GIANFRANCO BASTI

LOGICA III: LOGICA FILOSOFICA E FILOSOFIA FORMALE

Parte II:
Logica Filosofica e Filosofia Formale
Ontologia Formale e Logica Modale

Roma 2017

SOMMARIO

4 LOGICA FILOSOFICA E FILOSOFIA FORMALE

4.1 Logica matematica e logica filosofica

- In quello che è universalmente considerato come la Bibbia della nuova disciplina della **logica filosofica (*philosophical logic*)**[1] John P. Burgess, professore di logica all'Università di Princeton, definisce nella Prefazione la "logica filosofica" come "quella parte della logica che ha a che fare con le estensioni o le alternative proposte alla logica classica", ovvero alla logica delle proposizioni, dei predicati (classi, insiemi, relazioni) che vanno sotto il nome di **logica matematica.**
- Le cinque principali estensioni/alternative alla logica classica matematica – trattata sinteticamente dall'Autore nel primo capitolo – proposte all'attenzione dei filosofi, costituiscono altrettanti capitoli del libro, e sono:
  1. **La logica temporale**
  2. **La logica modale**

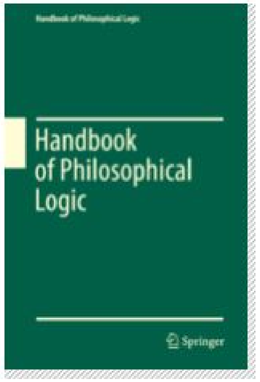
3. **La logica condizionale**
4. **La logica della rilevanza** (*relevant logic*)
5. **La logica intuizionistica**

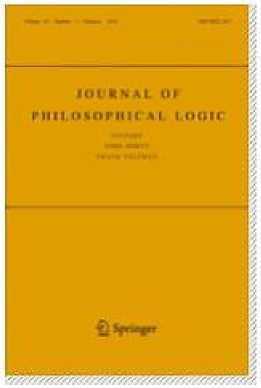
- Sebbene l'Autore evidenzi nella Prefazione che il "centro di gravità" della logica filosofica si trovi oggi nell'**informatica teorica (*theoretical computer science*, TCS)** tuttavia ne enfatizza l'importanza per la filosofia, e il suo libro si rivolge esplicitamente a filosofi, sebbene sia di indole molto tecnica.
- In questo senso, sottolinea come **la logica filosofica non vada confusa con la filosofia della logica,** né più né meno come "la storia della geologia non vada confusa con la geologia storica" che studia, cioè, la storia delle stratificazioni geologiche di un terreno. La logica filosofica è insomma una disciplina interna alla logica.
- Logica che per ciò stesso non va più interpretata in senso esclusivo come "teoria su quali forme di argomento sono valide, ma piuttosto significa ogni formalismo che a prescindere dalla sua applicazione" può aiutare a formalizzare – e quindi a **rendere universalmente fruibili in maniera non ambigua** – ogni tipo di linguaggio, in particolare **i linguaggi filosofici.**
-

4.2 Logica filosofica e filosofia formale

- → **Logica filosofica** = strumento indispensabile per lo sviluppo di un autentico dialogo **interdisciplinare** (scienze umanistiche – scienze matematiche, teoriche ed applicate) e **interculturale** (fra diverse filosofie e religioni).
- → Implementazione di questo **programma di ricerca** nello sviluppo della **filosofia formale,** ovvero della formalizzazione delle diverse **discipline filosofiche (ontologia formale, epistemologia formale, etica formale…)** per renderle nell'attuale cultura post-moderna altrettante **scienze** in quanto dotate di un comune **linguaggio formalizzato** e quindi di **metodi di argomentazione** inequivoci e aperti al controllo intersoggettivo al di là delle differenze linguistiche, culturali e **delle convinzioni personali → fine della modernità,** secondo la definizione di Martin Heidegger, ripresa più recentemente in Italia da Lucio Colletti, **come "età delle ideologie e/o delle visioni del mondo".**
- → Necessità di tale sviluppo per **la rilevanza enorme** che oggi discipline filosofiche come l'ontologia, l'epistemologia e soprattutto l'etica hanno per la società, la cultura, la scienza e l'economia **nell'attuale contesto globalizzato**.

- → Esempio di realizzazione di questo programma di ricerca nella monumentale opera collettanea che ha raggiunto attualmente (2017) i **17 volumi, *Handbook of Philosophical logic*,** pubblicato da Springer e curato da Dov M. Gabbay & Franz Guenthner, che, sebbene centrato sulla TCS è opera di fondamentale consultazione anche per tutti i filosofi che vogliano vivere nell'oggi. Di indole maggiormente filosofica è invece il ***Journal of Philosophical Logic*,** giunto al 45. Volume (2015) e pubblicato sempre da Springer. Per un continuo aggiornamento sulla disciplina della filosofia formale, cfr. il ***Formal Philosophy Seminar*** alla Columbia University di New York: http://fphil.org/





- In ogni caso, come Van Benthem rileva nel suo manuale di logica modale[2], l'attuale sviluppo della logica modale nei tre campi della **logica matematica, logica filosofica** e **logica computazionale** sono ormai ampiamente intercomunicanti.

4.3 Ontologia formale, fra concettualismo e naturalismo

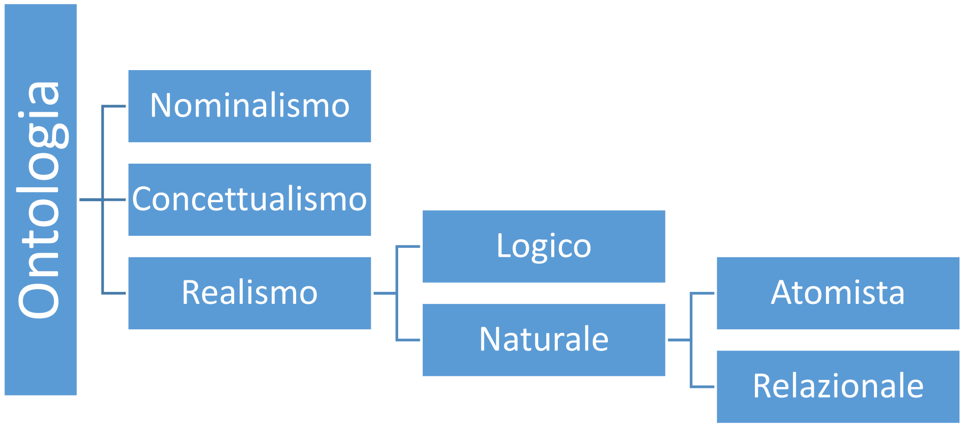
4.3.1 Tassonomia delle varie ontologie

- Per i nostri scopi:
  1. Sia di applicazione alla **deontica formale**, come abbiamo visto in §2.3 per la formalizzazione della **fondazione intenzionale della norma comportamentale**, tanto in etica, quanto in filosofia del diritto;
  2. Sia per la formalizzazione di una **fondazione essenzialista** dell'ontologia formale, tanto a livello della **logica della dimostrazione ontologico/metafisica**, quanto a livello di una **semantica formale della ontologia dei generi naturali su base causale**,
- Diventa essenziale richiamare la tassonomia delle varie ontologie nella tradizione occidentale, proposta da Cocchiarella[3] e ripresa da me, con alcune modifiche.

- Possiamo distinguere fra almeno tre tipi di ontologie, con l’ultima suddivisa in altre quattro:
  1. **Nominalismo:** gli universali predicabili sono ridotti a espressioni predicative di un dato linguaggio che, *mediante le sue regole d’uso convenzionali*, determina le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Sofisti, Abelardo, Quine, …).
  2. **Concettualismo***:* gli universali predicabili sono espressioni di *concetti mentali*, cosicché sono le *regole del pensiero* che determinano le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Kant, Husserl, Cocchiarella…).
  3. **Realismo:** gli universali predicabili sono espressioni *di proprietà e relazioni* che esistono indipendentemente dalle capacità linguistiche o mentali di singoli o di gruppi nel **dominio logico** o nel **dominio fisico.** Abbiamo così:
     a. **Realismo logico**, dove le relazioni logiche determinano le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Platone, Frege…)[4];
     b. **Realismo naturale**, o “naturalismo”. A sua volta il naturalismo può essere di due tipi:

i. **Atomista:** senza generi naturali, dove le regole logico-matematiche determinano le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Democrito, il Wittengstein del Tractatus, l'Atomismo Logico (AL) di Carnap, con la sua estensione modale…)

ii. **Relazionale:** con generi naturali, dove le relazioni **reali** fra le cose (cause) determinano le relazioni **logiche** e quindi le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale prima delle relazioni **razionali** dei concetti nella mente, in questo consistente con l'interpretazione semiotica della logica e dell'ontologia (Aristotele, Tommaso, Poinsot, Peirce, Kripke, Realismo Naturale (RN)…).



- La principale differenza fra i due tipi di naturalismo è che l'essenzialismo ammette la **referenza generale e non solo individuale**. Ammette, cioè, la capacità di riferimento extra-linguistico di **nomi comuni a generi naturali** (generi-specie) (p.es., "animale", "mammifero", "cavallo" come in "il cavallo è un mammifero"), e non solo di **nomi propri a individui** (p.es., "*questo* cane è Fido"), mentre l'atomismo non lo ammette. La predicazione nell'atomismo logico ha sempre come referente **una classe** a più individui o a un solo individuo. → Stretta relazione fra atomismo e logicismo → nozione di AL di Carnap. La differenza è solo la supposizione che leggi logiche dell'AL sono (anche) leggi matematiche delle scienze naturali.
- Invece nel naturalismo relazionale i generi naturali hanno a fondamento lo stesso concorso di **relazioni causali (naturali)** e la verità logica si fonda sul fatto che la struttura causale a fondamento dell'esistenza del singolo ente o di una collezione di enti che appartengono al medesimo genere/specie si proietta sulle **relazioni logiche** e quindi sulla struttura soggetto/predicato della proposizione che lo/li denota.

4.3.2 Ontologia formale e la questione del trascendentale del linguaggio

- → Distinzione fra **tre nozioni di trascendentale** della filosofia occidentale, ovvero di fondamento ontologico della **predicazione** in logica, e della sua **verità → diverse ontologie** (Cfr.(Deely, 2001 (Basti, 2017))**:**

1. **Antico:** *Essere.* Sia nel senso logicista (Platonico) che naturalista (Aristotelico);
2. **Moderno:** *Conoscere.* Soggettività trascendentale dell'autocoscienza, sia nel senso formalista dello "io-penso in generale" (*Ich denke überhaupt*) (Kant), che nel senso fenomenologico della relazione intenzionale cosciente "soggetto-oggetto" (Husserl);
3. **Post-Moderno:** *Linguaggio.* Precedenza del linguaggio sul conoscere mediante il cosiddetto "completamento della svolta linguistica" (Poinsot, Peirce), o nel senso dell'ontologia sociale (Apel, Habermas), o nel senso di un naturalismo semiotico (Peirce), oggi strettamente legato al *cambio di paradigma in fisica fondamentale* e alla *Teoria delle Categorie* in matematica, logica, e informatica (computazione quantistica in particolare: Abramsky, Venema, Vitiello, Freeman, Basti).

- Possibilità di interpretare **semioticamente** il realismo naturalista di Tommaso da parte di Poinsot nel XVII sec. che è rimasto un “sentiero interrotto” della modernità per il prevalere dell’interpretazione **concettualista** di Tommaso da parte del Cajetano (1469-1534) e della scolastica non-tomista della scuola gesuita di Francisco Suarez (1548-1617):
  - **Contributo della proto-semiotica** di Poinsot, che arricchisce l’ontologia scolastica di una terza classe di relazioni, oltre le classiche relazioni **reali** fra *cose* (=relazioni reali nella natura) e relazioni **razionali** fra *oggetti* (=relazioni logiche nella mente): le relazioni **linguistiche** fra segni (=relazioni semiotiche).
  - Egli definisce queste ultime relazioni come **trascendentali** nel senso che:

1) **Trascendono la categoria (aristotelica) delle relazioni (*esse ad*)** che sono irriducibilmente diadiche. Rispetto ad esse la relazione trascendentale è qualcosa di **irrelato (*absolutum*)** visto che è ciò rispetto a cui i due termini soggetto-predicato (predicato-argomento) sono **relati** nella proposizione così da

costituire **un’espressione significativa** che allora è sempre **irriducibilmente triadica e mai diadica.**

2) **Si applicano a qualsiasi altra categoria (predicato)** così propriamente da trascenderle logicamente – non ontologicamente (il trascendentale ontico è lo *ens*). Ecco il testo chiave di Poinsot nella Prefazione al suo trattato *De Signis*:

“The *transcendental relation*, that is nothing but a relation in language, has not the principal meaning of ‘relation’ [i.e., it does not belong to the ontological category of ‘relations’], but of something ‘absolute’ [non-related] to which some [dyadic] relation can be attributed [e.g., a rational relation, or a real relation]. Indeed, if it was not implying something absolute, it would be not “transcendental”, that is, ranging over different categories (*idest vagans per diversa genera*), but it would belong to only one category (Poinsot, *De Signis*, 578b5-579a7. In: (Deely, *Tractatus de Signis. The Semiotic of John Poinsot*, p. 90)).

“La *relazione trascendentale*, la quale altro non è che una relazione nel linguaggio, non ha il significato principale di ‘relazione’ [cioè, non appartiene alla categoria ontologica delle ‘relazioni’], ma di qualcosa di ‘assoluto’ [non-relato] alla quale una qualche relazione [diadica] può essere attribuita [cioè, una relazione razionale o una relazione reale]. Infatti, se non implicasse qualcosa di assoluto, essa non sarebbe ‘trascendentale’, cioè applicabile a differenti categorie (*idest vagans per diversa genera*), ma sarebbe qualcosa che appartiene ad una sola categoria”.

- In questa **triadicità delle categorie ontologiche** di relazioni (naturali, mentali, linguistiche) Poinsot trova il modo rigoroso di giustificare la teoria tomista della verità della predicazione che è tale, non perché si riferisce all’oggetto mentale della conoscenza, ma alla realtà stessa della cosa. Diceva infatti Tommaso (cfr. *De Ver.*, q.4, art. 6):

“Se [la verità] denota la ‘verità della predicazione’ (*veritatem predicationis*), ‘umano’ è predicato veritativamente più rispetto alla cosa esistente nella sua propria natura [cioè come individuo in una specie, o come specie in un genere], che nella maniera in cui è nel ‘verbo mentale’ (*verbum mentis* o concetto) [che per la sua natura *astratta* è privato di relazioni]”.

- Il *verbum mentis* è per Tommaso propriamente l'**oggetto mentale** (*obiectum*) della relazione intenzionale soggetto-oggetto di cui parla la fenomenologia in quanto distinto dalla **cosa reale** (*res*). Esso, cognitivamente, è infatti il termine della *prima operazione* dell'intelletto (*simplex apprehensio*, "apprensione unitaria dell'oggetto": la "lampadina che si accende" quando ci sembra d'aver capito qualcosa), mentre invece la **proposizione** è il termine della *seconda operazione* dell'intelletto (*iudicium*, "giudizio": quando diciamo a noi stessi ciò che ci sembrava d'aver capito) nella quale esso propriamente attinge la **verità** (Cfr. cap. IV di (Basti, 2008)), nella misura in cui la struttura **logica** soggetto-predicato della proposizione "rispecchia" la struttura **ontica** individuo-specie, o specie-genere della cosa. Ovvero: lo "è" della copula soggetto-predicato (= relazione logica) come "rispecchiamento" della relazione reale **inversa** genere-specie (o specie-individuo) da cui **l'esistenza** della cosa dipende.
- In ogni caso per Tommaso, *cognitio effectus quidam veritatis*, ovvero prima avviene questa fondazione onto-logica della verità logica che in quanto inconsapevole e "locale" è propria dei **sensi** (e delle semantiche del primo ordine), cui segue la sua **coscientizzazione cognitiva** sotto forma di **apprensione astratta dell'oggetto e di giudizio intellettivo,** e quindi della **verità consapevole astratta** e perciò "totale" propria

dell’intelletto (e delle semantiche del secondo ordine) delle scienze astratte e non applicate.

- Ecco i due testi fondamentali della *Q. de Veritate* di Tommaso al riguardo:
  “Ogni conoscenza raggiunge la sua completezza (*perficitur*) attraverso l’assimilazione del conoscente alla cosa conosciuta. (…) Il primo rapportarsi (*comparatio*) dell’essere all’intelletto è al fine di corrispondere formalmente (*concordet*) all’intelletto: questa corrispondenza formale è chiamata adeguazione dell’intelletto e della cosa (*adaequatio intellectus et rei*). *In questo formalmente consiste il fondamento (ratio) della verità.* Questo infatti è ciò che il “vero” aggiunge all’ “essere”: la conformità [omomorfismo], *così che a questa conformità la conoscenza della cosa ne consegue*, come già detto. Pertanto, l’entità della cosa è ciò che precede la fondazione della verità (*entitas rei praecedit ratio veritatis*); ma la conoscenza è una sorta di effetto della verità (*effectus quidem veritatis*) [*Q. de Ver.*, I, 1co].

  “L’intelletto completa la sua propria operazione nella misura in cui il suo giudizio è sulla realtà come essa è. La realtà infatti è conosciuta nella misura in cui l’intelletto si rivolge sul proprio atto, non solo nella misura in cui conosce il suo atto, ma anche *conosce il suo rapportarsi (proportionem) alla cosa.* E questo [rapporto] non potrebbe essere conosciuto, se l'intelletto non fosse capace di conoscere la natura del proprio atto. E questa non potrebbe essere conosciuta se l'intelletto non fosse capace di conoscere la natura del suo principio attivo [intelletto agente] alla quale compete di auto-conformarsi alla cosa. *E perciò in questo senso che l'intelletto conosce la verità nella misura in cui è capace di riflettere su se stesso.* Invece, la verità è nei sensi solo come conseguenza dei propri atti, cioè nella misura in cui il senso giudica della cosa così come essa è. Comunque, la verità non è nel senso come conosciuta dal senso stesso: infatti sebbene giudica in modo vero rispetto alla cosa, *tuttavia non conosce la verità per mezzo della quale giudica in modo vero.* Malgrado infatti il senso sente di sentire [mediante una gerarchia di sensi esterni-interni in cui il superiore sente l'operazione dell'inferiore], tuttavia non conosce la natura del suo proprio atto, il suo rapportarsi alla cosa, e finalmente la sua propria verità" [*Q. de Ver.*, I, 9c].

- L'**onto-**logia insomma è prima della **epistemo-**logia e questa precedenza della semiotica – intesa come "naturalismo semiotico" – e quindi del linguaggio sulla conoscenza è consistente col "trascendentale post-moderno", senza tuttavia cadere nel **convenzionalismo sociologista,** proprio perché basato su una fondazione semiotica a base naturalista della logica e delle semantiche del primo ordine (verità “locali”) dei linguaggi naturali.

- Nel formalismo della **logica dei predicati della Teoria delle Categorie (algebra delle relazioni)** quest’idea delle **verità locali** è tipica delle logiche modali a base coalgebrica (Cfr. Parte IV e (Goranko & Otto, 2007)).
- Tutto questo si può sintetizzare nel seguente schema nel formalismo della Teoria delle Categorie (TC) dove la verità dell’**appartenenza logica** ($\in$) individuo-classe (sotto-classe-classe) in un’algebra modale di Boole, può essere giustificata dalla **co-appartenenza ontica** ($\ni$) nella sua co-algebra modale (Basti, 2015), come **fondamento della nozione di “verità locale”** (valida **universalmente** e quindi **necessariamente**, ma solo per alcuni mondi possibili, **già attualizzati**: cfr. l’uso dell’operatore modale indicizzato di **necessità,** $\boldsymbol{\Box_n}$ e del connesso **quantificatore universale,** $\forall_{\boldsymbol{n}}$ (Goranko & Otto, 2007; Venema, 2007)).

$$\Box_n \quad \underbrace{cavallo \in mammifero}_{\text{Verità Logica}} \underbrace{\xleftarrow{\rightleftarrows}}_{\text{Part. Predic.}} \underbrace{cavallo \ni mammifero}_{\text{Verità Ontica}}$$

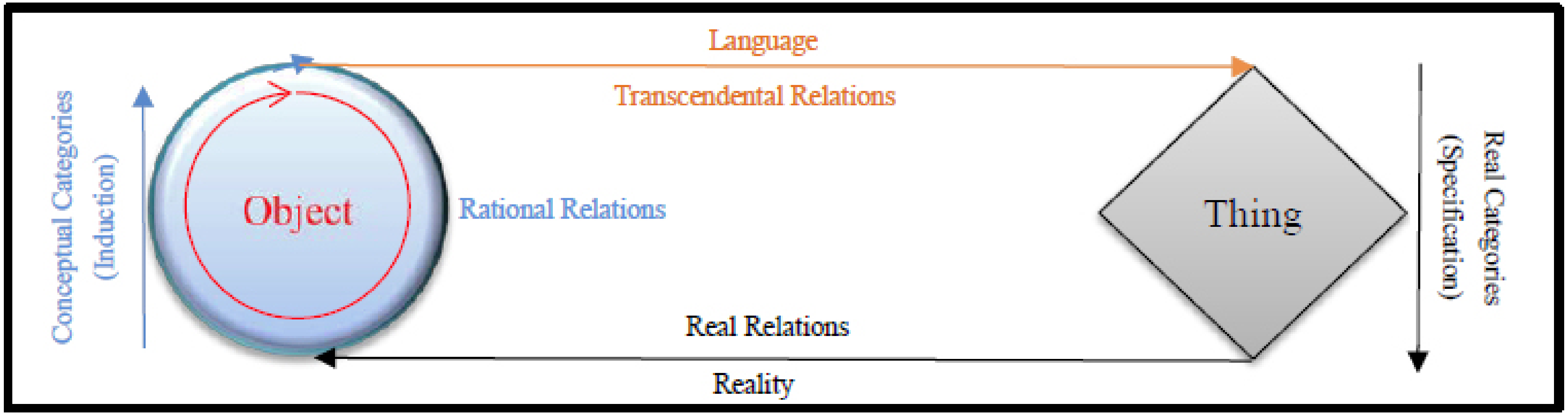
- La relazione (**funtore**) di **partecipazione predicamentale** (la proposizione vera partecipa in forma predicativa della specie della cosa cui si riferisce: C. Fabro), come fondamento metafisico del **bicondizionale ontologico (⇆)** – nel nostro caso: “per tutti gli *x*, se *x* è cavallo, allora *x* è mammifero *è vero se e solo se* il genere dei mammiferi ammette la specie dei cavalli” –, è **un’interpretazione ontologica** della nozione categoriale (TC) di “morfismo limitato”, superiormente (coalgebra) e inferiormente (algebra) (*bounded morphism*: $\xleftarrow{\rightleftarrows}$).
- Ovvero, per **equivalenza duale (⇆)** fra due asserti definiti su due categorie **opposte ma omomorfe mediante un funtore** che mappa le strutture di una categoria sull’altra in modo **controvariante.** Cioè, invertendo il verso delle frecce (morfismi) e delle composizioni. Il concetto di “morfismo limitato” si definisce, in generale, fra modelli nella semantica coalgebrica della TC, e quindi nella semantica relazionale fra modelli di Kripke in logica modale (Cfr. Parte IV e (Goranko & Otto, 2007)).
- Infine, l’ontologia formale del naturalismo relazionale/semiotico basato sulla nozione di **equivalenza duale (*) categoriale (⥦) coalgebraΩ⥦algebraΩ*,** dove è la prima

che mappa con un funtore controvariante (Ω/Ω*) la sua struttura sulla seconda, è consistente con la modellizzazione **topologica** dell'attuale fisica fondamentale (teoria quantistica dei campi, QFT) oggetto dei due ultimi Premi Nobel in Fisica 2015 e 2016. Le coalgebre in questione sono infatti definite su particolari **spazi topologici** (gli "spazi di Stone") comuni a tutte le strutture algebriche della fisica quantistica.

- In particolare, l'interpretazione **termica della QFT (*thermal QFT*)**, basata sulla "dinamica dei campi termici" (*thermal field dynamics, TFD*) individua nella categoria delle coalgebre, invece che in quella delle algebre della fisica moderna da Newton e Leibniz in poi, la struttura fondamentale dei **sistemi dinamici e computazionali** intesi come **sistemi indicizzati a transizione di stato (fase)** (*labeled state (phase) transition systems*) (Rutten, 2000; Blasone, Jizba, & Vitiello, 2011; Basti, Capolupo, & Vitiello, 2016)**.**
- In questi sistemi, in quanto sistemi quantistici **dissipativi** l'inversione logica delle frecce dell'equivalenza duale ($\leftrightarrows$) ha una base fisica nell'inversione della freccia-energia che caratterizza il bilancio energetico ($\leftrightarrows$) sistema/bagno termico. Siccome una delle

maggiori **conferme sperimentali della QFT termica** si ha proprio nello studio delle dinamiche cerebrali (Freeman & Vitiello, 2006), tutto ciò fornisce una base matematica e sperimentale all'intuizione di Tommaso della "verità" che caratterizza in forma in-consapevole l'operazione dei sensi .

- Per concludere, il rapporto fra le tre categorie di relazioni di Poinsot è specificato nel seguente schema fra relazioni **naturali, razionali e linguistiche** (Basti, 2017):



- Formalmente, in Teoria delle Categorie, come vedremo nella IV Parte, le tre relazioni qui evidenziate costituiscono un **ordinamento parziale di morfismi (frecce)** dei relativi **domini-codomini** x, y, z e sono quindi sufficienti per giustificare – laddove i domini-codomini fossero insiemi ordinati per inclusione – una semantica per un algebra di Boole (= verità locale). Infatti, le tre frecce (nera, blu e arancio) composte insieme soddisfano simultaneamente una relazione:

1. **Transitiva:** $xRy \wedge yRz \rightarrow xRz$
2. **Riflessiva:** xRx
3. **Antisimmetrica:** $(xRy = yRx \rightarrow x = y) \vee (xRy \neq yRx \rightarrow \neg(x = y))$.

- Da questo appare immediatamente che per giustificare una semantica per una verità locale non c'è bisogno della **doppia riflessività** (simboleggiata nella tridimensionalità della sfera e nella seconda auto-riflessione di colore rosso) dell'**oggetto** autocosciente del trascendentale moderno, che appunto per questa auto-referenzialità è **astratto** dalle relazioni reali e linguistiche che fondano **la verità medesima**.
- D'altra parte, tutto ciò dimostra che il **proprium** del conoscere umano è proprio questa sua astrattezza che dischiude ad esso i "paradisi" meravigliosi delle scienze astratte, dell'arte, della mistica… Ma il **pensiero concreto** è altra cosa e, ripeto, per le verità locali e contingenti che sono quelle della vita di tutti i giorni, le scelte morali incluse, e per esse il pensiero astratto può ed è di fatto un **ostacolo.**

- Tutto ciò diviene evidente grazie all'analisi semiotica dell'algebra delle relazioni di Peirce, anticipata dalla proto-semiotica di Poinsot, che finalmente, nel trascendentale post-moderno del linguaggio, semioticamente fondato, dispiega tutte le sue potenzialità inibite nella modernità.
- Allo stesso tempo, grazie allo sviluppo dell'algebra delle relazioni nei formalismi della Teoria delle Categorie, in matematica e fisica fondamentale, il trascendentale del linguaggio si coniuga con una **ontologia del realismo naturale (RN)** (naturalismo relazionale/semiotico) che evita il **convenzionalismo** insito in un'interpretazione puramente nell'ambito dell'**ontologia sociale** (Apel, Habermas) di siffatto "completamento" della svolta linguistica post-moderna.

4.3.3 Predicazione concettuale e naturale

- Nell'ambito della filosofia continentale moderna il **concettualismo** è certamente l'ontologia più diffusa. In particolare, per i nostri scopi, è interessante il **realismo concettuale naturale (**RCN) di Cocchiarella che, volendo essere una formalizzazione concettualista del naturalismo aristotelico e (in parte) tomista dei generi naturali, è importante capirne la differenza con la formalizzazione RN come più fedele "alla lettera e allo spirito" di quel naturalismo.

- Per capire il cuore formale di tale differenza dobbiamo introdurre la **logica modale dei predicati** (finora abbiamo trattato solo la logica modale delle proposizioni), ovvero la **logica modale quantificata (LMQ) e la sua semantica.** Garson così sintetizza la questione:
  - *Una delle più significative differenze fra le trattazioni semantiche della LMQ riguarda il dominio di quantificazione. Alcuni sistemi quantificano su oggetti, mentre altri quantificano su ciò che Carnap definiva "concetti individuali". Il secondo approccio è più generale, ma anche più astratto e più difficile da motivare*[5].
- La generalità del *concettualismo* dipende dal fatto che dal Rinascimento in poi – e più precisamente dall'opera di Suarez in poi, cioè dall'abbandono del naturalismo aristotelico anche da parte della Scolastica[6] – il **possibilismo** in ontologia suppone il **concettualismo** in semantica. → Se non si è concettualisti, ma oggettualisti bisogna essere **attualisti** (escludere cioè il possibilismo) → necessità di usare le **logiche libere** dove si usano i quantificatori senza supposizione esistenziale per tutti quegli oggetti, la cui definizione sebbene non-contraddittoria in un determinato linguaggio, sarebbe assurdo supporne l'esistenza extra-logica o extra-mentale (p.es., l'araba fenice in linguaggi mitologici).

- Ancora Garson:
  - *L'assunto di partenza nelle semantiche della logica quantificata è che ogni costante (diciamo g) si riferisce a un oggetto del dominio di quantificazione. (…) Quindi, dall'identità provabile <g = g> uno potrebbe derivare <∃x (x=g)> per Generalizzazione Esistenziale. Se g sta per "Dio", allora <∃x (x=g)> si legge "Dio esiste" [ma anche "l'unicorno esiste", se g denotasse "l'unicorno"]*(p.267).
- Vedremo dopo come nell'ontologia formale del RN si può usare una LMQ "oggettualista" e un'ontologia **possibilista** (= possibilità causale, ovvero causalità per fondare l'esistenza di generi naturali in alcuni mondi possibili) senza alcun bisogno di logiche libere, per evitare paradossi come quello evidenziato da Garson.
- → Ricchezza (un'ontologia **possibilista**) ed insieme la debolezza (la sua interpretazione **concettualista**) dell'ontologia RCN di Cocchiarella.
- Strategia Cocchiarella: definire **al secondo ordine** in forma consistente (non-contraddittoria) due tipi di predicazione nella LMQ del suo RCN – **concettuale e naturale**, distinguendo fra **predicazioni concettuali e naturali di generi** (=essenze, predicazione nominale di nomi comuni) e **di proprietà** (accidenti), etc. – con i relativi **operatori modali**, basandosi su altrettanti "tagli" dello spazio delle predicazioni

possibili in un insieme massimale di Henkin di formule consistenti[7], conferisce **ricchezza espressiva** alla semantica modale dell'ontologia formale del RCN – unita a una **debolezza giustificativa** (logica della prova) e a una sostanziale infedeltà all'ontologia aristotelica e tomista (= interpretazione concettualista della loro metafisica naturalista).

- Questa strategia è stata così riassunta da Cocchiarella stesso:
  - *Proprio come un predicato (p.es., "essere rosso") può essere preso come ciò che sta per un concetto (il concetto di "rosso", N.d.R.), oppure come ciò che sta per una proprietà o una relazione naturali (il "rosso" relativo alla capacità di rifrazione della superficie di un corpo, N.d.R.), così una variabile predicativa (argomento di un quantificatore in una logica di ordine superiore, N.d.R.) può essere presa come ciò che ha, sia concetti predicabili, sia proprietà o relazioni naturali, come suoi valori. La differenza fra gli universali nell'uno o nell'altro ordine si riflette non in una differenza fra due tipi di costanti o di variabili predicative – dove l'uno sta per concetti e l'altro per proprietà e relazioni naturali –, ma nel genere di referenza (di più alto ordine) espresso mediante opportuni quantificatori predicativi, cioè quantificatori che hanno per argomento variabili predicative e che de-*

terminano le condizioni per le quali una costante predicativa può sostituirsi a una variabile predicativa. In questo modo, la differenza è riflessa non in una differenza di variabili, argomento di quantificatori predicativi, ma in una differenza fra i quantificatori predicativi stessi, cioè nei tipi di concetti referenziali per i quali stanno i quantificatori[8].

- È dunque possibile distinguere nel RCN, ma anche nel RN, una **doppia significazione,** "naturale" e "concettuale" dello stesso predicato, simbolizzato in una **doppia indicizzazione** dei quantificatori predicativi – ovvero, di quantificatori che hanno per loro argomento la stessa variabile predicativa, nel loro uso concettuale o naturale, rispettivamente:
  1. $\left(\forall F^{j}\right)(\exists x_1),\ldots,\left(\exists x_j\right)F\left(x_1,\ldots x_j\right)$: significato **concettuale** (cioè, il predicato F significa un concetto). I quantificatori sono senza indice, perché la significazione concettuale è il **caso normale** nel RCN.
  2. $\left(\forall^{n}F^{j}\right)\lozenge^{C}\left(\exists^{e}x_1\right),\ldots,\left(\exists^{e}x_j\right)F\left(x_1,\ldots x_j\right)$: significato **naturale**. Cioè, $\forall^n$ significa che la variabile predicativa F, argomento del quantificatore, denota una proprietà naturale. $\exists^e$ significa che l'insieme finito di variabili individuali, x_1, …, x_j, argomenti del

quantificatore, denotano un insieme di enti naturali **attualmente** esistenti. $\Diamond^C$ significa che l'operatore modale di possibilità deve essere inteso nel senso **aletico-ontico** di possibilità "causale", **reale** e non in senso **aletico-logico** di "possibilità logica".

- In altri termini – ma qui ci riferiamo essenzialmente all'ontologia del RN dove quanto qui affermiamo è **formalmente giustificato da un calcolo** a differenza di RCN – dipende da un'appropriata concomitanza causale se il predicato *F* è soddisfatto da un insieme d'individui attualmente esistenti.
- Se, per esempio, la *F* sta per il predicato "essere dinosauro", è evidente che non può essere soddisfatto da alcun individuo attualmente esistente. Al contrario, al tempo in cui era soddisfatto, alcuni milioni di anni fa', nessun individuo attualmente esistente avrebbe potuto soddisfare il predicato "essere lucertola", mentre è un fatto che oggi lo sia.
- Questo non significa che i dinosauri oggi, come le lucertole ieri, non abbiano il valore di **realtà biologiche**, dato che sono potenzialmente realizzabili in natura, mediante l'appropriato concorso causale. In altri termini, sono ambedue **specie** dello stesso

genere dei rettili, attualmente esistente in natura sotto differenti specie a tempi diversi.

- Cioè appartengono a diverse specie perché sono prodotti **nel tempo** da diversi concorsi causali, anche se appartengono allo stesso genere, perché condividono qualche comune "antenato" (e quindi alcune sequenze dei loro DNA), cioè lo stesso concorso causale prima della sua "ramificazione" in due differenti specie.
- Questo, invece, non è il caso di **animali mitologici** come "l'araba fenicia" (l'esempio è di Tommaso stesso nel *De ente et essentia*), che sempre risorge dalle sue ceneri. Essa mai, né nel passato, né al presente, né in futuro, potrà essere realizzata in una matrice di possibilità causali, perché ha una natura **mitologica**, e non **biologica**. In termini naturalistici, "l'araba fenicia" come "l'unicorno", come qualsiasi animale mitologico, sono tutti prodotti di una causalità **mentale** e non biologica, qualsiasi cosa "causalità mentale" significhi. Essi insomma, appartengono non alla "realtà naturale", ma alla "realtà virtuale", come si dice oggi.
- A questo punto tuttavia, dobbiamo rispecchiare anche nel simbolismo **la più profonda differenza** già così introdotta **fra l'ontologia del RCN e quella del RN.** Infatti, anche nel RN noi manteniamo la doppia indicizzazione e dunque la doppia re-

ferenza “attualista”, <$\forall^e F$- $\exists^e F$ / $\forall^e x$- $\exists^e x$>, e “possibilista”, <$\forall F$- $\exists F$ / $\forall x$- $\exists x$>, dei quantificatori, ma con una differenza radicale. Nel RCN il caso “normale” è quello della possibilità **concettuale/mentale**, <$\forall F$- $\exists F$ / $\forall x$- $\exists x$>, così che è **la possibilità naturale** a dover essere indicizzata, <$\forall^n F$- $\exists^n F$ / $\forall^n x$- $\exists^n x$.

- La quantificazione possibilista nel RN si riferisce, invece, a una **potenza causale** e non a una **facoltà concettuale** come nel RCN, a causa dei due differenti **assiomi di giustificazione** dei domini predicativi – “l’assioma di comprensione” non-ristretto, versione concettualista dell’**assioma di specificazione** di ZFC nel RCN, *versus* allo “assioma ontologico di esistenza” nel RN – su cui i relativi calcoli logici predicativi sono fondati.
- Di conseguenza, sia il RCN che il RN mantengono la teoria **della doppia significazione (referenza) “naturale” e “concettuale”** dello stesso predicato (in *intentio prima* e *intentio secunda*, in termini tomisti), con la doppia indicizzazione dei relativi quantificatori, dal momento che, come io stesso ho suggerito a Cocchiarella, essa ha un comune antenato nella semantica dell’Aquinate[9].
- Tuttavia nel RN – come in Tommaso – il “caso normale” è la predicazione **naturale** non quella **concettuale**. Così la quantificazione senza indice <$\forall F$- $\exists F$ / $\forall x$- $\exists x$>, si

riferisce nel RN alla predicazione *naturale*, mentre è necessaria un'appropriata indicizzazione in *m* – che sta per "mentale" e cioè <$\forall^m F$- $\exists^m F$ / $\forall^m x$- $\exists^m x$> – per la relativa predicazione **concettuale**, basata, naturalmente, su un'appropriata forma di causalità naturale che caratterizza l'agente cognitivo umano, quella **mentale fondata sul reale**, quella dell'*intellectus agens-possibilis*, nella terminologia di Tommaso, che in quanto incorporato in un agente cognitivo (persona umana), grazie a una particolare relazione causale con l'ambiente, è capace di produrre concetti realmente fondati (*universalis cum fundamento in re*), e non solo fantastici come la "araba fenice".

4.4 Limite concettualista di RCN come ontologia del naturalismo

- Ciò che rende interessante il RCN è la sua pretesa di fornire l'ontologia formale della **Meccanica Quantistica (QM)** e quindi l'ontologia adatta al **cambio di paradigma** legato alla QFT e alla cosmologia evolutiva contemporanea.
- Infatti, la sua ontologia possibilista potrebbe applicarsi ai diversi generi di oggetti fisici e/o biologici che sono solo **potenzialmente esistenti** nel concorso delle cause naturali all'interno di uno dei possibili universi. In questo modo, siffatti generi e i

suoi membri possono essere resi attualmente esistenti o attualmente estinti (cioè resi di nuovo solo potenzialmente esistenti) in differenti celle spazio-temporali, all'interno dell'universo – o, addirittura, all'interno di un dato universo entro la generale evoluzione del multi-verso.

- Questa però è solo **una pretesa dichiarata, ma non fondata nel RCN**, a causa del suo **pregiudizio concettualista** che indebolisce intrinsecamente l'ontologia del RCN e il suo uso degli operatori modali causali, $<\Box^{C}/\Diamond^{C}>$, che, malgrado l'etichetta "causale" hanno una fondazione concettuale e non propriamente **naturale.**
- Cocchiarella è perfettamente conscio di questa intrinseca limitazione del suo RCN, ma **il pregiudizio moderno concettualista** che lega indissolubilmente concettualismo e possibilismo (Cfr., sopra §4.3.2, slide 136) non sembra a lui lasciare alcuna via di scampo. Ecco cosa dice Cocchiarella al riguardo, sull'impossibilità che possa esistere un RN non concettualista:
  - *A tal proposito, non vi è alcun principio generale di comprensione che è valido nel realismo naturale (RN) nel modo in cui il Principio di Comprensione* $\left(\mathbf{CP}_{\lambda}^{*}\right)$ ***10*** *è valido nel realismo concettuale naturale (RCN)***.** *Le proprietà e le relazioni naturali non sono formate o costruite a partire da altre proprietà e relazioni per mezzo di*

operazioni logiche. Ma questo non significa che nessuna proprietà o relazione naturale possa essere specificata nei termini di una formula complessa, cioè una formula in cui compaiono costanti logiche. Questo significa che una siffatta specificazione non può essere validata solo su basi logiche, ma deve essere presa come un'ipotesi contingente sul mondo[11].

- È chiaro che l'interpretazione **concettualista** del naturalismo che Cocchiarella offre, non solo **non è una formalizzazione dell'ontologia aristotelico-tomista,** visto che certamente proprietà e relazioni naturali non possono essere validate solo su basi logiche, ma anche extra-logiche, anche per quell'ontologia – altrimenti saremmo in un'ontologia logicista e non in una naturalista –, ma non può essere una giustificazione valida di una qualsivoglia ontologia formale naturalista tout-court.
  - "Le ipotesi contingenti sul mondo" possono essere **i modelli** di un determinato sistema formale, logico o matematico che sia, che una determinata teoria scientifica formalizzata costruisce su **base empirica,** ma mai possono essere usati per **validare semanticamente il sistema formale stesso.** Le ipotesi contingenti di tipo empirico di una teoria scientifica, cioè, non possono mai essere confuse con la **verità,**

oggetto di una **semantica formale** e quindi fondamento della **validazione logica** del sistema formale analizzato.

- ➤ In altri termini, i modelli di un sistema formale in grado di rendere “vero” (soddisfare) un sistema per determinati domini di oggetti e cui corrispondono altrettante “teorie formalizzate” (empiriche, matematiche o filosofiche che siano) basate su quel sistema (cfr., Logica II, §9.2.4.2-3, sides 156-58), suppongono, infatti, che sia dimostrabile la **consistenza e verificabilità (soddisfacibilità)** del sistema stesso, ovvero, suppongono la sua **validazione semantico-formale,** come vedremo nella prossima sotto-sezione**.**

- Prima di sintetizzare brevemente, allora, in cosa consista una procedura di validazione semantica della consistenza e verità (soddisfacibilità) di un sistema formale, ancora una parola sulla consistenza di RCN.
- Come abbiamo visto in §4.3.1, ciò che caratterizza un’ontologia concettualista è che sono **le regole del pensiero** a costituire il criterio di verità. Due sono i punti da evidenziare rispetto al concettualismo di RCN, che ne evidenziano ancora la debolezza semantica a livello formale:

1. In molti scritti Cocchiarella enfatizza che il suo concettualismo non è **trascendentale** come quello di Kant o di Husserl, ma **socio-biologico,** nel senso che è l'evoluzione biologica e la contestualizzazione sociale nelle diverse culture secondo un'interpretazione dell'**epistemologia evoluzionista,** integrata da considerazioni socio-culturali, inaugurata da K. Lorenz a stabilire siffatte regole della concettualizzazione. In questo senso ulteriore, dunque, per Cocchiarella il concettualismo della sua ontologia formale è di tipo **naturalista**[12]**.**
2. Intimamente legata a questa interpretazione semantica del concettualismo di RCN è la particolare interpretazione della nozione di **doppia saturazione** (*mutual saturation*) soggetto-predicato (argomento-predicato) che egli offre per la giustificazione della costituzione dell'**unità di un asserto**. Se, infatti, il naturalismo "evolutivo" del suo concettualismo gli impone di non accettare la giustificazione fregeana dell'unità di un asserto di tipo logicista della **saturazione semplice,** il suo concettualismo lo porta ad interpretare la teoria della doppia saturazione come saturazione fra **concetti predicativi e concetti referenziali.**

- *Ciò che soggiace alla nostra capacità di linguaggio e di predicazione nel linguaggio, secondo il concettualismo, è la nostra capacità di pensiero e di formazione* *dei concetti che è fondata sulla nostra storia evolutiva e sull'ambiente socio-culturale in cui viviamo. La predicazione nel pensiero è più fondamentale della predicazione nel linguaggio, in altre parole, ed è così perché ciò che tiene insieme le parti di una proposizione in un atto linguistico sono le capacità cognitive che soggiacciono alla predicazione nel pensiero*[13].

Conseguentemente al suo posit concettualista l'unica giustificazione che il suo RCN può fornire dell'**oggettività** epistemica e linguistica è quella dell'**intersoggettività**:

- ➢ *L'oggettività dei concetti predicativi e referenziali consiste nel loro essere capacità cognitive intersoggettivamente realizzabili che ci rendono capaci di pensare e di comunicare l'un l'altro*[14].

- È evidente che su queste basi di uno **psicologismo socio-biologico** l'ontologia formale del RCN ha molto poco di "formale" a livello logico-giustificativo – è ben lungi cioè da costituire un calcolo semantico-formale – ed ha solo un valore logico-espressivo. È vero che, come il teorema di Skolem ci ha insegnato (Cfr. Logica II, §10.4, slide, 177ss.) che fra poco approfondiremo, esiste una relazione di indeterminazione fra forza dimostrativa di una teoria (del I ordine) e capacità espressiva (categoricità) di una teoria (del II ordine) quale RCN.

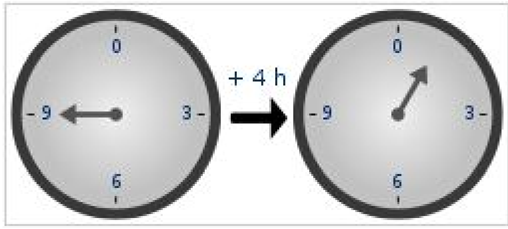
- Qui però ciò che è in discussione è se il RCN abbia una qualsiasi forza dimostrativa dal punto di vista logico-formale.
- Lasciamo dunque da parte RCN con i suoi evidenti limiti logico-formali e introduciamo alcune considerazioni di semantica formale che ci aiuteranno a comprendere le potenzialità di un'interpretazione coalgebrica di una semantica modale, in generale e di RN in particolare.

5 LE ORIGINI ALGEBRICHE DELLA SEMANTICA FORMALE

5.1 Semantica formale e logica di Boole

- Per capire l'intercomunicatività oggi esistente e cui Van Benthem faceva riferimento (cfr. sopra la conclusione di §4.2 e nota 2) fra logica matematica **(logica estensionale)**, logica filosofica **(logica intensionale)** e logica computazionale **(logica algebrica),** occorre fare un passo indietro alle origini stesse della logica matematica agli inizi del XX secolo.
- Qualsiasi manuale di logica contemporanea ricorda giustamente come la logica matematica sia nata come **logica algebrica** (o algebra della logica), a partire dallo stesso W. G. Leibniz (1646-1716), poi dai fondamentali lavori di G. Boole (1815-1864) e A. De Morgan (1806-1871) e C. S. Peirce (1839-1914), tutti confluiti nella sintesi di E. Schröder (1841-1902) sulla possibilità di concepire la nascente logica matematica come un'**algebra della logica.**

- Schröder in particolare notò come usando un algebra a due sole cifre (0,1) o **cifre binarie** (*binary digits* o **bits**) si possono tradurre nella cosiddetta **logica equazionale** qualsiasi espressione di logica delle proposizioni[15]. Ovvero, formule valide della logica delle proposizioni possono tradursi in altrettante espressioni algebriche a partire dalle essenziali **congruenze,** note anche a Leibniz, fra **connettivi proposizionali** e **operazioni dell'algebra elementare**, in particolare fra **disgiunzione** <∨> e **somma <+>**, **congiunzione** <∧> e **prodotto** <×>, **negazione** <¬ > e **complementazione** <0=1-*x*>**.** Vediamo più specificamente cosa tutto questo significa.
- Una numerazione binaria <0,1> quale quella del *bit* significa che <1 + 1 = 0> e non <= 2> come nella ordinaria numerazione decimale. In altri termini, una numerazione binaria è una aritmetica "modulo 2" proprio come le cifre sul quadrante di un orologio rappresentano un'aritmetica "modulo 12". Ovvero un'aritmetica dove le uniche cifre ammissibili per rappresentare numeri sono <1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12> Infatti, sul quadrante di un orologio <9+4 ≠ 13>, ma <9+4 ≡ 1 (mod 12)>.



- Ovvero, più sinteticamente, <$9+4 \equiv_{12} 1$>, e quindi <$12+12 \equiv_{12} 0$), proprio come <$1+1 \equiv_2 0$>, dove il simbolo "≡" è il simbolo della **congruenza,** ovvero il simbolo algebrico della equivalenza.
- Tuttavia, poiché in un'algebra booleana <$1 + 1 = 0$>, vuol dire che la disgiunzione di un'algebra di Boole non è l'ordinaria **alternativa** (1110), ma quella che abbiamo definita in Logica II, seguendo la terminologia di Bochenski la **disgiuntiva** (0110) che universalmente viene invece definita la disgiunzione **esclusiva (*exclusive or*, XOR,** simbolo: $\oplus$). Viceversa, sempre seguendo Bochenski, abbiamo definita l'esclusiva come corrispondente alla tavola di verità (0111) che è, semplicemente, la tavola di verità della negazione della congiunzione (1000) (Cfr. Logica II, §9.2.2).
- Così, interpretando *x* e *y* come interi in numerazione binaria, abbiamo le seguenti corrispondenze fra **logica proposizionale** e **logica equazionale** di un'algebra booleana:

1. $x \wedge y = x \times y$
2. $x \vee y = (x + y) + (x \times y)$
3. $\neg x = 1 - x$

- Gli altri connettivi logici possono essere derivati da questi tre principali:

4. $x \rightarrow y = \neg x \vee y$
5. $x \oplus y = (x \vee y) \wedge \neg\, (x \wedge y)$
6. $x \leftrightarrow y = \neg\, (x \oplus y)$

- È evidente dunque che i simboli (0,1) di un'algebra booleana possono essere interpretati come altrettante **valutazioni falso (0)/vero (1)** di variabili proposizionali *p, q* della logica proposizionale.
- Di fatto però le valutazioni non sono su una singola variabile proposizionale *p* o *q* ma su un insieme di variabili equivalenti a *p* o a *q*. Ciò spiega le corrispondenze che abbiamo già visto e discusso in Logica II §11.2.2 fra **connettivi proposizionali** e **operazioni su insiemi:**
- $\leftrightarrow$/= **equivalenza/uguaglianza**
  $\neg$/ $\overline{}$ **negazione/complementazione**
  $\rightarrow$/$\subseteq$ **implicazione/inclusione**

$\vee/\cup$ **disgiunzione (somma)/unione**

$\wedge/\cap$ **congiunzione (prodotto)/intersezione**

- Di per sé in quel contesto abbiamo esteso le corrispondenze anche alla **logica delle classi** interpretando le operazioni su insiemi come operazioni su classi, e di per sé questo è corretto, sebbene, come sappiamo, ciò che distingue un'inclusione di classe da un'inclusione di insiemi è che questi a differenze di quelle sono **ordinati** mediante la relazione di ordinamento fra insiemi ($\leq$) così da **escludere (per insiemi standard) l'autoinclusione.** → Semantica sugli insiemi come **teoria dell'ordinamento (*order theory*) di insiemi.**
- Più precisamente ciò che caratterizza una logica booleana, che è alla base della logica computazionale o **logica equazionale (*equation logic*),** è che in essa ogni formula, $p\wedge q$, $p\vee q$, $\neg p\ldots$, del calcolo proposizionale del primo ordine (**k**) può essere tradotta in maniera standard nelle corrispondenti formule e operazioni dell'algebra di Boole, ovvero, $a\times b$, $a+b$, $-b\ldots$, e della sua aritmetica binaria.
- Come sappiamo però queste formule corrispondono ad altrettante **valutazioni semantiche**, ("è vero/falso che"), su di esse, perché sto rappresentando con due soli simboli un'infinità di simboli di variabili individuali proposizionali. Ovvero, rispet-

tivamente: $\vdash p\wedge q, \vdash p\vee q, \vdash\neg p, \vdash\ldots$, che nel simbolismo dell'**Algebra Universale** si scrive: $(\llbracket\varphi\rrbracket,\llbracket\psi\rrbracket,\llbracket\zeta\rrbracket,\llbracket\ldots\rrbracket)$, per ciascuna delle formule del calcolo proposizionale del primo ordine considerate.

- Ciò significa che "i connettivi" di una logica di Boole ($\wedge,\vee,\neg$) corrispondono a **operazioni su insiemi** $(\cup,\cap,{}^{-})$, **non su individui** come i relativi connettivi proposizionali, quindi corrispondono ad altrettanti **operatori** che per non essere confusi con quelli del calcolo proposizionale sono simbolizzati come fossero simboli di operatori insiemistici $(\cap,\cup,-)$, ovvero $(\wedge,\vee,-)$, cui bisogna aggiungere due operatori "vero" $(\top)$ e "falso" $(\bot)$, che corrispondono ai simboli binari (1,0) dell'algebra di Boole.
- Di qui la definizione dell'**alfabeto proprio** (*signature*) **di una logica booleana** definita come **algebra booleana con operatori (*Boolean algebra with operators*, BAO): (**$\top,\bot,\wedge,\vee,-$).
- Quando dunque interpretiamo i connettivi logici in un algebra booleana standard **occorre limitare le corrispondenze alle operazioni su insiemi,** in quanto non è pos-

sibile interpretare in una logica booleana standard la **logica dei predicati,** e quindi porre in corrispondenza le operazioni su una logica booleana ad operazioni su classi.

- In Logica II §11.2.2, non ci sarà sfuggito, infatti, che le corrispondenze fra connettivi proposizionali e operatori insiemistici sono solo con formule logiche quantificate **universalmente.** Non è, infatti, possibile interpretare (=valutare semanticamente) in una logica booleana standard **la quantificazione esistenziale**. (0,1) sono infatti interpretabili come **valutazioni su un intero insieme di variabili proposizionali** e non su qualche sua parte relativa all'uso di specifici predicati e quindi di classi di specifiche proposizioni che soddisfano i predicati.
- Questo è vero, anche se, con particolari estensioni della logica booleana, quali la cosiddetta **logica booleana monadica** è possibile introdurre la quantificazione esistenziale e quindi trovare un corrispettivo in logica booleana anche alla logica dei predicati. Era questo il motivo per cui in Logica II non abbiamo esitato a porre in corrispondenza biunivoca connettivi proposizionali e operatori su insiemi e/o classi.
- In ogni caso, è bene qui evidenziare dove si trovi il **cuore del problema.** Le algbere di Boole hanno infatti un'altra significativa proprietà. Esse possono **costruirsi induttivamente (ricorsivamente: $x_{n+1} = f(x_n)$)** gli insiemi su cui sono definite. Esiste

dunque sempre un **limite inferiore** di un operatore booleano di verità/falsità: il **punto iniziale della costruzione ricorsiva.** Il problema è quello del **limite superiore** dell'operatore. Infatti, fin dalla scoperta di Eudosso del metodo delle esaustioni, è chiaro che questo limite **deve pre-esistere** alla procedura ricorsiva stessa e non è quindi **ricorsivamente enumerabile (computabile)/costruibile**.

- Ovvero, **dato un cerchio,** moltiplicando all'infinito i lati del poligono iscritto, alla fine, **il poligono non può non coincidere col cerchio.** Ma **mai potrò costruire così un cerchio.** Quando infatti la procedura costruttiva, senza **un limite superiore dato**, potrà mai dirsi **terminata?** In una parola, il problema della semantica booleana (e di qualsiasi teoria costruttiva della matematica) è quello del **limite superiore dell'operatore booleano vero/falso → carattere necessariamente infinitario e non-costruttivo (non-finitistico/non-computabile) delle semantiche.** Queste erano costituite per Eudosso dagli **oggetti infiniti dell'iperuranio platonico,** mentre per i matematici e logici moderni **dalle semantiche infinitarie e non-computabili delle logiche del second'ordine per la teoria degli insiemi.**
- La dualità algebra-coalgebra e le connessa dualità di **limite-colimite** può offrire una soluzione **nuova al problema,** ovviamente di carattere "locale" (semantica modale

del primo ordine), così da far concludere a S. Abramsky che per primo l’ha evidenziata che ciò che conta per la **teoria della computabilità effettiva** non sono né oggetti finitistici né oggetti infinitistici, ma **finitari** intesi come “limiti (inferiori di procedure induttive e superiori di procedure coinduttive) di successioni di finiti” (Abramsky, 1988).

- Torneremo più avanti, sulla questione per approfondirla, perché indispensabile per dimostrare come anche la QML (logica modale dei predicati) e non solo la ML (logica modale delle proposizioni) può avere un’interpretazione modellistica (i modelli della semantica relazionale di Kripke), e quindi una semantica, (**co)algebrica.**

5.2 Limiti di una semantica algebrica

- Ma esiste un’ulteriore limitazione, non evitabile come la precedente almeno per la teoria algebrica (=Booleana) degli insiemi, al progetto originario di Schröder di un **algebra della logica** basata su un’algebra di Boole, intesa come **semantica della logica,** teoria degli insiemi inclusa**.**
- Tale limitazione è dovuta alla scoperta del più famoso discepolo di Schröder, il matematico norvegese, **Toraf Albert Skolem** (1887-1963), e al suo famoso teorema

dimostrato da lui una prima volta nel 1919 e che trovò la sua definitiva formulazione nel 1923, sebbene una sua prima formulazione del 1915 si deve ad un altro matematico, tedesco, **Leopold Löwenheim** (1878-1957), così che il teorema è universalmente conosciuto come il teorema di **Löwenheim-Skolem.**

- Il teorema può così enunciarsi in forma semplificata:
  - *"Se una teoria del primo ordine enumerabile possiede un modello infinito di cardinalità k, questo può essere solo un modello infinito enumerabile della medesima cardinalità"*
- Ciò significa che ogni teoria consistente del primo ordine **non è categorica,** non esiste cioè un unico modello infinitario di essa fino all'isomorfismo. Tutti i suoi modelli, in altri termini, non sono isomorfi tra di loro, non sono riportabili ad un'unica struttura formale, e quindi, se rimaniamo al primo ordine, non possono essere riportati ad un'unica teoria fondamentale, sembrerebbero, insomma, non appartenere alla **medesima categoria logica.**
- Di qui il cosiddetto **paradosso di Skolem** che egli erroneamente interpretò come un'antinomia insuperabile per qualsiasi teoria assiomatica degli insiemi e quindi per

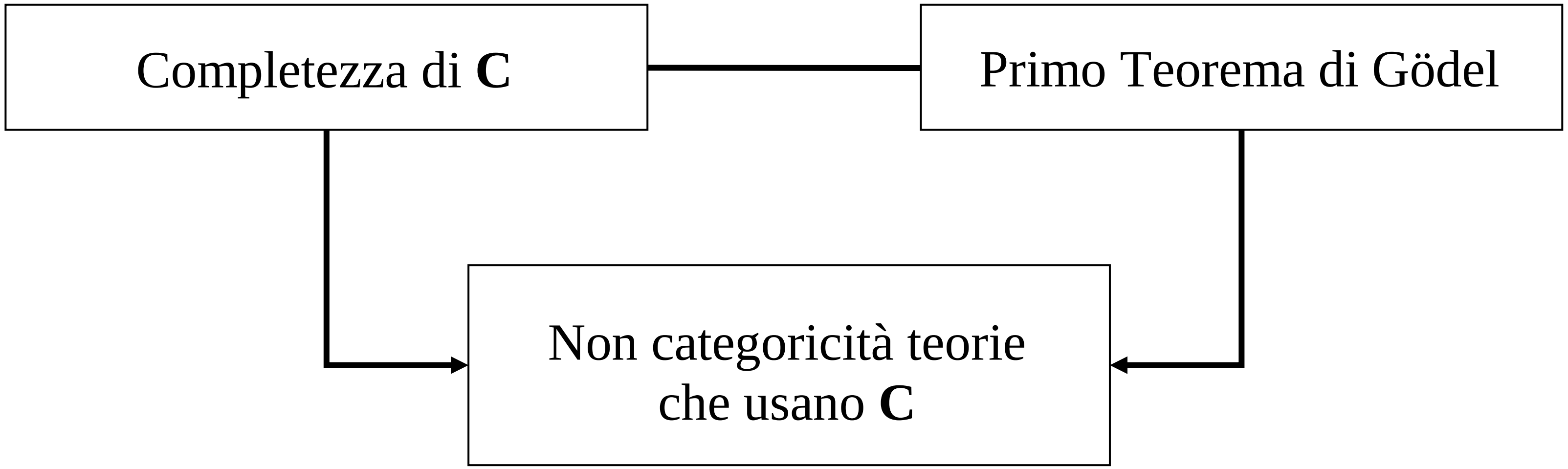
qualsiasi teoria dei fondamenti della matematica. Ma in cosa consiste esattamente il problema?

- Come sappiamo, la teoria cantoriana degli insiemi ha introdotto la differenza fondamentale fra **insiemi infiniti enumerabili** (isomorfi con l'insieme dei naturali) e **insiemi infiniti non-enumerabili** (l'insieme dei numeri reali, l'insieme dei numeri complessi, l'insieme di tutti i sottoinsiemi dei numeri interi, etc.).
- Il paradosso consiste dunque in questo: tali insiemi non possono essere espressi in **alcuna teoria degli insiemi assiomatica del primo ordine**, sebbene tutti gli assiomi della teoria degli insiemi ordinaria siano **enunciati del primo ordine.**
- D'altra parte il teorema di Dedekind ("ogni insieme infinito è simile (può essere posto in corrispondenza biunivoca o isomorfa) con una sua parte propria" implica che è possibile dimostrare la **completezza dell'aritmetica al secondo ordine.**
- Tutto ciò, anche alla luce dei susseguenti **teoremi di incompletezza di Gödel (1931) per teorie del primo ordine** ed in particolare del primo teorema di cui il teorema di Skolem può essere considerato un corollario, significa che la teoria assiomatica degli insiemi, come qualsiasi altra teoria (semantica) dei fondamenti della ma-

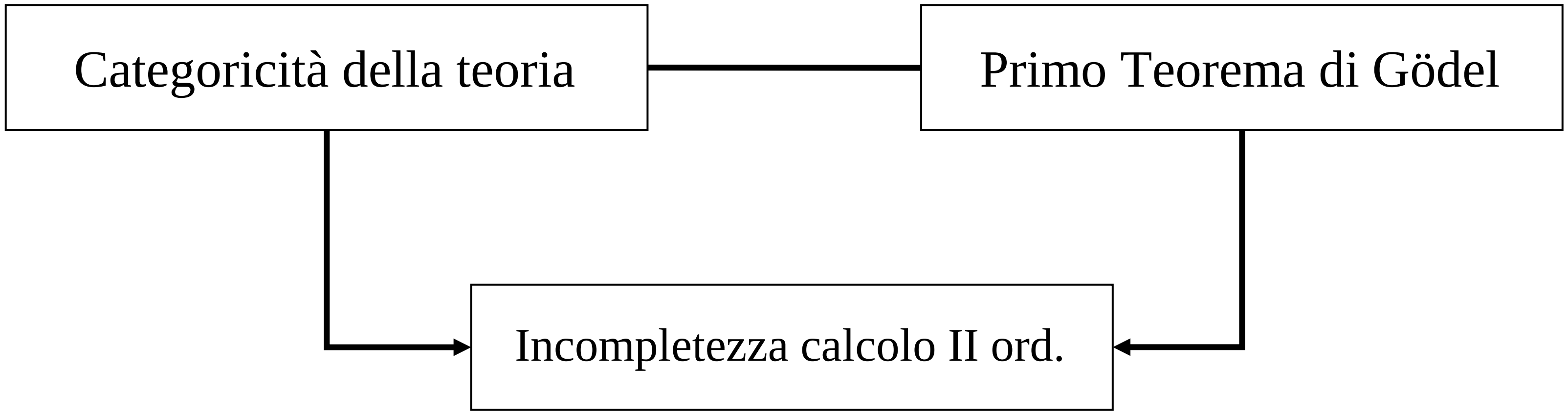
tematica dev’essere formalizzata **usando teorie di ordine superiore** e quindi includenti in un’unica struttura **modelli di insiemi enumerabili e non-enumerabili.**

- Ed infatti sia Zermelo per ZFC che Von Neumann per NGB ambedue ammettono l’esistenza di modelli di insiemi non-enumerabili soltanto nell’interpretazione del secondo ordine delle loro rispettive teorie assiomatiche degli insiemi.
- → Di qui la seguente **relazione d’indeterminazione** (Ennio De Giorgi) che già abbiamo incontrato in Logica II, §10.4:
  - **Se una teoria formalizzata** è basata su un metodo dimostrativo molto potente (Calcolo dei predicati del primo ordine **C** che Gödel, nel 1929, dimostrò essere completo), perde in **unità esplicativa** (è non-categorica) → Teorie del **primo ordine** (p.es., teorie scientifiche matematico-sperimentali, in quanto modelli empirici di sistemi formali)
  - **Se una teoria formalizzata** è categorica, dotata di una grande, unitaria ampiezza esplicativa, vuol dire che è basata su un metodo dimostrativo meno potente (calcolo dei predicati di secondo ordine (e oltre) che è incompleto) → Teorie del **secondo ordine** (p.es., teorie logiche e matematiche del secondo ordine, teorie dei fondamenti delle varie discipline scientifiche, teorie di discipline umanistiche, anche

filosofiche). Schematizzando, per le teorie basate sul calcolo dei predicati del primo ordine **C,** in base ai teoremi di Gödel e di Skolem:



- In base al **teorema di Dedekind** abbiamo invece una mancanza di forza dimostrativa, imputabile al calcolo dei predicati del secondo ordine, per le teorie dotate di maggior capacità esplicativa:


Categoricità della teoria
Primo Teorema di Gödel
Incompletezza calcolo II ord.

- In un susseguente articolo (Skolem 1922) Skolem stesso illustra la rilevanza del suo teorema per una teoria assiomatica degli insiemi, secondo la sua **interpretazione modellistica basata sull'algebra.** Due sono le conseguenze che egli ne trae, di cui solo la seconda è effettivamente valida, e dunque molto interessante per i nostri scopi di filosofia formale:
  1. La teoria assiomatica degli insiemi **non è adatta per una teoria dei fondamenti della matematica**, perché nozioni essenziali come quella di insiemi non enumerabili non possono essere giustificate in essa.
  - Abbiamo già visto, però, che questa conseguenza è vera per una teoria algebrica degli insiemi, ma non è vera in assoluto, perché è sufficiente usare una semantica del secondo ordine in teorie assiomatiche degli insiemi, quali ZFC e NGB, per garantire l'esistenza di **modelli infinitari di insiemi non-enumerabili ma totalmente ordinati**.
  - → **Il paradosso di Skolem** è interessante solo perché rivela "una nuova e inaspettata caratteristica dei sistemi formali" [assiomi come formule del primo ordine ma di una teoria formalizzabile al secondo ordine] (van Heijenoort 1967), senza nes-

suna antinomia insuperabile per una teoria dei fondamenti della matematica basata sulla teoria degli insiemi.

2. **Principio di relatività per ogni teoria algebrica degli insiemi.** Infatti, nota correttamente Skolem, le nozioni di insiemi **numerabili/non-numerabili** in ogni interpretazione modellistica della teoria degli insiemi **sono relative all'algebra degli insiemi** che si sta usando. In qualche modo non banale, la cardinalità degli insiemi algebrici dipende dalla struttura algebrica cui fanno riferimento.

- Alla luce degli sviluppi successivi questa conseguenza si è dimostrata **vera in due sensi:**
  1. Ciò che il teorema di Skolem proibisce **è una rappresentazione assoluta di oggetti non-enumerabili** come la totalità dei numeri reali, nel senso che **l'insieme di tutti i reali è non-enumerabile.** Ma questo non impedisce che **sotto-insiemi di essi** possano essere posti in una relazione biiettiva con l'insieme dei naturali (Bays 2014), come d'altra parte lo stesso **metodo diagonale** utilizzato da Cantor per la sua dimostrazione, che era un metodo algebrico, aveva anticipato[16]. Vedremo come **il teorema di rappresentazione di Stone per algebre di Boole** de-

finisca formalmente questi isomorfismi, anche se la sua dimostrazione richiede un’assiomatica del secondo ordine.

2. Nella **teoria delle categorie** è possibile sviluppare per ciascuna algebra di Boole una **semantica coalgebrica,** così da dare al principio di relatività di Skolem un’inaspettata **rilevanza costruttiva,** sia nella logica matematica, che in quella filosofica. Una rilevanza sintetizzata nello slogan, caro ai cultori dell’informatica teorica e che già abbiamo citato, secondo cui “le logiche modali – e nello specifico le loro semantiche relazionali, basate sulla teoria dei modelli di Kripke – sono coalgebriche”.

- Per i nostri scopi, ci soffermeremo in seguito sulla rilevanza di questa interpretazione della semantica modale per fornire una **giustificazione del RN** in ontologia formale che, come abbiamo visto, manca alla sua interpretazione **concettualista**, concentrandoci sulla logica del **bicondizionale ontologico** in quanto distinto e irriducibile al **bicondizionale logico** delle teorie standard degli insiemi e dei loro modelli, quali quelle esaminate finora.

5.3 Semantica formale come logica del secondo ordine

5.3.1 Ordinamento totale e buon ordinamento degli insiemi

- La necessità di accedere a logiche del secondo ordine per garantire l'inclusione anche di modelli di insiemi non-numerabili, perché essenziali per la matematica, ma non accessibili ad una semantica algebrica che è solo del primo ordine, fa sì che la relazione fra **semantica degli insiemi** e **teoria dell'ordinamento** diventi ancora più essenziale di quanto non lo fosse con gli insiemi enumerabili dell'algebra.
- Fa sì cioè che per garantire la possibilità di successioni ordinate di insiemi anche non-enumerabili si identifichi come condizione necessaria ad una teoria assiomatica degli insiemi quella **dell'ordinamento totale** degli insiemi stessi, numerabili o meno che siano, mediante l'introduzione di opportuni assiomi, secondo **la relazione d'ordine** ($\leq$).
- **Ordinamento totale** che diventa anche un **buon ordinamento,** laddove al primo si aggiunga la condizione che ogni sotto-insieme non vuoto dell'insieme *S* considerato abbia un **elemento minimo** in questo ordinamento (p.es., in ZFC, grazie all'esistenza dell'"insieme di scelta", ovvero all'insieme che ha per sotto-insiemi di-

sgiunti (senza elementi in comune) un elemento per ciascun insieme della collezione).

- Intuitivamente, nel caso dei numeri interi, mentre i **naturali {0,1,2,3,…}** sono ben ordinati, avendo nello zero il minimo, gli **interi**, includendo anche i negativi, non lo sono, sebbene siano ambedue insieme totalmente ordinati.

- Di qui possiamo facilmente comprendere i principi fondamentali della semantica formale della teoria standard degli insiemi, che, per essere **categorica,** ovvero includere in un'unica struttura formale anche modelli degli insiemi non-numerabili, per i teoremi di Dedekind, Gödel e Skolem, dev'essere necessariamente una teoria del secondo ordine, anche a costo di perdere la potenza dimostrativa del calcolo dei predicati **C** del primo ordine.

5.3.2 Insiemi totalmente ordinati e insiemi ben-fondati

- Tutti gli insiemi standard della teoria degli insiemi ZFC e NGB e in generale di tutte le teorie che soddisfano il principio dell'ordinamento totale con o senza buon ordinamento (p.es., gli insiemi di NGB non sono anche bene ordinati) sono definiti anche **insiemi ben fondati (*well-founded sets*)** insiemi cioè dove non è ammessa una

gerarchia indefinita di inclusioni perché non è ammessa **l'auto-inclusione di insiemi.**

- Questo, per distinguerli da insiemi come quelli della **teoria degli insiemi di Aczel** (Aczel 1988) che, attraverso, **l'assioma di anti-fondazione** consente invece **l'auto-inclusione di insiemi,** $X = \{X\}$, e quindi **successioni indefinite di inclusione di insiemi,** sviluppando un'intuizione che fu di Ennio De Giorgi nei suoi famosi seminari sui fondamenti della matematica alla Scuola Normale Superiore di Pisa[17] e intorno alla quale l'IRAFS, per volontà del prof. De Giorgi medesimo è nata (nel 1996) proprio per sviluppare una formalizzazione dei fondamenti delle scienze, aperta anche alla formalizzazione della logica filosofica.
- La teoria degli insiemi di Aczel attraverso l'assioma di anti-fondazione consente invece sia l'**autoinclusione di insiemi** e quindi la **successione indefinita di inclusioni di insiemi,** come pure la definizione di **equivalenze fra insiemi per bisimilarità**, e, infine la procedura di prova della **coinduzione.** Tutte nozioni **coalgebriche** che risultano **duali** a quelle algebriche di **appartenenza** (coalgebra: **co-appartenenza**), **congruenza** (coalgebra: **bisimilarità**), **induzione** (coalgebra: **co-induzione**), come vedremo in seguito, nella Parte III.

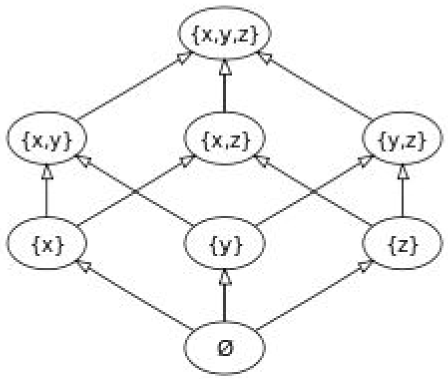
- Per i nostri scopi, il fatto che la **dualità funtoriale** (definita cioè su una relazione che “manda” dall’origine (coalgebra) al bersaglio (algebra) il medesimo **morfismo** o relazione di ordinamento fra oggetti: omomofismo co-algebra-algebra conserva **nelle due direzioni la verità delle proposizioni,** ci fornirà la base per una soluzione del problema del **bi-condizionale ontologico** per una teoria dell’argomentazione ontologica/metafisica (ma estendibile anche al piano dell’argomentazione deontica/ontica sulle norme comportamentali, che introdurremo nella sottosezione finale di questa Parte.
- Prima però, concludiamo questa sezione sulla semantica formale, esaminando la **semantica algebrica** del primo ordine, possibile ad un’algebra di Boole con operatori, in quanto definita su **insiemi parzialmente ordinati,** e non su insiemi totalmente ordinati come la semantica logica del secondo ordine di cui abbiamo parlato finora.

5.4 Logica di Boole come semantica del primo ordine e insiemi parzialmente ordinati

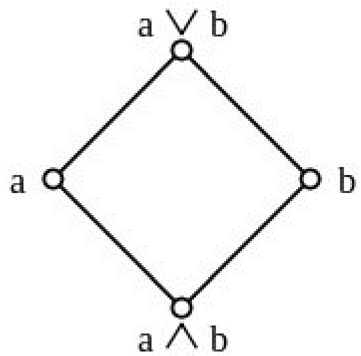
- Assiomaticamente, un insieme di elementi X si dice **totalmente ordinato**, sse le seguenti tre condizioni riguardo la relazione di ordinamento ($\leq$) sono soddisfatte per ogni a, b, c in X:
  1. Se $a \leq b$ e $b \leq a$ allora $a = b$ (**antisimmetria**);
  2. Se $a \leq b$ e $b \leq c$ allora $a \leq c$ (**transitività**);
  3. $a \leq b$ o $b \leq a$ (**totalità**).
- In un insieme parzialmente ordinato (*partially orderd set or* **poset**), la terza condizione è sostituita da quella di **riflessività** (più debole perché, nella teoria degli insiemi standard è inclusa in quella di totalità):
  4. $a \leq a$ (**riflessività**)
- Ciò in pratica significa che **non tutte le coppie di elementi della relazione** possono essere posti nella relazione di ordinamento considerata. Così, nel caso intuitivo del senso comune, tutti gli individui ordinati secondo la relazione ascendente-

discendente in una popolazione, costituiscono un poset dell'insieme della popolazione.

- Nel caso della teoria elementare dei numeri, gli insiemi dei numeri naturali ordinati per **divisibilità** costituisce un esempio di poset che è anche un **reticolo** essendo un poset che ha anche un **minimo limite superiore,** o **supremo** o **join,** il massimo comun divisore, e un **massimo limite inferiore,** o **infimo,** o **meet,** il minimo comune multiplo.
- Prendendo il caso meno intuitivo, ma più fondamentale dei sottoinsiemi di un insieme potenza di un insieme X, $\wp(X)$, esso costituisce un tipico esempio di poset, ordinati secondo **le relazioni di inclusione e/o di precedenza** di un diagramma di Hasse, p.es., come in figura nel caso dell'insieme di tre elementi:



- L’insieme così ordinato è chiaramente un reticolo che ha per infimo l’insieme vuoto e per supremo l’insieme di tre elementi. Viceversa, le coppie di insiemi sulla stessa riga non condividono la relazione di precedenza, mentre altre coppie come $\{x\}$ e $\{y,z\}$ neanche quella di inclusione. Rispetto alla relazione fondamentale di ordinamento ($\leq$), due elementi di un poset che sono ordinati rispetto ad essa, p.es., $a \leq b$ o $b \leq a$, sono **comparabili.** Così, nella figura $\{x\}$ e $\{x,y,z\}$ sono comparabili, mentre $\{x\}$ e $\{y\}$ non lo sono. Quindi, un insieme totalmente ordinato, essendo ogni insieme totalmente ordinato anche parzialmente ordinato, è un poset in cui tutte le coppie di elementi sono comparabili fra di loro.
- Nella teoria standard degli insiemi, i numeri reali sono posets rispetto a $\leq$, ma anche totalmente ordinati (p.es., in ZFC grazie all’insieme di scelta che è l’insieme che contiene come sottoinsiemi un elemento di ciascun insieme).
- Viceversa, le algebre di Boole sono definite solo su posets che sono anche reticoli che hanno per supremo la coppia $a \vee b$ e per infimo $a \wedge b$, ovvero:



- Nel caso delle **logiche booleane monadiche**, dove cioè (b = – a), se da una parte esse esemplificano perché insiemi siffatti soddisfano alla **nozione di classe** della logica dei predicati, visto che ogni classe ben definita include come classe vuota la classe di tutte le classi che non soddisfano al predicato che determina la classe, dall'altra esemplifica che il supremo si identifica con la proposizione sempre vera ($a \lor - a$) (tautologia: p.es., "ci sono o non ci sono uomini nella stanza") mentre l'infimo con la proposizione sempre falsa ($a \land - a$) (contraddizione: p.es., "ci sono e non ci sono uomini nella stanza").
- Ciò significa che tutte le proposizioni **contigentemente vere/false** sono definibili entro gli estremi di questo reticolo (p.es., ci sono alcuni, uno, due, tre, …, n, uomini in questa stanza).

- Un’osservazione molto importante per affrontare il problema dell’**informazione semantica** di proposizioni, altrimenti non risolvibile nel contesto di un’interpretazione logicista di esso, dove tutte le verità sono tautologie e quindi il massimo valore semantico di una proposizione (che è proporzionale al numero delle proposizioni che essa esclude) lo hanno le proposizioni false (che le escludono **tutte**). È il paradosso famoso di Bar-Hillel e Carnap sull’informazione semantica.

6 IL PROBLEMA DEL BICONDIZIONALE ONTOLOGICO IN ONTOLOGIA E METAFISICA

6.1 La critica di Quine alla logica modale di C. I. Lewis come logica della metafisica

- Nel primo capitolo di una delle sue opere principali, *Mathematical Logic*[18], W. V. O. Quine ci offre una preziosa critica alla pretesa di C. I. Lewis di fornire con la sua teoria dell'implicazione stretta, alla base della sua assiomatizzazione della logica modale, una teoria dell'implicazione **metafisica**, in quanto distinta, sia da quella **logica**, sia dall'uso del connettivo logico del condizionale "se…allora", ovvero dalla cosiddetta "implicazione materiale", termine che poco piaceva a Quine per i motivi che qui ricorda.

- Dunque, la critica di Quine parte proprio dal sottolineare correttamente la differenza fra il termine "implica" in semantica, strettamente legato alla nozione di "verità", e il senso puramente sintattico del connettivo "se… allora" e del suo simbolo "$\supset$/$\rightarrow$".
- Basandosi su queste considerazioni troppo spesso ignorate, Quine critica, da una parte, Whitehead e Russell, che nei loro *Principia* hanno sorvolato su questa fondamentale distinzione, dall'altra C. I. Lewis che, cercando di ovviare a questa mancanza dei *Principia*[19], ha però, essenzialmente, **mancato il punto cruciale**.
- Ciò che Quine rimprovera a Lewis a riguardo della sua nozione di "implicazione stretta" è che essa è molto lontana dal costituire una teoria soddisfacente dell'implicazione. Al massimo essa offre una teoria dei "modi di composizione degli asserti" secondo condizionali non vero-funzionali, tipici delle interpretazioni cosiddette "intensionali" e "non-estensionali" della logica modale.
- Al contrario, continua Quine, una teoria dell'implicazione che risulti soddisfacente per usi metafisici come Lewis originariamente pretendeva che fosse la sua teoria della implicazione stretta, "deve prendere gli asserti (posti nella relazione di implicazione metafisica, *N. d. R.*) come **"nomi di entità"**, così "da poter considerare l'implicazione come una relazione fra queste entità, invece che fra gli enunciati stes-

si”. Infine, deve essere una teoria capace di giustificare anche le “differenze” o la “identità” delle entità designate da questi enunciati, poiché il problema riguarda, non solo relazioni come la “implicazione”, la “compatibilità” e simili[20]. E’ evidente, dunque, ciò che, secondo Quine, una soddisfacente teoria dell’implicazione ontologica dovrebbe essere:

1. Una teoria dell’implicazione **metafisica** e non logica – e quindi della necessità **causale** e non **logica** – giacché ha a che fare con relazioni fra **entità** esistenti e non solo fra gli enunciati che si riferiscono ad esse.
2. Una teoria capace di giustificare, in conformità a queste relazioni **reali** e non logiche, le “differenze” e le “identità” fra queste entità denotate.
3. Una teoria capace di illuminare, sempre in conformità a queste relazioni reali, la pretesa “oscurità” di siffatte entità cui gli enunciati metafisici si riferiscono. Un’oscurità che per Quine dipende, ultimamente dalla non risolvibilità del problema della referenza extra-linguistica sintetizzata nell’altra sua più famosa opera, *Word and Object*[21] – è diventato famoso il termine “opacità della referenza” usato in quest’opera – in particolare per quelle entità di cui Quine parla nel suo testo che stiamo qui commentando e che sono referenti di nomi comuni. Ovvero, quelli che

in metafisica si definiscono come “generi naturali”, o peggio ancora, con un temi-ne bandito dal gergo filosofico moderno, “essenze naturali” o “nature”.

6.2 Il suggerimento di Tommaso d’Aquino

- Il suggerimento per una possibile soluzione del problema ci viene dal Medio Evo, da Tommaso d’Aquino che era interessato come noi alla fondazione di un’ontologia naturalistica basata sulla **necessità causale**, in quanto opposta a un’ontologia idealista basata sulla **necessità logica** come quella platonica. Il suo scopo, infatti, era rendere la metafisica e la teologia di ispirazione cristiana compatibile con il naturalismo emergente dell’ontologia aristotelica nelle nascenti università dell’inizio del secondo millennio.
- Il nostro scopo, all’inizio del terzo, è simile al suo, non solo perché condividiamo le stesse convinzioni teologiche, ma perché tutto ciò è in continuità con la necessità di sostituire il realismo logico dell’ontologia soggiacente all’ontologia fisica newtoniana (ovvero, l’ontologia formale dell’AL carnapiano) con il naturalismo dell’approccio evolutivo all’attuale cosmologia – biologia inclusa, naturalmente.

- In questa luce, vi è un fondamentale passo del *Commentario alla Fisica di Aristotele* di Tommaso, in cui egli ci spiega **ciò che è proprio delle procedure dimostrative nelle scienze fisiche**, in quanto distinte dalle scienze matematiche, poiché basate sulla necessità causale e non sulla necessità logica.
- Nella "Lezione 15" del citato *Commentario* al Secondo Libro della *Fisica* che ha per titolo "Come si dà la necessità nelle realtà naturali", Tommaso commenta il passo aristotelico della *Fisica* [*Physica*, II, 199b,34 - 200b,9], fondamentale per i nostri scopi, dove lo Stagirita si domanda "se la necessità in fisica sia "ipotetica" (*ex ypothéseos*) o "semplice" (*aplôs*), cioè "apodittica" come in metafisica e in logica.
- Aristotele sceglie la prima alternativa, **cioè il carattere ipotetico degli asserti della fisica**, a causa della natura contingente degli enti fisici, ma con un importante differenza, secondo il carattere *a priori* o *a posteriori* delle cause coinvolte[22].
- Il commento di Tommaso a questo passo è molto interessante, perché egli fa un'analisi logica di questi due tipi di dimostrazione, mostrando una conoscenza approfondita della logica stoica delle proposizioni e delle due leggi fondamentali del *modus ponens* e del *modus tollens*, effettivamente non ancora esplicitate da Aristotele – per il quale la logica è solo una "tecnica", un *organon* del ragionamento e non

ancora una “scienza”, in base alla quale definire delle leggi – sebbene *in nuce* il cuore di queste due leggi sia già presente nel testo aristotelico citato nella nota precedente.

- Inoltre, il commento dell’Aquinate dimostra una profonda conoscenza della logica della “implicazione inversa” di cui egli suggerisce una versione modale *de re*[23] che è originale, sia rispetto al sillogismo modale aristotelico[24], sia rispetto alla versione modale di Lewis dell’implicazione materiale – la cosiddetta “implicazione stretta” di cui parleremo fra poco.
- Infatti, Tommaso distingue nel suo commento al passo citato di Aristotele, due tipi di dimostrazione ipotetica in fisica, che corrispondono nella logistica moderna, rispettivamente alla **logica dell’implicazione diretta e inversa**. La prima ci dice Tommaso è simile al carattere “semplice” delle dimostrazioni matematiche, che sono quelle in cui il fisico dimostra a partire da cause che sono *a priori* rispetto al processo fisico, cioè le cause **iniziali** da cui un processo fisico comincia, le **cause materiali ed efficienti.**
- Nell’epistemologia rappresentazionale della fisica moderna, corrispondono, alle **condizioni iniziali** (rispettivamente, *posizione* e, *quantità di moto*, le cosiddette “va-

riabili canoniche”) della meccanica newtoniana e, nello specifico, della “meccanica razionale” di Laplace e Kant.

- In un altro passo del suo *Commento alla Fisica* (*In Phys.*, II, 11, 1-9), Tommaso dice che questo è il caso **dell’approccio meccanicistico alla fisica di Democrito**. In esso, non c’è bisogno di alcuna “causa formale” che emerge dalla fine del processo (nel caso dell’esempio di Aristotele della “casa”, l’ordinamento particolare di pietre e mattoni da cui emerge la casa), perché lo stato finale del processo fisico è completamente determinato e dunque predicibile dalle sue cause iniziali, efficienti e materiali. In tal caso, commenta Tommaso, le cause iniziali, sono come i postulati di una dimostrazione geometrica, mentre lo stato finale è come un teorema dedotto da questi postulati, cosicché le dimostrazioni della fisica sono del tutto simili a quelle della geometria.
- Tuttavia, nota Tommaso, **non possiamo applicare questa logica a tutti i processi fisici di generazione di forma**, tanto accidentale, come sostanziale nel sostrato dinamico materiale, che corrispondono a ciò che nella fisica moderna dei campi denotiamo come *transizioni di fase*. Infatti, la generazione di una nuova forma accidentale nella materia si ha in tutti quei processi di cambiamento di stato di una sostanza,

senza che ne sia cambiata la “natura” (per esempio, il cambiamento di stato nell’acqua dallo stato solido (ghiaccio) a quello liquido.

- Al contrario, la generazione di una nuova forma sostanziale si ha quando cambia la natura della sostanza (p.es., in tutte le trasformazioni di sostanze chimiche e/o nella generazione biologica di nuovi individui). In ambedue i casi, infatti, le cause iniziali non sono affatto in grado di determinare completamente lo stato finale della dinamica, così da renderlo perfettamente predicibile a partire soltanto da esse. In questi casi, siamo costretti a considerare il processo come “un tutto”, lo stato finale incluso. E’ in questi casi, dunque, che emerge la **causa formale**[25].
- Per sintetizzare, in questi casi dei processi di generazione di forma, continua Tommaso, la logica modale di questo tipo di inferenza e come quando ragioniamo di cose che “devono essere” (*debeant esse*), nella misura in cui queste sono il fine inteso da un determinato agente intenzionale, così da essere nella sua “potenza attiva”. Con una fondamentale differenza, tuttavia. Nel caso di un processo fisico, non è coinvolta alcuna **intenzionalità** e quindi nessun **finalismo**, antropomorficamente inteso. In tal modo non siamo nel dominio semantico della logica modale **deontica**, ma in quello della logica modale **aletica**, sebbene la forma sintattica delle due forme di

dimostrazione è la medesima – si tratta cioè di un'analogia con un fondamento puramente concettuale, non reale. Vedremo come, nel caso della nostra ontologia RN, la sua sintassi è essenzialmente quella del sistema formale di LM **KD45,** ma non presa nella sua interpretazione intensionale (semantica) **deontica,** bensì **aletica** e nella fattispecie **ontologica**.

- Ciò che insomma Tommaso sta suggerendoci è che qui abbiamo a che fare con un'ontologia della causalità fisica **non meccanicistica**, ma **duale**, perché implica non solo un cambio nella **materia** (massa-energia), ma nella **forma** che ordina il processo – l'emergenza di un nuovo "dominio di coerenza di fase" come risultato di una "transizione di fase", nel linguaggio della QFT, caratterizzabile microscopicamente e *univocamente* mediante l'opportuna densità (condensato) dei relativi bosoni NG propri di quel dominio di coerenza.
- Si tratta, cioè, di un processo assolutamente impredicibile, anche **statisticamente**, dallo stato iniziale, perché le componenti inziali del processo **perdono la loro individualità** (cfr. l'uso del formalismo delle "quasi-probabilità" nella connessa funzione di Wigner in QFT), così che un nuovo **comportamento collettivo** del sistema fisico emerge, con proprietà fisiche totalmente differenti da quelle dei suoi componen-

ti iniziali e, men che mai, dalla loro “somma”. Ontologicamente, si tratta dell’emergenza di una **nuova forma naturale**, anche se l’Aquinate non usa il termine “emergenza”, ma “eduzione” – evidentemente come distinto dal termine “deduzione”, valido per le inferenze logiche della fisica meccanicistica[26].

- In ambedue i casi – quello **intenzionale** e quello **fisico** – dell’emergenza di forma, dice Tommaso, è come se lo stato finale nell’inferenza logica – o inteso da un agente intenzionale (psicologia) o no (fisica) – giocasse il ruolo **dell’antecedente** dell’inferenza dell’agente intenzionale consapevole, o del fisico che studia simili processi, come già suggeriva Aristotele. Questo significa, formalmente, che siamo di fronte a una **implicazione inversa**, $<p \leftarrow q>$, e non più a un’**implicazione diretta** o “materiale”, $<p \rightarrow q>$ come in meccanica.
- Riportiamo, dunque, per intero il passo di Tommaso in cui afferma tutto questo.
  - *In seguito, dove egli [Aristotele] dice: ‘La necessità in matematica…’ (200 a 15), sta confrontando la necessità che è nella generazione di realtà naturali con la necessità che è nelle scienze dimostrative. (…)*
  - *Nelle scienze dimostrative il necessario si trova costituito a priori, come quando diciamo che se la definizione di angolo retto è tale, allora è necessario che il*

triangolo sia tale, ovvero che abbia tre angoli uguali a due retti. Da ciò, infatti, che viene prima [ex illo ergo priori] e che viene assunto come principio, deriva necessariamente la conclusione [= se la premessa è vera, è vera anche la conclusione: modus ponendo ponens, del ragionamento ipotetico, N.d.R.].

- *Ma da ciò non consegue l’inverso, ovvero, che se la conclusione è [vera] allora lo è anche il principio [= “fallacia del conseguente”, N.d.R.]. Poiché talvolta da premesse false può esser inferita una conclusione vera [= l’implicazione materiale della logica dei ragionamenti ipotetici, nel suo aspetto più "«scandaloso» della cosiddetta “legge dello Pseudo-Scoto”", N.d.R.]. Pur tuttavia resta il fatto che se la conclusione è falsa lo è necessariamente anche la premessa, poiché il falso non può essere inferito che dal falso [= modus tollendo tollens, N.d.R.].*
- *In quelle cose però che avvengono a causa di qualcosa [propter quidem], sia secondo la tecnica o secondo la natura, quell’inverso di cui sopra ne consegue: poiché se lo stato finale è o sarà, è necessario che ciò che è prima dello stato finale o sia o sia stato. Se, infatti, ciò che viene prima dello stato finale non è, neanche lo stato finale è: e questo è come nelle dimostrative, se non c’è la conclusione non vi sarà il principio.*

- *In altre parole, è evidente che in ciò che avviene a causa di qualcosa, lo stato finale ha lo stesso ordine che nelle procedure dimostrative tiene il principio. E questo poiché in effetti anche il fine è un principio: non dell'azione, però, ma del ragionamento [= "implicazione inversa" N.d.R.]. Dal fine infatti cominciamo a ragionare delle cose che sono in relazione al fine [= procedura di costituzione induttiva della legge, come premessa della conseguente procedura dimostrativa, N.d.R.] e nelle procedure dimostrative non ci si interessa dell'azione, ma del ragionamento, poiché nelle procedure dimostrative non vi sono azioni, ma solo ragionamenti. Quindi, è conveniente che il fine nelle cose che accadono in relazione ad uno stato finale tenga il luogo del principio nelle conseguenti procedure dimostrative. Perciò la similitudine [fra processi naturali e procedure dimostrative, N.d.R.] è da ambedue i lati, sebbene con un'inversione della relazione fra i due che deriva dal fatto che il fine è ultimo nell'azione, ciò che invece non è nella dimostrazione (In Phys., II, xv, 273. Traduzioni e parentesi quadre mie).*

Il suggerimento di Tommaso è dunque duplice:

- La logica delle inferenze che si riferiscono a processi di generazione di forme in fisica è la logica della implicazione inversa, la logica della **necessità causale** (= causalità formale) in quanto opposta alla logica della **necessità logica**. E' una logica cioè dove la condizione necessaria è nell'antecedente (denotante la causa) non nel conseguente (denotante l'effetto). Il conseguente, viceversa è la condizione sufficiente per la verità dell'implicazione – vista l'impredicibilità logica dell'effetto. Di qui la distinzione fra **inclusione causale** (la causa, denotata dall'antecedente, *include* nel senso di "produce" l'effetto, denotato dal conseguente) in quanto opposta all'**inclusione logica** (la classe, denotata dal conseguente, include, nel senso di "contiene", la sottoclasse denotata dall'antecedente).

- Se vogliamo giustificare un'appropriata ontologia formale della necessità causale, nella misura in cui – contro il *posit* leibniziano, ma anche contro l'ontologia concettualista della nozione (categoria) di causa proposta da Kant – non è riducibile alla necessità logica, è necessario fornire, innanzitutto, **una versione modale della implicazione inversa**.
- In secondo luogo, occorrerà comporre le due necessitazioni, **logica e causale,** che esprimono evidentemente una relazione di **dualità fra categorie opposte** caratterizzate da un **morfismo**, con inversione della direzione di tutte le relazioni e composizioni, quale appunto quello che si realizza nella nozione di dualità fra **algebra e coa-**

lgebra, come vedremo, e dove la **verità si conserva in ambedue le direzioni** come appunto richiede una “bi-condizionalità ontologica”, che non è allora la “bi-condizionalità logica” della tautologia – eventualmente “riempita” di contenuto empirico come nel concettualismo kantiano.

- Vediamo allora il primo punto della **modalizzazione dell’implicazione causale** che Tommaso esplicitamente suggeriva nel passo appena citato. Essendo poi le coalgebre la normale struttura formale sottesa alle logiche modali sarà semplice, dopo averle introdotte, “comporre” formalmente il “bi-condizionale ontologico” rispondendo alla sfida di Quine di aver chiarito formalmente quale sia la natura della relazione **reale** che lega le entità, che gli enunciati posti in relazione logica di **implicazione metafisica** denotano.
- Tutto questo conferma formalmente la nostra tesi che NR non solo:
  1. È la formalizzazione della **metafisica tommasiana della partecipazione ontologica predicamentale** (= fondazione causale dei generi naturali (genere-specie) o “essenze naturali”) e ultimamente **della partecipazione metafisica dell’essere da una Causa Prima** (= fondazione causale di tutto l’essere (essenza ed esistenza) degli enti che compongono l’(gli) universo(i)), ma anche:

2. L’ontologia formale della QFT come **fisica fondamentale** che, infatti, si fonda sul formalismo matematico della dualità **coalgebra-algebra** per **ciascun sistema quantistico dissipativo** e dove il **funtore** che le lega è “la trasformata di Bogoliubov” che nel formalismo QFT è l’operatore di “creazione-annihilazione” di particelle in/da il vuoto quantistico. Allo stesso tempo tutte le coalgebre cui si fa riferimento sono **univocamente indicizzabili** così da formare una **categoria** specifica.

- La trattazione della **dualità coalgebra-algebra** in generale, e nello specifico della QFT, sarà oggetto della Parte III del corso, mentre nella Parte IV ci dedicheremo all’esposizione della semantica modale dell’ontologia formale di NR nella sua naturale **interpretazione coalgebrica.**

6.3 La logica dell’implicazione inversa come logica della necessità causale o “causalità formale”

- In sintesi, il doppio e convergente suggerimento di Tommaso e di Quine ci invita a una profonda riconsiderazione della teoria assiomatica della LM, ereditata dal lavoro pionieristico di C. I. Lewis all'inizio del XX secolo, ed alla base di tutto il moderno approccio assiomatico alla LM.

- Come sappiamo, Lewis ha definito la nozione di **implicazione stretta**, all'origine del moderno metodo assiomatico di studio della logica modale, per evitare **i paradossi ben noti dell'implicazione**, legati al condizionale vero-funzionale "se…allora", interpretato come **implicazione materiale** della logica matematica. Ovvero, data la tavola di verità del connettivo "se…allora":

	p	q	$p \rightarrow q$
1.	1	1	1
2.	1	0	0
3.	0	1	1
4.	0	0	1

- Diversi paradossi, i cosiddetti "paradossi dell'implicazione materiale" ne derivano[27]:

1. $p \rightarrow (q \rightarrow p)$

2. $\neg p \rightarrow (p \rightarrow q)$

Cioè: (1) data una proposizione vera, qualsiasi proposizione, vera o falsa, può implicarla; (2) se una proposizione è falsa, può implicare qualsiasi proposizione, vera o falsa. Inoltre, data una qualsiasi proposizione *p* come antecedente di (1) e/o di (2), vale anche il seguente paradosso:

3. $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$.

Per evitare i suddetti paradossi, suggerisce Lewis, è sufficiente rendere "più forte" la nozione di "implicazione", così da distinguere fra implicazioni che valgono "materialmente" e implicazioni che valgono "necessariamente" o "strettamente", cioè "**è necessario** che se *p* è vera lo sia anche *q*" (in tutti i mondi possibili, non solo in alcuni: occorre cioè eliminare la riga 2 della matrice). Da questo segue la definizione di "implicazione stretta", per cui usiamo il simbolo "$\twoheadrightarrow$":

Def.: $\left(\alpha \twoheadrightarrow \beta\right) := \left(\Box\left(\alpha \rightarrow \beta\right)\right) \leftrightarrow \left(\neg\Diamond\left(\alpha \wedge \neg\beta\right)\right)$ (1)

- Praticamente, è come se avessimo eliminato dalla tavola di verità dell’implicazione materiale la seconda riga, così da validare la legge semantica che **in ogni valida inferenza la verità è sempre preservata,** cioè:

	p	q	$p \twoheadrightarrow q$
1.	1	1	1
2.	1	0	0
3.	0	1	1
4.	0	0	1

- L’intrinseca relazione fra la semantica logica e l’implicazione stretta ci costringe a **interpretare semanticamente** l’implicazione stretta come “necessitazione” (*entailment*), come una relazione fra **proposizioni vere** (semantica) e non fra semplici **formule-ben-formate** (sintassi). Cioè $<p \twoheadrightarrow q>$ significa propriamente “la verità di *p* **necessita** la verità di *q*” (“*p* entails *q*”), ovvero “*q* segue **logicamente** da *p*”, o, in altri termini, “l’inferenza da *p* a *q* è logicamente **valida**“.

- Tuttavia questa semantica dà origine ai cosiddetti “paradossi dell’implicazione stretta”. Sfortunatamente essi sono altrettanti modi – effettivamente i modi più forti – per affermare che il cosiddetto “principio dello Pseudo-Scoto” o “principio di esplosione (**PE**) (*ex contradictione sequitur quodlibet*) è una inferenza **valida** in logica (cfr. sotto, paradosso (4)). Secondo i già citati Huges e Cresswell una lista dei principali paradossi dell’implicazione stretta è la seguente:

4. $(p \wedge \neg p) \twoheadrightarrow q$ (= “il falso necessariamente implica qualsiasi proposizione”)
5. $q \twoheadrightarrow (p \vee \neg p)$
6. $\neg\Diamond p \rightarrow (p \twoheadrightarrow q)$
7. $\Box q \rightarrow (p \twoheadrightarrow q)$

- Ora, fu lo stesso Lewis ad affermare che se vogliamo evitare paradossi come (4) e gli altri che ne derivano, dobbiamo escludere altri principi intuitivamente validi, innanzitutto il cosiddetto “principio del sillogismo disgiuntivo”:
- $\left(\left(p \vee q\right) \wedge \neg p\right) \twoheadrightarrow q$ (2)

- Tuttavia, per escludere questo principio dobbiamo necessariamente far riferimento alle cosiddette “logiche della rilevanza”[28]. È cioè necessario definire un *valido criterio di rilevanza* di una premessa rispetto alla sua conseguenza – un criterio naturalmente garantito dalla nostra semantica della necessità causale, in quanto basata sulla LM della implicazione inversa –, il che significa usare la nozione di *negazione paraconsistente* che rifiuta il principio della generale co-estensività fra un’affermazione e la sua negazione. Si tratta insomma di usare una **logica dialettica**[29].
- Vedremo come la nostra ontologia formale del RN garantisce tutto questo introducendo **una nozione di livelli semantici di necessità-verità delle proposizioni**, ovvero “un principio di rigidità stratificata” nell’uso dei quantificatori universali – e quindi dell’operatore modale di necessità causale – nella logica modale quantificata del RN[30].
- In altri termini, operatore di necessità e quantificatore universale valgono a partire **da quando i loro argomenti (predicazioni naturali e loro domini di oggetti) sono venuti all’esistenza,** è solo nel loro principio causale ultimo (la Causa Prima) che essi hanno validità completamente universale (cfr. il principio tommasiano che nella

causa prima tutte le forme di esistenti non esistono in atto, ma virtualmente nella radice ultima del loro essere).

- Come primo passo, seguendo il suggerimento dell'Aquinate, introduciamo la nozione di **implicazione inversa** e della sua **versione modale "stretta"**. La tavola di verità dell'implicazione inversa è la seguente:

	p	q	$p \leftarrow q$
1.	1	1	1
2.	1	0	1
3.	0	1	0
4.	0	0	1

- Ora, se interpretiamo l'implicazione inversa solo come una relazione sintattica fra formule-ben formate, essa non avrebbe alcuna rilevanza per la logica di un'ontologia che come tale è un'interpretazione semantica di un particolare calcolo modale. Al contrario, se vogliamo usare l'implicazione inversa come caratteristica dell'inferenza propria di un'ontologia formale della necessità **causale**, in quanto distinta e complementare alla necessità **logica**, dobbiamo interpretare anch'essa secondo un'appropriata semantica modale come **implicazione inversa *stretta*** che pone in relazione di implicazione asserti ***veri*** perché denotano ***cose in relazione causale,*** come giustamente Quine richiedeva per giustificare la nozione di **implicazione metafisica** fra asserti (cfr. sopra).

- In questo caso, occorre definire la nozione di necessità **causale** come ciò che elimina la possibilità che un **effetto** (denotato da *q*) possa **esistere** (e quindi *q* essere vero) senza che la **causa** (denotata da *p*) **esista** – e quindi *p* essere vera. In altre parole, occorre eliminare la terza riga della tavola di verità dell'implicazione inversa:

	p	q	$p \twoheadleftarrow q$
1.	1	1	1
2.	1	0	1
3.	0	1	0
4.	0	0	1

- Da questa tavola di verità deriva l'interpretazione semantica della "implicazione inversa stretta" ($p \twoheadleftarrow q$), con il significato <$\neg\Diamond(q \wedge \neg p)$>, "è impossibile q e non p", ovvero "la verità di q **necessita** la verità di p" ("q entails p"), cioè, ontologicamente "la verità di q (denotante l'effetto) **necessita** la verità di p (denotante la causa)", ovvero "*p precede* causalmente q". Questa lettura di una *necessitazione ontologica* (*ontological entailment*) fa il pari con la *necessitazione logica* (*logical entailment*) di "la verità di p implica la verità di q" e quindi "*q segue logicamente* da p" della semantica dell'implicazione stretta di Lewis, a causa dell'inversione del connettivo fra il dominio logico e quello ontologico. In questo modo, siamo in grado di scrivere la definizione dell'implicazione inversa stretta come nozione-chiave della *necessità causale* e del suo operatore modale, <$\Box^C$>:
  - **Def.:** $(\alpha \twoheadleftarrow \beta) := \left(\Box^C (a \leftarrow \beta)\right) \leftrightarrow \left(\neg\Diamond(\neg\alpha \wedge \beta)\right)$ (3)
- A causa della relazione fra **implicazione e inclusione** (dove la seconda fonda "a frecce invertite" la verità/fondatezza della prima, ovvero è la "semantica" della prima) e poiché nel caso ontologico, la con dizione necessaria è data nell'*antecedente* del condizionale – e non dal conseguente del condizionale, come nel caso logico –,

possiamo definire, in prima approssimazione, la nozione di **inclusione causale** ($p \supseteq_c q$) come **duale** dell'**inclusione logica** ($p \subseteq q$)[31]. Conseguentemente, la nozione semantica di "*p* precede causalmente *q*", o, sinteticamente, "*p* causa *q*", è l'interpretazione ontica dell'implicazione inversa stretta. Cioè, ($p \rightarrow_c q$) è la contro-parte ontica nell'ordine naturale della lettura semantica di ($p \twoheadleftarrow q$), nel senso di "la verità di *q* (denotante l'effetto) implica la verità di *p* (denotante la causa)".

- Questa inversione della direzione dell'inferenza fra ordine ontologico e logico, fra ***ordo essendi*** **e** ***ordo cognoscendi*** ("ciò che è primo nell'essere è l'ultimo nel cono-scere") è tipica dell'epistemologia aristotelica. Abbiamo già incontrato questo ada-gio epistemologico come conclusione del brano sull'implicazione inversa di Tom-maso citato prima, e ne discuteremo ancora, allorché, in base a questa analisi logica, potremo dare un contributo essenziale a "diradare le nebbie della complessità" ri-guardo alle assai ambigue nozioni di ***backward causation*** **e** ***downward causation*** spesso usate in un'epistemologia della complessità che evidentemente confondono ordine ontologico e logico[32]. "All'indietro" e "dall'alto in basso" non sono i versi della relazione causale (ontologia), ma dell'inferenza logica induttiva ad essa asso-ciata!.

- Naturalmente, la collezione degli oggetti inclusi nel dominio di una stessa relazione causale non costituiscono propriamente una *classe*, così che nessun predicato di appartenenza di classe $<\in>$ vale per essi, altrimenti si cadrebbe in quella che Quine definisce, nel suo già citato manuale di logica matematica, come la confusione fra predicazione "distributiva" (basata sull'appartenenza) e "cumulativa" (basata sulla sola inclusione)[33].
- A causa della stretta o "intrinseca" relazione fra le nozioni di "implicazione" e "verità" sia dal punto di vista logico che ontologico, noi potremo definire nell'ontologia formale del RN una condizione *ontologica* e non *logica* di appartenenza alla **Classe Universale V**, come distinta dalla semplice inclusione causale nella **Collezione Universale** $\overset{\subset}{\mathbf{V}}$**.**
- Potremo, infatti, supporre che, attraverso una comune dipendenza causale ("inclusione" causale) – effettivamente, una "necessitazione ontologica" – di ciascun elemento della Collezione Universale $\overset{\subset}{\mathbf{V}}$ da un solo "generatore primario" $<\Gamma>$, può essere **costruita** una relazione "transitiva-simmetrica-riflessiva" (e quindi di **equiva-**

lenza) “secondaria” fra questi elementi, e quindi **un dominio di equivalenz**a **di un predicato** rispetto alla loro **esistenza**.

- In questo modo, viene giustificata non solo la condizione **necessaria** (la comune dipendenza da <Γ>), ma anche quella **sufficiente** (l’equivalenza rispetto all’esistenza) per **la piena *appartenenza* alla Classe Universale V** di ciascun suo elemento, secondo un **Assioma Ontologico di Esistenza** (**AOE**) dell’ontologia formale del RN, come vedremo.
- In sintesi, un assioma che giustifichi l’esistenza ontologica e non solo logica (= autoidentità come condizione necessaria e sufficiente di appartenenza a **V**) degli oggetti in NR. Dove è bene ricordare che l’auto-identità come fondamento dell’esistenza degli enti è un principio che risale al *Parmenide* di Platone.
- Esiste tuttavia una **debolezza intrinseca** a questo primo abbozzo di formalizzazione di un’ontologia causale, basata sulla nozione di “contro-implicazione stretta” $p \supset_c q$, nel senso che p “include causalmente” q.
- Se p, per sempio, lo prendiamo come denotante il genere dei mammiferi e q come una qualsiasi delle specie di mammiferi (cani, gatti, delfini…) è chiaro che il concet-

to di “inclusione” e peggio ancora di inclusione “stretta” non può rendere quanto si intende con la dipendenza causale delle specie da un unico genere.

- Ciascuna specie segue infatti **diversi percorsi di inclusione causale non-confrontabili** da un unico genere, così da dover dire che, propriamente, il genere dei mammiferi **ammette (϶)** non include (⊃) diverse specie.
- Per giustificare questo, occorre cioè passare ad una **logica modale coalgebrica,** occorre cioè abbandonare una semantica modale come quella di Lewis che suppone una logica insiemistica del secondo ordine, in cui trovare una giustificazione adeguata al nostro **bicondizionale ontologico.**

Nota Bibliografica

Basti, G. (2017 (in press)). *An Ontology for our Information Age. A paradigm-shift in science and philosophy*. Rome: Aracne Editions.

Basti, G., Capolupo, A., & Vitiello, G. (2016). *Quantum Field Theory and Coalgebraic Logic in Theoretical Computer Science*. Retrieved from arXiv:1701.00527v1 [quant-ph] 29 Dec 2016: http://www.arxiv.org

Blasone, M., Jizba, P., & Vitiello, G. (2011). *Quantum field theory and its macroscopic manifestations. Boson condensation, ordered patterns and topological defects*. London: Imperial College Press.

Freeman, W. J., & Vitiello, G. (2006). Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body field dynamics. *Physics of Life Reviews*, *3*(2), 93-118.

Goranko, V., & Otto, M. (2007). Model theory of modal logic. In P. Blackburn, F. J. van Benthem, & F. Wolter (A cura di), *Handbook of Modal Logic* (p. 252-331). Amsterdam: Elsevier.

Rutten, J. J. (2000). Universal coalgebra: a theory of systems. *Theoretical computer science*, *249*(1), 3-80.

Venema, Y. (2007). Algebras and co-algebras. In P. Blackburn, F. J. van Benthem, & F. Wolter (A cura di), *Handbook of modal logic* (p. 331-426). Amsterdam, North Holland: Elsevier.

Note

[1] J. P. Burgess, *Philosophical logic*, Princeton UP, Princeton N.J., 2009
[2] Cfr. J. Van Benthem, *Modal logic for open minds*, *CSLI lecture notes*, *vol. 199*, Center for the Study of Language and Information, Amsterdam, 2010 (scaricabile online all'indirizzo: http://fenrong.net/teaching/mljvb.pdf) [Con esercizi].
[3] Cfr. NINO B. COCCHIARELLA, «Logic and Ontology», *Axiomathes*, 12 (2001), 117-50
[4] Un esempio recente di realismo logico può trovarsi nel libro di U. Meixner, U. MEIXNER, *Axiomatic formal ontology*, Springer Verlag , Berlin-New York, 2010. Dello stesso Autore, cfr. anche ID., *The theory of ontic modalities*, Ontos Verlag, Frankfurt, 2007.
[5] JAMES W. GARSON, «Quantification in modal logic», in *Handbook of Philosophical Logic. Second Edition, Vol. III*, a cura di D. GABBAY E F. GUENTHNER , Springer , Berlin-New York, 2001, p. 271.

[6] Cfr. al riguardo quanto ho affermato nel mio voluminoso saggio, BASTI, «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.

[7] Un insieme *X* di formule si dice massimale sse è consistente e qualsiasi insieme *Y* che lo include propriamente (ossia, qualsiasi altra sua estensione propria *Y*, che include qualche formula in più rispetto a *X*) è inconsistente. Ovvero: $\mathit{Max}\mathrm{X} \Leftrightarrow \mathit{Cons}\mathrm{X}$ *et* $(\mathit{om}\mathrm{Y})(\mathrm{X} \subset \mathrm{Y} \Rightarrow \mathit{non}\ \mathit{Cons}\mathrm{Y})$. Inoltre, dato un insieme consistente, esiste sempre la sua estensione massimale, Ovvero : $\mathit{Cons}\mathrm{X} \Rightarrow (\mathit{ex}\mathrm{Y})(\mathrm{Y} \supseteq \mathrm{X}\ \mathit{et}\ \mathit{Max}\mathrm{Y})$. Si tratta cioè del fondamentale Lemma di Lindebaum in semantica formale, la cui dimostrazione si basa sulla possibilità di enumerare tutte le formule dell'insieme consistente di formule *X* e rende quindi giustificato (provato) l'uso dei quantificatori, $\forall/\exists$ su quell'insieme**.** Di qui deriva la proprietà semantica fondamentale – strettamente legata alla completezza del calcolo proposizionale – che per ogni insieme consistente di formule esiste sempre un modello che lo rende vero (soddisfacibile). Ovvero: $(\mathit{om}\mathrm{X})(\mathit{Cons}\mathrm{X} \Rightarrow \mathit{Sod}\mathrm{X}) \Leftrightarrow (\mathit{om}\mathrm{X})(\mathrm{X} \Vdash \alpha \Rightarrow \mathrm{X} \vdash \alpha \Rightarrow \mathrm{X} \vDash \alpha)$: "Per

ogni X, se X è consistente, allora è soddisfacibile, ovvero: per ogni X, se α consegue a X, allora α è derivabile da X e quindi α è vera in X”.

Tornando al concetto di estensione massimale di Henkin e al lemma di Lindebaum, essendo un’estensione il dominio di una determinata funzione, essa sarà la cosiddetta funzione « caratteristica » in grado di enumerare tutte le formule di quell’insieme consistente e/o sarà il predicato che determina quella classe consistente, così da giustificare l’uso dei quantificatori. Ora, per il principio dei gradi semantici (teoria dei tipi logici), tale funzione/predicato dev’essere sempre di ordine superiore ai relativi domini/estensioni. Quando dunque si tratta della classe universale *V* (= verità logica) da questo lemma deriva il cosiddetto « postulato di onniscienza » che caratterizza ogni interpretazione logicista dell’epistemologia formale (= infinità della mente).

[8] N. B. COCCHIARELLA, «Predication in conceptual realism», *Axiomathes*, 23 (2013), p. 317.

[9] Cfr. COCCHIARELLA , *Formal ontology*, cit., p.275, n.3 e GIANFRANCO BASTI, «Analogia, ontologia e problema dei fondamenti», in *Aanalogia e autoreferenza* , Marietti 1820 , Milano-Genova, 2004, pp. 159-236.

[10] Cioè, il classico **assioma di comprensione o di specificazione** nella sua formulazione "non ristretta" di Frege (non limitata cioè ai soli insiemi, ma estesa anche alle classi, senza cadere, però, nell'antinomia di Russell) all'interno della teoria degli insiemi di Zermelo-Fraenkel con Assioma di Scelta (ZFC). Il pedice λ significa che l'assioma è arricchito dell'operatore λ di Church per connettere le variabili in modo da consentire un'articolazione genere/specie nelle predicazioni complesse (p.es., "essere un equino che è un cavallo" o "essere-equino\cavallo"), in quelli che vengono perciò definiti i cosiddetti oggetti λ-*astratti*, corrispondenti, in questa logica, a ciò che, cognitivamente, chiamiamo "concetti complessi". Per i nostri scopi, ricordiamo che l'assioma di scelta serve a garantire l'esistenza dell'insieme di scelta e che quindi non esistano in ZFC gerarchie di inclusioni di insiemi illimitate, ma la gerarchia, per quanto infinita, sia inferiormente limitata, perciò sia **totalmente ordinata** (più esattamente **"bene ordinata"** avendo un minimo definito) **e perciò enumerabile** così da soddisfare il Lemma di Lindebaum (cfr. nota 8) sulla consistenza e soddisfacibilità degli insiemi.

[11] COCCHIARELLA, *Formal Ontology*, cit., p. 280

[12] Cfr. p.es, *Ibid.*, p.18
[13] *Ibid.*, p.142
[14] *Ibid.*, p.143
[15] Per non creare confusioni, non bisogna confondere un’aritmetica binaria “modulo 2” con la **codifica binaria di numeri,** come quella dei nostri computer, dove “2” non si scrive “0”, ma “11”. L’aritmetica binaria è un **calcolo,** la codifica binaria è un **simbolismo,** sebbene in logica computazionale siano strettamente connessi.
[16] Tale metodo infatti consisteva in porre in corrispondenza (idealmente) su una matrice bidimensionale tutti i reali (righe) con i naturali (colonne). Ora, mentre se, invece dei reali, avessimo posto i razionali, il nuovo numero ottenuto dalle cifre casualmente incontrate da una diagonale che attraversasse tutte le righe di razionali della matrice, non sarebbe stato certamente un numero razionale per l’assoluta aperiodicità della sequenza numerica così ottenuta, nel caso dei reali, proprio per questa casualità (aperiodicità della sequenza) esso sarebbe stato certamente un nuovo numero reale, non contenuto in nessuna delle righe. Questo non impedisce tuttavia, anzi suppone, che i(l)

sottinsieme(i) di reali poste sulle righe della matrice stessa non risultino enumerabili(e), ovvero non siano in corrispondenza con i naturali.

[17] Cfr. D. Sangiorgi, *On the origins of bisimulation and coinduction*, in: ACM Transactions on Programming Languages and Systems, 31(4), 2009, pp. 111-151 (disponibile in STOQATPUL).

[18] W. V. O. QUINE, *Mathematical logic*. *Revised edition* , Harvard UP , Cambridge, MA, 1983.

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

[20] Cfr. QUINE, Mathematical logic, cit., pp. 31s.

[21] Cfr., W. V. O. QUINE, *Word and object*, MIT Press, Cambridge, NJ, 1960.

[22] Il passo aristotelico, citato nella Lezione dell' Aquinate, [*Physica*, II, 200a 15-33], è il seguente: "La necessità nelle matematiche è *in un senso* simile alla necessità nelle realtà che vengono ad esistere per mezzo di un'operazione della natura. Poiché una linea retta è ciò che è, è necessario che gli angoli di un triangolo devono essere uguali a due retti. **Ma non è vero l'inverso**: se, infatti, gli angoli [del triangolo, *N.d.R.*] non so-

no uguali a due retti, da ciò non ne consegue che la linea retta non è ciò che è. Tuttavia, nelle cose che vengono ad essere per effetto di qualcosa, **quell'inverso è vero**. **Se l'effetto ha da esistere, o esiste, anche ciò che lo precede esisterà o esiste.** L'opposto, invece, è come nel caso precedente: se la conclusione non è vera, allora anche la premessa non sarà vera, così anche in questo caso: se l'effetto o 'ciò che è a motivo di qualcosa' non esisterà [allora neanche la causa esisterà o sarà esistita, *N.d.R.*]. Poiché anche questo [l'effetto, *N.d.R.*] è un antecedente, ma del ragionamento non dell'azione; mentre nella matematica l'antecedente è l'antecedente solo del ragionamento, perché colà non vi è azione. Se dunque ciò che c'è è una casa, questo e quello devono essere già fatti, o esserci già, o esistere già, o, in generale la materia relativa a quell'oggetto finale, i mattoni e le pietre se è una casa. L'oggetto finale, tuttavia, non è dovuto a queste cose, se non rispetto alla materia di cui è fatto, né verrà ad esistere a causa di esse. Eppure, se esse non esistessero affatto, neanche esisterà la casa, oppure la sega – la prima in assenza delle pietre, la seconda in assenza del ferro – proprio come, nell'altro caso, le premesse non saranno vere, se gli angoli del triangolo non sono uguali a due retti. Il necessario, allora in natura, è chiaramente ciò che noi denotiamo come materia e i cambiamenti in essa. Ambedue le cause dunque devono essere asserite dal fisico, ma specialmente il [ciò che emerge alla] fine: poiché questo è la causa della materia, e non viceversa" [traduzione e parentesi quadre mie].

[22] Cfr. sull'argomento, i classici lavori di, J. HINTIKKA, *Time and Necessity. Studies in Aristotle's Theory of Modality*, Clarendon Press , Oxford, UK, 1972; J. VAN RIJEN, *Aspects of Aristotle's Logic of Modalities*, Reidel, Dordrecht, 1989; ULRICH NORTMANN, «The Logic of Necessity in Aristotle: An Outline of Approaches to the Modal Syllogistic, Together with a General Account of De Dicto- and De Re-Necessity», *History and Philosophy of Logic*, 23 (2002), 253–265; MARKO MALINK, «A Reconstruction of Aristotle's Modal Syllogistic 27 (2):», *History and Philosophy of Logic*, 27 (2006), 95–141.

[23] Si veda a tal proposito, il sintetico, addirittura schematico testo di Tommaso, *De propositionibus modalibus*, dove l'Aquinate dimostra una perfetta padronanza del tema

[24] Cfr. sull'argomento, i classici lavori di, J. HINTIKKA, *Time and Necessity. Studies in Aristotle's Theory of Modality*, Clarendon Press , Oxford, UK, 1972; J. VAN RIJEN,

Aspects of Aristotle's Logic of Modalities, Reidel, Dordrecht, 1989; ULRICH NORTMANN, «The Logic of Necessity in Aristotle: An Outline of Approaches to the Modal Syllogistic, Together with a General Account of De Dicto- and De Re-Necessity», *History and Philosophy of Logic*, 23 (2002), 253–265; MARKO MALINK, «A Reconstruction of Aristotle's Modal Syllogistic 27 (2):», *History and Philosophy of Logic*, 27 (2006), 95–141.

[25] Recentemente, il filosofo tedesco U. Meixner ha sviluppato una trattazione semi-formalizzata della "necessità formale" nella teoria aristotelica della causalità, anche se dal punto di vista di un'ontologia formale del realismo logico (Platone) e non del realismo naturale come la nostra. Cfr., U. MEIXNER, «Der Begriff der Notwendigkeit in der Antike und in der Gegenwart», in *Possibility and Reality*, a cura di H. ROTT E V. HORAK , Ontos Verlag , Frankfurt, 2003, pp. 13-50

[26] E' evidente la similarità con l'ontologia soggiacente alla QFT e alla sua interpretazione del principio di dualità particella-onda che abbiamo discusso nel §3.2 $\Delta n \Delta \varphi \geq \hbar$, laddove i modi collettivi del campo di forze, prevalgono sull'individualità delle particelle componenti. Terminologicamente, inoltre, ho potuto constatare che il

termine “eduzione” (*eduction*), soprattutto applicato alle coerenze di fase dei campi, sta prendendo piede anche in molti testi e articoli scientifici di fisica, evidentemente perché il rigore dei fisici poco apprezza l’ambiguità del termine “emergenza”, almeno finché non si arriverà a un chiarimento filosofico sufficiente circa l’uso di questo termine, cui, come vedremo l’ontologia formale del RN può dare un contributo.

[27] Cfr. HUGES E CRESSWELL, *A new introduction to modal logic* , *cit.*, p. 194.

[28] Cfr., *Ivi*, p.205.

[29] Cfr., JEAN-YVES BÉZIAU, «What is a paraconsistent logic?», in *Frontiers of paraconsistent logic*, a cura di D. BATENS E AL. , Research Studies Press , Baldock, 2000, pp. 95-111

[30] Tale principio fornisce una formalizzazione di quel particolare uso “verticale” della dialettica nella metafisica tommasiana, che la distingue dall’immanentismo “orizzontale” della dialettica hegeliana essere-essenza, ed insieme dalla verticalità puramente “formale” della dialettica platonica. Essa costituisce il cuore teoretico della nozione tommasiana di “partecipazione trascendentale” dell’essere, come metafisica della causalità “totale” dell’essere dalla Causa Prima, secondo C. Fabro. Siffatta causalità pri-

ma, secondo l’Aquinate, si attua progressivamente nella gerarchia delle cause seconde come fondamento causale dei diversi generi di enti naturali di complessità crescente che costituiscono l’universo fisico. Si tratta di quella che Fabro definisce come “partecipazione categoriale”, interna alla causalità trascendentale, come re-interpretazione originale del fondamento causale delle essenze da cause fisiche di universalità decrescente (“cause seconde” nella terminologia dell’Aquinate) propria dell’immanentismo metafisico di Aristotele, entro una metafisica della partecipazione dell’essere. Cfr. CORNELIO FABRO, *Partecipazione e causalità* , SEI , Torino, 1961.

[31] E’ significativo come in questa logica della causalità la condizione sufficiente sia nell’effetto, in quanto la tavola di verità della implicazione inversa consente che $<(1 \leftarrow 0) \equiv 1>$. Tutto ciò esplicita molto bene l’impredicibilità dell’effetto dalla causa, cosicché la doppia implicazione che caratterizza una legge *ontologica* e non semplicemente *logica* si caratterizza per un verso inferenziale *ontologico* $<(1 \leftarrow 1) \equiv 1>$ e un verso inferenziale *logico* $<(1 \rightarrow 1) \equiv 1>$ (= fondazione induttiva o *a posteriori* di una legge ontologica).

[32] E’ significativo che l’espressione “*lifting the fog of complexity*” sia il titolo di un saggio pubblicato recentemente su *Science* in cui si discute proprio del contributo essenziale della QFT nella fisica dei sistemi complessi per “diradare la nebbia” legata all’uso di queste ambigue nozioni. Il che conferma, dal punto di vista della fisica, che l’ontologia del RN sia quella appropriata ad una fisica fondamentale basata sulla QFT. Cfr. DIRK K. MORR, «Lifting the fog of complexity», *Science*, 343 (2014), 382-83.
[33] I medievali, sottolinea Quine, ben conoscevano questa fallacia come nel famoso paralogismo: “Gli Apostoli sono dodici, Pietro è apostolo, quindi Pietro è dodici”. Per questo, aggiungiamo noi, sia nella tradizione platonica che in quella tomista il termine usato per la “causalità formale” è quello di *partecipazione*, dell’individuo alla specie e della specie al genere. Una partecipazione per mezzo della quale l’inversione della direzione, sia della relazione d’implicazione che di inclusione, fra ordine logico e ontologico è perfettamente giustificata anche nel linguaggio naturale, grazie, appunto al termine cumulativo e non distributivo di “partecipazione”. Tommaso estende, come sappiamo, la nozione dall’ambito predicamentale della causalità formale platonica a quello trascendentale della partecipazione dello stesso essere.