

0 Introduzione Generale

Una sintesi iniziale sulla finalità, la logica e la struttura di questo lavoro e sui contenuti del presente volume

Lista degli acronimi¹

BAO	Boolean Algebra with Operators (Alg. Booleana con Operatori)
RSE	Realismo Strutturale Epistemico (Epistemic Structural Realism)
RSO	Realismo Strutturale Ontico (Ontic Structural Realism)
TC	Teoria delle Categorie
TCS	Theoretical Computer Science (Informatica Teorica)
TI	Teoria degli Insiemi

0.1 Quadro generale dell'opera

Introduciamo qui la Seconda Edizione del I Volume, *I Fondamenti*, e la Prima Edizione del II Volume, *Scienze fisiche, biologiche e cognitive* del Libro *Filosofia della Natura e della Scienza*. Questo lavoro vuole essere un manuale con l'obiettivo ambizioso di definire un legame sistematico fra queste due discipline, *la Filosofia della Natura* e *la Filosofia della Scienza*, nelle loro relazioni spesso problematiche con *le scienze matematiche e naturali* e con le loro *applicazioni tecnologiche*.

¹ Gli acronimi seguono generalmente le abbreviazioni italiane, salvo il caso di acronimi ormai consolidati nella letteratura scientifica e salvo il caso di possibili confusioni per cui viene usato l'acronimo in lingua inglese con traduzione italiana del significato.

Filosofia della
Natura come
ontologia delle
scienze naturali

La *Filosofia della Natura* è, infatti, una disciplina speciale dell'*Ontologia* e quindi della *Metafisica Generali*. In quanto “ontologia speciale” essa ha per oggetto l'universo degli *enti fisici* con le loro specifiche *strutture, proprietà e relazioni causali*, studiate al livello della loro *Fisica Fondamentale*. La Filosofia della Natura si distingue perciò dal complesso delle *Scienze Naturali* (Fisiche, Biologiche e Cognitive) che, nella loro accezione moderna, si limitano allo studio dei *fenomeni naturali*, in quanto misurabili sperimentalmente, e delle *leggi matematiche* che governano *l'evoluzione nel tempo* di questi fenomeni sperimentalmente accessibili.

La Filosofia della
Scienza come
epistemologia delle
scienze

La *Filosofia della Scienza* è invece una disciplina recente nel panorama filosofico che data circa un secolo, perché la sua data di nascita coincide con quella del “Movimento Neopositivista”, conseguente alla pubblicazione del *Tractatus Logico-Philosophicus* di Ludwig Wittengstein (1889-1951). Essa si caratterizza come disciplina speciale della *filosofia della conoscenza* o *gnoseologia*, ed ha per oggetto *i fondamenti logici ed epistemologici* delle scienze naturali e matematiche, e delle loro applicazioni tecnologiche. Spesso, però, proprio per l'eclisse della filosofia della natura nella cultura moderna, la filosofia della scienza è venuta a svolgere un ruolo vicario della filosofia della natura, impegnandosi in questioni ontologiche se non direttamente metafisiche, quali p.es., l'origine e il destino dell'universo in cosmologia, la natura della materia, dello spazio, del tempo nelle *scienze fisiche*, o della vita e delle funzioni vitali nelle *scienze biologiche* o dell'intelligenza e della mente nelle *scienze cognitive*.

La necessità
contemporanea di
definire un metodo
universale anche
per le scienze
filosofiche

Una situazione problematica che oggi è largamente superata perché le varie discipline filosofiche in questi primi decenni del XXI secolo, sotto molteplici ed urgenti impulsi scientifici, etici ed economico-sociali che discuteremo a lungo, stanno progressivamente divenendo capaci di darsi *un metodo rigoroso di indagine e di confronto* delle premesse e dei risultati da cui partono ed a cui giungono. È urgente infatti arrivare anche in discipline filosofiche-chiave come l'ontologia, l'epistemologia e l'etica – e quindi le filosofie delle scienze naturali, informatiche, legali, sociali ed economiche – a definire un *metodo*, così da pervenire a risultati *universali* e reciprocamente *confrontabili*, perché *rigorosamente delimitati* al di là delle convinzioni personali e/o di gruppo, ovvero al di là del *relativismo* imperante.

La filosofia formale
in quanto distinta
dalla filosofia
analitica e la
fondazione rigorosa
del realismo in
ontologia ed
epistemologia

Il cuore di questo risultato sul quale ci soffermeremo a lungo e che va sotto il nome di *filosofia formale*, consiste in un *metodo di formalizzazione* (simbolizzazione e assiomatizzazione) del linguaggio filosofico che, differenzialmente dal metodo di formalizzazione perseguito dalla *filosofia analitica* durante il XX secolo, include senza confonderle e senza ridurle l'una all'altra, sia la *logica matematica* (estensionale) propria delle scienze matematiche pure ed applicate, sia la *logica modale* (intensionale) propria – anche se non esclusivamente – delle discipline filosofiche. La potenza della filosofia

formale è che usa come metalinguaggio, sia delle scienze matematiche che filosofiche, non la *teoria degli insiemi (e/o delle classi)* (TI) ma la *teoria algebrica delle categorie* (TC) basata sull'algebra delle relazioni e non sulla *logica dei predicati* come la TI. Questo significa che si possono in *filosofia formale* porre in relazione strutture di oggetti e relazioni che predicativamente corrisponderebbero a distinti universi linguistici, innanzitutto l'universo degli *enti fisici* e quello degli *enti logici*, senza, appunto, incorrere in «salti di categoria predicative» come in *filosofia analitica* e quindi fondando in maniera rigorosa il *realismo* in ontologia e in epistemologia, e perciò in Filosofia della Natura e in Filosofia della Scienza, formalizzate nella TC, come, rispettivamente *ontologia formale* ed *epistemologia formale* delle scienze naturali.

Centralità della
questione dei
fondamenti

Essendo quindi la questione dei fondamenti la chiave di volta per comprendere i rapporti fra scienza e metafisica nella modernità e, oggi, anche fra filosofia della scienza e filosofia della natura, lo svolgimento di queste problematiche nelle prime due parti dell'opera, prenderà metà del lavoro.

Divisione dell'opera
in due volumi

L'opera si divide pertanto in due volumi. Il *Primo Volume* è dedicato esclusivamente alla *Prima* e alla *Seconda Parte* dell'opera, ovvero alla definizione del quadro storico e teoretico della problematica dei fondamenti. Il *Secondo Volume* è dedicato invece alle altre tre *Parti* che riguardano le applicazioni dei principi logici e metafisici, discussi nel *Primo Volume*, agli oggetti delle scienze fisiche, biologiche e cognitive.

Volume I: Filosofia della Natura e della Scienza. I Fondamenti

Parte Prima: Inquadramento Storico della Problematica. – 0. Introduzione – 1. Dalle origini al XIX secolo – 2. Le rivoluzioni scientifiche del XX secolo e oltre – 3. La ricerca sui fondamenti nel XX secolo e oltre.

Parte Seconda: Inquadramento Teoretico della Problematica. – 4. Filosofia della natura e filosofia della scienza. – 5. Metafisica classica e pensiero moderno. – 6. Accenni ad una metafisica dell'ente fisico. – 7. Appendici formali.

Volume II. Filosofia della Natura e della Scienza. Scienze Fisiche, Biologiche e Cognitive

Parte Prima: Le Scienze Fisiche e il Loro Oggetto. – 1. Cosmologia scientifica: origini e evoluzione dell'universo – 2. La struttura della materia e la sua complessità.

Parte Seconda: Le Scienze Biologiche e il Loro Oggetto. – 3. Le scienze biologiche e le diverse ontologie del vivente – 4. Ipotesi scientifica dell'evoluzione e origini della vita.

Parte Terza: Le Scienze Cognitive e il Loro Oggetto. – 5. Funzioni cognitive e le loro basi neurofisiologiche – 6. Libertà e determinismi psico-fisici – 7. Unità psicofisica della persona e origini della vita umana.

Tre suggerimenti
per leggere il libro

0.1.1 Un consiglio per la lettura

La vastità e la complessità di questo primo volume dell'opera sembrano apparentemente contraddire il desiderio di farne un manuale. Allo scopo di facilitarne comunque la lettura, oltre che gli *indici* e il *glossario* di alcuni termini scientifici e filosofici alla fine di ciascun volume, sono stati introdotti al termine di ogni capitolo dei *sommari* che sintetizzano il contenuto dei rispettivi capitoli.

Il consiglio che diamo al lettore e soprattutto allo studente, è quello di procedere per gradi nella lettura di questo volume.

1. *Innanzitutto, leggere con attenzione quest'introduzione* che chiarisce gli scopi dell'intero lavoro, inserendolo nel dibattito moderno e contemporaneo sull'argomento, e che sintetizza lo sviluppo teoretico dell'intera trattazione. Ma soprattutto in questa introduzione vengono fornite le *nozioni logiche e matematiche di base* necessarie alla comprensione del testo e che eventualmente saranno approfondite negli altri capitoli e nelle Appendici. A questo scopo, sono stati introdotti dei frequenti rimandi alle parti del libro dove gli argomenti accennati in quest'introduzione sono sviluppati. Il lettore più impaziente potrà così immediatamente accedere alle parti di questo lavoro che più lo interessano.
2. *In secondo luogo, leggere di seguito i sommari dei capitoli.* A questo secondo livello di approfondimento si può avere un'idea più chiara dello svolgimento dell'opera nelle sue diverse diramazioni, ma allo stesso tempo nella sua sostanziale unità.
3. *In terzo luogo, cominciare a leggere il contenuto dei capitoli, approfondendo così a cerchi concentrici il tema dell'intero lavoro.*
4. *Infine, una delle novità di questa II Edizione del I Volume di quest'opera è l'aggiunta di alcune Appendici formali ai diversi capitoli che ho raccolte alla fine del volume per non appesantire la trattazione e ridurre al minimo l'uso, peraltro indispensabile, dei formalismi logico-matematici nella trattazione. In ogni caso, consiglio vivamente di leggere queste Appendici – in particolare l'Appendice A in cui ho inserito nel modo più semplice possibile alcuni formalismi matematici di base per comprendere la fisica moderna che – ricordiamolo – a partire da Galilei si fonda sul, e deve tutti i suoi successi al, metodo *matematico-sperimentale*. Pensare di capire la scienza moderna, la sua filosofia (ontologia ed epistemologia) senza un minimo di conoscenza del formalismo logico-matematico è semplicemente illusorio e fuorviante.*

0.2 Verità e causalità nella scienza

Tre questioni basilari oggetto del volume

In questo Primo Volume, dedicato ai «fondamenti», esamineremo alcune questioni basilari riguardo al problema del rapporto fra filosofia della natura e scienze della natura, da una parte, e fra filosofia della natura e filosofia della scienza dall'altra. Due sono le questioni, d'immediato spessore metafisico, sulle quali in particolare ci concentreremo, di particolare rilevanza per il pensatore moderno:

1. Verità e realismo della conoscenza scientifica

- ◆ Il problema della *verità* e del *realismo* delle costruzioni scientifiche nelle scienze naturali, con particolare riferimento, dall'interno del metodo ipotetico-deduttivo, alla questione del fondamento reale (*soundness*) delle *ipotesi* che sono alla base delle diverse teorie scientifiche, contro la tesi, comune tanto al neopositivismo logico che al falsificazionismo popperiano del XX secolo, del carattere non-razionale puramente *congetturale* della costituzione delle ipotesi medesime da parte dello scienziato (cfr. **Capitolo 4**).

2. Necessità logica, necessità causale e loro relazione

- ◆ Il problema della *causalità* e del suo *fondamento* nelle scienze naturali, innanzitutto in *Fisica Fondamentale* dove è legato al *cono di luce* della *Relatività Speciale* che si applica tanto in cosmologia (*Relatività Generale*) quanto in *Fisica Quantistica*, in relazione al problema della *necessità* logica delle dimostrazioni in fisico-matematica e del loro *fondamento*. È noto che pensiero classico e pensiero moderno sono agli antipodi riguardo a questo problema. Mentre per il pensiero classico, in particolare aristotelico-tomista, era la necessità delle *relazioni reali* (causali) a fondare per astrazione quella delle *relazioni matematiche e logiche*, per il moderno dopo Kant è vero esattamente il contrario. È la necessità dell'*autoevidenza* dell'a-priori logico, della relazione formale fra *antece-dente e conseguente logico*, a fondare la necessità della relazione causale fra *predecessore e successore del processo fisico*, posti in relazione *spazio-temporale* dalla conoscenza empirico-sperimentale. In tal modo, Kant pretendeva di trovare una soluzione al famoso «problema di Hume» dell'induzione (impossibilità dell'*enumerazione infinita* per fondare l'universalità e necessità logica del concetto scientifico) mediante *sussunzione* del fenomenico nel categoriale logico (tautologico). Una soluzione che derivava da due supposizioni tacite:

Critica al modello
humiano-kantiano
di causalità nelle
scienze:

1. Relazione
causale fondata sul
tempo e quindi sulla
coscienza

2. Fondamento
apodittico della
necessità basato
sull'evidenza e
quindi sulla
coscienza

1. Quella di legare la relazione causale esclusivamente alla relazione *temporale* fra predecessore e successore del processo, perché veniva preso a paradigma della causalità nelle scienze naturali quello della *meccanica* newtoniana dei sistemi dinamici integrabili, dove lo stato finale del processo dipende *univocamente* dalle *condizioni iniziali* del processo fisico. In tal modo si legava una prima volta la causalità alla coscienza del fenomeno, invece che all'essere dell'ente, giacché senza *coscienza* non c'è neanche *tempo*.
2. Quella del fondamento *apodittico, o incondizionato* degli a-priori logici, fondamento basato sul principio cartesiano dell'*evidenza*. L'evidenza non solo dei primi principi della logica («principio di non contraddizione», «l'identità», «del terzo escluso», etc.) e della loro applicazione all'«essere in quanto essere» della metafisica, com'era per il pensiero classico, ma anche dei postulati delle diverse scienze matematiche. Innanzitutto, erano considerati *autoevidenti* e dunque *apodittici* i postulati della *geometria euclidea* nella sua forma «algebrica» o «analitica» proposta da Descartes. Ma, dopo Newton, erano considerati tali anche i tre postulati (leggi) fondamentali della *meccanica*. In tal modo si perdeva la distinzione classica fra *assiomi* autoevidenti (o «primi principi» della logica e della metafisica) e *postulati* (o «primi principi» delle diverse discipline scientifiche, fisiche e matematiche), tutt'altro che autoevidenti per il pensiero classico — si pensi solo alle difficoltà che proprio il famoso «quinto postulato» di Euclide faceva ai matematici antichi e moderni (cfr. **Capitolo 1**) —, visto che non riguardavano *l'essere comune* (esistenza) di qualsiasi ente come per la metafisica generale, ma *l'essere proprio* (entità) delle diverse specie di enti fisici e logico-matematici.

Viceversa, il pensiero moderno, pretendendo di estendere l'autoevidenza propria degli assiomi metalogici della logica formale e della metafisica generale ai postulati della matematica (Descartes) e della fisica-matematica (Newton) per giustificarne il carattere *incondizionato, apodittico e non-ipotetico* causa la falsa interpretazione dell'ipotesi come *finzione* legata alla questione galileiana — come vedremo in § 0.5 — *legava una seconda volta la scienza al carro della coscienza*. Questa volta al carro dell'autocoscienza, in quanto fondamento «trascendentale» o *precategoriale o ante-predicativo*, dell'autoevidenza *tautologica* degli assiomi delle diverse scienze matematiche e naturali, nonché di una metafisica «critica» — quella kantiana — molto diversa da quella classica. Infatti, in essa le tre «idee» della metafisica razionalista wolffiana («Dio», «anima», «mondo») erano ridotte ad altrettanti postulati fideistici, autoevidenti per la ragion pratica, per la fondazione di un'etica formalista basata sulla *tautologicità* dell'*imperativo categorico* del «dovere

per il dovere». In questo senso, della distinzione fra l'auto-evidenza dei principi della *ragion pura* e di quelli della *ragion pratica* Kant intendeva rispondere al «secondo problema» di Hume, quello della non derivabilità del «dover essere» dall'«essere».

Trascendentale
classico, moderno e
post-moderno

Le due questioni appena ricordate, quella della *verità* logica e quella della *causalità* ontica, sono perciò intimamente legate. Ed il legame consiste nel fondamento trascendentale della verità: o *la coscienza trascendentale e le relazioni logiche* del pensiero moderno, o *l'essere e le relazioni reali* (causali) del pensiero classico (cfr. **Capitolo 5**). Queste due diverse e apparentemente inconciliabili vie di accesso al *fondamento trascendentale* della verità che hanno caratterizzato la modernità nella sua opposizione alla classicità sono oggi superate dal cosiddetto *trascendentale post-moderno del linguaggio*. Nella misura, però, in cui attingiamo al fondamento *semiotico* e quindi algebrico-relazionale del *segno linguistico*, così da completare la cosiddetta *svolta linguistica* della filosofia che caratterizza la post-modernità (Basti, 2017).

Il completamento
semiotico e quindi
algebrico della
svolta linguistica in
logica e filosofia

Tutti i linguaggi, infatti, come Ferdinand De Saussure (1857-1913) ci ha insegnato (De Saussure, 1916), ma come per primo Aristotele aveva affermato, hanno una natura intrinsecamente *convenzionale*, ed in questo senso il trascendentale post-moderno del linguaggio è spesso stato identificato da sostenitori (Benhabib, 1995) e critici (Habermas, 1981) con la vittoria definitiva dell'antimetafisica e del relativismo nihilista. Viceversa, se attingiamo al fondamento algebrico della relazione linguistica in logica e in matematica, alla base della capacità di *significare* di qualsiasi *segno* (linguistico e non), attingiamo a un livello ante-predicativo e quindi propriamente *trascendentale* rispetto alle stesse categorie predicative dei diversi linguaggi. È questa della *semiotica formale*, essenzialmente *algebrica*, la strada indicata alla fine del XIX secolo dal filosofo americano Charles Sanders Peirce (1839-1914), ma anticipata dal filosofo portoghese domenicano João Poinot (1589-1644), contemporaneo di Descartes e meglio conosciuto come Giovanni di San Tommaso.

Relazioni
semiotiche nel
linguaggio come
ante-predicative

Egli nel suo monumentale trattato di semiotica *De signis* (1632) – riproposto recentemente all'attenzione degli studiosi dall'edizione critica con traduzione inglese dal filosofo americano John Deely (1942-2017) (Deely, 1985) – completa la teoria scolastica delle relazioni definendo un terzo tipo di relazioni, oltre quelle *reali e logiche*, le *relazioni semiotiche* del linguaggio (*relationes secundum dicit*) che Poinot definisce come *relazioni trascendentali*, o appunto *ante-predicative*. Sia perché si applicano a qualsiasi categoria

predicativa – sia ontologica che logica² –, sia perché trascendono la categoria aristotelica delle relazioni che per Aristotele sono sempre e solo *diadiche*. Le relazioni semiotiche sono invece *triadiche* (*esse per*) e non *diadiche* (*esse ad*), come due secoli dopo Peirce rivendicherà, nella sua fondazione semiotica della logica e della matematica basata su un’*algebra triadica delle relazioni*.

Come vedremo nel **Capitolo 3**, essa, una volta formalizzata in un *calcolo delle relazioni*, conduce direttamente alla *Teoria delle Categorie* (TC) che appare così – anche e oserei dire soprattutto da questo punto di vista – il meta-linguaggio più appropriato non solo della *logica formale* (matematica e modale) ma anche della stessa *filosofia formale* (Abramsky, 2010; Heller, 2016; Hansson & Hendricks, 2018).

0.3 Strumentalizzazioni ideologiche della filosofia e della scienza nella modernità

Post-moderno e
superamento
opposizione
classico-moderno

La domanda principale alla quale questo Primo Volume cerca di dare una risposta è dunque la seguente: questa contrapposizione fra classicità e modernità ha ancora senso o è stata irrimediabilmente «superata», in un senso quasi-hegeliano del termine, dal pensiero post-moderno? Un senso dialettico di «superamento» che si giustificerebbe per il carattere antitetico della suddetta contrapposizione fra classicità e modernità, così ben evidenziata da Feuerbach. Sebbene io non sia per nulla un hegeliano, la tesi di questo libro è che occorre dare una risposta positiva al quesito appena posto. Il post-moderno in cui viviamo è tutt’altro che giustapposizione artificiosa di pezzi di classicità e di modernità, non è «il circondare di luce al neon un capitello corinzio» come qualcuno malato di nostalgia della vetero-modernità si ostina ancora a sostenere.

² Non deve stupire questo tipo di analisi portata avanti da Poincaré. Cuore del realismo ontologico tomista è infatti la «dualità» fra *necessità fisica* (dall’effetto alla causa) e *necessità logica* (dalla premessa alla conseguenza). Se si vuole fondare la seconda sulla prima occorre domandarsi in che senso l’effetto può essere *segno* della causa. Un problema che Tommaso affronta, in particolare, nella sua teoria dell’analogia di attribuzione *secundum esse* (*Super Sent.* I, d.19, q.5, a. 2) definita da Cornelio Fabro come la *semantica* della metafisica (Fabro, 1960). Le citazioni dalle opere di Tommaso d’Aquino si riferiscono sempre all’edizione online del *Corpus Thomisticum* disponibile per tutti in latino sul sito: [Thomas de Aquino, Opera omnia \(corpusthomisticum.org\)](http://Thomas.de.Aquino.Opera.omnia@corpusthomisticum.org)

Una visione costruttiva della post-modernità in cui viviamo

In *ontologia*, in *logica* ed in *epistemologia* della scienza e della filosofia— i tre campi d'indagine in cui questo lavoro si sviluppa — il post-moderno, come noi pensatori del terzo millennio possiamo costruirlo, è l'occasione storica che si pone al pensiero contemporaneo per riprendere in forma nuova e sintetica «l'essenziale» della classicità — il contenuto, «l'essere» — e «l'essenziale» della modernità — il formalismo e, quindi, «il rigore critico dell'indagine» —, aldilà, sia delle beate ingenuità del pensiero classico, sia del criticismo iconoclasta ed autolesionista della vetero-modernità. Una sintesi che, della classicità e della modernità che furono, può finalmente «sciacquar via» quelle scorie — ancora un riferimento hegeliano, stavolta al famoso «caput mortuum» dell'*Enciclopedia* — che ambedue condividevano e che hanno oscurato lo splendore di ambedue, divenendo anche il motivo profondo della loro contrapposizione irriducibile, ideologica, per tutta l'età moderna. E quelle scorie hanno un'identità comune, ben precisa per ambedue i duellanti. La pretesa che la metafisica da una parte e la scienza dall'altra costituiscano ciascuna una forma di *sapere assoluto e auto-sufficiente*, in grado ognuna di ridurre l'altro a se stesso e che prendono le forme del *razionalismo* in filosofia e dello *scientismo* nella scienza.

Età moderna come età delle visioni del mondo

È difficile allora dar torto a Heidegger che definiva l'età moderna come «l'età delle *visioni del mondo*». Un'età che, causa gli stravolgimenti tanto in campo scientifico che filosofico durante il XIX e il XX secolo, sembra a sua volta irrimediabilmente «superata», tanto da giustificare — nell'attesa di una definizione migliore — la designazione di «post-moderni» per i tempi che oggi viviamo.

Il carattere paradigmatico della «questione galileiana» per la contrapposizione moderna fra le due culture

Anticipando sinteticamente quanto mostreremo nel resto di questo volume, varrà la pena allora di soffermarsi un momento, in questa introduzione, su alcuni aspetti teoretici della «questione galileiana» (Cfr. § 0.5), paradigmatica della contrapposizione moderna fra le due culture, non solo e non tanto per il suo valore simbolico, quanto perché le questioni ivi affrontate ed il modo di impostarle condizioneranno il resto dello sviluppo storico di questa contrapposizione, almeno fino ad oggi dove finalmente ci appaiono nella loro vera natura: questioni ridicole e profondamente inutili.

0.4 Il superamento delle vecchie contrapposizioni nell'età contemporanea

0.4.1 Dalla filosofia analitica alla filosofia formale

La nascita della filosofia formale

D'altra parte, il fatto che la scienza senta il bisogno di incorporare nella sua stessa riflessione e ricerca, pura ed applicata, questioni filosofiche ha contribuito moltissimo in questi ultimi vent'anni allo sviluppo della cosiddetta *filosofia formale*: ontologia formale, epistemologia formale, deontica (etica e diritto) formale, teoria formale delle scelte sociali (sociologia, politica, economia), etc. (cfr. (Hansson & Hendricks, 2018)).

La filosofia formale come strumento indispensabile al dialogo scienza-filosofia e al dialogo filosofico post-ideologico

La filosofia formale è infatti una disciplina nata originariamente nell'ambito dell'*informatica teorica* (*Theoretical Computer Science*, TCS), innanzitutto per motivi intrinseci alla ricerca sull'*Intelligenza Artificiale* (IA) e che oggi rifluisce nelle facoltà di filosofia (Hansson & Hendricks, 2018; Basti & Panizzoli, 2018) come *strumento indispensabile* al dialogo fra scienza e filosofia. Ma anche come strumento essenziale al dialogo filosofico post-ideologico, e quindi come antidoto rigoroso al *relativismo* e al *nililismo* che sono il pesante lascito delle origini della filosofia moderna basata sul *principio di evidenza*. D'altra parte, le sfide etiche della contemporaneità – per citare il caso più eclatante – sono troppo vitali per il futuro dell'umanità per abbandonarle al «libero gioco delle interpretazioni» basate sui *presupposti inconsci e non dichiarati* dell'evidenza, storicamente, culturalmente e socialmente condizionati. La cosiddetta *dimensione tacita* della conoscenza della riflessione post-hegeliana sull'epistemologia da Dilthey a Polanyi (Polanyi, 1966). Vi torneremo nel **Capitolo 4**.

La filosofia formale basata sull'assiomatizzazione della logica filosofica, modale e intensionale usando il comune formalismo algebrico della Teoria delle Categorie

La filosofia formale è infatti un'evoluzione interna alla *filosofia analitica* che era una *formalizzazione* (simbolizzazione e assiomatizzazione) del linguaggio filosofico basata sulla assiomatizzazione della logica matematica fregeana all'interno della *Teoria degli Insiemi* (II) applicata anche in filosofia – quell'approccio inaugurato dal *Tractatus* di Wittengstein, per intenderci (Wittengstein, 1922). Viceversa, la filosofia formale si basa sull'assiomatizzazione della *logica filosofica*, come *logica (calcolo o sintassi) modale*, nelle sue *diverse interpretazioni (modelli o semantiche) intensionali* (ontiche, epistemiche, deontiche, ...), in quanto distinta dalla *logica matematica* e dalle sue interpretazioni (*modelli o semantiche) estensionali*, tipiche delle scienze moderne in quanto basate sul metodo galileiano matematico-sperimentale (Galvan, 1991; Basti & Panizzoli, 2018, pp. 295-316). Allo stesso tempo, però,

definendole ambedue all'interno di un *unico formalismo* (metalinguaggio) *algebrico* molto più *agile* di quello insiemistico: quello della *Teoria delle Categorie* (TC), come vedremo nel **Capitolo 3**.

La TC come disciplina formale per individuare identità strutturali fra le teorie

Quando infatti parliamo di “filosofia *nella* scienza” (Strumia, 2017) stiamo parlando essenzialmente di *filosofia formale* poiché la TC, nata come metalinguaggio del formalismo *dell'algebra degli operatori* su spazi topologici in matematica, fisica e informatica è in grado di fornire un unico framework formale, sia alla logica matematica (estensionale) che alla logica filosofica (intensionale), essendo nata e sviluppata per formalizzare le *identità di struttura* fra teorie definite su categorie predicative distinte di oggetti. È, insomma, un metalinguaggio nato “per gettare ponti” e non “per innalzare barriere” fra le diverse teorie e discipline, quelle scientifiche e quelle umanistiche incluse, sviluppando così al massimo grado le potenzialità del *metodo assiomatico* della scienza di questi ultimi due secoli, dopo la crisi irreversibile del *metodo dell'evidenza* dei due secoli precedenti. Torneremo su tutti questi temi approfonditamente nel **Capitolo 3** e nelle relative **Appendici B, C, D** raccolte nel **Capitolo 7**.

La questione galileiana e la distinzione moderna scienza-filosofia

Nella seguente sottosezione di questo capitolo introduttorio, approfondiamo perciò le *origini della scienza moderna* basata sulla rivoluzione concettuale del *metodo matematico-sperimentale* di Galilei che ha segnato fra mille difficoltà e fraintendimenti, la separazione fra *scienze della natura* e *filosofia della natura*. Banalizzando ma non troppo, il metodo galileiano è servito per “innalzare una barriera” fra discipline scientifiche e discipline umanistiche, filosofiche innanzitutto, un po' come si richiede all'adolescente per sviluppare la propria autonomia rispetto ai genitori. Oggi che la scienza ha raggiunto la sua “età adulta” può e deve *dialogare* con l'umanesimo per garantire il presente e il futuro ad una società globalizzata nell'attuale *era della comunicazione*.

0.5 La «questione galileiana» alle origini della modernità

0.5.1 Un nuovo rapporto filosofia-scienza

Dalla filosofia della scienza alla filosofia nella scienza

Il quadro dei rapporti fra filosofia e scienze è, infatti, oggi profondamente mutato. Se da una parte la filosofia sembra irrimediabilmente in crisi come le difficoltà di mantenere aperte le facoltà di filosofia un po' in tutto il mondo evidenzia, d'altra parte mai come oggi il dibattito su questioni filosofiche è aperto *all'interno* delle scienze. Tanto che qualcuno afferma –

io compreso – che più che di filosofia *della* scienza, bisognerebbe parlare oggi di filosofia *nella* scienza (Strumia, 2017).

L'esempio dell'ontologia nelle scienze fisiche, biologiche e informatiche

Per esempio, basta una ricerca su internet per rendersi conto che il termine filosofico di *ontologia* viene usato molto di più oggi nel campo della Fisica Fondamentale (quantistica) che in campi più direttamente filosofici, causa le sfide che la fisica quantistica pone alla cosiddetta ontologia del senso comune, ancora schiava di una visione meccanicista e vetero-moderna della fisica. Per non parlare poi – sempre per rimanere nel campo ontologico – delle sfide che la biologia pone alla nozione ontologica di «vita», oppure che lo sviluppo della cosiddetta «intelligenza artificiale» pone alla nozione ontologica di «mente», spesso ridotta nella modernità alla «coscienza».

L'esempio delle sfide etiche della e nella scienza

Se poi passiamo all'*etica* il discorso diviene ancora più evidente. Le sfide etiche oggi sono strettamente legate alle diverse discipline scientifiche, si pensi alla biologia, alla genetica, alla pratica medica, ma anche all'economia, all'ecologia, all'automazione, all'intelligenza artificiale...

L'esempio delle sfide epistemiche nelle scienze e neuroscienze cognitive

Stesso discorso per problematiche *epistemologiche* che emergono dall'interno delle cosiddette *scienze e neuroscienze cognitive* che in larga parte hanno affiancato se non sostituito negli studi e nelle facoltà di psicologia la classica psicologia della coscienza, oggi circoscritta alla pratica clinica...

Le nuove sfide per lo studio e l'insegnamento della filosofia

L'elenco potrebbe essere molto più lungo ed evidenzia che, mai come oggi, quando la filosofia «pura» in quanto disciplina accademica e in quanto pratica professionale sembra in crisi, si discuta di filosofia e di problematiche filosofiche a tutti i livelli, da quello accademico e della ricerca, al campo applicativo e della pubblica discussione, sociale ma anche politica. E sempre più spesso, purtroppo, sia da parte degli scienziati che dei divulgatori della scienza senza un'adeguata preparazione filosofica.

La necessità della interdisciplinarietà come imperativo etico nell'Accademia

Se da una parte questo significa che c'è bisogno di inserire in senso multidisciplinare l'insegnamento filosofico in quello scientifico a livello accademico, d'altra parte è ancor più vero anche l'esatto opposto: l'insegnamento di alcune materie scientifiche – almeno al loro livello fondamentale – va inserito sistematicamente nei curricula multidisciplinari dei filosofi per renderli protagonisti del dialogo fattivo con i colleghi scienziati, in vista del bene comune. In una parola, mai come oggi l'opposizione moderna (hegeliana) delle «due culture», ovvero l'opposizione fra *cultura umanista* e *cultura scientifica*, *cultura tecnica* inclusa, va superata senza riduzionismi reciproci, per il bene stesso dell'umanità.

L'esempio paradigmatico dell'Università di Oxford

Da questo punto di vista è paradigmatico l'esempio della Università di Oxford che fin dal 2012 ha scelto di offrire la laurea in filosofia a partire dal Primo Ciclo (*Undergraduate courses*) solo nella forma di *gradi congiunti* con

specifici dipartimenti di scienze – *Computer Science and Philosophy; Mathematics and Philosophy; Philosophy and Modern Languages; Philosophy, Politics and Economics; Physics and Philosophy; Psychology, Philosophy and Linguistics; ...*³ – con i classici insegnamenti filosofici, storici e teoretici, inseriti organicamente in tutti questi programmi di studio multidisciplinari, con la logica formale come *trait-d'union* fra queste discipline.

0.5.2 La fondazione delle verità ipotetiche nella logica aristotelica delle scienze fisiche

La perdita della fondazione causale delle ipotesi nell'aristotelismo rinascimentale

In questa sottosezione della nostra Introduzione, prima della sottosezione conclusiva dove forniremo una *tassonomia* delle diverse ontologie formali nel pensiero occidentale, vedremo come la perdita della *dualità* aristotelica fra *necessitazione causale* (*causal entailment*) e *necessitazione logica* (*logical entailment*), dove era la prima necessitazione a fondare *onticamente* nei processi fisici la verità *logica* delle dimostrazioni della scienza naturale che *si riferiscono* ai primi, e dove, all'inverso o *dualmente*, era la seconda necessitazione a rendere *predicibile* lo sviluppo dei *processi causali* nella realtà fisica.

0.5.2.1 Dualità fra necessità causale e logica nel realismo aristotelico

Nei termini del formalismo sillogistico aristotelico, si tratta della *dualità onto-logica* fra *sillogismo causale* «*quia*» dall'esistenza dell'*effetto* all'esistenza della *causa* dal lato *ontico*, e *sillogismo dimostrativo causale* «*propter quidem*» dall'*anteecedente* al *conseguente*, dal lato *logico*. Come vedremo, a partire dal **Capitolo 4**, è questa la tesi fondamentale del cosiddetto *realismo strutturale ontico* (RSO) che caratterizza la logica della TC in *ontologia formale*, che in questo senso, può dare all'intuizione aristotelica un rigore formale finora sconosciuto tanto all'antichità come alla modernità.

La perdita del realismo relazionale naturalista di Aristotele e le sue due motivazioni

La polemica politico-culturale fra scolastica aristotelica e scienza moderna alla base della cosiddetta *questione galileiana*, ha fatto sì che la nascente scienza moderna smarrisse completamente questa ontologia, almeno fino ad oggi. Questo ha fatto sì che nell'epistemologia della scienza moderna basata sul *metodo ipotetico-deduttivo* nascesse il perdurante problema, da Galilei a Popper inclusi, della *fondatezza* (*soundness*) delle *ipotesi* dei ragionamenti matematico-sperimentali della scienza galileiana moderna. Questa perdita ha due ragioni storiche concomitanti: 1) l'eclisse della *logica modale* nel pensiero moderno dal XV al XX secolo, così da rendere incomprensibile nell'età moderna fino al XX secolo, appunto, la distinzione di diversi tipi

³ Basta consultare il sito relativo: [Courses | Faculty of Philosophy \(ox.ac.uk\)](https://courses.philosophy.ox.ac.uk/).

di *necessità/possibilità* in logica modale⁴; 2) la crisi irreversibile della filosofia della natura aristotelica e della cosmologia tolemaica ad essa sopraggiunta, in quanto basate sulle osservazioni del *senso comune*, di fronte agli indubitabili successi del metodo matematico-sperimentale della scienza galileiana e dell'*ipotesi copernicana* in cosmologia grazie, innanzitutto, all'uso del cannocchiale di Galilei.

La scienza galileiana e la distinzione moderna fra filosofia e scienza della natura

La nascita della scienza galileiana basata sul *metodo matematico-sperimentale* coincide infatti con le moderne *scienze della natura* che acquisiscono così una loro autonomia metodologica rispetto alla *filosofia della natura* ed in genere alle discipline filosofiche, inaugurando così il *pensiero moderno* in quanto distinto dal *pensiero classico* greco e medievale.

La centralità della questione della fondazione (verità) delle ipotesi matematica della fisica nella questione galileiana

In siffatto contesto più ampio si inserisce la cosiddetta *questione galileiana*, che, a partire dalle sue motivazioni storico-culturali e storico-politiche – che nella nostra discussione manterremo sullo sfondo –, sancisce la definitiva perdita di centralità della *cultura scolastica cristiana*, nello specifico aristotelico-tomista nell'Europa del XVI-XVII sec. Un processo cominciato a partire dall'inizio del Secondo Millennio, con la nascita delle prime università laiche – Bologna, Parigi e Napoli prime di tutte, eredi delle Scuole Cattedrali e, prima ancora, delle Scuole Abbaziali del Primo Millennio. La questione galileiana dal punto di vista teoretico che qui ci interessa ha, invece, il suo centro nella questione della *fondazione veritativa* delle ipotesi matematiche nelle scienze naturali rispetto alle misurazioni sperimentali che da queste ipotesi derivano, e più in generale nel rapporto fra *verità scientifica* e *verità metafisica*, soprattutto quando queste sembrerebbero contraddirsi.

Lo schema di questo volume alla luce della questione galileiana

Alla luce di quanto detto in precedenza, oggi sappiamo che questa contraddizione è impossibile perché esse si pongono su due piani, *teorico* e *metateorico*, diversi. Ma al pensiero moderno, sia sul fronte scientifico che filosofico (e teologico), occorreranno più di quattro secoli per arrivare a questa conclusione, compiendo molti «errori di invasione di campo» dall'uno e dall'altro fronte. Sui passaggi-chiave di questo processo storico-teoretico ci soffermeremo nei primi tre capitoli della *Prima Parte* di questo volume, con il **Capitolo 4**, in cui tireremo le somme ontologiche ed epistemologiche di questa discussione. Tale capitolo inaugura, infatti, la *Seconda Parte* di questo volume, dedicata più direttamente alla questione del rapporto fra verità *metafisica* (e teologica) e verità *scientifica* in particolare

⁴ Si pensi solo allo scalpore che il cosiddetto «problema di Hume» della distinzione «fatti-valori» suscitò nella modernità tanto da costringere Kant a distinguere fra *Ragion Pura* e *Ragion Pratica*, e che invece era ben conosciuta dalla Scolastica Medievale e innanzitutto da Tommaso, perché basata sulla *distinzione modale* fra *necessità/possibilità aletica* (logica e/o causale) e *necessità/possibilità deontica* (obbligo/permesso in morale e diritto).

riguardo la questione dell'*origine dell'universo fisico* (la sua *creazione* nella teologia delle tre religioni bibliche dell'Occidente, ebraismo, cristianesimo e Islam), che sarà argomento specifico del **Capitolo 6**.

La questione della fondazione della verità delle ipotesi nel pensiero logico irrisolta fino a tutto il XX secolo

In ogni caso, la questione teoretica chiave della disputa galileiana, ovvero la *fondazione veritativa* delle ipotesi alla base del metodo *ipotetico-deduttivo* che si è imposto nella scienza moderna matematica, teorica ed applicata, solo a partire dalla seconda metà del XIX secolo – e la connessa questione epistemologica del *realismo* della conoscenza scientifica – è restata fino a tutto il XX secolo una questione teoreticamente irrisolta, come le vicende del falsificazionismo popperiano che discuteremo nel **Capitolo 4** evidenziano. Solo oggi, all'alba del XXI secolo, queste nebbie ontologiche ed epistemologiche che influenzano anche la nostra interpretazione moderna dei pensatori antichi, oggetto del **Capitolo 5**, cominciano a diradarsi, nell'ambito della filosofia della scienza. E vanno diradandosi direzione di quelli che vengono definiti come i principi del *Realismo Strutturale Ontico* (RSO) e del *Realismo Strutturale Epistemico* (RSE) nell'ambito del comune metalinguaggio matematico, logico e filosofico, della *Teoria delle Categorie* (TC). Principi, che introdurremo e spiegheremo progressivamente nei **Capitoli 1-4** di questo volume.

Le origini della questione del rapporto fra verità metafisica e verità delle ipotesi matematiche in fisica originate dalla teoria tolemaica

Ciò che invece è interessante per noi è che la questione epistemologica del rapporto fra conoscenza matematico-sperimentale *ipotetica* della natura e conoscenza metafisica *apodittica (incondizionata)* della medesima non è cominciata nell'ambito dell'aristotelismo medievale e rinascimentale con la discussione sul metodo della scienza galileiana. Ma con un'analogia discussione sul valore veritativo di quella che di per sé era l'ipotesi fisico-matematica antitetica a quella *copernicana* quella *tolemaica* che Galilei con le sue osservazioni astronomiche attraverso il suo famoso *cannocchiale* contribuì in maniera decisiva a confutare sul piano sperimentale. Un'ipotesi, quella tolemaica, che malgrado fosse geocentrica, era non meno incompatibile di quella eliocentrica di Copernico, con la visione cosmologica aristotelica, al di là di quanto generalmente si pensi.

0.5.2.2 Cosmologia aristotelica e cosmologia tolemaica

L'ipotesi tolemaica per quanto geocentrica era infatti incompatibile con la cosmologia aristotelica quanto quella eliocentrica

Infatti, il punto di partenza della nostra discussione è che, come più volte ricordato da Enrico Berti – uno dei maggiori storici contemporanei dell'aristotelismo greco e medievale (cfr. (Berti, 2020) per una sintesi) – l'aristotelismo ortodosso medievale sia arabo con Averroè, sia ebraico con Mosè Maimonide, sia cristiano di Tommaso d'Aquino affermava l'incompatibilità della visione ontologica aristotelica dell'universo con la teoria tolemaica degli *epicicli*, nell'ambito della cosmologia *geocentrica* di Eudosso-Aristotele. Essa, come vedremo subito, al pari dell'ipotesi opposta,

quella *eliocentrica* antica di Aristarco e dei suoi seguaci nella lettura di Simplicio, e di cui ci occuperemo in § 0.5.7 per la sua rilevanza nella «questione galileiana», era considerata una semplice *ipotesi matematica* per «salvare i fenomeni». Nel caso dell'ipotesi tolemaica, l'evidenza fenomenica che i pianeti (p.es., la luna) e le stelle (p.es. il sole) non mantengono sempre la stessa distanza dalla terra durante l'anno, e quindi non possono muoversi su sfere celesti in *moto omocentrico* rispetto alla terra, come nella teoria di Eudosso-Aristotele. Di qui l'ipotesi tolemaica assai ingegnosa degli *epicicli* sovrapposti alle sfere omocentriche, che fa sì che i corpi celesti è come se si muovessero su *sfere eccentriche* rispetto alle prime (cfr. *infra* **Figura 0-2**).

La chiarezza di Tommaso sulla questione

Ora, afferma Tommaso riferendosi alle ipotesi tolemaiche:

In astronomia, noi poniamo l'ipotesi degli epicicli e degli eccentrici, perché facendo questa ipotesi, le apparenze sensibili dei moti celesti sono preservate. Ma questa non è una ragione sufficientemente probativa, perché i fatti potrebbero essere preservati anche da un'altra ipotesi (*alia positione*) (*S. Th.* I, 32, 1, ad 2. Cfr. *infra*, nota 21).

Questa obiezione, logicamente corretta, fu quella fatta anche a Galilei riguardo l'ipotesi copernicana

Sappiamo infatti che nel ragionamento ipotetico una conclusione (osservativa) vera può derivare anche da una premessa falsa. Questo era un limite intrinseco alla logica del ragionamento ipotetico correttamente ricordato da Tommaso a proposito di una teoria cosmologica matematico-osservativa, la teoria tolemaica, in molti sensi antitetica a quella successiva della teoria copernicana della scienza moderna.

Così magistralmente tratta Tommaso il rapporto fra le due modalità di dimostrazione, *causale* e *ipotetica*.

È possibile spiegare la stessa cosa in due modi differenti. *Il primo modo consiste* nel provare un certo principio in modo sufficiente [causale]. Così nella scienza naturale diamo una ragione sufficientemente probativa del moto dei cieli uniforme. *Il secondo modo consiste* nel portare una ragione non sufficientemente probativa del principio. Infatti, supposto [per ipotesi] un dato principio, mostriamo che le sue conseguenze sono in accordo con i fatti. Così in astronomia poniamo l'ipotesi degli epicicli e degli eccentrici, perché ponendo quest'ipotesi, le apparenze sensibili dei moti celesti [p.es., la diversa distanza del sole rispetto alla terra nelle diverse stagioni] possono essere preservate [cfr. **Figura 0-2**]. Ma questa non è una ragione sufficientemente probativa [necessaria e sufficiente], perché le apparenze potrebbero essere preservate con un'ipotesi diversa» (*S. Th.*, I, 32, 1, ad 2. Parentesi quadre mie).

L'errore logico di Galilei

E infatti possono essere preservate con l'ipotesi eliocentrica copernicana-kepleriana, del tutto opposta all'ipotesi tolemaica! Ed è esattamente questo *errore logico* che il Card. Bellarmino e Padre Riccardi, rimprovereranno quattro secoli dopo a Galilei – e a Zabarella da cui Galilei aveva mutuato questo errore come vedremo subito – nella sua pretesa di *provare* la fondatezza dell'ipotesi copernicana partendo dall'evidenza sperimentale delle

sue osservazioni astronomiche mediante il telescopio da lui inventato (§ 0.5.5). Si tratta, infatti, di un problema *logico* non fisico o matematico e men che meno sperimentale!

In che senso la fondazione causale della verità delle ipotesi in fisica suppone una dualità fra relazioni causali e logiche?

La fondazione veritativa di un'ipotesi matematica in fisica e in generale nelle scienze naturali (= *verità locale* sappiamo definirla oggi nella logica della TC) deve allora supporre la dualità fra necessità fisica e logica – e quindi fra *relazioni reali* e *relazioni logiche* –, nell'ambito delle *verità aletiche* del linguaggio descrittivo di una logica modale delle relazioni, formalizzata nel metalinguaggio di un'algebra delle relazioni comune alla logica, alla matematica e alla filosofia, la TC, appunto. Ma questo lo sappiamo solo oggi, al termine di un processo storico di chiarificazione della questione durato quasi un millennio e che ricostruiremo nei **Capitoli 1-3** di questo volume. Dal punto di vista storico, allora, è interessante per noi illustrare in che senso possiamo parlare di dualità anche nella logica aristotelica dei ragionamenti ipotetici, matematici o meno, applicati alla fisica.

0.5.2.3 Un testo esemplificativo di Tommaso della dualità relazioni reali/logiche e delle sue conseguenze

Un testo fondamentale sulla dualità fra necessità causale e logico-matematica

Per illustrare la dottrina della *dualità* aristotelica fra *necessità causale* e *necessità logica* nell'ontologia delle scienze naturali, useremo un testo di Tommaso del suo *Commentario alla Fisica* di Aristotele (*In Phys.* II, l. 15, n.5)⁵. Un testo che suppone la *logica modale*, vista la distinzione fra i due tipi di necessitazione come Tommaso ben sapeva⁶. Ma che denota anche la conoscenza da parte di Tommaso, non solo della *logica dei predicati* della sillogistica aristotelica (logica dei termini) nelle dimostrazioni *apodittiche* del sillogismo categorico, ma anche della *logica delle proposizioni* stoica delle dimostrazioni *ipotetiche*, mediante concatenamento di proposizioni semplici in proposizioni complesse, attraverso l'uso dei connettivi logici. Una conoscenza delle due logiche che derivava alla Scolastica Medievale essenzialmente dall'opera di traduzione e commento di Severino Boezio⁷.

⁵ Qui come altrove, nel citare le opere di Tommaso d'Aquino ci riferiamo all'edizione online dell'*Opera Omnia* di Tommaso in latino che si può consultare liberamente in <https://corpusthomicum.org>

⁶ Infatti, a Tommaso è attribuito anche se con alcuni dubbi, un breve trattato *De Propositionis Modalibus*, disponibile anch'esso online nel sito citato alla nota precedente e che meriterebbe un'analisi a parte vista la sua originalità, ma che non possiamo qui approfondire.

⁷ Anicius Manlius Severinus Boëthius (brevemente, "Boezio": 477-524) non solo ha tradotto in latino le *Isagoge* di Porfirio, ma ha scritto due trattati, uno sul *sillogismo categorico* di Aristotele, l'altro sul *sillogismo ipotetico* degli Stoici per mezzo dei quali i due calcoli logici dei predicati e delle proposizioni, rispettivamente, sono stati introdotti separatamente nel

«Ciò che è ultimo nell'essere è primo nel conoscere, e viceversa»

Il testo aristotelico e il commento tommasiano su cui ci soffermiamo forniscono, d'altra parte, una fondazione ontologica e logica all'adagio epistemologico tipico del realismo epistemologico aristotelico e spesso citato al riguardo: «ciò che è *ultimo* nell'essere – effettivamente nella conoscenza del reale –, ovvero la causa a partire dai suoi effetti, è il *primo* nel ragionamento (diviene la premessa *fondata* del conseguente ragionamento ipotetico-deduttivo) e viceversa». Dove il «viceversa» sta per il fatto che nell'ordine delle relazioni reali in natura la causa rispetto all'effetto è il *primo*, e nell'ordine delle relazioni logiche del ragionamento in cui rappresentare il processo fisico l'effetto è l'*ultimo*. Esso è, infatti, rappresentato come conclusione del relativo ragionamento deduttivo, empiricamente controllabile, o usando l'esperienza ordinaria, o, dopo Galilei, usando operazioni di misura nel caso di una formulazione matematica dell'ipotesi.

Il testo aristotelico e della distinzione fra sillogismo dimostrativo matematico e sillogismo ipotetico fisico

Il testo aristotelico della *Fisica* commentato da Tommaso è quello di *Physica*, II, 199b,34 - 200b,9, dove il filosofo greco si domanda «se la necessità in fisica sia *ipotetica* (*ex hypothéseos*) o *semplice* (*aplôs*)» cioè *incondizionata*, come in metafisica o in matematica. Tuttavia, con una profonda differenza fra apoditticità *metafisica* e *matematica*. In metafisica, le premesse sono sempre vere perché nel sillogismo categorico della metafisica esse riguardano *proprietà essenziali* degli enti considerati. In matematica, invece, sono sempre vere perché le premesse nel sillogismo dimostrativo matematico sono *definizioni* di oggetti astratti (universali) creati dalla mente umana – nelle parole di Aristotele, «perché la dimostrazione non suppone nulla di contingente (...) ma solo definizioni» (*An. Post.*, 1,12,78a, 12). In terminologia moderna, trattandosi in ambedue i casi di *implicazioni formali* e non *materiali* esiste anche nel sillogismo dimostrativo matematico la possibilità di

pensiero medievale e quindi moderno, fino alla loro unificazione formalismo di Frege e Russell, dopo il sostanziale contributo di Boole. Sulla questione, si veda la preziosa sintesi del già citato (Davis, 2012), e quanto diremo al riguardo nei **Capitoli 2 e 3**. Per capire perché Boezio, rifacendosi alla sintesi di Porfirio, aveva distinto la logica dei predicati (aristotelica) da quella proposizionale (stoica) denotandoli rispettivamente con “sillogismo categorico” e “sillogismo ipotetico” basta ricordare che nel condizionale “se...allora” del sillogismo categorico le premesse sono considerate comunque “vere”. Viceversa, la regola che governa il condizionale “se...allora”, ben conosciuta dagli stoici nel “sillogismo ipotetico” è che conseguenze vere possono essere derivate, sia da premesse vere che da premesse false. Una situazione quest'ultima che Porfirio così definiva “*se è, allora che cosa c'è, e se non è, allora che cosa c'è*”. Sebbene fosse chiaro che in ambedue i sillogismi *mai* da premesse vere possono essere derivate conseguenze false, regola che è il cuore della *necessità logica*.

andare dalla verità delle premesse a quella delle conseguenze e *viceversa* (“doppia implicazione”)⁸.

Ipoteticità logica e
contingenza ontica

Chiaramente Aristotele nel testo della *Fisica* citato in precedenza sceglie per le dimostrazioni fisiche la prima alternativa, quella delle dimostrazioni ipotetiche, visto il carattere *contingente*, dipendente cioè dal verificarsi/non-verificarsi di un processo causale cui la dimostrazione si riferisce. Di qui il carattere *ex suppositione* o “condizionale se...allora” con premesse *contingenti* (vere e/o false: cfr. nota 7) delle dimostrazioni in fisica. A questo punto Aristotele introduce *implicitamente* il principio della *dualità* fra la necessitazione *fisica* dall’effetto alla causa sul piano *ontico* delle *relazioni reali* fra cose (*res*, realtà fisiche) e la conseguente necessitazione *logica* dalla premessa (che si riferisce alla *causa fisica*) alla conseguenza (che si riferisce all’*effetto fisico*) sul piano delle *relazioni logiche*. A tale scopo, in questo testo, Aristotele mostra con diversi esempi talvolta discutibili per la loro ingenuità l’*ordine inverso* e dunque la *dualità* fra *necessitazione fisica* (causale: dall’effetto alla causa) e *necessitazione logica* (dalla premessa alla conseguenza) del sillogismo ipotetico che si riferisce al processo causale fisico.

Fondazione reale di
una legge fisica di
un processo
causale

Molto più sistematicamente nel suo *Commento* a questo brano, Tommaso, edotto dalla conoscenza della logica stoica che Boezio aveva reso disponibile alla Scolastica medievale, si riferisce ad un ulteriore tipo di *sillogismo dimostrativo* il sillogismo dimostrativo *causale* «*propter quidem*» per le *scienze fisiche* che, a differenza del sillogismo dimostrativo matematico, malgrado sia un *sillogismo ipotetico* e dove dunque sul piano logico sarebbe scorretto pretendere *sempre* che dalla verità della conseguenza sia possibile inferire la verità della premessa perché conseguenze vere possono essere inferite da premesse false, pur tuttavia, laddove la premessa *denoti* una *causa esistente* sul piano *ontico* delle *relazioni reali* fra cose (*res* o «realtà fisiche»), ovvero la conseguenza di un *sillogismo causale* «*quia*» che dall’*esistenza* dell’effetto inferisce l’*esistenza* della causa, *rende fondata* la premessa del sillogismo ipotetico rendendolo dimostrativo in senso causale, *propter quidem*, ovvero capace di fondare una *legge causale fisica* del processo fisico *contingente* cui si riferisce sul piano ontico.

Un’analisi logica
elementare del
commento di
Tommaso

Ecco, perciò, il testo di Tommaso di commento al testo aristotelico appena ricordato che non si sofferma sulle esemplificazioni come faceva

⁸ Cfr. (Berti, 2020, p. 288). Nella tavola della verità dell’implicazione formale non esiste, cioè, la possibilità che la premessa sia falsa. Dunque, abbiamo solo due righe nella tavola: $11 \rightarrow 1$ e $10 \rightarrow 0$, senza le altre due righe del ragionamento ipotetico dell’implicazione materiale $01 \rightarrow 1$ e $00 \rightarrow 1$. Come vedremo subito, sarà Tommaso a rendere tutto questo esplicito nel suo *Commento* perché conosceva la logica stoica del *modus ponens* e del *modus tollens*, ovviamente senza avere a disposizione il formalismo moderno delle tavole di verità

Aristotele per giustificarlo in qualche modo, visto che la logica stoica forniva a lui una chiarezza di principi che lo Stagirita non poteva avere.

Quindi quando [Aristotele] dice “è dunque necessario, etc.” paragona la necessità che è nei processi di generazione di realtà naturali, con la necessità che è nelle scienze dimostrative. Innanzitutto, quanto *all'ordine di necessitazione*; secondariamente in riferimento a ciò che è *il fondamento della necessitazione* (...).

Nelle scienze dimostrative [matematiche] 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 conclusione⁹.

Ma da ciò non consegue l'inverso [nel sillogismo ipotetico], ovvero che, se la conclusione è vera è vera anche la premessa, poiché talvolta da proposizioni false si può inferire (*sylogizari*) una conclusione vera¹⁰.

Pur tuttavia resta il fatto che, se la conclusione è falsa lo è necessariamente anche la premessa¹¹.

In quelle cose però che *avvengono a causa di qualcosa (propter quidem)*, sia *secondo la tecnica [secundum artem]*: gli enti artificiali delle tecnologie] che *secondo la natura [secundum naturam]*: le realtà fisiche¹², quell'inverso di cui sopra ne

⁹ Se la premessa è vera, è vera anche la conclusione: $((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow q$: è la legge logica (tautologia) del *modus ponendo ponens*, dell'inferenza ipotetica in logica delle proposizioni affermata per la prima volta da Diogene Laerzio e quindi ben conosciuta dalla logica stoica greca e medievale.

¹⁰ Si tratta della cosiddetta *fallacia del conseguente* nella logica delle proposizioni: $((p \rightarrow q) \wedge q) \rightarrow p$ che è evidentemente falsa per le sostituzioni $p/0, q/1$. Infatti, $(p/0 \rightarrow q/1) \equiv 1$ in logica delle proposizioni, cosicché nel caso della fallacia avremmo per quelle sostituzioni: $(1 \wedge 1) \rightarrow 0$, ovvero $(1 \rightarrow 0) \equiv 0$.

¹¹ È la legge logica (tautologia) del *modus tollendo tollens* nell'inferenza ipotetica in logica delle proposizioni: $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg p$, di nuovo ben conosciuta dalla logica stoica. Si tratta, in ultima analisi, nell'analisi logica della scienza moderna e del suo metodo ipotetico-deduttivo esteso anche alle matematiche come vedremo nel **Capitolo 3**, della fondazione logica del *falsificazionismo* popperiano, come vedremo nel **Capitolo 4**.

¹² Dove il *secundum naturam* significa: quei processi fisici di generazione di corpi, accadono «*sempre o frequentemente*», cioè attraverso processi fisici *deterministici* o *statistici*, come Tommaso aveva spiegato prima in *In Phys.*, II, l. 13, n.2. I processi di generazione di corpi fisici, nella fisica aristotelica, sono infatti processi che avvengono a partire dalle cause iniziali di un'azione fisica (causa agente) su un sostrato materiale di elementi (causa materiale), e che possono portare a diversi stati finali (effetti) a seconda del *diverso ordinamento* (= *causa formale*) delle cause agenti e materiali. Quindi il nesso di necessitazione causale causa-effetto ha il suo fondamento nella *causalità formale* che «emerge» alla fine del processo – non è, cioè, una «causa iniziale» e per questo è definita *causa formale-finale*. È dunque alla causa formale ciò cui si riferiva Tommaso quando nel testo della Lezione 15 che stiamo qui commentando parlava de «il fondamento della necessitazione fisica». Essa, quindi, può dar luogo a un processo di tipo o deterministico o statistico quando si osservasse il processo stesso «da fuori». Come Berti ha recentemente ricordato (Berti, 2020, p. 285), tale distinzione tommasiana risale ad Aristotele che in diversi passi della *Metafisica* (p.es., II, 1, 995 a, 14-17; VI, 2, 1026 b 27-30) e della *Fisica* (p.es., II, 8, 198 b, 33-35) la ripropone alla lettera.

conseguenze: 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 [*causa*, N.d.R.] *non è, neanche lo stato finale* [*effetto*, N.d.R.] *è* e questo è come nelle dimostrative, se non c'è la conclusione non vi sarà la premessa. (...).

Quindi è conveniente che lo stato finale nelle cose che avvengono in relazione ad esso, tenga il posto che ha la premessa nelle procedure dimostrative. Cioché la similitudine è da entrambi i lati, *sebbene con un'inversione della relazione fra di essi (quamvis e converso videatur se habere)*.

Nei termini del formalismo della TC, si tratta di un *omomorfismo invertibile*, ovvero di un *isomorfismo duale* fra due *categorie algebriche opposte* di oggetti e morfismi¹³, tutte nozioni che illustreremo nella trattazione degli elementi fondamentali della TC alla fine del **Capitolo 3**.

Una simbolizzazione della dualità modale fra necessità causale e necessità logica

In sintesi, nei termini della *logica modale* ben conosciuta da Tommaso ma che qui esprimiamo in terminologia moderna, esiste una *relazione inversa* fra antecedente α e conseguente β nella *modalità aleutica* della necessitazione logica e della necessitazione causale, dove α e β sono meta-simboli di proposizioni. Nella relazione di necessitazione logica (implicazione materiale) $\alpha \rightarrow \beta$, il conseguente β , ovvero la conclusione è la *condizione necessaria* sempre vera, ovvero «è impossibile α e non- β ». In simboli modali: $\neg \diamond (\alpha \wedge \neg \beta)$. Nella relazione inversa di necessitazione causale, invece, $\alpha \leftarrow \beta$ l'antecedente α ovvero la causa è la *condizione necessaria* sempre vera (non si dà effetto senza causa), ovvero «è impossibile non- α e β », in simboli $\neg \diamond (\neg \alpha \wedge \beta)$.

La sua formalizzazione nella TC mediante la teoria dei modelli di Kripke

In altri termini, leggendo l'argomentazione nella formalizzazione della logica della TC delle *verità parziali (locali)* applicata alla logica modale di Kripke – e di cui ci occuperemo nel **Capitolo 4** illustrando le tesi dell'ontologia formale dello RSO e dell'epistemologia formale dello RSE nel formalismo della TC –, Aristotele e Tommaso stanno affermando implicitamente *l'equivalenza duale* della «similitudine invertibile»

¹³ Dove il concetto di *morfismo* in algebra e in TC non va confuso con il concetto classico e insiemistico di *relazione* in TI che, come è noto, da Aristotele in poi, *suppone i relata* cioè gli oggetti (insiemi) fra cui la relazione è definita e quindi suppone il primitivo dello \in dell'appartenenza insiemistica. In questo senso si dice che, mentre la TI (e il calcolo delle relazioni algebrico basato sulla TI) si basa sul primitivo dell'*elementarità insiemistica* o "appartenenza" (*membership* "essere elemento di") \in , la TC si basa sul primitivo del *morfismo* o "freccia" \rightarrow . In questo senso, lo *strutturalismo categoriale* della TC – e in ontologia formale dello RSO – non è lo stesso dello *strutturalismo relazionale* della TI. Tutte nozioni che approfondiremo nel **Capitolo 3**.

(dell'omomorfismo fino all'isomorfismo), cioè, la *bisimilarità* (\Leftrightarrow)¹⁴ fra le due modalità *aletiche* della necessitazione logica $\neg\Diamond(\alpha \wedge \neg\beta)$, e della necessitazione fisica $\neg\Diamond(\beta \wedge \neg\alpha)$. Ovvero, per rendere esplicita quell'*inversione della relazione di similitudine* (isomorfismo *duale*) affermata da Tommaso nel suo testo:

$$\neg\Diamond(\alpha \wedge \neg\beta) \Leftrightarrow \Box(\alpha \rightarrow \beta), \text{ per la necessitazione (entailment) logica}$$

$$\neg\Diamond(\beta \wedge \neg\alpha) \Leftrightarrow \Box(\alpha \leftarrow \beta), \text{ per la necessitazione (entailment) causale.}$$

Sinteticamente, usando il simbolismo del *morfismo limitato* $\xleftarrow{\cong}$ per modelli di Kripke della TC per giustificare questa *universalmente valida verità locale* per una determinata categoria di processi fisici (= verità universale *locale*, concreta e non astratta, di una *legge fisica* nell'ambito di una cosmologia evolutiva, (Patton & Wheeler, 1975)):

$$\Box_{m \leq n} \left((\alpha^* \rightarrow \beta^*) \xleftarrow{\cong} ((\alpha \leftarrow \beta)) \right).^{15}$$

¹⁴ Intuitivamente, nella logica della TC, mentre il simbolo logico di *equivalenza* (\Leftrightarrow) è fra oggetti appartenenti alla medesima *categoria* (algebraica) ovvero alla medesima «collezione di morfismi, oggetti e composizioni di morfismi che conserva la struttura», il simbolo logico della *bisimilarità* (\cong) denota un'*equivalenza duale* fra oggetti appartenenti a due categorie *dualemente equivalenti*. Fra cui, cioè, esiste un *isomorfismo duale* con inversione fra i versi dei morfismi e dell'ordine delle loro composizioni.

¹⁵ L'uso dell'asterisco nella metà logica di sinistra del morfismo limitato è indicativo del fatto che qui usiamo in *maniera controvariante* (con inversione del verso dei morfismi \rightarrow e dell'ordine delle composizioni di morfismi (da $f \circ g$ a $g \circ f$)) il *functore* Ω^*/Ω , ovvero l'omomorfismo fra due *categorie opposte* di oggetti e morfismi. Nello specifico, la categoria (ontica) dei processi fisici e la categoria (logica) delle formule proposizionali che descrivono *validamente* quei processi. Sono tutte nozioni che illustreremo nei **Capitoli 3 e 4** e che qui anticipiamo. In questo senso, l'ontologia formale dello RSO nella logica modale della TC, non solo formalizza l'intuizione aristotelico-tomista della validazione causale del sillogismo dimostrativo *propter quidem* nelle scienze fisiche, ma in generale costituisce il cuore dell'ontologia formale dello RSO ovvero di una Filosofia della Natura formalizzata secondo un approccio realista applicata alla moderna cosmologia evolutiva. È questo della *località* il senso degli indici applicati all'operatore di necessità \Box nella logica modale di Kripke. Ovvero, in una *cosmologia evolutiva*, modellizzata usando la logica modale di Kripke, la verità *parziale* del morfismo limitato è *valida* (per tutte le proposizioni che riguardano un determinato genere naturale di enti fisici, p. es., in biologia la specie degli equini), *solo* per quella *partizione* di tutti gli stati del mondo n in cui quel determinato genere (specie) di enti «è stato, è o sarà» attualmente esistente, in quanto tutti «causalmente accessibili da» uno stato fisico del mondo m in cui quel genere contingente di enti ha cominciato ad esistere, ovvero $\Box_{m \leq n}$ (cfr. (Basti & Ferrari, 2020a; 2020b; Basti, 2022). Ritorniamo nel **Capitolo 6** su questa formalizzazione categoriale della Filosofia della Natura estesa fino ad una metafisica della creazione, basata sulla *Teoria della Partecipazione* dell'essere di Tommaso e perfettamente compatibile con l'attuale cosmologia (e non solo biologia) evolutiva.

La dualità fra
sillogismo *quia* e
propter quid della
logica aristotelica

In questo modo, può essere giustificata l'altra e ben nota dualità aristotelica fra il *sillogismo causale* o *quia* (letteralmente «che») dall'*esistenza* dell'effetto all'esistenza della *causa* (il lato destro del morfismo limitato della formula precedente) che fornisce al *sillogismo dimostrativo causale* «*propter quidem*» (letteralmente «a causa del quale») la sua *premessa fondata* (*sound* o «vera»), così da eliminare la possibilità che la premessa sia falsa e la conseguenza vera come nel sillogismo ipotetico, *non-interpretato* (non-validato) su un nesso causale, nell'ambito della interpretazione categoriale della *funzione-significato* in TC: «il significato è un omomorfismo», ovvero un «morfismo che conserva la struttura» anche fra categorie opposte. In una parola, nei termini della moderna semantica formale (cfr. **Capitoli 3-4**) qui siamo di fronte alla giustificazione formale della *teoria dei modelli* del realismo naturalista aristotelico-tomista, che non casualmente ha nella formalizzazione in TC della teoria dei modelli di Kripke per *verità locali* (*parziali e relative*) una sua potente formalizzazione, quella dello RSO.

Necessità della TC
per formalizzare
modernamente
l'intuizione
aristotelico-tomista

In sintesi, questa profonda analisi logica tommasiana può essere formalizzata, usando il metodo assiomatico della scienza moderna, solo nell'ambito del metalinguaggio della TC che costituisce il punto di arrivo della moderna Teoria dei Fondamenti della logica e della matematica che ricostruiremo nel **Capitolo 3**. Ed infatti nel **Capitolo 4**, quando avremo a disposizione gli strumenti formali di base per comprendere la TC, nel contesto moderno dell'estensione del *metodo ipotetico-deduttivo* anche alle matematiche, torneremo su una sistematizzazione dell'articolata teoria medievale del sillogismo che appare – come abbiamo appena visto – tutt'altro che banale (*sillogismo categoriale*, in metafisica; *sillogismo dimostrativo* in una matematica non-ipotetica; *sillogismo causale* «*quia*» ontico; *sillogismo ipotetico* in fisica; *sillogismo dimostrativo causale* «*propter quidem*» in fisica-matematica e in ontologia formale).

0.5.3 La perdita della fondazione aristotelica delle verità ipotetiche in fisica e le conseguenze per la questione galileiana

La perdita della
teoria aristotelica
sul pensiero
ipotetico e Galilei

Come Enrico Berti ha sintetizzato in diversi suoi studi sulla questione (cfr. (Berti, 2020) e la bibliografia ivi citata) la dottrina aristotelica della fondazione causale della verità locale delle ipotesi della scienza fisica si è andata progressivamente perdendo, certamente con il prevalere dell'uso del *metodo matematico* nelle scienze fisiche già durante il Rinascimento¹⁶ che ha

¹⁶ In particolare, grande influenza nel Medioevo e nel Rinascimento soprattutto italiano ha avuto l'opera del matematico e astronomo italiano Jordanus Nemorarius (1225-1260)

raggiunto in Galilei il suo apice, ma soprattutto – anche se questo di solito non viene notato almeno nei testi divulgativi – dall'*oblio della logica modale* nel Rinascimento e nell'età moderna che rendeva inconcepibile la distinzione in logica aletica fra *necessità ontica* (causale) legata alle relazioni *reali* fra le cose nei processi fisici, e *necessità logica* legata alle relazioni *logiche* fra oggetti linguistici (proposizioni) e/o di pensiero (giudizi).

L'erronea interpretazione della teoria aristotelica come teoria del *regressus*

La conseguenza fu che nella Scolastica Moderna la dimostrazione che va dall'esistenza dell'effetto a quella della causa è stato sistematicamente identificato – mediante la cosiddetta «teoria del *regressus*» – con quella che nelle scienze matematiche nella loro interpretazione apodittica (verità incondizionata della premessa) va dalla conclusione alla premessa. Una interpretazione apodittica della matematica basata sul principio di evidenza cartesiano che è rimasta tale fino alla scoperta delle geometrie non-euclidee (cfr. **Capitolo 1**) con la nascita del *metodo assiomatico* grazie a Riemann per l'abbandono del principio di evidenza, e, definitivamente, fino alla soluzione delle antinomie in TI (cfr. **Capitolo 3**) che hanno dimostrato il carattere *necessariamente ipotetico-deduttivo* anche delle scienze matematiche assiomatizzate.

In particolare, nota sempre Berti (Berti, 2020), ai tempi di Galilei, era il filosofo e logico aristotelico padovano Jacopo Zabarella (1533-1589) che nella sua *Opera logica* (1578) ha sviluppato sistematicamente questa dottrina del *regressus* mediante il suo «metodo risolutivo» – che si applicava indistintamente in metafisica, matematica e fisica –, influenzando direttamente Galilei. Galilei, infatti, sebbene rifiutasse la fisica aristotelica, tuttavia accettò in pieno la dottrina logica (pseudo-)aristotelica di Zabarella e del suo «metodo risolutivo», cadendo nell'errore che le *evidenze sperimentali misurabili*, dedotte dalle *ipotesi matematiche* di partenza – nel caso, l'ipotesi eliocentrica di Copernico – potessero essere usate come *verifiche* della validità delle ipotesi matematiche stesse così da dimostrarne la loro *verità*. Nella convinzione, in tal modo, di seguire una logica aristotelica, il che

(italianizzato nel nome di Giordano Nemorario (di Nemi?)) che scrisse importanti trattati sugli algoritmi o «aritmetica pratica», sull'aritmetica pura, sull'algebra e sulla geometria, ma soprattutto un importante trattato di meccanica dal titolo *De Ponderibus* in cui dava una descrizione matematica corretta del «moto della sfera sul piano inclinato». Ora, il riferimento al peso come *causa* del moto della sfera evidenziava che la sua descrizione matematica del moto era legata a un'ontologia causale del moto stesso legata alla natura del corpo e quindi si sviluppava nell'ambito di una fisica aristotelica. Attraverso l'edizione di questo trattato di Nemorario da parte di Niccolò Fontana Tartaglia (1499-1557) (era balbuziente!) pubblicata a Venezia nel 1556, la trattazione matematica del moto della sfera sul piano inclinato arrivò fino a Galilei che la reinterpretò nell'ambito della sua legge geometrica della caduta dei gravi in cui il *peso* e quindi la natura del corpo non avevano nessun ruolo! (cfr. *infra*).

rendeva a lui incomprensibili le critiche che gli muovevano Bellarmino e, dopo la morte del Bellarmino, l'Inquisizione, il Padre Ricciardi in testa.

Il metodo del
regressus

Così Berti sintetizza questa esiziale confusione legata al metodo del *regressus*:

Nel XVI secolo la distinzione fra fisica e matematica ha finito per essere generalmente abbandonata con l'elaborazione del metodo del cosiddetto *regressus*, applicabile indistintamente a tutte le scienze, siano esse fisiche, che matematiche o metafisiche. Esso consiste approssimativamente: a) in un primo percorso che in fisica va dagli effetti alle cause, cioè dall'esperienza ai principi, e in matematica va dalle conseguenze alle premesse, o dai teoremi (che prima di essere risolti erano problemi) agli assiomi o alle definizioni, chiamato *metodo risolutivo* o «analisi», e che viene identificato con quella che Aristotele chiamava la «dimostrazione *quia*» e gli scolastici «dimostrazione *a posteriori*»; e b) in un secondo percorso, complementare al primo, che in fisica va dalle cause agli effetti, cioè dai principi alle esperienze, e in matematica va dalle premesse alle conclusioni, chiamato *metodo compositivo* o «sintesi», e che viene identificato con quella che Aristotele chiamava «dimostrazione *a causa di qualcosa (propter quidem)*» e gli scolastici «dimostrazione *a priori*» (Berti, 2020, p. 289).

Come si vede l'abbandono della logica modale ha portato la Modernità ai suoi inizi a confondere la dimensione *ontica* (causale), *logica*, ed *epistemica* della necessitazione, che invece oggi siamo in grado di nuovo di distinguere, e con un rigore formale sconosciuto anche al Medio Evo.

0.5.4 Il metodo galileiano come metodo della scienza moderna

Il metodo galileiano
come metodo della
scienza moderna e
segreto dei suoi
successi

A questo punto, è bene chiarire qual'è, al di là dei limiti storici e culturali, il contributo imperituro di Galilei alla storia della scienza che fa di Galileo Galilei (1564-1642) il “padre della scienza moderna” e del metodo della scienza moderna, il *metodo galileiano*, appunto. Metodo cui vanno ascritti tutti gli indubbi successi della scienza moderna stessa in questi ultimi quattrocento anni.

Passaggio dalla
spiegazione
mediante cause alla
spiegazione
mediante leggi

Innanzitutto – anche se sarà poi Newton ad affermare esplicitamente questo (cfr. **Capitolo 2**) – «spiegare» i fenomeni e/o gli eventi naturali, vuol dire per la scienza moderna non ricercarne le *essenze* o le *cause* come nell'ontologia della fisica aristotelica, ma *le leggi matematiche* con cui rendere questi fenomeni/eventi *predicibili* dal ragionamento matematico e *riproducibili* sperimentalmente. Per dire la stessa cosa in termini galileiani, alla scienza naturale, innanzitutto, alla fisica (meccanica e astronomia, oggetti principali delle sue ricerche) non spetta di «tentare le essenze», ovvero mettere alla prova dell'evidenza empirica del *sensu comune* la verità di certe definizioni delle essenze o della natura degli enti/eventi fisici, come si affermava nell'aristotelismo rinascimentale, ma:

I due passi
fondamentali del
metodo

1. Formulare delle *ipotesi circa le leggi matematiche* che governano gli enti e/o gli eventi fisici oggetto dell'indagine;
2. Controllare sperimentalmente la veridicità delle ipotesi mediante *operazioni di misura* sugli enti/eventi oggetto dell'indagine, misure (p.es., sulla posizione e velocità relative di un corpo in movimento) derivate dalle ipotesi matematiche di partenza.

L'esempio della
legge galileiana sul
moto dei gravi in
meccanica

Così, la grande scoperta di Galilei, ossia la cosiddetta *legge del moto dei gravi* consiste nel rendere predicibile o «esattamente descrivibile» il moto dei corpi – ovvero, matematicamente, il rapporto s/t fra spazio percorso e tempo impiegato – (p.es., nel caso delle osservazioni sperimentali di Galilei, di un corpo in caduta libera, di un pendolo che oscilla, di una sfera su un piano inclinato variando l'angolazione del piano stesso) usando l'unica legge matematica (riscritta nei termini algebrici precisi di Newton): $z_t = z_0 \pm 1/2 g t^2$. Dove z_t è la posizione (p.es., l'altezza) al momento t , z_0 è la posizione iniziale al momento $t = 0$, g è la costante gravitazionale, t è il tempo, e \pm sta per la direzione del moto (p.es., verso il basso e/o verso l'alto). Ora se guardiamo alla legge matematica (polinomio), essa appare assolutamente indipendente dal *peso* – diversamente da quanto supponeva Giordano Nemorario (cfr. nota 16) e quindi dalla natura (essenza) del corpo. Non è, cioè, una dimostrazione *propter quidem* o «causale» nel senso aristotelico¹⁷, ma una spiegazione puramente matematica, anzi *geometrica* del moto stesso.

Galilei, Descartes e
Newton con Leibniz
come «padri della
scienza moderna»

Tutto questo, sebbene per passare alla formulazione newtoniana della legge sopra riportata come polinomio algebrico, occorre prima il risultato ottenuto da René Descartes (1596-1650). Ovvero «l'invenzione» della moderna *geometria analitica*, a partire dalla scoperta che ogni figura geometrica può essere interpretata come la soluzione per diversi valori delle variabili, disegnata su un *grafico cartesiano*, di un'equazione algebrica (polinomio). Scoperta che mai avrebbe potuto fare Galilei che rifiutava l'algebra, rifiutandosi addirittura di insegnarla, malgrado fosse professore di matematica, ma senza la quale sarebbe stato impossibile lo sviluppo del *calcolo*

¹⁷ Perché un sillogismo causale *propter quid* diventi effettivamente dimostrativo non basta grazie al sillogismo *quia* aver posto la *causa* fra le premesse, ma anche aver posto l'*essenza* dell'ente/evento oggetto della dimostrazione (cfr. l'esempio «illuminante» in senso letterale (riguarda la luminosità (effetto) dei corpi celesti come dipendente in maniera *essenziale e quindi universale* dalla distanza dall'osservatore (causa)) nei testi di Aristotele e Tommaso. In questo senso la dimostrazione matematico-sperimentale del Nemorario del moto come dipendente causalmente dal peso era un «tentare l'essenza» in senso galileiano. Avere un'evidenza sperimentale matematizzabile di una proprietà essenziale di un corpo (la quantità di materia (massa) di cui esso è composto e quindi il suo peso) come *causa* del suo moto su un piano inclinato.

differenziale-integrale ad opera di Isaac Newton (1643-1727) e di Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Ecco perché Galilei, Descartes, Newton e Leibniz sono i *padri della scienza e della filosofia moderne*, come approfondiremo nel **Capitolo 1**.

Collegamento fra la legge di Galilei e Archimede

Per esemplificare, tornando alla formulazione algebrica newtoniana della legge galileiana del moto dei gravi (corpi), se eliminiamo le costanti dall'equazione algebrica suddetta, cioè $z_0, 1/2, g$, vedremo che il rapporto che lega le due variabili spazio e tempo, z_t e t , nella legge matematica del moto scoperta da Galilei, va come $y = x^2$ che è l'equazione algebrica della *parabola*. Una delle tre *curve coniche* le cui equazioni erano ben conosciute dall'antichità greca, in particolare a partire dall'opera di Archimede, e reintrodotte nel Rinascimento italiano – come altresì l'opera di Giordano Nemorario – grazie all'edizione latina fattane da Tartaglia e pubblicata nel 1543, *Opera Archimedis Syracusani philosophi et mathematici ingeniosissimi* (Cfr. **Figura 0-1**).

Invenzione galileiana della cinematica e newtoniana della dinamica come componenti della moderna meccanica

Questo rapporto fra *meccanica* (scienza dei moti) e *geometria* fa di Galilei l'inventore della cosiddetta *cinematica*, ovvero della scienza della rappresentazione geometrica dei moti, in quanto distinta dalla *dinamica* ovvero della scienza della rappresentazione matematica dei moti in termini di *forze* che agiscono su di essi e per la quale dovremmo aspettare Newton, *l'invenzione del calcolo* e quindi la sua *Seconda Legge* della meccanica (dinamica), ovvero della proporzionalità (rapporto lineare) fra *forza, massa e accelerazione* $f = ma$ (Cfr. **Capitolo 1**).

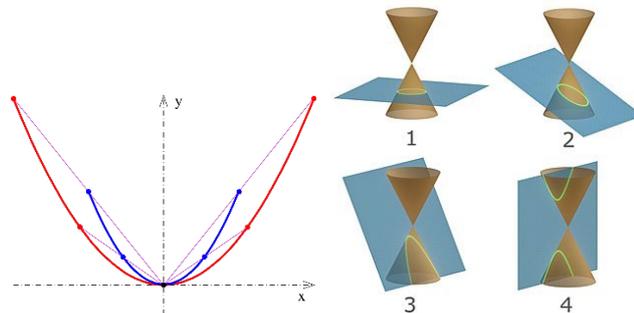


Figura 0-1. (Sinistra). Rappresentazione dell'equazione della parabola $y = ax^2$ (dove a è il parametro di convessità) per $y = 2x^2$ (blu) e, scalando uniformemente di un fattore 2, per $y = x^2$ (rosso), la parabola unitaria¹⁸. **(Destra)** le quattro curve coniche (1: circonferenza; 2: ellisse;

¹⁸ Da: By Ag2gach - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56623764>.

3: parabola; 4: iperbole) che si ottengono in geometria euclidea come altrettante intersezioni della superficie di un cono da parte di un piano¹⁹.

L'implicita ontologia platonica che guidava Galilei

Alla luce della scoperta della cinematica galileiana, si comprende l'*ontologia platonica* che guidava Galilei nella sua ricerca e che è espressa in questo famoso passo del cap. VI del suo *Saggiatore*, come giustificazione ontologica del suo metodo matematico-sperimentale basato sulla *misurazione* di grandezze.

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

L'interrogazione attiva della natura mediante l'ipotesi matematica e la misura sperimentale

La novità della riproposta galileiana del platonismo ad opera di Galilei si evince dal fatto che per conoscere la natura occorre non «contemprarla», come si affermava nel platonismo antico, ma attivamente «interrogarla» attraverso l'esperimento. Ovvero, se vogliamo che la natura risponda alle nostre domande, occorre interrogarla partendo da ipotesi matematiche da cui derivare possibili misurazioni quantitative sperimentali. Parlando il suo linguaggio, essa così ci risponderà svelandoci le leggi matematiche, di tipo geometrico che la rendono intellegibile. Si tratta evidentemente di un'ontologia di tipo *essenzialista* platonico-pitagorico – «le idee (essenze) sono come numeri», diceva Platone, corrispondenti a partire dal 3 (1+2) e quindi dal triangolo ad altrettante figure geometriche per Pitagora (cfr. **Capitolo 5**) senza usare *numeri negativi* come in algebra, ma solo *interi positivi*. Tutto questo rende modernamente comprensibile l'iscrizione che si dice campeggiasse sulla sede dell'Accademia di Platone in Atene dove era scritto: «Qui non entri chi non sa di geometria».

La lettura del metodo galileiano come ricerca di una conferma sperimentale della verità del platonismo

Si comprende allora perché uno dei più grandi storici della scienza moderna, Alexandre Koyré, affermasse a tal proposito:

Se tu reclaims per la matematica uno stato superiore, se per lo più le attribuisi un valore reale e una posizione dominante nella fisica, sei platonico. Se invece vedi nella matematica una scienza astratta che ha perciò un valore minore di quelle – fisica e metafisica – che trattano dell'ente reale, se in particolare affermi che la fisica non ha bisogno di altra base che l'esperienza e dev'essere costruita direttamente sulla percezione, che la matematica deve accontentarsi di una parte secondaria e sussidiaria sei un aristotelico. In questo dibattito non si pone in discussione la certezza delle dimostrazioni geometriche, ma l'Essere. E neppure l'uso della matematica nella scienza fisica – nemmeno gli aristotelici avrebbero mai negato il

¹⁹ Da: Jens Vyff, CC BY-SA 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>.

diritto di misurare ciò che è misurabile e di contare ciò che è numerabile – bensì la struttura della scienza e quindi la struttura dell'essere. (...) È evidente che per i discepoli di Galileo, come per i suoi contemporanei e predecessori, matematica significa platonismo. (...) Il *Dialogo* e i *Discorsi* ci narrano così la storia della scoperta o, meglio, della riscoperta del linguaggio parlato dalla natura. Ci spiegano la maniera di interrogarla, cioè contengono la teoria di quella ricerca sperimentale in cui la formulazione dei postulati e la deduzione delle loro conseguenze precede e guida l'osservazione. Questa poi, almeno per Galileo è una prova «di fatto». La nuova scienza è per lui una prova *sperimentale* di platonismo (Koyré, 1980, p. 160.163.167).

L'errore di Galilei che non inficia il suo metodo è quello di cercare nella conferma sperimentale una prova dimostrativa della verità dell'ipotesi

Come, abbiamo visto, siffatta “prova sperimentale di platonismo” fu per Galilei fu l'erronea applicazione del *metodo risolutivo* di Zabarella alle ipotesi matematiche in fisica e alle misurazioni / osservazioni che ne derivavano, a fornire a lui la via per provare, erroneamente, anche la *verità* o *fondatezza* (*soundness*) della premessa e quindi dell'ipotesi eliocentrica copernicana. Così facendo, però, senza le confusioni del metodo risolutivo, si cadeva in quella che Tommaso applicando il medesimo principio alla pretesa di voler empiricamente provare la verità dell'ipotesi opposta tolemaica (cfr. § 0.5.2.2), ci ricordava essere una *fallacia*. Quella che con terminologia moderna si chiama la *fallacia del conseguente*, visto che conseguenze vere nel ragionamento ipotetico possono derivare da premesse false, o comunque da premesse diverse da quelle supposte. Si capisce quindi quanto enorme fosse l'errore di Zabarella – che ai tempi di Galilei passava per il più prestigioso dei logici aristotelici – e quanto fosse scaduto dal punto di vista logico l'aristotelismo rinascimentale rispetto a quello medievale!

Il cannocchiale di Galileo e Copernico

In ogni caso, errori logici a parte, Galilei è diventato famoso, per lo sviluppo di ingegnosisime tecniche sperimentali, come il suo famosissimo *orologio ad acqua*, usando le precise bilance degli orafi fiorentini, per confermare sperimentalmente la sua relazione quadratica $s = t^2$ della legge della caduta dei gravi. Ma soprattutto per l'invenzione del *cannocchiale* a 20 ingrandimenti, sostanzialmente modificando il cannocchiale a 8 ingrandimenti già usato dai marinai olandesi, mediante l'allontanamento delle due lenti, mediante cui fu possibile per la prima volta nella storia dell'umanità l'osservazione *strumentale* del cielo.

La conferma (non verifica!) dell'ipotesi di Copernico e la confutazione di quella di Tolomeo

Attraverso questo strumento, Galilei poté *confermare* (non verificare!) l'ipotesi eliocentrica di Copernico, e (dimostrativamente, questo sì) *confutare* definitivamente – con quello che Francesco Bacone (1561-1625) definirà in seguito nel suo *Novum Organum* (1621) un *experimentum crucis*,

«esperimento cruciale»²⁰ – l'ipotesi geocentrica, matematicamente molto raffinata, di Claudio Tolomeo (II sec. d.C.) della teoria degli *epicicli*²¹.

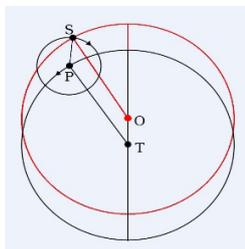


Figura 0-2. Rappresentazione dell'epiciclo del sole *S* con centro *P* sulla sua rispettiva sfera celeste (circonferenza di colore nero o «deferente dell'epiciclo») che ha – come le altre sfere celesti – nella terra *T* il suo centro. Il risultato è come se il sole si muovesse su una sfera eccentrica (circonferenza rossa) con centro *O* rispetto alla terra *T*, così da «salvare i fenomeni», ovvero che il sole d'estate è più vicino alla terra che d'inverno.

Essa infatti, di per sé, finché si osservava il cielo a occhio nudo, forniva previsioni più accurate di quelle di Niccolò Copernico (1473-1543). Copernico, infatti, supponendo orbite sostanzialmente *circolari* dei pianeti intorno al sole – e non *ellittiche* come più tardi farà Giovanni Keplero (1571-1630) mediante le sue famose *tre leggi sulle orbite dei pianeti* che segnano il vero inizio dell'astronomia moderna –, non poteva giustificare le diverse distanze dei pianeti stessi, innanzitutto la terra, dal sole nelle loro rivoluzioni intorno al medesimo.

²⁰ Di per sé questo libro fu scritto per esaltare su base empirista la nuova Rivoluzione Scientifica in quanto fondata sull'osservazione sperimentale, anche se non per individuare come Galilei la legge matematica soggiacente al fenomeno osservato, ma, aristotelicamente, la forma, la natura o essenza del corpo fisico osservato.

²¹ Val la pena di ricordare che la teoria degli epicicli, fu proposta nella prima volta da Apollonio di Perga alla fine del III sec. a.C., usata sistematicamente da Ipparco di Rodi come correzione all'ipotesi geocentrica di Eudosso (IV sec. a.C.) fatta propria da Aristotele «suo compagno di banco» all'Accademia platonica. Tolomeo, matematico e astronomo della scuola di Alessandria, diede alla teoria degli epicicli una straordinaria (per quei tempi) precisione matematica, confermata oggi usando l'analisi di Fourier, che ha dimostrato come una qualsiasi curva uniforme può essere approssimata con accuratezza arbitraria da un sufficiente numero di epicicli. Solo la teoria (ipotesi sperimentalmente confermata) di Keplero del moto ellittico dei pianeti intorno al sole (= uno dei fuochi dell'ellisse) si è dimostrata superiore a quella degli epicicli, soprattutto perché da essa deriva direttamente *la legge della gravitazione universale* di Newton, in cui la forza gravitazionale scala col quadrato delle distanze. Di fatto però l'ipotesi tolemaica di sfere che intersecano le sfere celesti per giustificare la distanza diversa dei pianeti rispetto al sole non erano compatibili di per sé con la teoria aristotelica, anche se bisognava matematicamente ammetterla per «salvare i fenomeni».

Le fondamentali osservazioni astronomiche di Galilei a conferma del modello Copernicano

Galilei col suo cannocchiale poté infatti fare delle scoperte fondamentali in gran parte (anche se non tutte) raccolte nel suo *Sidereus Nuncius* pubblicato nel 1610, a sostegno dell'ipotesi eliocentrica. Per esempio, l'osservazione che i pianeti si muovevano nel vuoto – e non come infissi su sfere celesti cristalline fatte di *etere* in moto concentrico rispetto alla terra, come nella teoria geocentrica di Eudosso fatta propria da Aristotele. Oppure, l'osservazione delle macchie sulla superficie solare e l'osservazione della superficie della luna che era come un deserto pieno di crateri, sebbene le due osservazioni principali che confermavano il modello eliocentrico, la scoperta dei satelliti di Giove e delle fasi di Venere, avvennero successivamente alla pubblicazione del *Sidereus Nuncius*.

L'immediata ripetizione delle osservazioni di Galilei come primo esempio dell'effettività del metodo galileiano

Quello che è sorprendente è che la scoperta di Galilei, grazie alla pubblicazione del *Sidereus*, fu nel giro di alcuni mesi replicata da molti altri astronomi in Europa, Keplero incluso, che si costruirono un cannocchiale analogo a quello di Galilei e ripeterono le medesime osservazioni. Si tratta dunque del primo esempio della potenza del metodo galileiano della scienza moderna, basata sulla chiarezza *del modello matematico* e della sua conferma/confutazione ripetendo il medesimo esperimento, essendo stato definito con precisione anche *l'apparato sperimentale* (il cannocchiale) con cui ripetere l'osservazione/misura.

La questione galileiana nel suo nucleo e nel suo svolgersi

Vista dunque la sua rilevanza, conviene che riepiloghiamo storicamente e teoricamente le varie tappe della *questione galileiana* della contrapposizione fra Galilei e la Chiesa cattolica, che dal '500 conducono fino ai nostri giorni. Tale questione si è conclusa, nel XX secolo, con la cosiddetta *riabilitazione di Galilei*, da parte della Chiesa Cattolica nel 1992 e, da parte della scienza, con il chiarimento definitivo del ruolo della prova sperimentale nel *metodo ipotetico-deduttivo* nell'epistemologia della scienza moderna ad opera del cosiddetto «falsificazionismo» di Karl Raimund Popper di cui ci occuperemo nel **Capitolo 4**. Il falsificazionismo popperiano, infatti, corregge l'errore epistemologico di pretendere che le osservazioni e le misurazioni sperimentali possano *verificare*, ovvero «provare dimostrativamente» le ipotesi matematiche di partenza, nella fattispecie quella copernicana. Un errore dal quale, peraltro, si corresse Galileo stesso, innanzitutto per il contributo di chiarificazione che gli fornì il Cardinale Roberto Bellarmino (1542-1621), il quale, come nota Berti, non fece altro che applicare all'ipotesi copernicana i principi logici sul ragionamento ipotetico così ben chiariti da Tommaso riguardo l'ipotesi matematica tolemaica opposta a quella copernicana (cfr. § 0.5.2.2 e nota 21).

0.5.5 La questione galileiana: una ricostruzione storico-critica

Il motivo psicologico dell'incomprensione fra Galilei e la Chiesa

Alla luce delle scoperte fatte grazie al suo cannocchiale, si comprende allora come Galilei non riuscisse a capire l'ostracismo della Chiesa rispetto al nuovo metodo matematico nella scienza fisica e dell'astronomia copernicana, in nome di un arroccamento degli ecclesiastici sulle vetuste posizioni dell'aristotelismo scolastico. Esse, infatti, non facevano progredire di un millimetro la conoscenza della natura, visto che la confusione logico-epistemologica circa il metodo del *regressus* avevano condotto l'aristotelismo rinascimentale a difendere l'assurda tesi che Aristotele per primo avrebbe rifiutato – come noterà correttamente Galilei stesso nel *Dialogo* – di pretendere che i principi della fisica fossero dedotti da quelli della metafisica.

La nuova scienza come via parallela alla Scrittura

In ogni caso, almeno all'inizio, Galilei – sincero e fervente credente cattolico – la sua fede nel Dio Creatore lo portava a credere sinceramente che la «nuova fisica» da lui inaugurata potesse costituire una *strada parallela a quella della rivelazione* per conoscere Dio. Se Dio è l'Autore dell'universo, e l'universo è un libro scritto in linguaggio matematico, vuol dire che esiste un altro linguaggio oltre quello delle metafore bibliche per riuscire a conoscere il pensiero di Dio.

Il tranello neo-gnostico in cui stava inconsapevolmente cadendo Galilei

Galilei non si rendeva conto, però, del tranello *neo-gnostico* in cui una dottrina del genere, apparentemente innocua, poteva far cadere la discussione sui rapporti fra la «nuova scienza» da lui inaugurata e la religione in generale, non solo cattolica. Tale preoccupazione era celata dietro a quelle esplicite del Bellarmino, anche se questa deviazione si evidenzierà in pieno con il pensiero di Baruch Spinoza, come vedremo fra poco.

Una cronologia della questione galileiana fino ai nostri giorni

Siccome, a partire dal 1984, sono stati pubblicati gli *Atti del Processo di Galileo* (Pagano, 2009), sono disponibili anche diverse cronologie della questione galileiana che, ripeto, dalla fine del XVI sec. arriva fino a noi. Nella nostra ricostruzione ci serviremo così di (Finocchiaro, 2008, pp. 17-25).

- ◆ **1543.** N. Copernico pubblica il libro *Sulle rivoluzioni delle sfere celesti*, morendo nello stesso anno.
- ◆ **1545.** La Chiesa cattolica convoca il Concilio di Trento per affrontare la Riforma protestante, e inizia la Controriforma Cattolica; il Concilio concluderà i suoi lavori solo nel 1563.
- ◆ **1564 15 febbraio.** Galileo nasce a Pisa che fa parte del Granducato di Toscana, governato dalla Casa dei Medici.
- ◆ **1574.** La famiglia di Galileo si trasferisce a Firenze, capitale del Granducato.

- ◆ **1581.** Galileo si iscrive all'Università di Pisa in medicina e studia matematica privatamente. Nel 1585 se ne va senza laurea.
- ◆ **1589.** Galileo diventa professore di matematica all'Università di Pisa, dove insegna per i successivi tre anni. Mentre è lì, scrive un'opera *Sul Moto* ma non la pubblica.
- ◆ **1592.** Galileo lascia Pisa e diventa professore di matematica all'Università di Padova, che fa parte della Repubblica di Venezia.
- ◆ **1594.** Galileo termina la stesura di un trattato sulla meccanica pratica iniziato l'anno precedente; ancora una volta, è per uso studentesco e non viene pubblicato.
- ◆ **1597.** Galileo scrive, sempre per uso studentesco e senza pubblicarlo, un *Trattato sulla sfera*, o *Cosmografia*.
- ◆ **1600.** Il frate domenicano Giordano Bruno viene condannato per eresia e bruciato sul rogo dall'Inquisizione di Roma. Galileo e sua moglie, Marina Gamba, hanno una figlia di nome Virginia.
- ◆ **1601.** Muore l'astronomo danese Tycho Brahe nel 1601. Una seconda figlia, Livia, è nata da Galileo e Marina.
- ◆ **1604.** Galileo è convinto della verità delle due *leggi sulla caduta dei gravi* e riesce a derivarle da qualche principio più fondamentale: la legge dei quadrati, secondo la quale la distanza attraversata da un corpo in caduta libera è proporzionale al quadrato del tempo trascorso; e la legge dei numeri dispari, secondo la quale in caduta libera, le distanze percorse in tempi uguali successivi aumentano come i numeri dispari a partire dall'unità.
- ◆ **1605.** Durante le vacanze estive, Galileo fu nominato tutore del quindicenne principe Cosimo II de' Medici.
- ◆ **1606.** Galileo pubblica a Padova un libretto intitolato *Operazioni mediante compasso geometrico e militare*, contenente istruzioni sull'utilizzo di uno strumento di sua invenzione che effettua rapidi calcoli per risolvere problemi ingegneristici e militari. Un figlio di nome Vincenzo nacque da Galileo e Marina.
- ◆ **1609:** L'astronomo tedesco Johannes Kepler pubblica la sua Nuova Astronomia, contenente le prime due delle sue famose tre leggi del moto planetario ellittico.
- ◆ *Febbraio:* Cosimo II diventa granduca di Toscana, dopo la morte del padre Ferdinando I.
- ◆ *Giugno:* Galileo afferma di essere giunto a diversi principi teorici corretti alla base delle leggi dei corpi in caduta.
- ◆ *Estate:* Galileo costruisce il suo primo telescopio.
- ◆ *Autunno:* Inizia ad osservare i cieli con il telescopio e a fare varie scoperte.

- ◆ **1610** *13 marzo*. Il *Sidereus Nuncius* di Galileo viene pubblicato a Venezia, descrivendo la sua scoperta di montagne sulla luna, satelliti di Giove, nuove stelle fisse e la composizione stellare della Via Lattea e delle nebulose.
- ◆ *19 aprile*. Keplero invia la sua «Dialogo con il Messaggero Siderale» a Galileo, sostenendo le nuove scoperte.
- ◆ *10 luglio*. Cosimo II de' Medici nomina Galileo "Filosofo e Responsabile Matematico" del Granducato di Toscana.
- ◆ *Estate*. Galileo osserva Saturno come fossero «tre pianeti», un puzzle che è stato risolto solo dopo la sua morte quando osservazioni migliori hanno mostrato a Saturno di avere anelli.
- ◆ *Settembre*. Galileo lascia Padova e si trasferisce definitivamente a Firenze.
- ◆ *Autunno*. Galileo osserva le fasi di Venere.
- ◆ **1611**. Keplero pubblica a Francoforte un resoconto delle sue osservazioni sui satelliti di Giove, supportando ulteriormente Galileo.
- ◆ *25 aprile*. Galileo viene nominato membro dell'Accademia dei Lincei, fondata nel 1603 da Federico Cesi
- ◆ *13 maggio*. Il Collegio Romano dei Gesuiti tiene una riunione speciale in cui, alla presenza di Galileo, padre Odo van Maelcote tiene una conferenza in cui loda il *Sidereus Nuncius*.
- ◆ **1612**: Galileo pubblica a Firenze il suo *Discorso sui corpi nell'acqua*, tentando di risolvere una controversia con i filosofi aristotelici.
- ◆ **1613** *22 marzo*. *La storia e le dimostrazioni sulle macchie solari* di Galileo è pubblicata a Roma, patrocinata dall'Accademia dei Lincei; contiene una raccolta di lettere scambiate con l'astronomo gesuita tedesco Christoph Scheiner.
- ◆ *21 dicembre*. Dopo che il suo ex allievo Benedetto Castelli riferisce che le opinioni di Galileo sono state criticate alla corte ducale per motivi scritturali, Galileo scrive una confutazione dell'argomento secondo cui il copernicanismo è sbagliato perché contraddice la Scrittura; la confutazione di Galilei è sotto forma di lettera privata a Castelli.
- ◆ **1614** *21 dicembre*. Nella chiesa di Santa Maria Novella a Firenze, il frate domenicano Tommaso Caccini predica un sermone contro i matematici in generale e Galileo in particolare, sulla base del fatto che hanno credenze contrarie alla Scrittura, così come gli eretici.
- ◆ **1615** *gennaio*. Il frate Carmelitano Paolo Antonio Foscarini pubblica a Napoli un libro intitolato Lettera sull'opinione dei Pitagorici e di Copernico, circa il moto della terra e della stabilità del sole, e circa il nuovo sistema pitagorico del cosmo; sostiene che il copernicanismo è compatibile con le Scritture e probabilmente vero.

- ◆ *6 febbraio*: Christoph Scheiner invia a Galileo, insieme a una cortese lettera, una copia di un libro (*Ricerche matematiche sulle novità e controversie astronomiche*) scritto da uno dei suoi discepoli (Johannes Locher); in esso i sostenitori del moto della terra vengono attaccati violentemente. Galileo includerà alcune dure critiche a questo libro nel suo *Dialogo* (1632).
- ◆ *Febbraio*: il frate domenicano Niccolò Lorini invia una denuncia formale contro Galileo al cardinale Paolo Sfondrati (Membro dell'Inquisizione e Prefetto dell'Indice).
- ◆ *Marzo*: Caccini dà una deposizione all'Inquisizione di Roma, accusando Galileo di sospetto di eresie, sulla base del contenuto della sua *Lettera a Castelli* e del suo libro sulle *Macchie solari*.
- ◆ *Aprile*: Il Cardinale Roberto Bellarmino, influente teologo e membro delle Congregazioni dell'Inquisizione e dell'Indice, risponde alla richiesta privata di Foscarini di un parere sulla sua *Lettera sul moto della terra*. La lettera di Bellarmino afferma esplicitamente che le sue osservazioni si applicano sia a Galileo che a Foscarini, sostenendo la necessità di affermare il carattere ipotetico della teoria copernicana.
- ◆ *Primavera ed estate*: Galileo espande la sua *Lettera a Castelli* nella *Lettera alla Granduchessa Cristina* e scrive le sue «Considerazioni sull'opinione copernicana» in risposta alla lettera di Bellarmino a Foscarini.
- ◆ *Dicembre*: Dopo un lungo ritardo dovuto alla malattia, Galileo si dimette a Roma dai Lincei, per difendere se stesso e la dottrina copernicana dall'accusa di eresia.
- ◆ **1616** *8 gennaio*: Su richiesta del Cardinale Alessandro Orsini, Galileo scrive il suo *Discorso sulle Maree*, contenente un argomento fisico per il moto della terra basato sulla sua capacità di spiegare l'esistenza delle maree; questo argomento verrà successivamente ampliato e incluso nel *Dialogo*.
- ◆ *24 febbraio*: Un comitato di undici consulenti riferisce all'Inquisizione romana la loro opinione unanime che la tesi eliocentrica ed eliostatica è filosoficamente assurda e formalmente eretica; e che la tesi del moto della terra è filosoficamente assurda e teologicamente errata.
- ◆ *25 febbraio*: In una riunione dell'Inquisizione, papa Paolo V ordina al cardinale Roberto Bellarmino di intimare a Galileo di abbandonare le sue opinioni circa la verità assoluta della visione copernicana.
- ◆ *26 febbraio*: Bellarmino convoca Galileo a casa sua e gli consegna l'intimazione.
- ◆ *3 marzo*: Bellarmino riferisce all'Inquisizione che Galileo ha acconsentito.

- ◆ *5 marzo*: La Congregazione dell'Indice pubblica un decreto che dichiara il moto della terra fisicamente falso e contrario alla Scrittura, vieta e condanna il libro di Foscarini, sospende il libro di Copernico finché non sia corretto e ordina analoghe censure per opere simili. Galileo non è affatto menzionato.
- ◆ *26 maggio*: Bellarmino scrive un certificato per Galileo, negando le voci secondo cui è stato processato e condannato e chiarendo di essere stato avvertito di non insegnare o difendere il moto della terra.
- ◆ *Giugno*: Galileo torna a Firenze.
- ◆ **1619** *giugno*: Mario Guiducci, discepolo di Galileo, pubblica un libretto intitolato *Discorso sulle Comete*, contiene due lezioni che (Guiducci) aveva tenuto sulle tre comete che erano apparse l'anno precedente e avevano scatenato un'ampia discussione; sebbene Galileo abbia collaborato alla sua scrittura, il libro è pubblicato sotto il nome di Guiducci.
- ◆ *Ottobre*: Usando uno pseudonimo, P. Orazio Grassi, un professore gesuita di matematica al Collegio Romano, pubblica un libro (*L'equilibrio fra filosofia e astronomia*) altamente critico nei confronti della visione delle comete di Galileo (e Guiducci); Grassi sostiene, tra le altre cose, che la loro visione delle comete è impregnata di copernicanismo e quindi viola il decreto anti-copernicano.
- ◆ **1620** *maggio*: La Congregazione dell'Indice emana un decreto contenente le correzioni del libro di Copernico *Sulle rivoluzioni*, promesse nel Decreto del 5 marzo 1616.
- ◆ *Agosto*: Il cardinale fiorentino Maffeo Barberini invia a Galileo un poema latino intitolato *Adulazione Pericolosa*, che ha scritto in lode di Galileo.
- ◆ **1621** *gennaio*: muore papa Paolo V; Alessandro Ludovisi viene poi eletto papa Gregorio XV.
- ◆ *Febbraio*: il granduca Cosimo II muore prematuramente e gli succede il figlio Ferdinando II; ma a causa della giovane età di quest'ultimo (10 anni), la Toscana è governata da un consiglio di reggenza fino al 1627.
- ◆ *Settembre*: muore il cardinale Bellarmino.
- ◆ **1623** *luglio*: muore papa Gregorio XV.
- ◆ *Agosto*: Il Cardinale Maffeo Barberini viene eletto Papa Urbano VIII.
- ◆ *Ottobre*: *Il Saggiatore* di Galileo è pubblicato a Roma, sponsorizzato dall'Accademia dei Lincei e dedicato al nuovo papa; contiene una discussione sulle comete ed è molto critico nei confronti delle opinioni di Grassi.

- ◆ **1624 Primavera:** Galileo visita Roma per rendere omaggio al suo vecchio mecenate, ora papa Urbano VIII; rimane per sei settimane, ricevendo udienze settimanali dal papa.
- ◆ *Autunno:* Galileo inizia a lavorare su un libro che discute il sistema del mondo e lega in una sintesi coerente tutte le sue scoperte e idee sull'argomento (ad eccezione delle domande di interpretazione biblica).
- ◆ **1625** (o forse nel **1624**), viene inviata una denuncia a un funzionario dell'Inquisizione, con l'accusa che la teoria atomistica della materia ne *Il Saggiatore* di Galileo è in conflitto con la dottrina cattolica dell'Eucaristia; ma le identità dello scrittore e del destinatario sono sconosciute, né si sa se l'Inquisizione condusse un'indagine al proposito.
- ◆ *Aprile:* Dopo aver indagato su un'altra denuncia, secondo cui *Il Saggiatore* di Galileo contiene troppi elogi per il copernicanismo, l'Inquisizione conclude il caso con un richiamo a Galileo chiaro e forte.
- ◆ **1626:** P. Grassi, sempre con uno pseudonimo, pubblica a Parigi un libro (*Confronto fra la teoria dei pesi ne «Il Saggiatore» e la bilancia*) contro *Il Saggiatore* di Galileo; il libro sostiene che la fisica di Galileo implica una negazione della dottrina cattolica dell'Eucaristia, e più in generale contiene altre presunte empietà delle dottrine atomiste. Galileo non sente la necessità di rispondere.
- ◆ **1630 Primavera:** Galileo completa il lavoro sul libro che aveva scritto dal 1624; si reca a Roma per ottenere l'imprimatur dalle autorità della Chiesa e per organizzarne la pubblicazione da parte dell'Accademia dei Lincei.
- ◆ *Giugno:* Scheiner pubblica un enorme libro sulle macchie solari, pieno di preziose osservazioni e interessanti speculazioni; ha anche una lunga sezione iniziale dove attacca violentemente Galileo, in particolare la sua pretesa di priorità nella scoperta delle macchie solari. Galileo includerà una breve risposta critica nel *Dialogo*.
- ◆ *Agosto:* muore il principe Federico Cesi, fondatore e capo dell'Accademia dei Lincei.
- ◆ **1632 febbraio:** viene completata a Firenze la stampa del *Dialogo sui due massimi sistemi del mondo*, tolemaico e copernicano, di Galilei.
- ◆ *Estate:* Il *Dialogo* è accolto con grande entusiasmo e lode da più parti; ma a Roma emergono una serie di domande, voci, lamentele e critiche riguardo al suo contenuto, forma e modo di pubblicazione; questi portano il Papa a proibire la vendita del libro e a nominare una commissione speciale per indagare sulla questione.
- ◆ *Settembre:* In una seduta dell'Inquisizione presieduta dal papa, viene discussa la relazione della commissione speciale e il papa decide di

inoltrare il caso all'Inquisizione, convocando Galileo a Roma per essere processato.

- ◆ **1633** *13 febbraio*: Galileo arriva a Roma e viene ospitato presso l'ambasciata toscana (Palazzo Firenze).
- ◆ *Primavera*: Il processo dell'Inquisizione inizia, attraversa diverse fasi e si conclude.
- ◆ *22 giugno*: Galileo viene condannato per «forte sospetto di eresia»; le punizioni includono un'abiura formale, il divieto de *Il Dialogo*, l'incarcerazione a discrezione dell'Inquisizione e alcune penitenze religiose; Galileo recita l'abiura dalle sue teorie nel convento domenicano di Santa Maria sopra Minerva.
- ◆ *23 giugno*: la pena detentiva di Galileo viene commutata agli arresti domiciliari a Villa Medici, sontuoso palazzo di Roma di proprietà del granduca di Toscana.
- ◆ *30 giugno*: La sua pena detentiva viene nuovamente commutata agli arresti domiciliari a Siena, presso la residenza dell'arcivescovo, che era un buon amico di Galileo.
- ◆ *Luglio-novembre*: A Siena, Galileo inizia a scrivere un libro su argomenti che aveva ricercato in precedenza, sulla resistenza dei materiali e sul moto dei corpi in caduta.
- ◆ *1° dicembre*: la pena detentiva di Galileo viene commutata ancora una volta, stavolta agli arresti domiciliari nella sua villa di Arcetri, vicino Firenze, in modo da poter essere vicino a sua figlia, suora in un vicino convento.
- ◆ **1634**: A Parigi, Marin Mersenne pubblica una traduzione francese del manoscritto inedito di Galileo sulla *Meccanica*.
- ◆ **1635**: Una traduzione latina del *Dialogo* di Galileo è pubblicata a Strasburgo, con il titolo *Systema Cosmicum* e sotto la direzione di un amico di Galileo, un avvocato francese di nome Elia Diodati; include un'appendice con una traduzione latina della *Lettera sul Moto della Terra* di Foscarini (vietata e condannata dal decreto dell'Indice del 1616).
- ◆ **1636**: Sempre a Strasburgo e sotto la direzione di Diodati, la *Lettera di Galileo alla Granduchessa Cristina* viene pubblicata per la prima volta, in un'edizione che contiene il testo originale italiano e una traduzione latina. Ha un titolo rivelatore: *Nuova e antica dottrina dei santissimi padri e stimati teologi sulla prevenzione dell'uso sconsiderato della testimonianza della Sacra Scrittura in conclusioni puramente naturali che possono essere stabilite dall'esperienza del senso e dalle dimostrazioni necessarie*.
- ◆ **1637**: Galileo diventa completamente cieco.

- ◆ **1638 luglio:** Il libro di Galileo *Le due nuove scienze* viene pubblicato a Leida, Olanda; nella prefazione Galileo parla come se il libro fosse stato pubblicato a sua insaputa (cosa che non era vera).
- ◆ **1639:** Mersenne pubblica a Parigi una traduzione francese dell'ultimo libro di Galileo, sotto il titolo *I nuovi pensieri di Galileo, matematico ed ingegnere per il Duca di Firenze*. Vincenzo Viviani inizia a studiare con Galileo e lo assiste nella sua corrispondenza; per questo riceve uno stipendio modesto dal granduca.
- ◆ **1640:** Con la sua approvazione, il libro *Operazioni del compasso geometrico e militare* di Galileo viene ristampato a Padova.
- ◆ **1641:** La traduzione latina del *Dialogo* di Galileo viene ristampata a Lione. Evangelista Torricelli inizia a vivere a casa di Galileo e lo aiuta come suo Assistente di Ricerca.
- ◆ **1642 8 gennaio:** Galileo muore ad Arcetri.
- ◆ **9 gennaio:** Galileo viene privatamente sepolto nella Chiesa di Santa Croce a Firenze, in una tomba anonima situata in una fuori mano, dietro la sacrestia e sotto il campanile.
- ◆ **1687** Isaac Newton pubblica i suoi *Principi Matematici di Filosofia Naturale*, fornendo una prova indiretta convincente del moto della terra basata su una sistematizzazione delle leggi generali del moto e sulla formulazione della legge di gravitazione universale.
- ◆ **1729:** L'astronomo inglese James Bradley scopre l'aberrazione della luce stellare, fornendo prove osservative dirette che la terra ha un moto di traslazione.
- ◆ **1737:** Il corpo di Galileo viene riesumato dalla tomba originale di Santa Croce e trasferito in un mausoleo nella navata principale della chiesa, di fronte alla tomba di Michelangelo.
- ◆ **1744:** Con l'approvazione della Chiesa, viene pubblicata a Padova una raccolta in quattro volumi delle opere di Galileo; il quarto volume contiene il *Dialogo*, preceduto dalla sentenza dell'Inquisizione e dall'abiura di Galileo del 1633.
- ◆ **1758:** La nuova edizione dell'*Indice Cattolico dei Libri Proibiti* non elenca più la voce «tutti i libri che insegnano il moto della terra e l'immobilità del sole»; ma continua ad includere i tre libri precedentemente proibiti di Copernico, Foscarini e Galileo.
- ◆ **1789:** Il sacerdote e astronomo italiano Giambattista Guglielmini inizia a fornire una conferma diretta della rotazione terrestre attraverso esperimenti che rilevano una deviazione verso est dei corpi in caduta libera.
- ◆ **1835.** La nuova edizione dell'*Indice* omette per la prima volta dalla lista il *Dialogo* di Galileo, così come i libri di Copernico e Foscarini.

- ◆ **1838.** L'astronomo e matematico tedesco Friedrich Bessel osserva che le stelle fisse mostrano uno spostamento annuale di posizione apparente, chiamato «parallasse stellare annuale»; questo fornisce prove dirette che la terra ruota ogni anno attorno al sole.
- ◆ **1851.** Léon Foucault a Parigi inventa un pendolo che dimostra la rotazione della terra; l'esperimento si ripete in molti altri luoghi.
- ◆ **1893.** Nella lettera enciclica *Providentissimus Deus*, papa Leone XIII presenta una visione del rapporto tra interpretazione biblica e indagine scientifica che corrisponde a quella avanzata da Galileo nella *Lettera alla Granduchessa Cristina*; ma Galileo non viene nemmeno menzionato.
- ◆ **1929.** Karl Raimund Popper pubblica il suo libro *The logic of scientific discovery* chiarendo definitivamente che, secondo il metodo ipotetico-deduttivo, le conseguenze sperimentalmente confermate di un'ipotesi matematica possono solo confutare, ma mai verificare in maniera assoluta l'ipotesi di partenza.
- ◆ **1942.** Il terzo centenario della morte di Galileo offre l'occasione per una sua prima riabilitazione parziale e informale.
- ◆ **1941-46.** La riabilitazione fu di fatto portata avanti da diversi sacerdoti che detenevano posto di responsabilità presso la Pontificia Accademia delle Scienze, l'Università Cattolica di Milano, la Pontificia Università Lateranense di Roma e la Radio Vaticana. Essi pubblicano resoconti che presentano Galileo come un eroe cattolico che ha sostenuto l'armonia tra scienza e religione; che ha avuto il coraggio di sostenere la verità anche contro le autorità cattoliche del suo tempo; e che ha avuto la *pietas* di ritrattare le sue opinioni pubblicamente, quando il processo del 1633 rese necessaria la sua obbedienza.
- ◆ **1979.** Papa Giovanni Paolo II inizia un'ulteriore riabilitazione informale di Galileo nominando una commissione *ad hoc* presieduta dal Card. Paul Poupard che conclude i suoi lavori nel 1992.
- ◆ **1992.** In due discorsi alla Pontificia Accademia delle Scienze, e in altre dichiarazioni e azioni, il Papa ammette che il processo di Galileo non è stato solo un errore, ma anche un'ingiustizia; che Galileo aveva ragione teologicamente sull'interpretazione scritturale contro i suoi oppositori ecclesiastici; che anche pastoralmente parlando, il suo desiderio di divulgare le novità delle sue scoperte era ragionevole tanto quanto non lo era l'inclinazione dei suoi avversari a resistere; e che così Galileo ha fornito un esempio istruttivo dell'armonia tra scienza e religione.

0.5.6 Un bilancio della questione galileiana e delle sue conseguenze

La doppia sconfitta di Galilei e Bellarmino nella modernità e la loro rivincita post-moderna

Ad una prima lettura, si può dire che la rivoluzione scientifica e teologica dei secoli XIX e XX ha dato ragione ai due «campioni» degli opposti fronti, il Cardinale Roberto Bellarmino e Galileo Galilei che si trovarono uniti nella lotta e nella sconfitta, in nome di principi consolidati nella stessa tradizione autentica aristotelica e scolastica, contro l'aristotelismo integralista dei filosofi naturali e di molti loro adepti teologi dell'Inquisizione.

Bellarmino ha correttamente rivendicato carattere ipotetico della scienza fisico-matematica

Storicamente, spetta infatti al Bellarmino, l'aver proposto nel 1615, al padre carmelitano di Napoli, Paolo Antonio Foscarini e allo stesso Galilei – all'epoca del suo famoso viaggio a Roma dello stesso anno per scongiurare la Chiesa a non prendere posizioni ufficiali contro il copernicanesimo – di trattare il medesimo solo come *ipoteticamente* e non *apoditticamente* (incondizionatamente) vero (Finocchiaro, 2008; Drake, 2009; Berti, 2020).

La motivazione biblica

Certamente, come ricorda Berti, citando direttamente la lettera di Bellarmino (Berti, 2020, p. 290), nel rivendicare il carattere ipotetico della scienza fisico-matematica e della teoria copernicana il Cardinale era preoccupato non solo e non tanto di non contraddire con la nuova scienza la filosofia della natura aristotelica, quanto invece era preoccupato di *indebolire l'autorità della Scrittura*²².

Il rischio neognostico nel concepire la fisica-matematica come sapere assoluto, altra via, oltre la Rivelazione, per conoscere il pensiero di Dio

Da esperto teologo e raffinato epistemologo, Bellarmino sapeva bene infatti quale fosse il pericolo teoretico insito nell'affermare un valore *di verità incondizionata* delle teorie fisico-matematiche. Si corre un grave rischio se come Galilei, peraltro in perfetta buona fede, talvolta aveva affermato, si concepisce la scienza fisico-matematica come un'altra via, parallela a quella scritturistica della Rivelazione, per attingere al pensiero stesso di Dio, leggendo dal «gran libro della Natura». Un libro scritto da Dio, secondo Galilei, in linguaggio matematico. Il rischio è quello di svalutare la Rivelazione come unica via aperta all'uomo di fede per attingere alla Mente di Dio²³, unica depositaria della *verità assoluta* per il credente. Per ciò stesso il rischio diviene quello di concepire la fede neognosticamente come «rifugio per gli ignoranti», fino ad arrivare — come in effetti si arrivò con Spinoza alla fine del XVII secolo — all'equazione fra «Dio» e il «determinismo geometrico delle leggi di natura»: *Deus sive natura*.

²² In particolare, il famoso passo di *Giosuè* 10,12-13: «Quando il Signore consegnò gli Amorrei in mano agli Israeliti, Giosuè parlò al Signore e disse alla presenza d'Israele: “Férmate, sole, su Gàbaon, luna, sulla valle di Àialon”. Si fermò il sole e la luna rimase immobile finché il popolo non si vendicò dei nemici».

²³ «Infatti, chi ha mai conosciuto il pensiero del Signore in modo da poterlo consigliare? Ora noi abbiamo il pensiero di Cristo» (1Cor. 2,16).

L'evoluzione atea di tale concezione: il *Deus sive Natura* di Spinoza

In tal modo, non solo si ponevano le basi per l'ateismo teoretico della modernità, ma si apriva la strada a quel programma antimetafisico e anti-religioso che caratterizza lo sfruttamento ideologico della scienza moderna e che va sotto il nome di *scientismo*. Quando, dunque — tanto per esemplificare fino al limite della banalizzazione quanto Spinoza suggeriva con la sua equazione Dio–natura — quando l'uomo religioso vedesse in un certo evento naturale il segno di una causalità provvidenziale, finalistica, del Creatore da cui l'ordine dell'universo procede, e il fisico vedesse nel medesimo evento il risultato di certe leggi matematiche di natura, non starebbero confrontandosi con il medesimo oggetto, secondo due piani distinti ed in qualche modo incommensurabili, dunque mai in contraddizione fra di loro. Al contrario, data l'equazione Dio = leggi di natura, per giunta concepite in maniera *deterministica*, non statistica come nella scienza contemporanea, staremmo di fronte a due *enunciati equivalenti* (a due connotazioni di un medesimo oggetto, come quando chiamiamo il pianeta Venere col nome «stella del mattino», *Fosforo* o «stella della sera» *Vespero*, per usare un famoso esempio di Frege) che affermano ambedue l'*accadimento deterministico di un evento*, l'uno con il linguaggio pre-scientifico dell'antica superstizione religiosa, l'altro con il linguaggio razionale della moderna scienza.

Il riduzionismo scienziata...

Era questa del *riduzionismo scienziata e neo-gnostico* l'autentica preoccupazione, tutt'altro che infondata come la storia seguente si è presa la briga di dimostrare, che animava i teologi più consapevoli — a parte le strumentalizzazioni degli integralisti (pseudo-)religiosi e (pseudo-)aristotelici — nella complessa questione galileiana che è all'origine della nascita del pensiero moderno.

... e la riduzione del Dio creatore ad ipotesi del tutto superflua

Ed infatti, come nota profondamente Berti (Berti, 2020, p. 291), il Padre Riccardi, «maestro della Casa Pontificia» e che ebbe il ruolo di giudicare la richiesta di *imprimatur* fatta da Galilei per il suo *Dialogo*, nella sua lettera in risposta a Galilei del 24 maggio 1631, nel richiedere a Galilei per poterglielo concedere di ribadire il *carattere ipotetico* della teoria copernicana senza addurre il fenomeno delle maree come *prova* empirica della verità definitiva del moto della terra e quindi della teoria copernicana, sottolineò un fatto fondamentale per la Chiesa. E cioè che Galilei fosse perfettamente libero di addurre le evidenze empiriche della nuova scienza «contro le indicazioni contrarie che potessero essere addotte dall'esperienza comune e dai filosofi peripatetici», adducendo poi come ulteriore pericolo un punto molto interessante. E cioè, stante il fatto che un'evidenza sperimentale non potesse mai essere adotta come *prova definitiva della verità* dell'ipotesi da cui è dedotta, questa semplice evidenza logica allo stesso tempo *garantiva la libertà dell'onnipotenza divina*. «Perché Dio avrebbe potuto benissimo far sì che il fenomeno delle maree dipendesse da altre cause a

noi sconosciute e che non fosse il moto della terra». Il pericolo implicitamente paventato dal Riccardi era dunque quello dell'identificazione fra determinismo delle leggi di natura e Dio affermata poi da Spinoza che, ovviamente, rendeva Dio a sua volta *un'ipotesi del tutto superflua*, come risponderà Laplace a Napoleone che gli faceva notare come nel suo sistema cosmologico non vi fosse traccia di riferimento a Dio.

Validità teologica della distinzione galileiana fra verità di fede e verità scientifica

D'altra parte una volta tolta di mezzo l'infondatezza logica, metafisica e teologica di fornire mediante osservazioni sperimentali una prova della validità assoluta delle leggi matematiche della natura da cui le osservazioni stesse sono dedotte, l'equazione fra il Dio creatore e il Dio della rivelazione è perfettamente valida quando viene invocata da Galilei nella sua famosa *Lettera a Castelli* del 1613 come principio per giustificare il valore metaforico di certe affermazioni della Bibbia su fenomeni naturali, se apparissero in contrasto con l'evidenza fisico–matematica. In tal modo, in questioni puramente fisiche, la Bibbia «dovrebbe essere riservata nell'ultimo luogo», dopo che tutte le evidenze empiriche sono state attentamente considerate. D'altra parte, ricordava ancora Galilei, nella *Lettera alla Granduchessa Cristina* del 1615, è sempre valido il consiglio di Sant'Agostino di non fare articolo di fede alcuna posizione astronomica, altrimenti qualche eretico meglio informato nella scienza potrebbe sfruttare ogni errore per gettare dei dubbi su dottrine propriamente teologiche. Era perciò formalmente scorretto da parte dei filosofi e dei teologi integralisti invocare l'autorità delle Scritture per giustificare la teoria geocentrica, come Padre Riccardi riconoscerà giustamente a Galilei.

Riconoscimento ufficiale da parte della Chiesa della validità di tale distinzione

In base alla cronologia appena presentata, la Chiesa cattolica nel XX secolo – a partire dalla *Providentissimus Deus* di Papa Leone XIII del 1893 – col Concilio Vaticano II, nella Costituzione *Dei Verbum* sulla divina rivelazione, ha fatto propria solennemente questa teoria dei diversi *generi letterari* di cui Galilei è stato pioniere, inserendola come parte costitutiva della propria dottrina sull'interpretazione autentica del senso delle Scritture. Infine, a partire dal 1978, fino alla solenne proclamazione nel 1992 della Commissione costituita *ad hoc*, la Chiesa stessa, per bocca dello stesso Papa Giovanni Paolo II, ha ampiamente riconosciuto come Galilei si fosse in questo mostrato teologo migliore di quelli dell'Inquisizione che lo condannarono nel 1633, chiudendo così definitivamente la secolare questione.

Il vero problema della questione galileiana: il valore ontico (reale) ed epistemico (certezza) delle ipotesi scientifiche

In questa luce, dunque, ad un primo esame, si può dire che il pensiero (post–) moderno contemporaneo si è affrancato dagli errori che dall'una e dall'altra parte hanno caratterizzato gli inizi della modernità, riconoscendo il carattere *ipotesico* di ogni teoria scientifica, tanto fisica che matematica, ed allo stesso tempo la sua autonomia *epistemologica* dalla metafisica e dalla teologia, nella consapevolezza ormai maturata nella mentalità

contemporanea che non possono esistere teorie razionali, né scientifiche, né filosofiche o metafisiche con la pretesa dell'onnicomprendività, dell'esclusività e della definitività sulla verità (=assolutezza/unicità), come Tommaso d'Aquino aveva affermato nel *De Veritate* all'articolo 4 della questione 1 (vi torneremo alla fine del **Capitolo 3**), e come lo stesso Papa Giovanni Paolo II – seguito da analoghi pronunciamenti dei suoi successori Benedetto XVI e Francesco – ha ribadito solennemente nell'*Enciclica Fides et Ratio* del 1998.

I filosofi per primi, d'altronde, comprendono l'esigenza dell'auto-critica, della correzione di eventuali errori e la necessità di oltrepassare i limiti troppo ristretti in cui la loro riflessione è concepita. Si deve considerare, in modo particolare, che una è la verità, benché le sue espressioni portino l'impronta della storia e, per di più, siano opera di una ragione umana ferita e indebolita dal peccato. *Da ciò risulta che nessuna forma storica della filosofia può legittimamente pretendere di abbracciare la totalità della verità, né di essere la spiegazione piena dell'essere umano, del mondo e del rapporto dell'uomo con Dio* (n° 51. Corsivi miei).

Ipoteticità dei sistemi formali e verità universale ma parziale dei loro modelli applicativi

Ma, pur se tutto ciò resta sostanzialmente vero, le cose non sono così semplici come da questa prima disanima potrebbe apparire. Restava, infatti, in base a quest'analisi del tutto irrisolta nel secolo XX la questione del rapporto fra l'*ipotesicità* delle teorie scientifiche e la loro relativa, limitata, ma autentica *verità* — e dunque *universalità* — in quanto modelli derivati da sistemi formali, come loro applicazione, sperimentale e/o tecnologica, allo studio di determinati oggetti *reali* d'indagine. Abbiamo accennato, infatti nella cronologia della questione galileiana, e vi torneremo nel **Capitolo 4**, come nel XX secolo l'epistemologia delle scienze moderne abbia con Karl Raimund Popper (1902-1994) chiuso definitivamente la questione del valore epistemico dei *controlli sperimentali* delle ipotesi matematiche di partenza di una teoria matematica applicata (modello) nelle scienze naturali contro l'induttivismo neopositivista del '900. I controlli sperimentali possono *confutare* e mai *dimostrativamente verificare* le ipotesi matematiche di partenza (Popper K. R., 1935; 1963) (tr. it. (Popper K. R., 1970; 2009).

Il problema irrisolto del falsificazionismo popperiano: il fondamento reale dell'ipotesi matematica

Per Popper e i suoi seguaci restava però aperto il problema del *realismo* della conoscenza scientifica, visto che non avendo la realtà fisica alcun ruolo diretto nella costituzione dell'ipotesi e potendo una conseguenza sperimentale delle ipotesi, effettivamente soddisfatta dalle operazioni di misura, derivare anche da un'ipotesi falsa, una teoria scientifica può essere certa di aver «toccato» la realtà solo quando questa la confuta con misurazioni che contraddicono l'ipotesi. Sembra quasi che la teoria scientifica abbia un successo certo solo nel dirci ciò che *la realtà non è* invece, visto che non può dare alcuna certezza su ciò che *la realtà è*.

Tale limite deriva dall'impossibilità sistematica di giustificare la fondatezza dell'ipotesi in una logica insiemistica

Questa impostazione ampiamente insoddisfacente deriva dal fatto della non esistenza per Popper di una procedura logica consistente che connetta la realtà alla formulazione dell'ipotesi facendone una pura *congettura* e della procedura scientifica un processo *per tentativi ed errori* (Popper K. R., 1935; 1963). Il che è certamente vero in una filosofia analitica come quella cui Popper si rifaceva basata sulla logica delle classi di Frege e quindi su una metalogica insiemistica della matematica che supponendo la *logica dei predicati* non può dire nulla in linea di principio sulla loro costituzione necessariamente *ante-predicativa*. Tale impostazione, tuttavia, contraddice la pratica della ricerca scientifica in cui l'ipotesi poi confermata dalle misurazioni di una teoria di successo, nasce da una lunga frequentazione dei dati e del reale da parte del ricercatore e da uno sforzo che talvolta dura decenni di elaborazione della teoria, non certo dal «lancio della moneta» di un processo «per tentativi ed errori».

La rilevanza della TC come metalinguaggio alternativo alla TI che rende in linea di principio possibile tale fondazione

Abbiamo visto come alla fine del XX secolo e in questo primo ventennio del XXI la logica algebrica (algebra delle relazioni) della TC come metalinguaggio assiomatico della scienza e della filosofia possa offrire una *via nuova di approccio* rispetto alla logica predicativa della TI, proprio perché, fin dal livello dei suoi primitivi, si muove a livello *ante-predicativo* della costituzione mediante operazioni algebriche del dominio/codominio delle relazioni e quindi anche di funzioni (matematica) e di predicati (logica). Tutto questo, come abbiamo già accennato e discuteremo nel **Capitolo 4**, rende possibile, in logica intuizionistica (matematica e filosofica), mediante la semantica coalgebrica dei modelli, la fondazione di *verità parziali* secondo la teoria di Kripke, e in Fisica Fondamentale secondo l'approccio dello RSO.

Nella TC applicata all'ontologia formale diviene possibile la giustificazione dell'equivalenza duale fra necessità causale (fisica) e logica (matematica) anche se su base locale, relativa e mai assoluta.

Secondo questo approccio, la *fondatezza dell'ipotesi di partenza, ipotesi metrica* inclusa, rispetto all'entità/processo fisico cui si riferisce (cioè da modellizzare) dipende dall'*omomorfismo duale* fra struttura fisica (coalgebrica) e struttura logica (algebrica), nel comune formalismo dell'algebra degli operatori, in fisica e logica (BAO). Il processo di conferma sperimentale basato sulla metrica che il processo fisico stesso ha fondato, diviene così l'esito di una *trasformazione unitaria*, e quindi una *trasformazione naturale* (morfismo limitato) che invertendo la direzione dei morfismi e l'ordine delle composizioni rende *dualmente isomorfi* e quindi *dualmente equivalenti* su base *locale* le rispettive strutture (coalgebriche e algebriche) del processo fisico e logico che costituiscono così l'*onto-logia* della teoria o modello fisico-matematico in oggetto, così da confermarne la *veridicità* (ontica ed epistemica) complessiva, sempre su *base locale*, ovviamente. In tal modo il *congetturalismo* popperiano, che è un insulto alla scientificità della ricerca applicata, viene superato nell'ambito del metodo ipotetico-deduttivo

Allo stesso tempo viene recuperata giustificandola formalmente la circolarità intuitiva della teoria della verità come adeguazione al reale.

Alla luce di quanto abbiamo visto nella presente sottosezione, ricostruendo lo sfondo storico-teoretico della questione galileiana, abbiamo visto come la teoria suddetta con solo recuperi, formalizzandola nel linguaggio della TC la dualità aristotelico-tomista fra *necessitazione fisica e logica*, ma anche, dal punto di vista epistemologico la *circolarità* della relazione realtà → intelletto → realtà a fondamento della nozione della verità come *adeguazione dell'intelletto alla realtà (adaequatio intellectus ad rem)* che ha nella realtà stessa la sua *misura*. Vi torneremo nel **Capitolo 4**.

0.5.7 La nascita del pensiero moderno, la questione galileiana e le conseguenze per il rapporto scienza-filosofia

La deriva ideologica della questione galileiana dopo la morte del Bellarmino

Purtroppo, la questione galileiana, soprattutto dopo la morte del Cardinal Bellarmino nel 1621, un interlocutore del quale, per la sua autorevolezza intellettuale e morale Galilei aveva il massimo rispetto, ha preso una *deriva ideologica* in due fronti contrapposti. A) Il fronte *dell'uso ideologico dell'aristotelismo* e della filosofia in funzione *antiscientifica*, e B) il fronte opposto *dell'uso ideologico della nuova scienza fisico-matematica* in funzione *antifilosofica*.

A) Uso ideologico della soluzione di Bellarmino da parte dell'aristotelismo anti-scientifico: ipotesi matematiche come finzioni mentali senza fondamento reale

La *prima deriva* riguarda l'uso ideologico, sostanzialmente scorretto, fatto da alcuni filosofi aristotelici nell'antichità, e ripreso da certi filosofi e teologi aristotelici ai tempi di Galileo, del saggio e profondo suggerimento del Bellarmino sull'ipotesi delle teorie fisico-matematiche. Per capire in cosa consistesse la scorrettezza teoretica di cui qui stiamo parlando, bisogna inquadrare storicamente la soluzione proposta dal Bellarmino. Tale soluzione ricalcava quella ben più antica che, nel I secolo a.C., *Gemino di Rodi* propose per conciliare con il geocentrismo aristotelico le osservazioni e le misurazioni astronomiche di *Aristarco di Samo* (310-230 a.C.) che per primo propose nell'antichità ellenica una teoria *eliocentrica* dell'universo. Affermando cioè che la terra percorreva un'orbita circolare di *rivoluzione annuale* attorno al sole, che concordava anche con l'ipotesi di *Eraclide Pontico* (385-310 a.C.) di un *moto rotatorio diurno* della terra intorno al proprio asse inclinato. In tal modo le ipotesi matematiche di Aristarco ed Eraclide contraddicevano la *teoria matematica geocentrica* dell'universo di un contemporaneo di Eraclide, *Eudosso di Cnido* (408-353 a.C.), condiscipolo con Aristotele all'Accademia di Platone e da cui Aristotele mutuò la sua teoria geocentrica. Secondo la testimonianza di *Simplicio*, commentatore della *Fisica* di Aristotele del VI sec. d.C., che riportava la tesi di *Gemino di Rodi*, matematico e filosofo greco del I sec. a.C.,

Le origini classiche di tale strumentalizzazione nel pensiero di Simplicio

«Il commento di Gemino, che si è ispirato alle idee di Aristotele, è il seguente (...). L'astronomia spiega unicamente le cose che può stabilire per mezzo dell'aritmetica e della geometria. In molti casi l'astronomo da una parte e il fisico [cioè il filosofo naturale, nell'accezione aristotelica del termine, *N.d.R.*] dall'altra si proporranno di provare lo stesso punto, per esempio che il Sole è molto grande o che la terra è sferica; ma non procederanno per la medesima strada. Il fisico dimostrerà ogni fatto con considerazioni di essenza o sostanza, di forza, di come sia bene che le cose siano così come sono, o di generazione e di cambiamento.

L'astronomo dimostrerà le cose in base alle proprietà delle figure o delle grandezze o attraverso la quantità del movimento e del tempo ad esso appropriato. In molti casi, un fisico può giungere inoltre alla causa, osservando la forza creativa; ma l'astronomo, quando dimostra fatti da condizioni esterne, non è qualificato a giudicare della causa, come quando per esempio afferma che la Terra o le stelle sono sferiche. E talvolta egli non desidera nemmeno accertare la causa, come quando ragiona di un'eclissi, e altre volte *inventa per via d'ipotesi* e afferma certi espedienti, postulando i quali *i fenomeni saranno salvati*» (Drake, 2009, p. 59s.) Parentesi quadre e corsivi miei.

Natura ipotetica ed induttiva delle leggi fisiche anche secondo Aristotele

Il giusto riferimento ad Aristotele consiste nel fatto che, come sappiamo, anche per lo Stagirita le premesse delle dimostrazioni nella fisica, riguardando fatti contingenti, erano d'indole ipotetica e non categorica, ovvero non sempre vere, come quelle della metafisica (Cfr. Aristotele, *Phys.*, II, 199b,34ss.), sebbene, come abbiamo visto, avessero una fondazione *causale* (§ 0.5.2.1).

Il successo della lettura di Simplicio nell'aristolismo antico e rinascimentale

Il problema, vero e proprio *in cauda venenum* della citazione di Simplicio, è nella parte finale di essa. Infatti, mentre le ipotesi aristoteliche avevano un fondamento *causale*, quelle degli astronomi e matematici erano considerate da Simplicio come semplici *finzioni della mente* – se vogliamo «fantasie» – escogitate puramente «per salvare i fenomeni». Questa falsa interpretazione di Aristotele data da Simplicio (e forse da Gemino) – per Aristotele, infatti, le nozioni matematiche nascono ultimamente sempre *per astrazione* da quelle fisiche e sono perciò tutt'altro che un «prodotto della fantasia» – ebbe un indubbio successo nell'antichità posteriore. Alcuni filosofi aristotelici tanto antichi che rinascimentali, compresi molti contemporanei di Galilei, proprio per questa interpretazione di Simplicio si sentirono autorizzati a considerare le teorie astronomiche come *pure finzioni matematiche*, prive di qualsiasi realtà fisica. La conclusione, ben sintetizzata da Drake fu che

Per quasi due millenni i sistemi degli astronomi furono considerati dai filosofi come finzioni matematiche, non come descrizioni di moti reali del cielo. Questi avevano luogo veramente e causalmente

come aveva detto Aristotele, uniformemente in cerchi intorno ad un unico centro fisso dell'intero universo (Drake, 2009, p. 183).

Ribellione di Newton all'interpretazione ideologica del carattere ipotetico delle leggi fisiche

Il fatto che questa lettura di Simplicio fosse quella predominante dei suoi oppositori aristotelici si evince dal fatto che Galilei nel suo *Dialogo* faceva di Simplicio l'oppositore aristotelico delle tesi di Salviati, portavoce invece delle tesi galileiane e in generale della nuova scienza fisico-matematica. Se, da una parte, grazie a Galileo il nome di Simplicio è divenuto famoso in tutta la modernità, dall'altra ci fa capire perché la sua falsa equazione «ipotesi matematiche = fantasia» facesse affermare a Isaac Newton (1643-1727) orgogliosamente il suo *hypotheses non fingo*, per rivendicare il carattere di assoluta certezza razionale che il suo *calcolo infinitesimale* – o *analysis infinitorum*, come la definiva (Cfr. **Capitolo 2**) – poteva dare alle dimostrazioni matematiche della fisica moderna.

La ritorzione shakespeariana ai filosofi dell'accusa di Simplicio

E ci fa capire perché l'altro grande conterraneo di Newton, William Shakespeare (1564-1616), cent'anni prima, avesse messo in bocca ad Amleto – il tragico e folle eroe della modernità – il famoso aforisma che rivolta contro i filosofi, nella fattispecie Orazio, l'accusa di *fantasticare* con le loro costruzioni mentali:

Ci sono molte più cose in cielo e in terra, Orazio, di quanto la tua filosofia possa sognare (*Amleto*, atto I, scena V, 167-168).

Il motivo profondo del *Dialogo*

Tutto questo ci fa capire dove si trovasse il motivo profondo teorico che indusse Galilei a scrivere il suo *Dialogo*: rivendicare *la dignità razionale e reale e quindi veritativa* del metodo matematico-sperimentale della nuova fisica e allo stesso tempo la sua autonomia dalla metafisica.

La critica di Galilei con argomenti aristotelici all'interpretazione di Simplicio del rapporto fisica-metafisica

Ecco, infatti, un passo tolto dal primo giorno del *Dialogo* dove Salviati, portavoce di Galilei, si difende con argomenti indubbiamente e fondatamente aristotelici dalle accuse di Simplicio, portavoce di quegli pseudo-aristotelici che perseguitavano Galilei.

SIMPLICIO. Aristotele fece il principal suo fondamento sul discorso *a priori*, mostrando la necessità dell'inalterabilità del cielo per i suoi principi naturali, manifesti e chiari; e la medesima stabili doppo *a posteriori*, per il senso e per le tradizioni degli antichi.

SALVIATI. Cotesto, che voi dite, è il metodo col quale egli ha scritta la sua dottrina, ma non credo già che e' sia quello col quale egli la investigò, perché io tengo fermo ch'e' procurasse prima, per via de' sensi, dell'esperienze e dell'osservazioni, di assicurarsi quanto fusse possibile della conclusione e che doppo andasse ricercando i mezzi da poterla dimostrare, perché così si fa per lo più nelle scienze

dimostrative (...). La certezza della conclusione aiuta non poco al ritrovamento della dimostrazione²⁴.

Infondatezza
dell'attribuzione ad
Aristotele della
derivabilità delle
leggi fisiche dalla
metafisica

Commenta giustamente Drake che «anche Aristotele scrisse la sua metafisica dopo la sua fisica, com'è dimostrato dal nome che le fu dato». In essa egli esaminò i principi che aveva usato nelle ricerche da lui definite «scientifiche» che riguardavano, sia gli oggetti logici e le loro leggi, sia enti ed eventi naturali con le loro cause. La metafisica aristotelica è dunque molto più vicina di quello che potrebbe sembrare a quella che oggi definiamo una *metateoria* o una *teoria dei fondamenti* delle scienze logiche e fisiche. Afferma infatti testualmente Aristotele proprio al principio della sua *Metafisica*:

Poiché in ogni campo di ricerca di cui esistono principi o cause o elementi, il sapere e la scienza derivano dalla conoscenza di questi ultimi (...), è evidente che anche nella scienza della natura si deve cercare di determinare ciò che riguarda i principi. (...) Perciò è necessario procedere in questo modo: da ciò che è meno chiaro per natura (l'essere delle diverse specie di enti fisici, oggetto delle diverse scienze naturali, *N.d.R.*) a ciò che è più chiaro e conoscibile per natura (l'essere in quanto essere, della metafisica, *N.d.R.*) (*Metaph.*, I, 1, 184a,10-15).

Ma, continua Drake,

durante il Medioevo [e il Rinascimento] le cose vennero invertite; i filosofi medievali [e rinascimentali] considerarono i principi così assolutamente stabiliti nella *Metafisica* di Aristotele, che era un'assurdità ammettere in fisica qualcosa che non era direttamente deducibile da essi (Drake 2009, 206). Parentesi quadre mie

Le radici
dell'illuminismo e
della
contrapposizione
delle due culture
umanistica e
scientifica

Dunque, è questa strumentalizzazione antiscientifica della filosofia e della teologia in generale e dell'aristotelismo in particolare, nonché la conseguente denigrazione del metodo matematico-sperimentale nelle scienze naturali che ne derivava ciò che Galilei combatteva, come scienziato ma anche come credente e cattolico. Di qui la contrapposizione fra «oscurantismo» filosofico-religioso e «illuminazione» della ragione che ha caratterizzato il *movimento illuminista* durante tutta la Modernità fino al XX secolo. Ma soprattutto ha portato all'*esiziale contrapposizione delle due culture umanistica e scientifica* come le definirà Hegel, di cui ancora oggi portiamo le conseguenze.

²⁴ Citato in (Drake, 2009, p. 207).

B) Uso ideologico della scienza in funzione antifilosofica nello scientismo

Il secondo errore che ha portato ad una strumentalizzazione ideologica della scienza consegue immediatamente al primo. L'esito dell'errata interpretazione, ideologica, del valore ipotetico delle teorie fisico–matematiche che faceva delle leggi matematiche in fisica delle pure finzioni della mente atte esclusivamente a salvare i fenomeni senza fondamento reale, costringeva lo scienziato naturalista che non poteva accettare che le leggi del moto di Galilei e poi di Newton non descrivessero enti o eventi reali, ha portato il movimento scientifico degli inizi della modernità a *rifiutare l'ipotesi* del metodo matematico–sperimentale cercando *nell'evidenza della conoscenza* il fondamento della verità scientifica. In una parola, mettendo *la conoscenza umana* a fondamento della verità e l'epistemologia a fondamento dell'ontologia. Una visione, fra l'altro molto vicina all'*umanesimo rinascimentale* che faceva dell'uomo il centro di tutto. Questa fondazione della verità sull'evidenza ha due declinazioni nella modernità.

Due versioni:
1. Essenzialismo neo-platonico

◆ *Essenzialismo*. Se si accetta l'idea che solo la conoscenza delle nature o essenze possa essere vera, adeguata al reale perché categorica, apodittica e non ipotetica, allora al fisico–matematico, per sfuggire all'interpretazione dell'ipotesi matematica come finzione per salvare i fenomeni non resterà altra possibilità che essere platonico e anti-aristotelico. E questa visione essenzialista e neo-platonica era anche quella di Galilei con la sua metafora del libro della natura scritto in caratteri matematici.

L'interpretazione di Koyré

Ovvero, non resterà altra scelta allo scienziato che quella di affermare che la scienza fisico–matematica, lungi dal limitarsi ai soli fenomeni, definendo la legge matematica che soggiace al loro succedersi ordinato, è capace incommensurabilmente meglio della filosofia (metafisica) naturale di attingere all'essenza, alla struttura più intima e profonda dell'ente fisico. Essa allora, evidentemente, è di tipo matematico come la metafisica pre-aristotelica, pitagorica e platonica, affermavano. È questa la lettura che Koyré, come abbiamo precedentemente visto (cfr. §0.5.4), dà della rivoluzione scientifica moderna e dello stesso pensiero galileiano, come vittoria (o rivincita) su *base empirica* del platonismo (e del pitagorismo) dell'antica fisico–matematica greca sull'aristotelismo medievale anti-matematico.

2. Fenomenismo newtoniano-kantiano

◆ *Fenomenismo*. L'altra strada per sfuggire alla falsa interpretazione dell'ipotesi delle teorie fisico–matematiche come pure finzioni per salvare i fenomeni, è quella di *accettare il fenomenismo*, ma di *rifiutarne l'ipotesi*. L'apoditticità delle dimostrazioni matematiche della scienza moderna non si baserebbe perciò sulla presunta capacità della mente d'intuire l'essenza matematica della realtà fisica al di là dei fenomeni, ma sul principio moderno dell'*evidenza* introdotto da René Descartes (1596-1650) nel suo *Discorso sul Metodo*, come fondamento

della *verità*. Dell'evidenza *razionale* apodittica, delle leggi non solo della logica, ma anche della matematica, e dell'evidenza *empirica* dell'esperienza nella forma della misurazione di grandezze secondo il metodo galileiano.

Evidenza empirica dei giudizi sintetici e evidenza razionale dei giudizi analitici sintetizzati da Newton nell'uso del calcolo in meccanica

Evidenza empirica, dei *giudizi sintetici* di esperienza, evidenza razionale dei *giudizi analitici* essenzialmente tautologici per le leggi logiche e matematiche come le distinguerà Leibniz e, sintesi fra i due nei *giudizi sintetici a priori* delle scienze matematiche e fisiche – come insegnerà Kant anticipato in questo da Newton di cui Kant è l'epistemologo. Newton, in particolare applica questa sintesi alle *tre fondamentali leggi della meccanica*, da lui interpretate come condizioni necessarie e sufficienti per l'applicabilità del *calcolo infinitesimale* ai fenomeni meccanici da lui stesso inventato insieme a Leibniz, come vedremo nel **Capitolo 2**.

Rilevanza epocale del calcolo come soluzione del problema millenario della quadratura delle curve

Calcolo che – ricordiamolo – ha una *rilevanza epocale* per la storia del pensiero scientifico poiché risolveva il millenario problema della *quadratura delle curve di qualsiasi forma* – ovvero, del trovare l'equazione dell'area sottesa a qualsiasi tipo di curva non solo alle curve coniche (cfr. **Figura 0-1**) – problema davanti al quale si era arenata l'intelligenza di Archimede e tutta la fisica–matematica greca. È questa dell'*integrazione basata sull'evidenza*, del carattere apodittico della dimostrazione matematica col carattere empirico della sperimentazione, il senso profondo dell'*hypotheses non fingo* di newtoniana memoria, come vedremo nel **Capitolo 2**.

La fondazione cartesiana della verità sull'evidenza

L'esito della questione galileiana e il problema che essa lasciava aperto di trovare una fondazione che non fosse quella logicamente scorretta del «metodo risolutivo» di Zabarella-Galilei all'*evidente verità* del metodo matematico-sperimentale della scienza galileiana, viene dunque risolto da Descartes e dal resto della filosofia moderna nel fondare la *verità* non sull'*essere* (ideale, platonico, o naturale, aristotelico) come nel pensiero Classico, ma nell'*evidenza* che è chiaramente uno *stato di coscienza*. In una parola, «un asserto è *vero perché evidente* (Descartes)» e non «è *evidente perché è vero* (Aristotele)». Da qui il passaggio dal *trascendentale classico* dell'essere al *trascendentale moderno* dell'autocoscienza di Kant su cui torneremo nel **Capitolo 5**.

Estensione del principio di evidenza a ogni forma di conoscenza fondamento del rappresentazionismo

L'esito della questione galileiana che ha cercato nel *principio di evidenza* di trovare una soluzione al problema della verità della scienza matematica e fisico-matematica, ma che da Descartes stesso è stato esteso anche alla *metafisica* con la sua famosa dottrina delle *quattro idee chiare e distinte* del suo «Discorso sul metodo», e quindi esteso a *teoria generale della conoscenza* da tutti filosofi moderni, ci fornisce così anche una sorta di «indice ragionato» della epistemologia del *rappresentazionismo moderno*.

Referente della conoscenza non la realtà ma l'oggetto	Ovvero della teoria che, basando la <i>verità sull'evidenza</i> concepisce come <i>referente</i> della conoscenza l' <i>oggetto</i> rappresentato nella mente e non la <i>realtà (res)</i> , <i>in sé in conoscibile</i> (un «noumeno» puramente pensabile la definisce Kant), al di là dello «specchio» auto-rappresentazionale della coscienza secondo l'efficace metafora dello «specchio di Alice».
Due declinazioni:	In tal modo, la storia della filosofia moderna fino a Kant, secondo la classica ricostruzione che ne fece Hegel, si divide in due grandi filoni del:
1) Razionalista	1. <i>Rappresentazionismo razionalista</i> che vede nelle idee della ragione logica e matematica il fondamento ultimo dell'evidenza e della verità. Un filone che ha in Descartes, Leibniz e Spinoza i suoi massimi rappresentanti.
2) Empirista	2. <i>Rappresentazionismo empirista</i> che, rifiutando l' <i>innatismo</i> cartesiano, vede nelle evidenze delle esperienze il fondamento delle idee stesse della ragione e quindi della verità. Un filone che ha nei tre filosofi dell'empirismo inglese, Locke, Berkeley e Hume i suoi massimi rappresentanti.
E la sintesi trascendentale di Kant	Spetterà a Kant il tentativo di operare la <i>sintesi trascendentale</i> dei due filoni con la teoria dei <i>giudizi sintetici a priori</i> che applicandosi alla matematica e alla fisica, esclude la metafisica <i>naturalista</i> della tradizione aristotelica dal novero moderno delle scienze.
La confusione moderna fra causa e legge e le conseguenze per la metafisica e la teologia naturale	La mancanza della distinzione modale fra necessitazione causale e necessitazione logica nel rappresentazionismo ha portato l'ontologia e l'epistemologia della scienza moderna da parte di Leibniz e Kant a fondare la prima sulla seconda e quindi alla sistematica confusione fra le nozioni di <i>legge</i> e di <i>causa</i> . Una confusione che ha perdurato fino ai nostri giorni e solo oggi grazie al recupero della logica modale e alla formalizzazione logica della TC dell'equivalenza duale fra le due, per la fondazione delle <i>verità locali</i> nella teoria dei modelli siamo in grado di superare, come abbiamo visto lungo tutto questo capitolo introduttivo. Per concludere, vediamo sistematicamente questo punto fondamentale per i nostri scopi, riportando qui quanto detto altrove (Basti & Ferrari, 2020b, pp. 173-174).
La metafisica di Leibniz e il principio di ragion sufficiente	In effetti, da Leibniz in poi, la necessità causale fu ridotta alla <i>condizione sufficiente p</i> dell'inferenza deduttiva premessa-conclusione del ragionamento ipotetico $p \rightarrow q$, riducendo quindi la necessità causale a quella logica, come Kant fece esplicitamente, rendendo la «causa» (diversamente

La proditoria estensione di questa ontologia all'interpretazione della metafisica di Tommaso e Aristotele

da Aristotele)²⁵ una delle *categorie logiche* della sua Tavola delle Categorie nella *Critica della Ragion Pura*. Leibniz fece addirittura della «ragion sufficiente» o «principio della ragione-conseguenza», insieme al «principio di non-contraddizione» i due pilastri della sua teologia naturale (*Theodicee*, §44) e della sua metafisica (*Monadologie*, §§81-82).

Ciò che è peggio per la metafisica moderna e la teodicea è che questa confusione tra la necessitazione causale e logica portò all'estensione acritica generalizzata dell'interpretazione leibniziana (rappresentazionista) della «causa» come ragione sufficiente in una procedura dimostrativa, anche alla metafisica di Aristotele e di Tommaso²⁶. Cioè, questa sistematica confusione è stata estesa anche alla risoluzione aristotelica di tutte le «cause moventi» in una «causa prima movente» (*primum movens*), e, infine, è stata estesa anche alla prova cosmologica di Tommaso dell'esistenza di Dio «come Causa Prima» dell'esistenza del mondo. Tuttavia, come Kant ha giustamente sottolineato nella sua *Critica della Ragion Pura*, ogni prova *a posteriori* dell'esistenza necessaria della causa interpretata come ragion sufficiente a partire dal suo conseguente è *logicamente inconsistente*. Infatti, per usare le parole di Tommaso per illustrare «il paradosso del conseguente» «a volte, da false premesse è possibile ricavare vere conclusioni». In questo modo, diventa impossibile dimostrare l'esistenza di un Creatore come «causalmente necessitato» dall'esistenza dell'universo. Infatti, Tommaso affermava esplicitamente che *l'esistenza* del Creatore come *Causa Prima Necessaria dell'essere* («essenza + esistenza») dell'universo può essere giustificata solo come risultato di un «sillogismo *quia*» $p \leftarrow q$, e mai come *premessa necessaria* di un «sillogismo dimostrativo *propter quod*» $p \Rightarrow q$, che supporterebbe l'impossibile conoscenza da parte dell'uomo dell'*essenza* di Dio (*S. Th.*, I, 2, 2)²⁷. Evidentemente, al di là delle sue intenzioni, le critiche di

²⁵ Infatti, la nozione (predicato) di «causa» in Aristotele non è una categoria (predicamento) perché derivato dalle categorie di «relazione», «azione», «passione». Ovvero, la causa è una relazione fra un agente e un paziente.

²⁶ In particolare, è stato il filosofo scozzese Sir William Hamilton (1788-1856) – da non confondersi con il quasi omonimo e contemporaneo matematico irlandese Sir William Rowan Hamilton (1805-1865), uno dei padri del formalismo della fisica-matematica moderna – colui che applicò sistematicamente – in particolare nelle sue postume *Lectures on Metaphysics and Logic* (Hamilton, 1860) – il principio di ragion sufficiente per la costruzione dell'intero edificio metafisico, usando una logica che rifiutava esplicitamente non solo ogni simbolismo, ma anche ogni modalità sia reale (*de re*) che logica (*de dicto*).

²⁷ Per capire fino in fondo questa affermazione, va ricordato che la *necessitazione causale* ($p \leftarrow q$) $\equiv \models (p \leftarrow q)$ cioè dall'*esistenza* dell'effetto all'*esistenza* della causa del sillogismo *quia* dipende *onticamente* dall'*ordinamento* (=causa formale) delle cause *iniziali* (=cause agenti e materiali) del processo causale così da produrre (far esistere) in modo necessario un dato effetto *q* fra *n* possibili. Il passaggio alla *necessitazione* logica di un sillogismo dimostrativo

Kant alla metafisica naturalistica riguardano principalmente la teodicea di Leibniz e non quella di Tommaso! Vi torneremo nel **Capitolo 6**.

La logica dell'equivalenza duale in TC come logica della filosofia e della teologia naturale

Insomma, come abbiamo visto, nella necessitazione causale della logica modale la causa gioca il ruolo della *condizione necessaria* (intuitivamente, è ciò a cui punta la freccia invertita del morfismo causale (*quoad nos*) ←: «dall'effetto alla causa»), così da giustificare evidentemente la risoluzione di tutti i processi causali in qualche «causa prima» per chiudere «da sopra» la catena causale, senza la quale la catena stessa non esisterebbe. Per dire tutto questo più sinteticamente con le parole di Michael Heller – il filosofo della natura e della scienza polacco, amico e consulente di Papa Giovanni Paolo II –, in un articolo in cui anch'egli proponeva la TC come la logica propria della filosofia e teologia *formali* in vista della costruzione di un'aggiornata «teologia della scienza», ciò che mancava a Leibniz e in generale al pensiero moderno almeno fino ad oggi per comprendere la dualità fra necessitazione causale e logica è la nozione di «dualità categoriale» (Heller, 2016).

La soddisfazione della richiesta di Kant per una moderna filosofia (metafisica) della natura

Per dire tutto questo con le parole stesse di Kant di cui possiamo adesso comprendere tutta la rilevanza, con il titolo di una sua famosa opera, *Prolegomeni ad ogni metafisica che in futuro vorrà presentarsi come scienza* (Kant, 1967) pubblicata nel 1783 due anni dopo la seconda edizione della *Ragion Pura* e in cui ne sintetizzava il messaggio fondamentale – senza un'adeguata fondazione della nozione di causa come relazione reale e non logica una metafisica scientifica è impossibile –, questo «futuro» è oggi un «presente».

0.6 Conclusione: una tassonomia delle diverse ontologie formali e lo schema di questo volume

L'ontologia formale come teoria sulla fondazione del nesso di predicazione in logica

La nascita del rappresentazionismo moderno con la sua fondazione della verità sull'evidenza completa così il quadro delle *possibili ontologie formali* nel pensiero filosofico. Ovvero, delle possibili teorie di fondazione del *nesso formale di predicazione in logica*, sia dei predicati terminali (soggetto-predicato) nelle proposizioni semplici, sia dei predicati proposizionali (connettivi logici) delle proposizioni complesse, nella misura in cui tale nesso non si

propter quid con premessa *necessariamente* fondata (vera): $(p \Rightarrow q) \equiv \vDash (p \rightarrow q)$ e non *ipoteticamente* (localmente) fondata $\vdash (p \rightarrow q)$, richiede perciò la conoscenza esplicita dell'*essenza*, ovvero onticamente della *composizione* o «sinolo» fra causa agente/materiale-formale secondo l'ontologia aristotelica della *fondazione causale delle essenze* (materia-forma) contro il platonismo. Vi torneremo nei **Capitoli 5 e 6**.

riduca alla semplice «appartenenza (elementarità) insiemistica» \in . Infatti, mentre nel pensiero classico (greco e medievale) le ontologie possibili si riducevano a due, *nominalista* e *realista*, il pensiero moderno ne ha introdotta una terza, quella *concettualista*. Usando una terminologia cara ai medievali, possiamo anche dire che le varie ontologie formali corrispondono ad altrettante teorie di *fondazione degli universali logici*.

Una tassonomia delle diverse ontologie nel pensiero occidentale

Diventa così possibile sintetizzare una *tassonomia* delle diverse ontologie nella tradizione occidentale, seguendo lo schema originariamente proposto dal logico statunitense Nino Barnabas Cocchiarella (1933 -) dell'Università dell'Indiana a Bloomington (Cocchiarella, 2007), e ripreso e corretto da me in vari scritti (Basti, 2018).

Carattere sincronico di questa tassonomia rispetto alle epoche storiche

Questo schema, si applica storicamente a varie epoche attraversandole sincronicamente, così che per ciascuna ontologia formale indicheremo a titolo puramente esemplificativo diversi autori che appartengono indistintamente, sia all'epoca classica (greca e medievale), sia a quella moderna, sia a quella contemporanea, con l'esclusione della sola ontologia del «concettualismo», proprio della modernità e sconosciuto all'antichità.

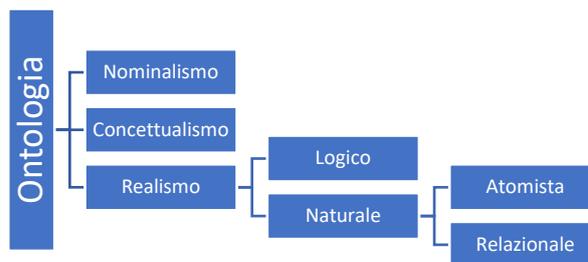
Tre tipi di ontologie

Possiamo perciò 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, Roscellino, 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 (Descartes, Kant, Husserl, ...).
- 3. Realismo:** gli universali predicabili sono espressioni di *proprietà e relazioni* che esistono nel *dominio logico* o nel *dominio fisico* indipendentemente dalle capacità linguistiche o cognitive di singoli o di gruppi. Abbiamo così:
 - a. Realismo logico**, dove le relazioni logiche determinano le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Platone, Scoto, Frege, Gödel, ...);
 - b. Realismo naturale**, o “naturalismo”. A sua volta il naturalismo può essere di due tipi:
 - I. **Atomista:** senza generi naturali, dove le regole combinatorie di elementi fisici o logici

determinano le condizioni di verità delle proposizioni nel loro uso referenziale (Democrito, Newton, Wittengstein, ...)

- 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 (Aristotele, Tommaso, Poinsot, Peirce, Kripke, RSO...).



Bibliografia dell'Introduzione



- Abramsky, S. (2010). Logic and categories as a tool for building theories. *Journal of Indian Council of Philosophical Research. Issue on Logic and Philosophy Today*, 27(1), 277-304. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1201.5342v1>
- Basti, G. (2014). L'ontologia formale del "realismo naturale", cosmologia evolutiva e partecipazione dell'essere. *Divus Thomas*, 117(2), 229-234.
- Basti, G. (2017). The Post-Modern Transcendental of Language in Science and Philosophy. In Z. Delic (Ed.), *Epistemology and Transformation of Knowledge in in Global Age* (pp. 35-62). London, UK: InTech.
- Basti, G. (2018). From formal logic to formal ontology. The new dual paradigm in natural sciences. In F. M. Bertato, & G. Basti (Eds.), *(Un-)Certainty and (In-)Exactness. Proceedings of the 1st CLE Colloquium for Philosophy and Formal Sciences* (pp. 65-110). Campinas-Rome: Campinas UP-Aracne Edizioni.

- Basti, G. (2022). The Philosophy of Nature of the Natural Realism. The Operator Algebra from Physics to Logic. *Philosophies*, 121(7), 1-84. doi:10.3390/philosophies7060121
- Basti, G., & Ferrari, F. M. (2020a). The dual paradigm in quantum physics and its ontology. I Part: mathematics and physics. (G. Basti, & F. M. Ferrari, Eds.) *Aquinas. Special issue on: "Cosmos & Logos. Physics, Philosophy, and Theology in an Age of Change"*, LXIII(1-2), 117-162.
- Basti, G., & Ferrari, F. M. (2020b). The dual paradigm in quantum physics and its ontology. II Part: logic and ontology. (G. Basti, & F. M. Ferrari, Eds.) *Aquinas. Special Issue on: "Cosmos & Logos. Physics, Philosophy, and Theology in an Age of Change"*, LXIII(1-2), 163-194.
- Basti, G., & Panizzoli, F. (2018). *Istituzioni di filosofia formale. Dalla logica formale all'ontologia formale*. Città del Vaticano: Lateran UP.
- Benhabib, S. (1995). Feminism and Postmodernism. In S. Benhabib, J. Butler, D. Cornell, & N. Fraser, *Feminism Contentions: A Philosophical Exchange* (p. 17-34). New York: Routledge.
- Berti, E. (2020). From physical to metaphysical cosmology: the Aristotelian path. (G. Basti, & F. Ferrari, Eds.) *Aquinas. Special Issue on: "Cosmos & Logos. Physics, Philosophy and Theology in an Age of change"*, LXIII(1-2), 281-294.
- Cocchiarella, N. B. (2007). *Formal Ontology and Conceptual Realism*. Berlin-New York: Springer Verlag.
- Davis, M. (2012). *Il calcolatore universale*. Milano: Adelphi.
- De Saussure, F. (1916). *Course de linguistique générale*. (C. Bally, A. Sechehaye, & A. Riedlinger, Eds.) Paris-Lousanne: Payot.
- Deely, J. (1985). *Tractatus de Signis. The Semiotic of John Poinsot*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Drake, S. (2009). *Galileo Galilei, pioniere della scienza, 1609-2009*. Padova: Muzzio.
- Fabro, C. (1960). *Partecipazione e causalità*. Torino: S.E.I.
- Finocchiaro, M. A. (Ed.). (2008). *Galileo Galilei. The essential Galileo*. Indianapolis IN: Hackett Publ.
- Galvan, S. (1991). *Logiche intensionali. Sistemi proposizionali di logica modale, deontica, epistemica*. Milano: Franco Angeli.

- Habermas, J. (1981). Modernity versus Postmodernity. (S. Ben-Habib, Ed.) *New German Critique (Special Issue on Modernism)*, 22, 3-14.
- Hamilton, W. (1860). *Lectures on Metaphysics and Logic*. (H. L. Mansel, Ed.) Oxford, UK: Oxford UP.
- Hansson, S. O., & Hendricks, V. F. (A cura di). (2018). *Introduction to Formal Philosophy*. Berlin, New York: Springer.
- Heller, M. (2016). Category free category theory and its philosophical implications. *Logic and Logical Philosophy*, 25, 447-459.
- Kant, I. (1967). *Prolegomeni ad ogni futura metafisica che si presenterà come scienza*. (R. Assunto, Ed.) Roma-Bari: Laterza.
- Koyré, A. (1980). *Introduzione a Platone*. Vallecchi: Firenze.
- Pagano, S. (2009). *I documenti vaticani del processo di Galileo Galilei (Coll. Archivi Vaticani, n. 69)*. Vatican City: Archivio Segreto Vaticano.
- Patton, C. M., & Wheeler, J. A. (1975). Is physics legislated by cosmogony? In C. J. Isham, R. Penrose, & D. W. Sciama (A cura di), *Quantum gravity* (p. 538-605). Oxford, UK: Clarendon Press.
- Polanyi, M. (1966). *The tacit dimension*. Chicago: Chicago UP.
- Popper, K. R. (1935). *Logik der Forschung, Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Wien: Julius Springer.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations. The growth of scientific knowledge*. London: Routledge.
- Popper, K. R. (1970). *Logica della scoperta scientifica. Il carattere autocorrettivo della scienza*. Torino: Einaudi.
- Popper, K. R. (2009). *Congetture e confutazioni. Lo sviluppo della conoscenza scientifica*. Bologna: Il Mulino.
- Strumia, A. (2017). *Dalla filosofia della scienza alla filosofia nella scienza*. Roma: Edusc-Sisri.
- Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus. With an Introduction of Bertrand Russell, F.R.S.* (C. K. Ogden, Trans.) London: Routledge & Kegan Paul.