l'alto".

Quella teoria, cioè, che è stata quella ridicolizzata per quattro secoli dalla spiegazione geometrica di tipo "inerziale" e "gravitazionale", prima di Galilei, poi di Cartesio, quindi di Newton della "caduta dei gravi": una spiegazione valida — guarda caso — a patto di separare (astrattamente) meccanica e dinamica dalla termodinamica. Viceversa, la teoria aristotelica era tutta basata sul fatto che il calore rende anisotropo, ovvero "non geometrico" lo spazio fisico, favorendo la direzione "centrifuga" dei moti, ovvero cosmologicamente, in un cosmo geocentrico come quello di Eudosso e di Aristotele, la direzione "verso l'alto". Siccome i "corpi pesanti" sono quelli più freddi, perché il calore ha la capacità di associare corpi della medesima natura e separare quelli di diversa natura, ecco evidenziato il meccanismo "termodinamico-informativo" della "cosmologia aristotelica". Dove la "terra" è l'unico corpo pesante, perché "disordinato agglomerato di corpi della più diversa natura", posto al centro del cosmo, mentre i "corpi celesti", corpi semplici composti di solo "etere" o "quint'essenza", posti alla periferia del cosmo, "più leggeri" perché più ordinati, sono *origine causale* di tutte le forme di organizzazione dei "corpi fisici intermedi" — quelli complessi della "fisica terrestre", composti da elementi eterogenei, gli organismi viventi, soprattutto. In altri termini, "il cielo aristotelico" aveva la stessa funzione ontologica dello "orizzonte causale degli eventi" dell'attuale cosmologia "olografica"...

⁵² DAMIEN A. EASSON, PAUL H. FRAMPTON AND GEORGE F. SMOOT, «Entropic inflation», 2011, 1-14
<<http://www.arxiv.org/1003.1528v2>>.

⁵³ Sono ipotizzabili diversi tipi di orizzonti cosmologici degli eventi, per le varie età dell'evoluzione del cosmo primordiale. Per un'ottima sintesi dei concetti fondamentali, teorici e sperimentali della attuale cosmologia, cfr. J. L. CERVANTES-COTA, G. SMOOT, «Cosmology today - A brief review», *AIP Conference Proceedings*, 1396 (2011), 28-52.

Curiosità storiche a parte, ciò che è veramente interessante è la formalizzazione dell'ontologia di questa cosmologia a base informazionale, molto diversa da quella moderna e che potrebbe fornire alla nostra post-modernità confusa una nuova ontologia degna degli straordinari sviluppi della scienza contemporanea. Vedremo subito la sua naturale "continuazione" nella biologia a base informazionale, legata al concetto di epigenetica e quindi in un'antropologia a base informazionale in grado di recuperare alla post-modernità un'ontologia duale dell'unità psicofisica della persona.

Una parola sola, però, riguardo alle conseguenze metafisiche di un'ontologia naturalista di tipo duale basata su una chiara distinzione fra necessità causale e necessità logica/matematica e dove è la prima a fondare la seconda come nell'ontologia aristotelica e tommasiana, e non viceversa come nell'ontologia naturale newtoniana-kantiana. Sia sufficiente questa citazione di Davies.

Gli storici della scienza sono ben consapevoli che Newton e i suoi contemporanei credevano che nel fare scienza essi stavano scoprendo il piano divino per l'universo nella forma del suo soggiacente ordine matematico. (...) La fusione di platonismo e monoteismo ha creato il potente concetto scientifico ortodosso delle leggi della fisica come delle forme e relazioni matematiche ideali, perfette, infinitamente precise, immutabili, eterne, immodificabili che trascendono l'universo fisico e risiedono in un cielo astratto platonico al di là dello spazio e del tempo.

Mi sembra che dopo tre secoli dovremmo considerare la possibilità che il modello teologico/platonico di leggi è un'idealizzazione con poca giustificazione sperimentale o osservativa⁵⁴.

Se non si può non essere d'accordo con Davies sia storicamente, sia teoreticamente, ciò che è deprimente è che anche per lui la visione teologica s'identifica con questa visione neoplatonica del Dio legislatore/demiurgo della natura. Chi conosce la teologia sa che c'è una visione alternativa a questa. Quella di Tommaso per cui nella Mente di Dio non ci sono né numeri ideali, né leggi, né forme. Ma solo la Causa Prima di — "partecipante l'essere a" — tutto ciò che esiste, così che numeri, forme e leggi — anche quelle astratte dalla mente dell'uomo — hanno nella realtà fisica il loro fondamento. In questo senso esse sono del tutto immanenti alla storia del mondo fisico stesso, essendo "edotte" (non dedotte) dalla potenzialità della materia e dalle cause fisiche "universali" che su di essa agiscono.

3. LA NOZIONE DI INFORMAZIONE NELLE SCIENZE BIOLOGICHE E COGNITIVE

3.1. Genetica, epigenetica e approccio informazionale nelle scienze biologiche

A partire dallo sviluppo della moderna genetica, basata sulla scoperta negli anni '60 del DNA, e dell'avvio contemporaneo del programma di ricerca della cosiddetta *Intelligenza Artificiale* (IA) nello studio della mente, è invalsa la convinzione che la nozione di "forma" in biologia e in psicologia delle ontologie duali, di ispirazione aristotelica, possa avere un corrispettivo scientifico "operazionale" nella nozione di *informazione* incorporata negli scambi di materia-energia dell'organismo e/o del cervello, "dentro" e "fuori" di ciascuno di essi. Tutto ciò fa sì che oggi la teoria duale, in forma consapevole o inconsapevole, sia di fatto la più praticata nell'ambito scientifico, visto che ormai non esiste libro o testo di biologia o di scienze cognitive che, a torto o ragione, non usi il termine "informazione" e i concetti ad esso associati per descrivere e/o spiegare il suo oggetto.

Uno straordinario salto in avanti in questo senso si è avuto in questi ultimi dieci anni con lo sviluppo in biologia della cosiddetta *epigenetica*, ovvero dello studio di come i livelli più alti di organizzazione dell'individuo durante lo sviluppo ontogenetico e oltre, retroagi-

⁵⁴ P. DAVIES, «Universe from bit», *cit*, pp. 71 e 73.

scano informazionalmente, mediante cioè specifici segnali bio-chimici⁵⁵ sul medesimo corredo genetico delle cellule, orientando l'espressione genica del DNA in maniera assolutamente individuale.

E' dall'epigenesi e non solo dal genoma, dunque, che dipende, per esempio, sia la specializzazione individuale delle cellule embrionali toti-potenti (in grado cioè di riprodursi per costituire qualsiasi genere di tessuto) verso cellule via via più specializzate, sia la despecializzazione di esse per ri-produrre da cellule adulte specializzate, cellule multi/toti-potenti, avendo sempre e tutte, comunque, il medesimo DNA. Ugualmente la degenerazione cancerosa delle cellule è certamente imputabile all'interazione fra meccanismi genetici ed epigenetici, come pure meccanismi epigenetici entrano nella formazione dei cosiddetti "prioni" divenuti tristemente famosi per la sindrome degenerativa del cervello della cosiddetta "mucca pazza". Inoltre è ormai provata anche l'influenza epigenetica a livello cognitivo, per esempio, a nella formazione/degenerazione della "memoria a lungo termine" che dipende dall'interazione dinamica fra strutture sotto-corticali come l'ippocampo e strutture corticali nei lobi pre-frontali. Continuamente si moltiplicano le scoperte e le pubblicazioni al riguardo, a testimonianza della crescente importanza di questa nuova dimensione della biologia genetica, in grado ormai di rendere la biologia stessa una scienza galileiana (matematico-sperimentale) a tutti gli effetti⁵⁶.

Avevano dunque ragione, sia il fondatore della cibernetica, Norbert Wiener — per un banale quanto spesso dimenticato ragionamento matematico⁵⁷ — sia il riconosciuto attuale fondatore dell'epigenetica, Carol H. Waddington, che riscoprì questo termine aristotelico⁵⁸ per darle il nuovo senso con cui noi oggi l'usiamo⁵⁹, come chiave per un'adeguata e non ideologica comprensione dei meccanismi evolutivi, secondo i dettami di quello che Waddington stesso definiva il suo "post-neo-darwinismo"⁶⁰. Ma, modestamente, avevo ragione

⁵⁵ E' altamente significativo che la prestigiosa rivista *Science* abbia da qualche anno istituito una nuova rivista che tratta esclusivamente di problemi di scambi d'informazione a livello bio-genetico, sia negli individui, sia fra individui, dal titolo, che è tutto un programma, *Science Signaling*.

⁵⁶ Per un aggiornamento si può consultare il sito creato dalla rivista *Science* per gli studi epigenetici: www.sciencemag.org/section/epigenetics.

⁵⁷ N. WIENER, *Cybernetics. Second Edition: or the control and communication in animal and machine*, MIT Press, 1961 (2. Edition). Il ragionamento di Wiener è semplice quanto lineare: un umano adulto è costituito da centinaia di milioni di miliardi di cellule (10^{17} : 1 seguito da 17 zeri), tutte derivate da una sola cellula fecondata (lo zigote) che, dopo essersi riprodotta sempre uguale a se stessa come fosse un tumore (la morula), comincia progressivamente a differenziarsi. Ora, se schematizziamo ultra semplificando questo processo di differenziazione (epigenesi), come una sorta di albero a biforcazioni progressive con ogni biforcazione corrispondente ad una riproduzione/differenziazione cellulare, e poniamo che ci vuole almeno un bit d'informazione per porsi sulla biforcazione e almeno un altro per scegliere quale delle due strade intraprendere, ci vorranno due bit (2^1) per la prima biforcazione (differenziazione), quattro bit (2^2) per la seconda, otto bit per la terza (2^3) e così via, fino ad arrivare alla stratosferica quantità dell'ordine di 2^{10} bit d'informazione per la produzione del numero di cellule di cui un adulto è composto. Un numero ridicolmente incredibile. Soprattutto se lo confrontiamo col limite informazionale cosmologico che è dell'ordine di "soli" 10^{122} bit. D'altra parte, come Davies ricorda, anche le sole possibili combinazioni di aminoacidi di una proteina eccederebbero questo limite, essendo $>10^{130}$ (DAVIES, «Universe from bit», cit., p.80. Come, ricordavo nel mio manuale di antropologia con la metafora, divenuta famosa fra i miei studenti dello sviluppo "del gatto Poldo", citando una poderosa idea di Tommaso d'Aquino al riguardo, il singolo individuo, sviluppandosi, interagisce colla sua specie di appartenenza (genere naturale) modificandola sulla propria individualità irriducibile (Cfr. G. BASTI, *Filosofia dell'uomo*, Edizioni Studio Domenicano, Bologna, 1995, pp. 158ss.). Non c'è dunque bisogno di alcuna *hecceitas* come, dopo Tommaso, nel Medio Evo affermeranno gli Scotisti, evidentemente schiavi di un pregiudizio pre-formista come chiunque ragiona con pre-comprensioni matematiche sui processi genetici (ai tempi di Aristotele erano Democrito e Leucippo) per garantire l'individualità del prodotto finale.

⁵⁸ Cfr. H. RUBIN, «Etymology of epigenetics», *Science*, 294 (2001), 2477-78.

⁵⁹ "La branca della biologia che studia le interazioni causali fra i geni e i loro prodotti che portano all'esistenza il fenotipo", ovvero l'organismo sviluppato (Cfr. C. H. WADDINGTON, *Epigenetics of birds*, Cambridge UP, New York, 1952.).

⁶⁰ C. H. WADDINGTON, *Evoluzione di un'evoluzionista*, Armando, Roma, 1971. La critica che nel mio testo facevo a Waddington, e che oggi è in pieno confermata, è quella di usare come base fisica dei meccani-

io stesso che li citavo ambedue nel 1995, ben prima dell'attuale "esplosione" di studi epigenetici⁶¹, individuando nell'idea di Waddington l'idea-chiave per il futuro sviluppo della genetica. Infatti, siccome, è provato che determinati meccanismi epigenetici sono trasmissibili ereditariamente senza modifiche del sottostante DNA, la vecchia polemica moderna fra *darwinisti* e *lamarckiani*, fra fattori genetici e ambientali nell'evoluzione degli organismi è ormai da archiviare. La modernità come "epoca delle ideologie" è insomma finalmente morta anche in biologia, almeno a livello dell'accademia, sebbene essa permane più virulenta che mai nella strumentalizzazione ideologico-politica della scienza, e non solo biologica, ad opera della *falsa divulgazione scientifica*. Un problema angosciante, questo della falsa divulgazione, che è parte di quella "emergenza educativa" denunciata da più parti, ormai da diversi anni, ed a cui occorre trovare una soluzione!

Infatti — proprio per l'erronea identificazione fra "immaterialità" dell'anima e dualismo psicofisico: anche l'informazione non è materia, sebbene sia scientificamente (empiricamente e matematicamente) studiabile! — l'approccio informazionale alle scienze biologiche e cognitive viene spesso inserito nel quadro di un'antropologia monista di tipo materialista/meccanicista (cfr., come tipici e più famosi esempi, i contributi dei coniugi Churchland⁶², anche se non mancano esempi di tentativo di coniugare questo approccio informazionale di tipo rappresentazionale e dunque funzionalista allo studio della mente, con un'antropologia di tipo dualista, per esempio in Jerry Fodor⁶³).

3.2. Ontologia duale e paradigma intenzionale nelle scienze cognitive

Viceversa, una volta abbandonato il paradigma rappresentazionale nelle scienze cognitive⁶⁴, per una convergenza di motivi, neurofisiologici, logici ed epistemologici, il paradigma *intenzionale* alternativo a quello rappresentazionale appare perfettamente compatibile con una ontologia duale, che fa della *persona*, in quanto costituita di *materia e forma*, e non della *mente* soltanto (la *res cogitans* cartesiana) o del *cervello* soltanto (la *res extensa* cartesiana), il *soggetto metafisico* (il cosiddetto "io" della psicologia introspettiva) delle operazioni cognitive⁶⁵. Nell'approccio "duale" post-moderno, in perfetta continuità con l'ontologia

smi epigenetici "la teoria delle catastrofi" di René Thom, assolutamente insufficiente — come affermava lo stesso, vero, inventore della teoria: il grande fisico matematico russo, recentemente scomparso, Vladimir I. Arnol'd — a giustificare la complessità delle dinamiche epigenetiche dei viventi. I sistemi non-lineari studiati da Arnol'd infatti, sono caratterizzati da una stabilità vicina all'equilibrio, sono cioè caratterizzati da "stabilità strutturale". Viceversa i viventi sono, termo dinamicamente, "sistemi dissipativi" o "strutture dissipative", capaci di riadattarsi continuamente alle variazioni ambientali, cioè sistemi la cui stabilità è molto lontana dall'equilibrio (solo il cadavere di un (ex-)vivente è all'equilibrio termodinamico col suo ambiente, ma proprio per questo è assolutamente instabile: sta decomponendosi). Si deve a Ilya Prigogine che per questo è stato insignito del Premio Nobel, la scoperta di questa nuova classe di sistemi fisici complessi, conosciuti anche col nome di "sistemi caotici", che sono la chiave, peraltro, dello studio delle basi fisiche dell'intenzionalità nelle dinamiche cerebrali.

⁶¹ Cfr. G. BASTI, *Filosofia dell'uomo*, Edizioni Studio Domenicano, Bologna, 1995, pp.138ss..

⁶² Cfr. P. CHURCHLAND, *Neurophilosophy*, MIT Press, Cambridge MA, 1996; P. M. CHURCHLAND, *Matter and consciousness: a contemporary introduction to the philosophy of mind*, Revised Edition, MIT Press, Cambridge MA, 1999; ID., *Neurophilosophy at work*, Cambridge UP, New York, 2007.

⁶³ Cfr. J. A. FODOR, *The language of thought (The language of thought series)*, Harvard UP, Cambridge MA, 1980; ID., *LOT 2: The Language of Thought Revisited*, Oxford UP, Oxford, New York, 2008.

⁶⁴ Si tratta pur sempre di "scienza galileiana", basata, cioè, su determinate ipotesi logico-matematiche che, nel caso dell'approccio *rappresentazionale*, non hanno retto al controllo empirico, nel nostro caso, neurofisiologico, logico-cognitivo e logico-informatico, così da venire progressivamente abbandonato, come una qualsiasi ipotesi scientifica confutata dai dati, in favore dell'approccio alternativo, quello *intenzionale*, appunto.

⁶⁵ G. BASTI, A. L. PERRONE, «Neural nets and the puzzle of intentionality», in *Neural Nets. WIRN Vietri-01. Proceedings of 12th Italian Workshop on Neural Nets, Vietri sul Mare, Salerno, Italy, 17-19 May 2001*, a cura di Roberto Tagliaferri and Maria Marinaro, Springer, Berlin, London, 2002; G. BASTI, «Intentionality and Foundations of Logic: a New Approach to Neurocomputation», in *What should be computed to understand and model brain function? From robotics, soft computing, biology and neuroscience to cognitive philosophy*, a cura di T. KITAMURA, World Publishing, Singapore - New York, 2001, pp. 231-88; ID., «Il problema mente-corpo e la questione dell'intenzionalità.», in *Neurofisiologia e teorie della mente*, Vita e Pensiero, Milano, 2006, pp. 161-200; W. J. FREEMAN,

tommasiana della persona, ma anche con l'antropologia fenomenologica di ispirazione cristiana⁶⁶, si passa dal vecchio e malposto problema del *mente-corpo*, al corretto problema del *persona-corpo*, essendo la "mente" e il "corpo" solo *strumenti* o "*cause strumentali*", per quanto indispensabili, del soggetto personale che compie gli atti umani, rispettivamente mentali e/o comportamentali. Proprio come — e l'esempio, efficacissimo è di Tommaso d'Aquino — a nessuno verrebbe in mente di definire il martello o lo scalpello "autori" della statua, malgrado sono essi strumenti indispensabili per fare la statua, ma è lo scultore l'autore, così è sciocco affermare che sono il processamento dell'informazione e/o le attivazioni sinaptiche del cervello a "fare le operazioni mentali", ma è la persona.

Non starò quindi a soffermarmi oltre sui punti di contatto fra ontologia duale, paradigma intenzionale nelle neuroscienze cognitive e base caotica delle dinamiche neurali, come necessario sostrato delle operazioni intenzionali medesime, oggetto di miei molteplici scritti, già qui citati. In particolare, l'approccio di Walter Freeman, il più vicino al rigore delle teorie fisico-matematiche prima esaminate, dimostra, in una sorta di "teoria dei campi neurali" come l'esistenza, sperimentalmente provata, di onde di attivazione neurali nelle dinamiche cerebrali caotiche e la loro decoerentizzazione in attrattori basso-dimensionali, sia la base fisica dei comportamenti intenzionali. Ma su queste evidenze, ripeto, mi sono soffermato altrove e rimando a questi studi per ulteriori approfondimenti⁶⁷. Voglio invece qui offrire, commentando un famoso testo di Tommaso, una sintetica visione d'insieme dell'ontologia duale dei viventi "dall'ameba all'uomo" per poi trarne a conclusione di questo saggio alcune conseguenze per l'antropologia metafisica.

4. CONCLUSIONE: ALCUNE CONSEGUENZE PER UN'ANTROPOLOGIA DUALE DELLA PERSONA

4.1. Ontologia dei viventi secondo la teoria duale: una visione sintetica

Nel sintetizzare l'insegnamento aristotelico sui corpi viventi, Tommaso d'Aquino è stato in grado di distinguere i classici *tre regni dei viventi* (vegetale, animale, umano), sulla base dei *tre livelli* al quale il controllo attivo (= l'azione immanente) che caratterizza l'operazione vivente all'interno di un organismo può essere eseguita. Questa distinzione segue la re-interpretazione aristotelica della metafora "cibernetica"⁶⁸ dell'anima-timoniere, secondo la sua teoria della quadruplica componente della causalità fisica. Cioè, nella costruzione di un organismo vivente (la nave), è la componente *finale* (il timoniere) che controlla quella *formale* (l'ingegnere navale), che a sua volta controlla quella *agente* (il carpentiere) la quale agisce direttamente sulla componente *materiale* (il legno di cui la nave è fatta).

Fuor di metafora, se ciò che caratterizza un corpo vivente rispetto al non vivente è la capacità di *azione immanente*, la capacità cioè di auto-determinare a diversi livelli il proprio sviluppo e/o il proprio comportamento, attraverso le azioni reciproche "circolari" fra i vari organi⁶⁹, i *tre livelli* a cui l'immanenza dell'azione di controllo può dispiegarsi sono i seguenti⁷⁰:

«Nonlinear dynamics and the intention of Aquinas», *Mind and Matter*, 6 (2008), 207-34; T. METZINGER, V. GALLESE, «The emergence for a shared action ontology: building blocks for a theory», *Consciousness and Cognition*, 12 (2003), 549-71.

⁶⁶ Cfr. A. ALES-BELLO, *Fenomenologia dell'essere umano*, Città Nuova, Roma, 1992.

⁶⁷ Oltre a quelli già citati, rimando alla sintesi contenuta in: GIANFRANCO BASTI, «Logica della scoperta e paradigma intenzionale nelle scienze cognitive», in *Quale scienza per la psicoterapia? Atti del III Congresso nazionale della SEPI (Society for the Exploration of Psychotherapy Integration)*, a cura di TULLIO CARERE-COMES, Florence Art Edition, Firenze, 2009, pp. 183-216.

⁶⁸ Ricordiamo che "cibernetica" viene dal greco *kybernetiké* (corrispondente al latino *ars gubernatoria*), la tecnica di guidare le navi da parte del *kybernetés* (latino: *gubernator*), il timoniere.

⁶⁹ Prigogine si riferisce giustamente ai complessi "circoli di retro-azione (*feed-back loop*)" caratterizzati da forte non-linearità fra le varie strutture, come ciò che caratterizza la dinamica e la chimica del vivente rispetto a quella di corpi non-viventi.

⁷⁰ Cfr. BASTI, *Filosofia dell'uomo*, cit., cap.3.

1. Al primo livello ci sono le *operazioni vegetative* (che Tommaso ricordava essere quelle legate alla nutrizione (metabolismo), accrescimento (ontogenesi), riproduzione), comuni a tutti gli organismi, dai batteri e dai vegetali, agli uomini inclusi. A questo livello, l'organismo è capace di controllare attivamente solo l'*esecuzione/non-esecuzione* di alcune operazioni con forme e fini delle medesime dati "per natura" (determinate dal genoma e dalla nicchia ecologica, diciamo noi). P.es., l'organismo animale è capace di scegliere automaticamente quale tipo di operazione digestiva eseguire, per differenti alimenti in differenti contesti ambientali, fra un insieme pre-determinato di strategie (forme) metaboliche, consentite dalla specie cui l'animale appartiene e quindi consentite dal suo genoma e dalla stabilità del suo ambiente vitale. Per quanto riguarda l'altro tipo di operazioni vitali "vegetative" ricordato da Tommaso, l'ontogenesi, se ritorniamo ai fenomeni legati all'*epigenesi* di cui abbiamo parlato all'inizio di questo saggio ricordandone anche la loro originaria ispirazione aristotelica, è facile vedere come essi costituiscano un'ottima esemplificazione della "circularità" gerarchica dei controlli tipica di un'operazione vegetativa secondo il principio sintetizzato da Tommaso. Secondo tale principio, il livello più fondamentale (il DNA) determina i livelli più alti di organizzazione della struttura fisica di un organismo (proteoma, cellule, tessuti, organi...), ma essi sono in grado a loro volta di controllare l'"esecuzione/non esecuzione" delle istruzioni presenti nelle comuni sequenze geniche delle cellule, "specializzandone" la riproduzione e dunque indirizzandola verso lo sviluppo di tessuti e organi distinti.
2. Al secondo livello ci sono le *operazioni senso-motorie*, che sono comuni a tutti gli animali, dai vermi e molluschi, agli uomini inclusi. A questo livello, per questo tipo di operazioni, la struttura organica dell'animale è capace di controllare attivamente non solo l'esecuzione, ma anche le *forme* di queste operazioni — non i fini, comunque, determinati per natura (geneticamente), come altrettanti "istinti". In altri termini, nelle operazioni senso-motorie, a differenza di quelle vegetative, è consentito qualche tipo di *apprendimento*. P.es., l'animale può controllare attivamente il *pattern* (forma) di attivazione del suo sistema muscolare motorio, adattandolo continuamente al *pattern* (forma) dell'ostacolo esterno da evitare, in tanto in quanto è conosciuto dal suo apparato sensorio, al fine di soddisfare i suoi istinti di base (fame, sesso, paura). Questi a loro volta non sono controllabili dall'animale, se non nel senso molto povero di poter cambiare la gerarchia naturale di questi fini in alcuni animali superiori che, per questo, sono addestrabili. P.es., si può addestrare un animale, attraverso l'opportuna somministrazione di punizioni e ricompense a vincere la sua paura del fuoco. W. McCulloch e W. Pitts, due pionieri nello studio delle dinamiche neurali hanno parlato a tale riguardo di *eterarchia dei fini* come tipico del sistema cognitivo degli animali superiori.
3. Al terzo livello vi sono le *operazioni razionali* tipiche dell'uomo. A questo livello, l'uomo è capace di controllare i suoi istinti — localizzati da Tommaso come per noi nella parte più interna del cervello, il sistema limbico — ed anche di dare consapevolmente al proprio comportamento dei *nuovi fini* non determinati dalla sua biologia. Naturalmente, laddove un'ontologia dualista supporrebbe a questo punto un'azione dell'anima spirituale sulla materia con tutti i problemi che conosciamo, per soddisfare l'ontologia duale aristotelica, è sufficiente supporre che questo tipo di controllo attivo possa essere localizzato *fuori* del singolo organismo umano come tale, visto che riguarda l'ultimo livello del controllo organico: i fini biologici.

4.2. Persona e personalità, trascendenza e inter-soggettività

Questo "dal di fuori" è identificato da Aristotele — come dalla maggior parte degli psicologi contemporanei (si pensi agli psicoanalisti) e degli scienziati e filosofi cognitivi⁷¹ (M. Minsky, W. Freeman 200, J. Searle), fino a risalire alla nozione di "spirito oggettivo" o "spirito di un popolo" di Hegel che proprio per questo amava definirsi "l'Aristotele della mo-

derinità” — in un controllo esercitato dalla *cultura* cui ogni uomo appartiene, assimilata dal suo cervello. Più che di mente individuale, allora, si dovrebbe parlare di una sorta di “società delle menti” (Minsky) o “mente collettivisticamente interpretata”. Per Aristotele, l’Aristotele della *Politica*, infatti, i Barbari, i popoli che non appartengono alla cultura e alla nazione greca, non sono dotati di anima razionale, non accedono ad un controllo culturale, intersoggettivo, delle proprie pulsioni. In questo senso è perfettamente equivalente per Aristotele definire l’uomo “animale razionale” o “animale politico”, animale membro di una *polis*. Tommaso non può accettare questa interpretazione “collettivistica” della “separatezza” della mente razionale rispetto al corpo, anche nella versione annacquata di questa teoria fornita dall’aristotelismo teologico arabo del suo tempo che, con Avicenna e Averroé, parlava di un intelletto spirituale separato, ma *unico per tutti gli uomini*.

Al fine di garantire non solo uguaglianza fra tutti gli uomini, ma anche creatività ed insieme universalità intellettuale, nonché responsabilità individuale a livello morale e legale a ciascuna persona umana, a qualsiasi cultura appartenga — le basi della cultura occidentale nelle sue radici europee, come si vede — è necessario garantire ad ognuno una sua, individuale mente “separata”. Questa “separatezza” dev’essere intesa, dal punto di vista delle operazioni, come la capacità effettiva data ad ogni individuo di controllare non solo i suoi istinti biologici — per questo, di fatto, anche una “società delle menti”, per parafrasare il titolo della famosa opera di M. Minsky al riguardo, potrebbe essere sufficiente —, ma anche i *propri condizionamenti culturali*. Altrimenti non la singola persona, ma la sua biologia o la sua cultura sarebbero i soli attori e quindi i soli agenti responsabili, a livello morale e legale, delle azioni umane.

La natura delle facoltà razionali dell’uomo, per il controllo che “dal di fuori” del corpo debbono esercitare a livello intellettuale e volitivo sulle sue azioni, non può essere dunque di tipo esclusivamente culturale, sebbene questa ne possa essere una componente, forse non sufficientemente valorizzata dal recupero medievale tommasiano dell’antropologia duale aristotelica. Seguendo la logica interna dell’ontologia duale, l’insieme delle relazioni formali con gli altri individui della propria cultura può rendere l’uomo consapevole dei propri istinti biologici e quindi capace di controllarli, per ciò stesso dando alle proprie facoltà cognitive quella capacità di generalizzazione che è tipica dell’universalità del pensiero logico. Tuttavia, per rendere il singolo uomo davvero libero e responsabile a livello comportamentale e, a livello cognitivo, non solo capace “passivamente” di pensiero logico elaborato altrove, ma capace “attivamente” di elaborarlo, crearlo e formalizzarlo, occorre andare al di là del reticolo delle relazioni culturali.

Per risolvere questo problema di fondazione metafisica dell’individualità irriducibile della persona umana e quindi della sua capacità, come soggetto agente e non puramente recipiente, di logicità e moralità, Tommaso applica all’antropologia quello che è il cuore del suo sviluppo critico dell’ontologia aristotelica. Ovvero, estendere la spiegazione causale aristotelica dell’essere dell’essenza anche all’essere dell’esistenza degli enti — e quindi a tutto l’essere dell’ente —, così da:

1. Rendere *reale* e non solo logica perché causalmente fondata la distinzione fra essere-dell’essenza e essere-dell’esistenza;
2. Risolvere un’antinomia intrinseca all’ontologia aristotelica, quella cioè di una non adeguata fondazione dell’essere dell’esistente singolo, così da rendere l’ontologia aristotelica esposta ad una deviazione *materialista-monista* di essa, divenuta realtà, nella filosofia antica, nelle letture stoica e epicurea della filosofia aristotelica, e, nella modernità, nella sua lettura spinoziana. Tale antinomia consiste nel confondere l’essere dell’esistenza dell’individuo con l’essere del suo sostrato materiale (= confondere la materia come sostrato delle forme di un’essenza con la sostanza individuale (materia+forma) esistente, come sostrato degli accidenti), rendendo per ciò stesso incomprendibile a gran parte del pensiero ellenista e moderno i due punti più geniali dell’ontologia aristotelica, e cioè: a) l’educazione delle forme dalla potenzialità della materia, ad opera dell’azione causale di un altro ente fisico nella costituzione dell’esistente singolare; b) la distinzione sostanza-accidente.
3. Ricondurre ad una superiore unità la distinzione reale essere-essenza e la sua duplice spiegazione causale, mediante una *nozione di essere* più comprensiva: quella dell’*essere come atto*, come effetto, cioè, di una particolare causalità efficiente da una Causa Prima,

cui la suddetta distinzione non si applica e da cui tutto l'essere (essenza ed esistenza) degli enti dipende. In tal modo, in filosofia della natura, si può interpretare l'entità del singolo individuo, la sua esistenza singolare spazio-temporalmente e causalmente determinata secondo la modalità specifica della sua essenza, come partecipazione all'essere come atto (all'effetto universale e atemporale dell'unica Causa Prima) secondo la misura della sua essenza. Ovvero, secondo la modalità determinata dal concorso delle cause seconde, tutte a loro volta, in quanto enti, dipendenti dalla Causa Prima, secondo la medesima legge ontologica della partecipazione all'essere, appena ricordata.

In quest'ottica, la cosiddetta componente "spirituale" dell'anima umana individuale dev'essere intesa nella teoria duale tommasiana come un'ulteriore relazione causale, "ultima" perché *costitutiva della formalità individuale irriducibile e inalienabile della singola persona*, che ogni individuo umano ha con un Agente Trascendente la natura fisica, biologica e culturale (connotato come "Dio" dai credenti). Grazie a questa relazione causale, costituente la formalità irriducibile di ciascun individuo umano nella sua *totalità* e nella sua *unicità* (= l'anima razionale come forma sostanziale spirituale della materia che costituisce il corpo umano), la singola persona umana è resa capace di divenire progressivamente consapevole, e quindi di controllare in modo sempre meno parziale, l'inviluppo di relazioni causali con gli altri agenti fisici, biologici e culturali che costituiscono il tessuto della sua esperienza (progressivamente) conscia e (largamente) inconscia, durante tutta la sua vita. Naturalmente, tutto questo si lega benissimo allo sviluppo di una *fenomenologia di ispirazione cristiana* quale, in particolare, quella della Stein⁷² e dei suoi seguaci, e alla nozione di *spiritualità della persona umana* in essa come *relazione trascendente "verticale"* con l'Assoluto che fonda e rende possibile la stessa *relazione trascendente "orizzontale"* con le altre persone umane o "intersoggettività".

Sempre in quest'ottica, la dottrina teologica cristiana della creazione da parte di Dio della singola anima umana non dev'essere più intesa, come nella sua interpretazione neoplatonica, quale un atto singolare, posto esclusivamente all'inizio di ciascuna vita umana e che in qualche modo "interromperebbe" il corso deterministico della natura, ma come *simultanea all'intera esistenza di ciascun individuo umano*, sulla terra e oltre. Ma soprattutto tale causalità divina va intesa, non come opposta, ma bensì come *fondante la formalità* del particolare determinismo causale, logicamente (matematicamente) imprevedibile, dei processi di auto-organizzazione della generazione e crescita biologica e quindi del comportamento consapevole della persona umana. Proprio come, nella cosmologia metafisica di Tommaso d'Aquino, l'atto creativo di tutto l'universo degli esistenti — metafisicamente, la partecipazione dell'essere a tutto l'universo degli esistenti — dev'essere inteso simultaneamente all'intero corso dell'evoluzione dell'universo e non solo legato al suo inizio⁷³. Di nuovo, va inteso come *globalmente fondante*, con un unico atto rispetto alla totalità dell'universo fisico, il concorso causale fisico nella determinazione dell'esistenza e dell'essenza di ciascun ente fisico, e non come "interruzione" o "sospensione" di tale concorso⁷⁴.

Naturalmente, in un siffatto universo, è possibile che vengano all'esistenza — in domini limitati dello spazio-tempo dell'evoluzione dell'universo fisico — alcuni esseri intelligenti e liberi, come appunto gli uomini, sebbene anche l'esistenza di altri esseri corporei non umani (extra-terrestri), come afferma il Genesi stesso, p.es. nel cap. 4, è perfettamente compatibile con questo quadro. Condizione metafisica per l'esistenza di simili agenti intelligenti e liberi è che essi, oltre all'universale dipendenza dei *componenti materiali* del loro corpo dall'azione creatrice divina come tutti gli altri enti fisici, manifestino, diversamente da que-

⁷² Cfr. E. STEIN, *Potenza e atto. Studi per una filosofia dell'essere*. Con prefazione di Angela Ales Bello, a cura di Hans Reiner Sepp, trad. di Anselmo Caputo, Città Nuova, Roma, 2003 (originale, 1935)

⁷³ Per esempio, come collegato alle sole "condizioni iniziali" della dinamica del mondo, come nella dottrina cartesiana di un universo inteso come "macchina inerziale" cui l'atto creativo di Dio avrebbe dato "dal di fuori", sia le "leggi deterministiche" di evoluzione, sia la "spintarella iniziale".

⁷⁴ Per esempio, come in certe teorie creazioniste e anti-evoluzioniste oggi tornate di moda, tutte tese a trovare dei *gap* nelle spiegazioni biologiche dell'origine delle specie, in cui inserire l'intervento del Creatore. Salvo poi doversi rimangiare la supposta "spiegazione metafisica", alla teoria biologica successiva, in grado di risolvere il *gap* della teoria precedente.

sti, un'ulteriore dipendenza dalla Causa Prima anche per la *componente formale* del loro essere (entità) e del loro operare. Altrimenti, essi non potrebbero controllare i loro condizionamenti non solo biologici, ma anche culturali — generalmente mediati dal linguaggio —, così da essere *individualmente intelligenti e, dunque, liberi e responsabili* nelle loro azioni⁷⁵.

4.3. Sopravvivenza dell'anima individuale nella teoria duale

È opinione sempre più diffusa fra i fisici che il futuro della loro disciplina — e delle scienze naturali in generale — è legato da molteplici punti di vista allo sviluppo di un'adeguata *teoria matematica e sperimentale dell'informazione*, a partire dalla sua fondazione micro- e macro-fisica e delle sue diverse manifestazioni, nei sistemi fisici, biologici e cognitivi. Il futuro della scienza fisica dipende dallo sviluppo di questa teoria, tanto quanto i suoi inizi e il suo prodigioso sviluppo nella modernità sono stati legati allo sviluppo di un'adeguata teoria matematica e sperimentale della *materia e dell'energia*. Già all'inizio di questo saggio ci siamo dilungati su questi sviluppi della *fisica dell'informazione* che ha nell'opera di John Archibald Wheeler il suo pioniere.

Come già ricordato, il "materialismo di fatto" ancora perdurante soprattutto nella divulgazione dei risultati delle scienze naturali moderne, non rende giustizia ad un'evidenza empirica che è sotto gli occhi di tutti. E cioè che la vita psichica degli animali e, soprattutto dell'uomo, seppure sempre mediata da scambi di energia con l'ambiente, non *dipende da questi*, ma dall'*informazione veicolata attraverso questi scambi*. Si pensi, per esempio, come già ricordavamo, all'importanza fondamentale che per il corretto sviluppo, sia biologico che cognitivo, del feto nel grembo della madre — o, ancora più evidentemente dei neonati prematuri costretti a trascorrere diversi mesi in incubatrice — hanno gli scambi d'informazione affettivamente significativi, con l'ambiente circostante⁷⁶.

Correlativamente, al termine della parabola dell'esistenza umana, è fin troppo evidente che la vitalità psichica degli anziani dipende in minima misura dall'alimentazione e quindi dagli scambi di materia con l'ambiente — altrimenti tutti gli anziani soli delle nostre società opulente dovrebbero essere intellettualmente super-dotati —, ma, di nuovo, da scambi d'informazione affettivamente significativa con l'ambiente circostante. Non basta, cioè, per tener deste le capacità intellettuali dei nostri anziani, fargli leggere il giornale o fargli vedere la televisione: l'informazione misurabile dai *bit* non è sufficiente in questo caso, anzi spesso ottiene a lungo andare un effetto contrario, ottundente tali capacità⁷⁷. Che dire poi del fenomeno impressionante del risveglio dal coma alla vita psichica per malati, sia giova-

⁷⁵ Di per sé, a ben vedere, nei racconti delle origini del Genesi, anche questa dipendenza, della componente culturale della mente di agenti liberi umani e non dall'azione del Creatore è esplicitamente affermata nei capitoli 4-11. Si pensi solo al racconto della "Torre di Babele" di Gen. 11, per esempio. Purtroppo, la catechetica e la divulgazione dei racconti di creazione continuano invece ad identificare come "racconti delle origini" solo i capp. 1-3, evidentemente perché più affini a quella lettura neo-platonica ed eccessivamente antropocentrica della metafisica cristiana della creazione che da sempre la condiziona e la limita.

⁷⁶ Se abbiamo compreso "la filosofia dei sistemi caotici" è chiaro che è contenuto informativo significativo solo quello legato alla ristrutturazione dello spazio di fase della dinamica, alla ridefinizione dei punti di stabilità relativa e dei percorsi per raggiungerli. Nel cervello, questo significa, agire sulle sue strutture profonde, legate alla sfera affettiva, in grado di riorganizzare le componenti superficiali, corticali, della dinamica, legate alla sfera sensoriale e alla coordinazione senso-motoria.

⁷⁷ Sempre alla luce delle basi fisiche dell'informazione biologica e neurale il perché di questo effetto contrario è fin troppo evidente. L'informazione misurata dai bit non è legata affatto alla modificazione della struttura dello spazio di fase, anzi suppone uno spazio di fase ben strutturato (informaticamente, un "codice") per essere addirittura captata. Un anziano, alle prese con fenomeni degenerativi della sua dinamica cerebrale, trova ben poco giovamento da un'informazione che non l'aiuta minimamente a ristrutturare lo spazio di fase e quindi a "riparare i codici corrotti" della sua capacità percettiva, trovando sempre nuove strade per renderli effettivi. Per far questo, dovrebbe avere scopi ben affettivamente attraenti, che lo ripaghino della fatica, motivandolo a ristrutturarsi. Ecco perché gli anziani mostrano di gradire solo e soprattutto informazione "ridondante", quella che li aiuta a consolidare i propri vecchi "codici" malfermi, a costo di un "impigritimento" della complessità della propria dinamica neurale. Anche se, a lungo andare, ciò risulterà esiziale per la loro vitalità cognitiva e quindi per la loro sopravvivenza biologica.

ni che anziani, che dipende in maniera assolutamente critica, e per il momento del tutto misteriosa, da questi scambi d'informazione affettivamente significativa?

Una volta che fosse a tutti ben chiaro, da questa come da un'infinità di altre evidenze di psicologia clinica e sperimentale, che la vita cognitiva delle nostre menti dipende criticamente da *scambi d'informazione* appropriata con l'ambiente circostante, quanto e molto di più la vita organica dei nostri corpi dipende da *scambi metabolici (di materia e energia)* appropriati con l'ambiente, la soluzione *duale* al problema teologico della sopravvivenza dell'anima dopo la morte risulterebbe molto meno sorprendente di quanto oggi ci possa sembrare. Essendo nella teoria duale l'anima razionale, non una sostanza indipendente da quella corporea, ma una parte — quella formale, organizzante la materia — dell'entità corporea individuale dell'uomo, si può capire la metafora tommasiana con cui egli giustifica metafisicamente la possibilità ontologica della sopravvivenza dell'anima. Di una sopravvivenza della sua vita psichica di relazioni, anche senza quegli scambi di materia, mediante cui era ad essa veicolata l'informazione, durante la sua esistenza come forma di un corpo umano vivente.

La metafora tommasiana affermava in sostanza che, come una parte del corpo (p.es. una mano) potrebbe sussistere provvisoriamente viva staccata dal resto del corpo — quasi fosse un corpo vivente autonomo — purché vengano garantiti artificialmente ad essa quegli scambi metabolici di materia che la sua previa appartenenza al corpo gli forniva, così analogamente per l'anima razionale di un uomo, in quanto parte formale che soprassiede all'organizzazione della materia del suo corpo (alle operazioni senso-motorie e vegetative del corpo umano). La differenza è che la vita psichica della mente, a differenza di quella organica di parti materiali del corpo, non dipende da scambi di materia, ma da scambi d'informazione con gli organi del proprio corpo che controlla e, attraverso di essi, con gli altri soggetti (corpi), umani e non, che costituiscono il suo ambiente culturale e fisico (Cfr. Tommaso d'Aquino, *Quaestio Disputata De Anima*, 14)⁷⁸.

Ciò significa che l'anima potrebbe continuare a sopravvivere di vita psichica quasi fosse una sostanza immateriale vivente autonoma, se si potesse garantire quegli scambi d'informazione mediante i quali continuare ad operare anche senza il suo corpo d'origine. In siffatto "ambiente informazionale", essa potrebbe sussistere in attesa di un suo re-inserimento in un ambiente materiale, che gli potrebbe fornire i costituenti materiali per riorganizzare un corpo umano simile a quello di partenza.

La fede cristiana ci dice che questa Sorgente Universale d'informazione appropriata per tutte le anime umane dei defunti è Dio, così da dare una fondazione teologica alla nostra convinzione di fede che le anime dei defunti sono "tutte viventi in Dio" aspettando la resurrezione finale dei relativi corpi che avverrà in qualche altra parte dell'universo materiale (o in qualche altro universo materiale?), quando il mondo terrestre in cui viviamo sarà distrutto — e quest'ultima, della fine della vita sulla terra e della terra stessa, oggi è non solo credenza religiosa, ma ipotesi con solide, praticamente certe, basi scientifiche⁷⁹.

D'altra parte, tutti sappiamo che la sopravvivenza metabolica, temporanea, dei nostri organi separati dai loro corpi che, al tempo di Tommaso era solo "un esperimento di pensiero", è viceversa oggi procedura di routine nella moderna pratica chirurgica dei trapianti. Non è fantascienza ipotizzare che un appropriato sviluppo di un'adeguata teoria dell'informazione per sistemi biologici e cognitivi, potrebbe fornirci la condizione necessaria per pensare in futuro ad una pratica medica più efficiente in campo genetico, neurofisiologico e cognitivo. Fra l'altro, ciò porrebbe termine all'unica giustificazione (pseudo-)etica

⁷⁸ Cfr. la mia sintesi in BASTI, *Filosofia dell'uomo*, cit, pp. 362-364

⁷⁹ La stessa esperienza, che ben conosce chiunque assista i moribondi, e che molti rientrati dal coma profondo confermano, secondo la quale, sul limitare della vita, il moribondo vive esperienze d'incontro con le anime dei propri cari già defunti — e per i credenti, con la luce dell'amore divino — cui affidare la propria esistenza psichica, tanto da rendere molto spiacevole in alcuni casi, l'essere richiamati alla "vecchia" vita da interventi medici appropriati e di solito molto dolorosi, potrebbe essere fenomeno con molte spiegazioni neuro-psicologiche diverse e, in linea di principio, valide nella loro necessaria parzialità. Resta che, in base alla teoria duale, è di questo tipo, legata a scambi affettivamente significativi d'informazione, l'unica forma di sopravvivenza appropriata per le anime umane.

della necessità di una “sperimentazione alla cieca”, in mancanza di una teoria scientifica certa in base alla quale formulare le ipotesi sperimentali, che determina l’attuale *far-west* della pratica sperimentale in questi campi delicatissimi.