

NICOLO' CUSANO COME PUNTO DI SVOLTA PER LA NASCITA DELLA SCIENZA MODERNA

Antonino Drago
Università di Pisa e Università di Firenze

Indice 1. *Il Cristianesimo come fattore decisivo per la nascita della scienza moderna* - 2. *Le tre dialettiche basilari della scienza moderna* - 3. *La preparazione della nascita della scienza moderna: Cusano* - 4. *Anticipazioni della scienza successiva da parte di Cusano* - 5. *Il metodo di Cusano in matematica: per la prima volta la mente indaga l'infinito* - 6. *Il modo di ragionare: Cusano sa usare la logica non classica* - 7. *La conoscenza strutturale della scienza moderna*.

1. Il Cristianesimo come fattore decisivo per la nascita della scienza moderna

Mezzo secolo fa Koyré ha coraggiosamente contrastato il positivismo dominante, che vorrebbe far sorgere la scienza, sia dentro i laboratori che nella storia, in maniera totalmente separata da ogni influenza culturale. Con le seguenti tre affermazioni egli ha sostenuto che nella storia della scienza esiste un solido rapporto filosofia-scienza:

- 1) il pensiero scientifico non è separato dal pensiero filosofico;
- 2) le rivoluzioni scientifiche sono state determinate da grandi cambiamenti nelle concezioni filosofiche;
- 3) il pensiero scientifico non nasce *in vacuo*, ma all'interno di un quadro di idee, anche filosofiche, già costituito.

Ma Koyré non ha visto altre influenze, oltre quelle della filosofia occidentale.¹ Invece Kojève amplia le influenze culturali sulla nascita della scienza moderna a quella della teologia e più in generale a quella della esperienza cristiana occidentale.² Secondo la tesi di Kojève, *la scienza moderna è nata in Occidente perché si è basata sul dogma di Dio che si incarna, o, viceversa, dell'uomo che diventa Dio*. Questo dogma introduceva nella intellettualità la congiunzione tra cielo e Terra; e quindi anche la congiunzione tra le idee umane più astratte, come la matematica, con l'esperimento.³

¹ A. Koyré: *Etudes d'Histoire de la Pensée Philosophique*, Colin, Paris, 1961, p. 23. E' curioso che Koyré non abbia nemmeno tentato di allargare la sua tesi, includendo il pensiero teologico; perché egli, prima di dedicarsi alla storia della scienza, aveva studiato i mistici medievali (gli stessi che avevano influenzato molto Cusano). In effetti, già l'aver legato scienza alla sola filosofia lo ha costretto ad una dure difesa del l'accusa di aver seguito un idealismo estraneo alla scienza, accusa che ancora lo rende sospetto al mondo degli scienziati.

² Un secolo fa già il grande sociologo E. Durkheim (*Le forme elementari della vita religiosa* (1913), Comunità, Milano, 1963) aveva sostenuto questo legame (sia pure subordinando la religione alla scienza) con le affermazioni seguenti: "...speculazione religiosa" e "riflessione degli scienziati" si applicano allo stesso oggetto: la natura, l'uomo, la società" (p. 450) e "... il pensiero scientifico non è che una forma più perfetta del pensiero religioso." (p. 451) Recentemente il legame scienza e teologia è stato rilevato come molto forte anche nel padre nobile della scienza moderna, Newton; vedasi ad es. M. Mamiani: "Koyré. Le radici della scienza e della teologia newtoniane", in C. Vinti (ed.): *Alexander Koyré e l'avventura intellettuale*, ESI, Napoli, 1994, 264-277; egli sostiene che: "Le Scritture, dunque, integrano e correggono la filosofia [di Newton]. Per quanto appaia impossibile o sorprendente, dobbiamo inserire nel particolare mondo logico della scienza newtoniana il ricorso alle Scritture come uno strumento di dimostrazione o di certificazione o di rimozione del dubbio scientifico." (p. 269); e conclude affermando: "... il credo religioso fu il fondamento della scienza fisico-matematica..." (p. 277). Il rapporto della scienza con la teologia ha ricevuto attenzione anche da I. Grattan-Guinness, che ha compiuto uno studio a volo d'uccello: "Christianity and Mathematics: Kinds of Link and the Rare Occurrences After 1750", *Physis*, 38 (2001) 467-500 (che però non cita Cusano).

³ A. Kojève: "L'origine chrétienne de la science moderne", in F. Braudel (ed.): *Mélanges Alexandre Koyré II. L'aventure de l'esprit*, Hermann, Paris, 1964, 295-306. Già Kojève aveva tenuto conto della facile obiezione: la Chiesa si oppone alla nascita della scienza moderna. Come suggerisce anche Kojève, bisogna distinguere tra l'atteggiamento delle gerarchie ecclesiastica (che, per di più, su quella condanna non fu concorde) e la religiosità popolare; infatti l'opposizione fu della Chiesa "alta", mentre invece la nascita della scienza è stata ispirata dalla vita cristiana della Chiesa "bassa" (lo stesso Galilei fu camaldolese in gioventù). In effetti in quel tempo c'era già da tempo uno scollamento tra vertice ecclesiale e Chiesa popolare (sia in termini di tipo di vita interiore, sia in termini di sistema filosofico, che il vertice ecclesiale vedeva solo nel tomismo e lo imponeva come unica intellettualità, tanto da

In un precedente scritto ho ripreso la tesi di Kojève;⁴ ma l'ho modificata; nel senso che egli vedeva questa congiunzione come la assunzione della Terra nel cielo, mentre io vedo la congiunzione come una dialettica tra due polarità, delle quali una resta trascendente. Quindi, rispetto alla intellettualità greca, vedo la novità non nella semplice congiunzione delle due polarità e loro riduzione ad uno, ma nella *dialetticità tra i due termini*;⁵ dei quali uno non è della stessa natura dell'altro, ma non per questo gli è estraneo, né lo sussume.

Questa relazione è una grande novità intellettuale rispetto al pensiero greco e antico in generale, tutto fissato sulle idee singole (il bello, il vero, il buono, ecc.; così come era naturale che avvenisse nella fase storica in cui si astraevano dalla realtà alcuni concetti). Con la scienza invece i concetti non solo si scontrano (in rapporti di contraddizione tra vero e falso, di subordinazione deduttiva, di fusione identificante; tutti rapporti che riducono i dualismi ad una unità); ma anche si intrecciano in un rapporto dialettico di uno-dualità, nel quale i ruoli dei due concetti sono nuovi; ciò crea novità non scoperte finallora; e quindi genera conoscenza intellettuale là dove la mente finallora non aveva avuto accesso.

Nello scritto suddetto ricordavo pure che in realtà nella scienza quel tipo di dualismo dialettico era nato già da tempo, sin dalla concezione dello zero; il quale, dal punto di vista della realtà, è chiaramente il niente (lo sanno bene i bambini davanti ad una torta da dividere tra loro); ma nella matematica è anche un numero come tutti gli altri.

Qui riporto le parole di Lanza del Vasto in proposito; esse descrivono questa novità intellettuale in maniera molto significativa, anche in relazione alla successiva nascita della scienza moderna.

“Prima di tutto gli Indiani hanno inventato lo zero. Non mi si dica che è nulla: l'Oriente non ha dato mai perla più preziosa. Senza quel mozzo non girerebbe la mirabile ruota delle cifre. Il lievito dello zero ha fatto fermentare tutta la pasta delle scienze umane.

Grazie allo 0, il 10 traspone l'1 su un nuovo piano, e con dieci segni soltanto ci è dato di fissare, comporre e decomporre tutti i numeri, quello delle stelle nel cielo e quello delle gocce nel mare; grazie allo zero le decine si innestano con esattezza nelle decine, in una catena così meravigliosamente semplice da sembrare partecipe della natura delle cose e da essa derivata naturalmente; ma ci vollero secoli di studi e di ricerche per rivelare tale evidenza.

In Europa il sistema si impose solo all'alba dei tempi moderni ed esso non fu la minore ragione dello sviluppo delle scienze occidentali. Archimede e Apollonio di Perga dovevano passare una nottata con la gran testa china sulla stessa operazione che uno scolaro di oggi – per la sola virtù dei segni appresi – risolve in un quarto d'ora. Ancora nel Quattrocento, nelle scuole superiori di Francia le sole operazioni aritmetiche insegnate erano la addizione e la sottrazione; per imparare la moltiplicazione bisognava ricorrere alle celebri Università d'Italia.

Lo zero costituisce la chiave del sistema delle cifre. *Zephirum* è la trascrizione latina della parola araba che significa zero. Zero in italiano viene da *zèphirum*. Il plurale *zèphira* dà cifra. I marinai genovesi, che in Europa furono i primi [con i pisani] a servirsi della numerazione araba, furono accusati di usare un linguaggio segreto; donde l'altro significato della parola *cifra*, quello che prevale nella lingua italiana. La gente considerò per molto tempo con avversione queste cifre qualificate “arabe” e sospette come tali. Le consideravano magiche e diaboliche. Non sapevano quanto dicessero il vero.

Ma il concepimento dello zero e delle cifre non ebbe per effetto solo quello di facilitare il calcolo: condusse naturalmente alla scoperta dei numeri negativi e soprattutto a quella dell'infinito matematico, preoccupante oggetto che i Greci avevano sempre respinto, perché contrariava il loro attaccamento alle perfezioni chiuse e alle [sole] grandezze a misura d'uomo. Mentre gl'Indiani con la

proclamarlo *theologia perennis*); questo scollamento è sicuramente aumentato per reazione alla nascita dei “nemici in casa”, i protestanti. Inoltre, già nello scritto precedente ho risposto che la opposizione della Chiesa a Galilei riguarda la scienza non nella sua fase di incubazione, ma quando essa si stava affermando socialmente, così tanto da far da contraltare al potere sociale della autorità religiosa. Quindi, come già indicavo nel mio scritto, l'episodio di Galilei è da vedere, non (così come spesso viene presentato dalla cultura atea) come lo scontro del Cristianesimo con la cultura scientifica, ma come lo scontro tra due autorità sociali che si contrapponevano su affermazioni, ognuna delle quali tendeva a pretendere una verità esclusiva.

⁴ A. Drago: “Il Cristianesimo come fattore decisivo per la nascita della scienza moderna in Europa”, *Progresso del Mezzogiorno*, 31 (2007) 203-231.

⁵ Qui e nel seguito uso la prola “dialettica” in senso intuitivo: definirla in termini precisi è un grande problema, anche nel solo Cusano. Comunque essa non è la dialettica hegeliana (che trascende la realtà in funzione di una dinamica dello Spirito Assoluto), ma ha un suo rigore scientifico di logica non classica, che vedremo nel seguito.

definizione della quantità denominata *quoziente per zero* (formulata da Bhaskara nel XII secolo) definiscono per la prima volta con precisione l'infinito in relazione con lo zero.

L'essenza metafisica del Numero traspariva meglio sotto la veste più chiara e più leggera della cifra.

Ecco perché, mentre tutte le speculazioni de' Pitagorici intorno ai Numeri Sacri e al Numero d'Oro trovano posto nel museo delle belle curiosità storiche, invece i problemi aperti dal pensiero indiano hanno schiuso altri problemi, e siamo lontani dall'averne esaurito la serie. Si può dire che l'Analisi Infinitesimale, la Tecnica dei Numeri e anche la recente Teoria degli Insiemi non fanno altro che prolungare l'impulso dato dagli Indiani.

L'Aritmetica greca (che non era una scienza del calcolo) considerava il corpo del Numero e la sua figura; l'Aritmetica degli Indiani, la vita stessa del numero, cioè la sua crescita incessante [fino al numero infinito] e le sue combinazioni operative [mediante alcune operazioni di calcolo].”⁶

2. Le tre dialettiche basilari della scienza moderna

In effetti in tempi successivi all'invenzione dello zero, varie sono state le invenzioni matematiche che hanno espresso questa dialettica dello uno-dualità. Le elenco con una tabella (che per comodità, aggiunge due ultime righe che verranno spiegate tra poco).

Tab. 1: GLI ENTI MATEMATICI CHE RAPPRESENTANO LA UNO-DUALITÀ

<i>Invenzione</i>	<i>Significato filosofico</i>	<i>Significato matematico</i>
Zero	Nulla	Numero intero
Punto	Senza parti, monade	Di misura molto piccola
Incognita x	Oggetto sconosciuto	Numero ausiliare
Numero irrazionale	Oggetto non reale	Limite di una serie di numeri
Numero immaginario	Oggetto di altro mondo	Aggiunta a tutti i numeri
Infinitesimo	Numero non zero che tende a zero	Inferiore ad ogni numero positivo, ma non zero
Insieme	Concetto contenitore di (infiniti) altri	Ente senza definizione, al quale appartengono oggetti matematici
Infinito	In atto	Potenziale
Organizzazione teorica	Un sistema finalizzato a risolvere un problema con un nuovo metodo	Una totalità sintetizzata in modo da racchiudere tutte le affermazioni in pochi assiomi

Prendiamo ad es. l'infinitesimo; da una parte, era una realtà metafisica (per Leibniz: la monade); tanto che era assimilato ad una grazia di Dio, che ci apriva le porte ad un mondo superiore (se non altro alla comprensione delle leggi del mondo celeste); e nello stesso tempo era un simbolo per fare calcoli, i quali alla fine davano numeri corrispondenti alla realtà. Quindi con l'infinitesimo la “scienza metafisica” si intrecciava al massimo grado di efficacia con la “scienza per noi”.

La nascita della scienza moderna avvenne quando questa dialetticità venne espressa non solo nel campo mentale della matematica,⁷ ma nella realtà quotidiana; cioè, quando (come ha insegnato Galilei) *le operazioni materiali che vengono compiute negli esperimenti, le misure, vengono messe in relazione dialettica con la matematica*. Scrive Galilei: “Il gran libro dell'Universo... 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”; questo linguaggio strutturale matematico è lo stesso di quello di Dio, salvo che noi

⁶ Lanza del Vasto: *Pèlerinage aux sources*, Denoël, Paris, 1943 (tr. it.: *Pellegrinaggio alle sorgenti* (1947), Il Saggiatore, Milano, 2004³, pp. 34-35) mia tr. delle pagg. 51-53.

⁷ Anche oggi la matematica è platonica per la maggioranza dei matematici: questi, secondo il famoso mito della caverna, danno realtà al mondo delle idee matematiche (come idee sovraterrene); e pertanto essi si denominano, contro ogni evidenza, “realisti”.

dobbiamo procedere passo a passo, mentre Lui vede tutto d'un colpo solo.⁸ Con questo tipo di relazione, l'uomo ha introdotto nella vita concreta quanto apparteneva al mondo ideale. D'altra parte, con questa relazione gli enti ideali sono ricostruiti a partire dalla realtà: sono nate le formule matematiche delle leggi fisiche (ad es. quella della caduta dei gravi).

Il mio lavoro di storico delle scienze ha trovato che, oltre la dialettica esperimento-matematica, i fondamenti della scienza moderna includono *altre due dialetticità fondamentali*, realizzate sin dalla sua nascita (soprattutto con Galilei, che ne discute a lungo⁹): una è quella dell'*infinito* (la continuazione-completamento dello zero, di cui l'infinito è l'inverso); che può essere o in atto, o potenziale; l'altra riguarda la maniera di racchiudere tutta la teoria in un sistema, cioè la sua *organizzazione*: o quella deduttiva, o quella basata su un problema.

Ne ho concluso che *la scienza moderna è nata quando ha introdotto ben tre relazioni dialettiche tra macroconcetti chiave*: esperimento-matematica, infinito in atto o potenziale; organizzazione deduttiva o problematica. Quindi la nascita della scienza ha introdotto delle relazioni dialettiche decisive, sia quella rispetto ai dati sperimentali, sia le due rispetto alla teorizzazione. Come si vede, il salto culturale rispetto al mondo greco delle idee isolate, è stato veramente grande. La filosofia occidentale, prolungamento di quella greca, per molti secoli ha avuto difficoltà a venire a capo di quale sia stata la essenziale novità della scienza moderna.

Nello scritto già menzionato ho interpretato, mediante queste tre dialettiche fondazionali, la nascita della scienza moderna. Per chiarezza, qui ripeto la tabella che sintetizzava questa nascita, modificandola leggermente. Storicamente, la relazione dialettica esperimento-matematica è quella che divide la scienza moderna da quella antica ed è collocabile, come ben si sa, con l'opera di Galilei. Si noti che invece al tempo della nascita della scienza moderna, le altre due dialettiche fondamentali (teoriche) erano state espresse da Galilei con delle discussioni, ma non erano state incardinate tutte dalle varie teorie di quel tempo mediante le loro scelte fondamentali. Infatti la scelta IA venne rappresentata dopo Galilei, dall'analisi infinitesimale (Cavalieri, Leibniz e Newton); e la scelta OP è stata rappresentata da una nuova teoria solo alla fine del sec. XVIII (dalla chimica e dalle teorie di L. Carnot e Lagrange).¹⁰ Quindi la scienza è nata ignorando la ampiezza filosofica dei fondamenti della scienza stessa (l'ha attribuita ad una visione galileiana temporanea).

Si noti che, sulla nascita della scienza moderna, la tabella seguente offre una visione storica che è più ampia della visione di Koyré, la quale si basa soprattutto sulla nascita dell'infinito, ignora la dialettica dell'organizzazione della teoria e sacrifica la dialettica esperimento-matematica.

Tabella 2: LA NASCITA DELLA SCIENZA MODERNA VISTA ATTRAVERSO LE SUE SCELTE FONDAMENTALI

~500 a.C.		IP: Pitagora (“tutto è numero” razionale)	
300 a.C.	OA: Geometria euclidea come teoria deduttiva	OP: Cosmologia e astronomia come teorie sul problema mondo	

⁸ G. Galilei: *Il Saggiatore*, Ricciardi, Napoli, 1953, pp. 121-122. Chi ha saputo interpretare la nascita della scienza moderna mediante questa relazione è stato A. Koyré (che con varie opere ci ha costruito una eccellente interpretazione dei principali testi degli scienziati del tempo: Galilei, Cartesio, Newton; di lui si veda in particolare: *Dal mondo chiuso all'Universo infinito*, Feltrinelli, Milano, 1969) e anche il filosofo-matematico E. Husserl (*La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, Milano, 1964), le cui lezioni furono seguite da Koyré.

⁹ A. Coppola e A. Drago: “Galilei ha inventato il principio d'inerzia? Proposta di una nuova interpretazione della sua opera”, in S. D'Agostino, S. Petruccioli (eds.): *Atti V Congr. Naz. St. Fisica*, Accademia dei XL, Roma (1984), 319-327. Più in generale, vedasi A. Drago: *Le due opzioni*, La Meridiana, Molfetta BA, 1991.

¹⁰ Solo Leibniz, nella sua meccanica dell'urto, aveva contrapposto ambedue le scelte alternative, IP e OP, a quelle di Newton, IA e OA; ma era riuscito a costruire solo un inizio di teoria. Dopo i grandi successi della nuova teoria newtoniana, la sua teoria fu svalutata come sorpassata. Vedasi il mio *La riforma della dinamica di G.W. Leibniz*, Hevelius, Benevento, 2003.

<i>~1300</i>				(Equazioni algebriche)
<i>~1500</i>			Astronomia Copernicana	
<i>~1600</i>	E s p e r i m e n t o - M a t e m a t i c a : G a l i l e i			
<i>1630</i>	Ottica geometrica di Cartesio		(Meccanica di Leibniz)	(Ottica di Newton)
<i>1687</i>	Meccanica di Newton			
<i>Le due scelte</i>	OA&IA	OA&IP	OP&IP	OP&IA

Legenda: IA = Infinito in Atto; IP = Infinito Potenziale; OA = Organizzazione Aristotelica o per Assiomi; OP = Organizzazione basata su un problema fondamentale. () Tra parentesi le teorie incompiute.

3. La preparazione della nascita della scienza moderna: Cusano

In questo scritto riprendo il mio scritto suddetto, sulla nascita della scienza in Occidente, per precisare il tema. Inizio ponendo una domanda: come si è arrivati ad una rivoluzione intellettuale così possente come la dialettica, per di più su tre grandi temi intellettuali assieme? C'è stata solo una lenta crescita lineare, che accumulava piccole innovazioni, tali da risultare impercettibili, fino a che il cumulo è diventato troppo grande per passare inosservato? Oppure c'è stata l'opera di qualche studioso che ha anticipato questa strada, tanto che poi gli scienziati (sin dalla nascita della scienza moderna) hanno potuto lavorare con la sicurezza che il mondo delle idee non era estraneo alla scienza, ma anzi ne favoriva il tipo di sviluppo intellettuale?

A favore della prima alternativa è il fatto che, come indica la tabella precedente, nel sec. XVI l'algebra aveva già scoperto e utilizzato gli irrazionali; e l'astronomia (intrisa di teologia) aveva già creato tutta una teoria matematizzata (in geometria), secondo una organizzazione alternativa a quella deduttiva. Ma si noti che queste zone scientifiche erano laterali a quella che rappresentava la scienza in maniera decisiva, la geometria euclidea.

Nel seguito sosterrò la seconda alternativa. Indicherò un teologo-filosofo che ha avuto un ruolo cruciale nel preparare la nascita della scienza moderna. Di solito questa figura viene lasciata da parte dagli storici della scienza, sia perché egli precede la nascita della scienza moderna di almeno un secolo; sia perché i suoi testi risultano di difficile interpretazione; sia perché è stato un vescovo e cardinale (quindi offre una paternità che non è gradita agli scienziati positivisti o atei): Nicolò Cusano (1401-1464).¹¹

Di ritorno da un viaggio in Turchia, compiuto per conciliare le due chiese cristiane del tempo, Cusano ebbe l'ispirazione di alcune idee fortemente innovative, che egli esprime con molte opere, secondo direzioni anche diverse; ma tutte rivolte a concepire una nuova conoscenza umana. Egli ha sostenuto che mediante il dogma dell'incarnazione i fatti terrestri possono essere trasfigurati in concetti e metodi che fanno da base ad una nuova filosofia della conoscenza, quella che, secondo il

¹¹ Come già dicevo, Koyré considera solo la influenza della filosofia occidentale sulla nascita della scienza moderna. La sua tesi è che nella dialettica esperimento-matematica, la matematica introdotta da Galilei (e che poi è rimasta nella scienza), era di tipo platonico. Koyré poteva trovare questa novità in Cusano, con grande anticipo. In realtà egli si è difeso da Cusano, sottovalutandolo (anche a detta di altri autori; vedasi G. Federici Vescovini: "Koyré e la scienza medievale" in C. Vinti (ed): *Alexander Koyré...*, op. cit., 204-221, pp. 205-206). Koyré, nella sua opera principale (*Du Monde Clos à l'Univers Infini* (1957), Gallimard, Paris, 1988) schiaccia Cusano nelle paradossalità dell'infinito; (pp. 22-23) sostiene che Cusano, più che ragionare, "crede" e che non introduce il trattamento matematico della natura (p. 32). Conseguenza di questa esclusione del Cusano e della teologia dalla storia della scienza, è il fatto che Koyré non vede dialettiche nella scienza; infatti egli sussume l'esperimento nella matematica, per realizzare così una fisica matematica (proprio così come Kojève ha pensato la novità della scienza moderna: la assunzione della Terra in cielo). Ma, non vedendo dialettiche teoriche, l'interpretazione di Koyré sulla scienza moderna non ha potuto interpretare la scienza oltre quella newtoniana, quella che monopolizzò tutta la scienza con solo un tipo di matematica (quella dell'analisi infinitesimale, la IA) e con la deduttività dei suoi *Principia*; dopo quella scienza, è nato un pluralismo di teorie che può essere spiegato solo con i rapporti dialettici tra le diverse coppie di scelte prese da ogni teoria.

vecchio studio di Cassirer,¹² prepara la scienza moderna; in quanto sa avvicinare l'infinito (di Dio) mediante sue approssimazioni; le quali sono viste da Cusano nella conoscenza umana, per prima la conoscenza matematica, e poi quella delle varie attività umane

Nel seguito lo vedrò non solo come il primo filosofo della conoscenza moderna, ma mostrerò anche le sue anticipazioni della scienza moderna; che riguardano non solo alcuni concetti fondamentali (ad es., il concetto matematico di limite), ma anche (e questo è il mio punto importante) i fondamenti della scienza, cioè le tre dialettiche fondamentali; che, nella storia della scienza, furono percepite da Galilei dopo due secoli e che dopo un altro secolo e mezzo furono assunte da particolari nuove teorie.

Tra le sue numerose opere, farò riferimento soprattutto a quella che è quasi la prima e che è anche la più importante: *De Docta ignorantia* (*Sulla dotta ignoranza*).¹³ Quindi il seguente studio su Cusano è solo un primo approccio, allo scopo di delineare una impostazione di studio su questo grande pensatore. Questo studio però si basa su quattro novità; la seconda è una acquisizione della matematica dell'ultimo cinquantennio, mentre le altre sono acquisizioni dei miei studi di storia della scienza:

- 1) le tre dialettiche suddette;
- 2) la chiarificazione che ci sono vari gradi di infinito; nel seguito basterà distinguere tra quello potenziale e quello degli infinitesimi;
- 3) l'esistenza della organizzazione alternativa a quella deduttiva (che troppo a lungo è stata proposta come l'unica possibile nella scienza) e la chiarificazione della sua struttura;
- 4) il metodo di analisi di un testo originale mediante le doppie negazioni.

Si noti che le due ultime novità verranno applicate per la prima volta a Cusano, e, più in generale, ad un autore della teologia negativa. In particolare l'importanza della quarta novità sta nel fatto che essa finalmente fa distinguere quanta parte del discorso di un autore segue un ragionare rigoroso (di logica non classica) e quanta parte invece è suggerimento inventivo o discorsivo.

Ritengo che con queste novità, anche questo studio, solo iniziale, su Cusano sarà sufficiente per provare che la nascita della scienza moderna fu anticipata e incanalata dalla sua opera, che d'altronde è stata già riconosciuta da tutti come del tutto innovativa.

4. Anticipazioni della scienza successiva da parte di Cusano

Infatti è noto che le opere di Cusano anticipano diversi risultati della scienza moderna successiva.

Cusano ha anticipato alcuni concetti scientifici. Il metodo di Cusano di avvicinare il concetto di infinito inaugura non solo la legittimità intellettuale dell'infinito, ma anche quella del concetto matematico di "limite" (che poi fu elaborato per quattro secoli); Cassirer scrive: "Il concetto di 'limite' ha assunto qui un significato positivo: il valore limite può essere afferrato e colto nella sua determinazione, in virtù del processo illimitato di approssimazione".¹⁴ In effetti egli ha introdotto

¹² E. Cassirer: *Storia della Filosofia Moderna*, Einaudi, Torino, 1978, vol. I, p. 24; in particolare: „Questo suo porsi di fronte al problema gnoseologico fa del Cusano il primo pensatore moderno“, p. 24. Si noti che J. Hopkins: "Nicolas of Cusa: First Modern Philosopher?", in P.A. French e H.K. Wettstein (edd.): *Midwest St. in Phil.* 26 (2002), contesta una tesi di Cassirer: Cusano anticiperebbe Kant. Nel seguito non ho bisogno di collegarmi a Kant, che anzi giudico aver frainteso i fondamenti della scienza moderna; questi ha incrociato due categorie dicotomiche: analitico/sintetico e a priori/a posteriori. L'a priori e l'a posteriori sono chiare categorie surrogatorie di OA e OP; ma lo sono anche, secondo la tradizione matematico-filosofica, il sintetico e l'analitico. Quindi ambedue le sue categorie rappresentano la medesima dialettica: OA / OP. Per di più poi i quattro casi che derivano dalle sue due categorie vengono da lui ridotti a tre, escludendo il caso dell'analitico a posteriori (benché gli corrisponda il principio della impossibilità del moto perpetuo, usatissimo dai termodinamici).

¹³ Nikolaus von Kues: *De Docta Ignorantia* (1440) in *Die Belehrt Unwissenheit*, a cura di P. Wilpert, F. Meiner, Hamburg, 1979³. In italiano esistono alcune traduzioni, tra le quali quella in N. Cusano: *Opere Filosofiche*, UTET, Torino, 1972, a cura di G. Federici Vescovini, la quale si è basata sulla edizione del 1933 a cura di E. Hoffmann e R. Klibansky, ma tenendo conto di un manoscritto molto recente. La lettura diretta delle sue opere non è facile, già nella sua lingua originaria, il latino. J. Hopkins ("Nicolas of Cusa...", op. cit.), che pure si è dedicato ai suoi scritti, traducendoli quasi tutti in inglese (vedi il suo sito in internet), li qualifica come "poco chiari, insufficienti, scritti in fretta."

¹⁴ E. Cassirer: *Storia...*, op. cit., p. 45.

anche i concetti di continuo matematico,¹⁵ il concetto “del tempo *matematico-fisico*, che si fece poi giorno in Keplero e Leibniz”¹⁶ e la concezione dell’atto di moto infinitesimale: “*motus est ordinata quies seu quietes seriatim ordinatae*” (“il moto è una quiete ordinata o una serie ordinata di stati di quiete”)¹⁷; questo è esattamente il concetto di moto reversibile usato in termodinamica. Infatti egli ha anticipato, come si vedrà nel par. successivo, il concetto matematico dell’infinitesimo,¹⁸ ovvero il moderno numero iperreale. Ciò è certamente di grande importanza, sia perché l’infinitesimo ha costituito l’ossatura di gran parte della storia della scienza moderna; sia perché, vedremo poi, la definizione verbale di Cusano ha anticipato la corretta definizione della logica-matematica. In Cusano ci sono anche altri concetti anticipatori, ma basta l’anticipazione di questo concetto per dargli grande merito.

Elenco poi quelli che mi sembrano *i principali suoi risultati nelle scienze naturali*.¹⁹

1) E’ famoso il fatto che nel secondo capitolo della *De Docta Ignorantia*, Cusano sostiene che *la Terra non sta al centro dell’Universo*; il quale anzi non ha nessun centro; perché anche nell’universo non c’è assolutezza, tutto è relativo. E’ relativo sia il moto o la quiete dei corpi, sia la forma degli oggetti celesti (che analogamente non sono mai perfettamente sferici, compresa la forma della Terra), sia le orbite (che non sono perfettamente circolari); né c’è un oggetto celeste privilegiato (secondo lui, tutti sono come le stelle²⁰). A lungo dopo Cusano, questa sua concezione è rimasta una concezione di tipo filosofico; lo è anche in G. Bruno, che l’ha ripresa con forza e l’ha diffusa. Essa è incominciata a diventare sperimentale solo con Galilei; ma, si noti, limitatamente e senza riuscire a falsificare la concezione tolemaica, che sapeva offrire una completezza di spiegazione, senza discrepanze con la realtà. Solo dopo Galilei, le affermazioni (di Cusano e) di Copernico sono state dimostrate dalla scienza moderna con sempre più prove sperimentali.²¹ Questa anticipazione è quindi molto importante per gli avvenimenti che occasionarono la nascita della scienza moderna. Anche perché qui c’è un antecedente storico di quella concezione con la quale poi la Chiesa si è scontrata quando essa è stata sostenuta da Galilei. La anticipazione di Cusano ribalta il significato che di solito si dà allo scontro (quello tra l’oscurantismo intrinseco nella Chiesa e la scientificità razionale e sperimentale di Galilei); qui la posizione di Galilei è sostenuta ben due secoli prima da un Cardinale. Infine le tesi di Cusano, che ogni moto è relativo e che non esiste un centro nell’Universo, possono essere viste come spunti anticipatori della relatività ristretta e di quella generale.

2) La anticipazione del *principio di inerzia* nella versione di Newton. Cusano considera una palla perfettamente sferica che corre su una superficie molto levigata, come quella del ghiaccio; allora il moto non cesserebbe mai, se non intervenisse qualche elemento estraneo a modificarlo.²² Questa sua versione è molto interessante, anche perché suggerisce, così come oggi si fa o si suggerisce in classe agli studenti, quel tipo di esperimento che indica il fenomeno.

3) Per Cusano la mente si applica alla realtà con la *misura* (in latino: *mensura*; che, secondo Cusano, deriva da: *mens*, mente); che egli applica a tutti i campi della conoscenza della realtà, medicina compresa. È facile vedere l’anticipazione di quel metodo sperimentale che viene datato oltre

¹⁵ E. Cassirer: *Storia...*, op. cit., p. 76.

¹⁶ E. Cassirer: *Individuum und Kosmos in der Philosophie der Renaissance*, 1927 (tr. it.: La Nuova Italia, Firenze, 1950, dalla quale cito), p. 73.

¹⁷ N. Cusano: *Idiota*, III, p. 9, fol. 89 b).

¹⁸ E. Cassirer: *Storia...*, op. cit., p. 64.

¹⁹ G. Santinello: *Introduzione a Niccolò Cusano*, Laterza, Bari, 1987², pp. 105-109 descrive in maniera più ampia le novità attribuibili a Cusano nelle scienze naturali.

²⁰ In *De Docta Ignorantia*, Cap. II, par. xii, Cusano scrive la frase *Terra stella nobilis est* (la Terra è una stella nobile) che secondo Kojève indica la nuova collocazione attribuito alla Terra dalla scienza moderna: nel cielo delle stelle nobili, cioè nella metafisica della volta celeste. In realtà, Cusano intende dire che, non essendoci nell’Universo alcunché di metafisico, anche la Terra è altrettanto nobile quanto tutti gli altri corpi nell’universo (considerati tutti come stelle); non intende dire che le stelle sono corpi trascendenti.

²¹ Che forse Cusano ha cercato, ma certo non ha prodotto. Egli voleva approfondire la questione con osservazioni sperimentali, per cui aveva comprato diversi strumenti astronomici che sono conservati tuttora a Kues. Comunque, il *De Docta Ignorantia* di Cusano, il libro dove si parla con chiarezza di queste proprietà dell’universo, ha avuto anche importanza storica: è stato letto certamente da Copernico; vedasi R. Klibansky: “Copernic et Nicholas de Cues”, in *Léonard de Vinci et l’expérience scientifique au XVIe siècle*, Paris, 1953, 225-235.

²² N. Cusano: *De Ludo Globi*, 1463, I, 154v-155r. P. Duhem (*Etudes sur Léonard de Vinci*, II, Paris, 1909, cap. XI), dà grande importanza alla fisica di Cusano, tanto da farne un preciso anticipatore di Leonardo da Vinci.

un secolo dopo, con Galilei. Connessa a questa sua idea, è la tesi di Cusano che tutti i dati sensibili sono sempre conosciuti come approssimati; in generale, non possiamo attribuire loro una certezza o validità assoluta. Nella storia della scienza, la fisica di Newton e di Laplace ha dato per tre secoli un valore assoluto ai risultati delle misure, ma poi è arrivata la moderna meccanica quantistica, che ha posto come essenziale la imprecisione nelle misure.

4) Cusano usa molto dedurre proprietà dalle *differenze nei pesi dei corpi*. Agli interpreti di Cusano questo metodo è sembrato ingenuo; ma di fatto è questa la rivoluzione che poi fece Lavoisier per fondare la chimica: lasciando da parte i concetti astratti (in particolare, la affinità chimica; che, secondo Newton, doveva essere spiegata con la forza gravitazionale, intesa come forza intermolecolare), egli misurava i pesi dei reagenti e i pesi dei composti di una reazione chimica, facendo conto che la differenza di questi due insiemi di pesi è sempre zero (conservazione della massa).

5) Cusano svaluta la tradizionale metafisica dei quattro elementi della materia, considerandola solo una congettura; cioè apre la strada ad altre concezioni sulla costituzione della materia.²³

Queste anticipazioni, considerate in generale, indicano un grande merito di Cusano, perché la ricerca scientifica, per costruire concetti scientifici adatti ai dati sperimentali, deve elaborare grandezze misurabili, concetti, leggi e teorie con una attività intellettuale creativa che richiede un grande sforzo teorico.

Però i suddetti risultati non sono stati ottenuti da Cusano con prove sperimentali; anzi, sorprende il fatto che essi siano stati ricavati per altra via, in un tempo in cui quei risultati erano nuovi e addirittura in contrasto con le credenze comuni. Resta allora la domanda più importante, *quale sia l'importanza scientifica di queste anticipazioni*, che non sono basate sull'esperienza, ma sulla impostazione filosofica di Cusano.

Noto che si può anticipare la scienza moderna a diversi livelli.

- 1) Anticipare una *metafisica che ispira le scoperte scientifiche*. E' noto che la metafisica può aiutare molto uno scienziato a trovare nuovi risultati scientifici. Faraday (che non voleva usare la matematica) aveva una sua metafisica religiosa che gli ispirava le sue rivoluzionarie esperienze. Minkowsky presentò la nuova geometria, quella adatta alla relatività ristretta, all'interno di una metafisica a carattere "assoluto", che poi è stata subito abbandonata dagli altri. Maxwell ricavò le equazioni matematiche della teoria elettromagnetica da una concezione metafisica della materia, la quale sarebbe stata formata da vortici. Ma soprattutto, proprio all'inizio della fisica moderna, Newton introdusse enfaticamente lo "spazio assoluto" e il "tempo assoluto" per dare un sostegno metafisico a tutta la sua teoria; e per due secoli i fisici hanno conservato questi concetti, considerandoli inevitabili (pochi contestatori hanno combattuto inutilmente per eliminare questa metafisica). E anche la nascita della meccanica quantistica ha avuto, in alcuni protagonisti (ad es. Bohr), una metafisica ispiratrice.²⁴

Le idee metafisiche di Cusano sul cosmo hanno ispirato Copernico; il che è sicuramente straordinario, se si pensa che sono passati più secoli prima che la teoria copernicana venisse provata sperimentalmente. Quindi, anche se le idee di Cusano erano metafisiche (religiose), di sicuro hanno ispirato una teoria cruciale per la nascita della scienza moderna.

Inoltre Cusano è anche uno dei massimi rappresentanti della metafisica filosofica detta henologica, che cioè ha come problema fondamentale la ricerca dell'uno a partire dal molteplice. Tutta la fisica teorica, dal tempo della nascita della meccanica newtoniana, ha avuto la medesima metafisica, quella di credere che ci sia una sola scienza e una sola teoria fisica; nel sec. XX la ricerca della teoria del campo unificato ha coinvolto i maggiori scienziati e anche oggi ne coinvolge molti.

Questo tipo di anticipazione, pur non avendo nulla di sperimentale, ha la sua importanza; ma dagli scienziati è svalutata: la metafisica sarebbe al più una impalcatura, magari utile alla costruzione della teoria scientifica; ma da abbandonare quando poi la teoria, essendo stata completata, è diventata autosufficiente.

²³ N. Cusano: *De Conjecturis*, 1440, in *Opere Filosofiche*, UTET, Torino, p. 80.

²⁴ E' famoso il libro di F. Capra: *Il Tao della Fisica*, Boringhieri, Torino, 1980, che vede la fisica moderna come realizzazione della metafisica del Tao.

2) Consideriamo allora il ruolo di anticipare la *filosofia che sta alla base di teorie scientifiche particolari*.²⁵ Ad esempio si cita spesso Democrito come anticipatore della teoria atomistica moderna. È chiaro che Democrito non aveva prove sperimentali di quel che diceva; per di più la sua teoria neanche è simile a quella moderna. Ma giustamente si dà importanza al fatto che già nell'antichità una teoria, che era del tutto imprevedibile, avesse un precedente. Ora, Cusano ha suggerito le affermazioni basilari della filosofia copernicana. Soprattutto ha suggerito una filosofia dell'infinito matematico, la quale si è rivelata decisiva per abbattere le barriere culturali che impedivano la matematica e la fisica ad usare questo concetto.²⁶ Lo stesso dicasi per la filosofia (in particolare, quella dell'infinito) che sta alla base della versione di Newton del principio d'inerzia; è certamente straordinario che Cusano abbia anticipato quella versione, che di per sé è molto filosofica.²⁷

3) *Anticipare i fondamenti della scienza*. E' questo il livello di anticipazione che mi sembra il più importante di tutti i precedenti; perché i fondamenti della scienza moderna sono stati studiati e riconosciuti con uno sforzo intellettuale che non ha avuto paragoni nella storia del pensiero umano; anche perché ha dovuto procedere separatamente dalla filosofia tradizionale (la quale, quando ha creduto di individuarli, è stata smentita dagli sviluppi successivi della scienza).

Già Burckhardt ha notato che con Cusano c'è un passaggio culturale cruciale rispetto al pensiero del medioevo: il passaggio all'oggettivo e al soggettivo: "Fu in Italia che cominciò a dissiparsi questo velo: si cominciò a trattare lo stato, e tutte le cose del mondo in generale, in modo *oggettivo*; ma accanto a questo, si drizza prepotente il *soggettivo*; l'uomo diventa individuo spirituale e si riconosce tale."²⁸ Secondo me, Burckhardt voleva anche indicare lo "strutturale", ma l'ha cumulato nello "oggettivo". Anche uno dei maggiori interpreti di Cusano, Santinello, sostiene che in Cusano c'è un "sistema", nonostante ogni libro di Cusano lo presenti in una direzione intellettuale diversa e nonostante Santinello non lo sappia precisare.

Dopo quattro secoli dalla nascita della scienza, i fondamenti sono ancora controversi; ma secondo i miei studi, essi sono dati dalle tre dialettiche prima indicate (par. 2), con esse sono riuscito a ricostruire la intera storia della fisica.²⁹ Sulla base delle suddette tre dialettiche è facile riconoscere "il sistema" di Santinello. Innanzitutto, la prima dialettica fondamentale, quella dell'esperimento-matematica (con l'infinito). Qui in Cusano c'è il concetto di *mensura*, inteso come applicazione della mente alla realtà; cioè la dialettica cusana tra il sensibile e l'intelletto; addirittura la mente ha la capacità di dare la forma alla esperienza sensibile (ormai da un mezzo secolo si riconosce che l'esperimento in Fisica è *theory-laden*). "L'intelletto non vuol diventare senso, ma intelletto perfetto e attuale: ma poiché non può realizzarsi altrimenti, diventa, per poter passare attraverso questa mediazione [datagli dal senso], dalla potenza all'atto. Così percorso un giro completo, l'intelletto ritorna su se stesso."³⁰

Nei due paragrafi successivi vedremo dettagliatamente come Cusano ha anticipato le altre due dialettiche.

5. Il metodo di Cusano in matematica: per la prima volta la mente indaga l'infinito

²⁵ Anche J. Hopkins: "Nicolas of Cusa...", op. cit., dà un elenco delle innovazioni di Cusano, per lo più quelle filosofiche.

²⁶ Sulla faticosa crescita dell'uso dell'infinito matematico nella storia della matematica vedasi P. Mancosu: *The Philosophy of Mathematics and Mathematical Practice in the Seventeenth Century*, Oxford U.P., Oxford, 1996.

²⁷ R.N. Hanson: "Newton's first Law. A Philosopher's Door in Natural Philosophy", in R.G. Colodny (ed.): *Beyond the edge of certainty*, Prentice-Hall, 1965, 6-28. Vedasi anche A. Drago: "A Characterization of Newtonian Paradigm", in P.B. Scheurer, G. Debrock (eds.): *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Kluwer Acad. P., 1988, 239-252.

²⁸ J. Burckhardt: *Kultur der Renaissance*, I, p. 141. E' quanto sostiene anche F. Olgiati: *L'anima dell'Umanesimo e del Rinascimento*, Vita e Pensiero, Milano, 1924, usando, al posto dell'idea di "oggettivo", la idea di "concretezza" e distinguendo tra un umanesimo rivolto a Dio in Cusano ed un umanesimo autonomamente antropocentrico.

²⁹ Oltre al già citato lavoro, mio assieme ad A. Coppola: "Galilei ha inventato il principio d'inerzia?...?", op. cit., riguardante l'inizio della storia della Fisica, indico un lavoro su quella teoria che può essere considerata al momento la teoria più avanzata: "Which kind of mathematics for quantum mechanics? The relevance of H. Weyl's program of research", in A. Garola, A. Rossi (eds.): *Foundations of Quantum Mechanics. Historical Analysis and Open Questions*, World Scientific, Singapore, 2000, 167-193.

³⁰ N. Cusano: *De Conjecturis*, 1440, II, p. 11 (tr. it. in *Opere Filosofiche*, UTET, Torino, pp. 42-43) e *De Staticis Experimentis*, 1450.

Anche un esame fuggitivo dell'opera di Cusano fa vedere che essa verifica ampiamente la tesi di Kojève: in Cusano il dogma della incarnazione di Cristo diventa principio di intellettualità; per cui *Credo ut intelligam* (credo per capire).³¹ In altri termini, Cusano ritiene ormai inevitabile pensare non più come i greci,³² ma mediante una dialettica, come quella della doppia natura di Cristo.

La compartecipazione dei due livelli, umano e divino è affermata da Cusano anche nell'opera successiva (*De Conjecturis*), dove egli attribuisce alla mente, non solo una potenza organizzatrice o finalizzatrice dei dati della realtà, ma una potenza creativa analoga a quella di Dio; tanto che in questa opera l'uomo stesso diventa una sintesi tra Dio e il creato.

Come si vede, l'intelletto ha superato la tradizionale barriera divisoria da Dio, per aprirsi alla infinita distanza, che comunque sempre separa l'uomo da Dio; ma questa infinita distanza permette delle tappe intermedie; esse restano sempre inadeguate, ma sono sempre migliorabili. Così l'infinito, inesplorato ed esorcizzato dai Greci, avrà quel modello di esplorazione (il passaggio al limite) che sarà la matrice della scienza moderna (così come è stato mostrato molto bene da Koyré che, sintetizzando le posizioni dei fondatori della scienza moderna, scrive: "Galilei spiega il reale con l'ideale [la geometria come linguaggio ideale]. Cartesio e Newton spiegano il reale con l'impossibile [il passaggio al limite infinito].... Galilei non lo fa."³³

Ma vediamo con più precisione il procedere di Cusano nella matematica, riferendoci al *De Docta Ignorantia* (1440) e limitandoci a vedere come egli introduce un solo concetto, che però sarà cruciale per le successive matematica e fisica, l'infinitesimo. Per il timore di incorrere nei numeri incommensurabili, i Greci (Eudosso) avevano dato delle regole ben precise per trattare i calcoli numerici. Innanzitutto, trattare solo grandezze matematiche che non fuoriescono da precise regole definitorie: a) essere ordinabili tra loro secondo la serie dei numeri naturali; b) sommabili tra loro; c) misurabili tra loro rispetto ad una *regula*, e quindi secondo un rapporto espresso da un numero razionale. Solo quando le grandezze soddisfano i requisiti suddetti, allora è lecito porle in proporzione tra loro. E viceversa, calcolare su di esse solo con le proporzioni matematiche, che, includendo le sole operazioni di uguaglianza e di rapporto, sicuramente non portano agli incommensurabili. Da queste regole è chiaro che per i Greci l'infinito non è una grandezza matematica, perché non soddisfa i requisiti suddetti.

Cusano invece inizia il suo libro superando proprio questo tabù. Prima sostiene la verità di base: poiché il numero comprende tutto della realtà terrena, tutto può essere compreso con le proporzioni, le quali vengono espresse solo con numeri. (Cap. 1, par. I) Poi riconosce che, poiché la conoscenza del finito si ha solo con le proporzioni, "l'infinito in quanto infinito, sfuggendo ad ogni proporzione, è ignoto". Ma, nota Cusano, l'assoluto in realtà ci sfugge anche nel mondo finito, perché quest'ultimo è conosciuto solo approssimativamente, mai con precisione infinita. Allora non pretendiamo di conoscere l'infinito in quanto tale, in maniera totale, ma solo in maniera approssimata, così come avviene per le cose finite. Poiché noi siamo sempre ignoranti dell'assoluto, allora facciamo dell'essere coscienti della nostra parziale ignoranza la leva per migliorarla; l'infinito ci resterà sempre ignoto, ma

³¹ Lo sottolinea E. Cassirer: *Individuum...*, op. cit., pp. 22-23 (in particolare: "L'infinito trapassa, per questa via, nel finito; su di essa, il finito ritorna all'infinito. Qui è incluso l'intero processo della *redenzione*, il quale comprende tanto il farsi di Dio uomo, quanto il trasformarsi dell'uomo in Dio."), 59-60 (in particolare: "l'anima dell'uomo, in quanto tale,... è il luogo dove si compie questo miracolo dell'incarnazione,... [che] deve rinnovarsi in ogni io e in ogni tempo."), 66-67 (in particolare: "... ciò che di più strano e di più difficile presenta la sua filosofia...[è] una profonda intuizione dell'essenza stessa del Cristianesimo. L'*Idea di Cristo* viene invocata come giustificazione, legittimazione e sanzione religiosa dell'*idea dell'umanità*."), *Storia...*, op. cit., pp. 51 (in particolare: "Le forze superiori scendono nella inferiori non per perdervi, ma per giungere, attraverso il contrasto che trovano in esse, alla coscienza del proprio valore particolare e della propria indipendenza. Bisogna abbracciare e comprendere questo movimento di ascesa in un'unica visione spirituale."), 69 (in particolare: "E' invece, di grande importanza il fatto inaspettato che una tendenza di pensiero che parte dal concetto di Dio e che mira ad esso costantemente, si riveli direttamente feconda per la scoperta e la formazione di singole idee matematiche."), 75 (in particolare: "Si chiude così finalmente l'anello che, per il Cusano, unisce l'una all'altra la speculazione metafisica e quella matematica. ... l'abisso che divide il necessario e il casuale, Dio e l'uomo... era il problema che la mistica religiosa del Medioevo si era sforzata di risolvere... [Con Cusano] L'io stesso diventa la culla della divinità, il *Kindbett der Goetheit*: il processo di "redenzione" non indica più un atto storico... ma viene trasportato nella sua [dell'individuo] interiorità. Ciò che al pensiero razionale... appare come assolutamente opposto, qui viene inserito in un unico sviluppo graduale.")

³² N. Cusano: *Apologia Doctae Ignorantiae*, 1449, folio 6 (edizione di Parigi del sec. XVI).

³³ A. Koyré: "Galilée e Platon", in *Études d'Histoire de la Pensée Scientifique*, Gallimard, 1973, 166-195, p. 195.

di esso, come di tutte le cose terrestri, potremo approssimare la conoscenza sempre più. “L’intelletto, dunque, non è la verità, non comprende mai la verità in modo così preciso da non poterla comprendere più precisamente ancora all’infinito, perché l’intelletto sta alla verità come il poligono sta al cerchio. Quanti più angoli avrà il poligono iscritto, tanto più sarà simile al cerchio: tuttavia non [gli] sarà mai uguale, anche se avremo moltiplicato i suoi lati all’infinito, a meno che si risolva nell’identità con il cerchio.” Qui riconosciamo l’antico procedimento di calcolo detto dell’esaustione, usato però dai Greci sempre con sospetto, tanto che gli aggiungevano sempre un teorema (per assurdo), a verifica della validità del risultato; da Cusano esso viene preso a modello della conoscenza dell’infinito.

Nel par. II egli allora parte dalla definizione dell’infinito. Lo definisce in modo da rappresentare una idea matematica, ma anche teologica: è il “Massimo”; sia dei numeri che della realtà.³⁴

La sua definizione è molto importante: “Massimo dico ciò di cui non ci può essere niente di più grande.”(11, 4; sott. aggiunte; verranno spiegate nel prossimo par.) Nel par. IV egli definisce anche il minimo: “Il Minimo è ciò di cui non c’è nulla di più piccolo.” (11, 16)

Un fatto finora non avvertito dagli storici è che queste definizioni sono proprio quelle che dal 1960 possono essere date per definire rigorosamente quei numeri che, secondo la teoria detta analisi non standard (ANS),³⁵ esprimono più di tutti l’infinito in matematica, gli iper-reali; essi sono una estensione dei numeri reali, ottenuti abbandonando (proprio come fa Cusano) la proprietà della proporzionalità dei numeri (postulato di Archimede). Questa teoria moderna ha rivalutato la analisi infinitesimale del sec. XVII.³⁶

Questo fatto è straordinario: Cusano basa il suo trattato su un concetto, quello dell’infinitesimo, che formalmente appartiene ad una teoria matematica (analisi infinitesimale), che verrà introdotta intuitivamente più di un secolo dopo, e che verrà definita completamente mezzo millennio dopo (ANS).

Coerentemente con il tipo di matematica da lui introdotta, quella che rinuncia alle proporzioni, egli procede in un modo nuovo. Nota che Massimo e Minimo, andando oltre ogni cosa finita, debbono coincidere, con una coincidenza che deve includere sia il positivo che il negativo, perché nell’infinito gli opposti (si noti, non i contraddittori!) vanno a coincidere.³⁷ Quindi il metodo di ragionare mediante le proporzioni lascia il posto ad un altro metodo, quello che ha reso famoso Cusano: ragionare mediante la coincidenza degli opposti. Abbandonata la proporzione matematica, anche la contraddizione non vale più come valeva nel finito

Tornerò nel paragrafo successivo sulla sua logica. Per ora notiamo il percorso compiuto dal Cusano. Lui stesso lo spiega nei parr. XI e XII. Si è inserito in un campo della conoscenza, la

³⁴ Così come aveva fatto S. Anselmo nella sua prova ontologica; ma questi si riferiva al Massimo pensabile, non alla realtà stessa.

³⁵ A. Robinson: *Non-Standard Analysis*, North-Holland, 1960, cap. X; J. Petitot: “Infinitesimo”, *Enciclopedia Einaudi*, vol. 7, Einaudi, Torino, 1977; H. Barreau: “Les Infinitesimaux et l’Analyse Non-Standard”, in H. Barreau and J. Hartong (eds.): *La Mathématique Non-Standard* Editions du CNRS, Fondements des Sciences, Paris, 1989, pp. 157-184; A. Drago: “Verso la conoscenza dei fondamenti della matematica: l’analisi infinitesimale di Lazare Carnot”, in L. Magnani (ed.): *Conoscenza e Matematica*, Marcos y Marcos, 1991, 427-444. Per altri riferimenti alla storia della matematica vedasi M. Kline: *Il pensiero matematico dall’antichità ai tempi moderni* (1972), Einaudi, Torino, 1995, o il meno formale *La Matematica. La perdita della certezza*, Mondadori, Milano, 1985, o l’ancora più abbordabile C. Boyer: *Storia della Matematica*, ISEDI, Milano, 1978.

³⁶ Questa teoria matematica segnò il salto irreversibile della scienza moderna all’uso dell’infinito in atto. Essa fu ottenuta da Newton e da Leibniz in una maniera che lasciava poco chiari i suoi fondamenti, soprattutto perché il concetto fondamentale manteneva un forte rapporto con la filosofia e con la metafisica. Appena poterono (dal 1820 circa), i matematici cercarono di espungere l’infinitesimo; che invece dal 1960, per la nascita dell’ANS è da intendere come un ben fondato numero iper-reale. Alla luce di questa ultima teoria, appare erroneo che Cusano si riferisca all’unità aritmetica, invece che all’infinitesimo o a concetti simili; egli sembra rimanere legato ai numeri naturali, invece che ai numeri razionali (e ai reali). Ma filosoficamente egli ricercava l’unità contro la molteplicità, quindi era indirizzato a vedere come fondamentale anche in matematico l’uno.

³⁷ Poi Cusano recupera i numeri; però non più come enti da manipolare, ma trascesi in principi di numerazione, al fine di descrivere il Massimo-Dio come uno; e poi, assieme a Marciano, egli vuol giungere “alla conoscenza della trinità, avendo rigettato i circoli e le sfere” (par. x) dell’astronomia tolemaica per trovare la sua famosa formula della uno-trinità di Dio (una dialettica tipica della teologia del Cristianesimo). A questo livello non ci sono più collegamenti con le proporzioni; piuttosto c’è la generazione del mondo da parte di Dio, ovvero la generazione della molteplicità dall’unità.

aritmetica, che più di tutti le altre conoscenze può essere considerata vicina alla perfezione (perché la metafisica è prodotta solo dalla nostra mente; tanto che è espressa solamente con simboli). In questa conoscenza ha estrapolato un suo concetto base (numero) all'infinito matematico; e da questo, come secondo passaggio, ha concepito l'infinito in maniera generale (anche teologica). Questi sono i due passaggi del suo metodo per avvicinare l'infinito teologico. Allora, questa è la sua conclusione di enorme importanza: *l'infinito (anche teologico) non è più inaccessibile, ma esso è esplorabile ed approssimabile*, così come si esplora la realtà quotidiana; che solo illusoriamente può essere concepita come perfettamente conosciuta; invece essa è altrettanto approssimata quanto la conoscenza che noi possiamo arrivare ad avere dell'infinito.

Notiamo che poi (dal par. XII di quell'opera) sette paragrafi applicano questo metodo anche alla geometria, quasi per avere una verifica decisiva (poiché per la tradizione, la geometria era la scienza sicura nei suoi fondamenti, rispetto ai calcoli matematici che invece potevano incappare negli incommensurabili). Anche qui egli vuole ripetere il percorso, da lui compiuto in precedenza nella aritmetica. La definizione del concetto centrale è ancora una volta precorritrice di quella dell'infinitesimo della ANS: "il centro precede ogni lunghezza, larghezza, profondità..." (par. XXIII). Poi Cusano vuole ripetere, in analogia a quanto fatto nei paragrafi precedenti, la fusione di tutti i concetti geometrici all'infinito. Essa corrisponderebbe a quanto avviene nella geometria che appunto usa i numeri per i quali non c'è la proporzionalità: la geometria non archimedeica.³⁸

Grazie a questa introduzione dell'infinito nella realtà conoscitiva, Cusano può compiere quanto afferma McTighe: "Comparato con la ampiamente accettata nozione di scienza moderna, come una maniera "costrutturale" di conoscere, che comporta una specie di imposizione della intellegibilità su un dato [il quadro dei risultati sperimentali] che, almeno metodologicamente, è visto come un dato primordiale, comparato con questa nozione di scienza, Cusano è sorprendentemente moderno. Allora l'acume fondamentale che pone il pensiero del cardinale in continuità con le concezioni moderne della scienza è che la matematica [dell'infinito] fornisce intellegibilità ad un ordinamento che non ce l'ha".³⁹

6. Il modo di ragionare: Cusano sa usare la logica non classica

Esaminando gli scritti di Cusano, si nota subito che egli non ragiona deduttivamente. Anche nella sua ultima opera, *De Apice Theoriae* (1463), laddove sintetizza tutta la sua teoria con dodici proposizioni, egli non le lega deduttivamente. Sicuramente questa caratteristica ha portato molti a svalutare il suo pensiero, perché non appare sistematico.⁴⁰ Invece questa maniera di ragionare è un suo grande merito. Per verificarlo impegnerò il lettore in una precisazione un po' lunga e sottile, ma solida.

In precedenti lavori ho mostrato che anche altri autori di teorie scientifiche o filosofiche sanno ragionare bene, anche se non lo fanno in maniera deduttiva.⁴¹ I loro testi usano frasi doppiamente negate, ognuna delle quali non è equivalente a quella che si ottiene eliminando le due negazioni, perché la frase risultante non ha lo stesso significato, quasi sempre non ha evidenza sperimentale (FDN). Le ricerche sulla logica-matematica del XX secolo hanno mostrato che più che la legge logica del terzo escluso, la legge della doppia negazione segna il confine tra la logica classica e la maggior

³⁸ Fu introdotta da un matematico italiano della fine del sec. XIX, G. Veronese. La potenza del pensiero di Cusano nell'anticipare la scienza moderna si rivela anche alla fine del par. XXVI; qui egli paragona due insiemi infiniti e mostra che le misure che valgono nel finito non hanno corrispondenza all'infinito. E' una anticipazione di quanto concludono sia Galilei un secolo dopo Cusano (gli insiemi infiniti non sono paragonabili tra loro) sia, quattro secoli dopo, Cantor (che fonda la teoria degli insiemi infiniti paragonandoli secondo una sola proprietà del finito, la equipotenzialità).

³⁹ T.P. McTighe: "Nicolas of Cusa's philosophy of science and its metaphysical background", in G. Santinello (ed.): *Niccolò Cusano agli inizi del mondo moderno*, Sansoni, Firenze, 1970, 317-338, pp. 319-320.

⁴⁰ Vedasi ad es. quanto male ne dice E. Vansteenberghe: *Nicholas de Cues*, Minerva, Paris, 1920, 279-287, specie nella pagina 287.

⁴¹ A. Drago: "Una definizione precisa di incommensurabilità delle teorie scientifiche", in F. Bevilacqua (ed.): *Atti VII Congr. Naz. Storia Fisica*, Padova (1986), 124-129 e "There exist two models of organization of a scientific theory", *Atti della Fond. G. Ronchi*, 62 n. 6, 2007, 839-856.

parte delle logiche non classiche.⁴² Allora, quando si legge un testo originale, è molto importante riconoscere la presenza di una FDN, perché rivela che l'autore sta ragionando, sia pure senza conoscere le regole formali di questo tipo di ragionamento, in una logica non classica; cioè, in un modo di ragionare che è del tutto diverso da quello che si usa ad es. in geometria euclidea.

I testi di cui sopra legano le FDN tra loro, in modo da formare unità di ragionamento: pongono un problema, poi richiamano alcuni principi metodologici, che servono a concludere, di solito mediante un ragionamento per assurdo (RA), una FDN finale. Ci sono alcuni testi originali (della termodinamica di Sadi Carnot e della geometria non euclidea di Lobacevsky) dove queste unità di ragionamento si legano tra loro per formare una nuova organizzazione della teoria, del tutto diversa da quella deduttiva.

Importante è notare come essa termina. Nelle suddette due teorie scientifiche, l'ultima unità di ragionamento ottiene una FDN che è una tesi di tipo universale $\neg\neg TU$, che cioè vale per tutti i casi del problema generale iniziale della teoria. Allora l'autore, avendo raggiunto, con un ragionamento di tipo induttivo, un risultato generale, si sente autorizzato a cambiare questa FDN nella corrispondente frase affermativa TU ; che lui, nel seguito della esposizione, aggiunge come nuova ipotesi alle altre ipotesi positive, per ricavare anche da essa uno sviluppo teorico di tipo deduttivo.⁴³

Torniamo a Nicolò Cusano. Già Cassirer ha sostenuto espressamente che in Cusano c'è "un nuovo tipo di logica matematica" (benché Cassirer non precisi questa logica).⁴⁴ I suoi testi mostrano che egli era contro la logica classica; non solo perché voleva rinnovare la logica classica, tanto che egli chiamava gli Aristotelici del suo tempo *Aristotelis Secta*;⁴⁵ e non solo per introdurre la coincidenza degli opposti, la quale sfida la legge di non contraddizione;⁴⁶ ma anche perché seguiva la scuola che si chiama "teologia negativa", la quale usa molto spesso le negazioni; che, come vedremo nel seguito, danno luogo a FDN.

⁴² Prawitz and P.-E. Melnhaas: "A survey of some connections between classical intuitionistic and minimal logic", in H. A. Schmidt, K. Schuette and H.-J. Thiele (eds.): *Contributions to Mathematical Logic*, North-Holland, Amsterdam, 1968, pp. 215-229. M. Dummett: *Principles of Intuitionism*, Oxford U.P., Oxford, 1977. D. Prawitz: "Meaning and Proof. The Conflict between Classical and Intuitionistic Logic", *Theoria*, 1977, **43**, 6-39. Ho ritrovato parzialmente questa maniera di impostare una teoria nella *Monadologia* di Leibniz: "La monade di Leibniz alla luce dello sviluppo della scienza moderna", in B.M. D'Ippolito, A. Montano and F. Piro (edd.): *Monadi e monadologie. Il mondo degli individui tra Bruno, Leibniz e Husserl*, Rubettino, Soveria Mannelli, 2005, 291-313.

⁴³ A. Drago e A. Perno: "La teoria geometrica delle parallele impostata coerentemente su un problema (I)", *Per. Matem.*, ser. VIII, vol. 4, ott.-dic. 2004, 41-52; "La teoria geometrica delle parallele impostata coerentemente su un problema (II)", *Per. Matem.*, ser. VIII, vol. 5, ott.-dic. 2005, 5-14. A. Drago e R. Pisano: "Interpretazione e ricostruzione delle *Réflexions* di Sadi Carnot mediante la logica non classica", *Giornale di Fisica*, **41** (2000) 195-215 (tr. inglese in: *Atti Fond. Ronchi*, 59 (2004) 615-644).

⁴⁴ E. Cassirer: *Individuum und Kosmos...*, op. cit., p. 31, ma vedasi anche le altre pagine 25-28. Uno scritto di E.A. Wyller ("Zum Begriff *non aliud* bei Cusanus", in G. Santinello (ed.) *Nicolò Cusano agli inizi del mondo moderno*, Sansoni, Firenze, 1970, 419-443) ha già chiarito molto bene che la negazione in Cusano non è quella classica, né quella privativa, né quella della dialettica hegeliana. Anche L. Gabriel ("Il pensiero dialettico in Cusano e in Hegel", *Filosofia*, **21** (1970) 537-547) ha sottolineato che la negazione di Cusano non è quella classica né quella hegeliana, perché essa introduce un argomentare diverso da quello di Hegel. Difatti, faccio notare che in Hegel la "negazione della negazione" è la fine di un processo logico triadico, mentre qui una FDN è l'inizio di un processo di argomentazione logica che concatena una serie di FDN. Nell'altro suo articolo (E.A. Wyller: "Identitæt und Kontradiction. Ein Weg zu Cusanus' Unendlichkeitsidee", *MFCG*, **15** (1981) 104-120) Wyller nota che "la logica moderna [classica] e la filosofia della matematica non danno conto dei concetti di Cusano" in *De Docta Ignorantia* (p. 116) e poi arriva a determinare la doppia negazione che sottintende una positività (p. 119), per cui "il più alto principio del pensiero di Cusano" è "A non è altro che A" (sott. agg.). (p. 120) Ma egli non sa che la legge della doppia negazione è equivalente a quella del terzo escluso; per cui dovrebbe scegliere il tipo di logica tra quelle non classiche, che egli aveva elencato nella premessa dell'articolo (pp. 106-107); invece considera questo nuovo principio come sostitutivo del principio aristotelico di identità, "A è A".

⁴⁵ N. Cusano: *Apologia Doctae Ignorantiae*, fol. 6, tr. it in *Scritti Filosofici* (a cura di G. Santinello) Zanichelli, Bologna, vol. II, 1980, p. 406.

⁴⁶ Nella misura in cui una FDN è una affermazione aperta, essa non nega del tutto la corrispondente affermativa, né la sua negata; quindi ognuna di queste ultime ha una parte di verità; perciò esse non si oppongono specularmente, come vero e falso; ambedue quindi possono coesistere sotto qualche aspetto. In questo senso il principio di non contraddizione vale per quella parte di verità che ognuna di queste due frasi ha, mentre non vale quando esse sono prese nella loro interezza.

Ho trovato che gli scritti di Cusano sono pieni di FDN. Già un suo libro, di grande importanza per lui, si chiama *De Non Aliud* (*Sul Non Altro* [\neq *Sullo Stesso*]),⁴⁷ il solo nome che lui vede adatto a Dio. Questo appellativo, espressa come una FDN, dice chiaramente che la sua teologia negativa in realtà è una teologia a FDN. Ciò è confermato dalla sua formula: “*Non aliud non aliud est quam non aliud*” (Il non altro non è altro che il non altro [\neq Lo Stesso è lo Stesso]);⁴⁸ essa rappresenta una eccezionale formula linguistica per esprimere il suo concetto di Unitrinità di Dio, o Trinità unita: dice molto bene tre cose in una. La formula è intellettuale, ma esprime un concetto ben superiore a tutti i concetti di cose (trifoglio, ecc.) con i quali di solito si indica la Trinità.

Esaminiamo ora il libro *De Docta Ignorantia*. Il primo problema è come spiegare questo curioso titolo, che in realtà Cusano riceve da una lunghissima tradizione di teologia negativa (S. Agostino). Notiamo che egli dà varie versioni di questo concetto.⁴⁹

... *desideramus scire nos ignorare [infinitum]*. (desideriamo sapere che noi ignoriamo [l'infinito]) (4, 11)

... *radicem doctae ignorantiae in inapprehensibili veritatis precisione statim manifestans*. (manifestante direttamente la radice della dotta ignoranza nell'inaccessibile precisione della verità) (8, 9)

... *adhuc altius ipsas rationes infinitarum figurarum transumere ad infinitum simplex*... (quindi trasferire più in alto queste stesse ragioni delle figure infinite all'infinito semplice). (33, 13)

Docuit nos sacra ignorantia Deum ineffabilem (la sacra ignoranza ci insegna che Dio è ineffabile) (87, 1)

Et haec est illa docta ignorantia, quam inquisivimus. Per quam tantum ad infinitae bonitatis deum maximum unitrinum... accedere posse explicavimus. (e questa è la dotta ignoranza che cercavamo, con la quale abbiamo spiegato come si possa arrivare... a Dio massimo unitrino, di infinita bontà) (89, 11)

La molteplicità di espressioni usate da Cusano indica che egli usava questo concetto con una certa approssimazione. Per andare a fondo del suo uso impreciso, ipotizziamo che quella espressione sia una rozza abbreviazione di una FDN; allora proviamo a ricostruire la FDN aggiungendo una negazione esplicativa a quella della *ignorantia*. Notiamo che gli aggettivi “dotta” (nella seconda e quinta espressione) e “sacra” (nella quarta espressione), fanno da contrappeso a “ignoranza”; ambedue gli aggettivi si rifanno implicitamente a qualcosa di infinito; la quale parola “infinito”, ha sempre il carattere di parola negativa: “non finito”. Perciò le frasi precedenti acquistano pieno significato quando si riferiscano a qualcosa di infinito (così come suggerisco tra parentesi quadre, nella prima espressione). Allora è chiaro che la FDN che cerchiamo è: *Ignorantia docta ex infinitis rebus* (Ignoranza istruita dall'infinito). La corrispondente frase senza le due negazioni “Conoscenza per mezzo di cose finite” ha il significato opposto a quello che vuole intendere Cusano con la sua espressione abbreviata *docta ignorantia*.

Allo stesso modo possono essere ricostruite altre espressioni caratteristiche di Cusano. Per limiti di spazio la mia ricerca è confinata al primo libro del *De Docta Ignorantia*:

Praecisio [absoluta = non relativa]... humanam rationem supergreditur [la precisione assoluta supera la ragione umana \neq la precisione relativa è adeguata alla ragione umana] (4, 1)

Quod precisa [= non relativa] veritas sit incomprehensibilis [perché la verità assoluta è incomprensibile \neq perché la verità relativa è comprensibile] (9, 2)

⁴⁷ Qui e nel seguito le negazioni appartenenti ad una FDN verranno sottolineate per evidenziarle al lettore. Inoltre aggiungo la corrispondente frase positiva facendola precedere da un segno di disuguaglianza \neq , in modo che il lettore possa verificare facilmente il carattere di FDN della frase iniziale. Infine il lettore deve tener conto che Cusano, ignorando la logica non classica, fa un uso intuitivo della negazione. Perciò quello che conta è la semantica delle negatività, più che la precisione delle doppie negazioni, (ad es. alle volte la seconda negazione si riferisce alla frase intera, alle volte a qualche suo termine). Inoltre si tenga conto che “solo” (= non altro che) è una doppia negazione e che le modalità (“potere”, “dovere”, ecc. sono doppie negazioni, così come ha chiarito la logica matematica moderna, che passa dalla logica modale alla logica intuizionista mediante il modello S4. Ricordo inoltre che ogni lingua naturale include alcune forzature doppiamente negative: “Non c’è nessuno” ad esempio è una forzatura psicologica per dire: “Non c’è alcuno”; ovviamente occorre escludere le frasi di questo tipo dal novero delle FDN.

⁴⁸ N. Cusano: *De Conjecturis*, 1440, p. 80.

⁴⁹ Nel seguito, i numeri tra parentesi indicheranno la riga nella edizione suddetta della *De Docta Ignorantia*.

Quoniam per se manifestum est infiniti ad finitum proportionem non esse [perché è chiaro che non c'è proporzione tra l'infinito e il finito \neq c'è proporzione tra il finito e il finito](9, 4)

Oppositiones igitur... maximo absolute nequaquam [conveniunt][Le opposizioni quindi non appartengono al massimo assoluto \neq le concordie appartengono al massimo assoluto] (12, 1)

Quia igitur maximum absolute... tunc super omnem affirmationem est pariter et negationem [Perché il massimo assoluto è allora sopra ogni affermazione allo stesso modo di ogni negazione \neq si accorda con tutte le coincidenze) (12, 3)

... cui [= maximo] nihil opponitur [col quale niente si oppone \neq tutto si accorda](12, 23)

In questo I paragrafo si possono contare ben 20 FDN, che occupano 42 su 53 delle sue righe. Il lettore può verificare che le 20 FDN racchiudono tutta la parte essenziale del ragionamento che Cusano compie in questo paragrafo. Questo fatto dimostra che sin dall'inizio del suo libro Cusano ragiona non partendo da assiomi, dai quali dedurre la sua teoria, ma da FDN di logica non classica.

Che per di più sono concatenate tra loro per ragionare per assurdo. Facciamo attenzione in particolare all'inizio del primo paragrafo.

1. ... *judicium cognatum est conveniens proposito cognoscendi nec sic frustra appetitus... quietem attingere possit* (la facoltà del giudizio innato, che risponde al nostro desiderio di conoscere, non è impedita dal raggiungere il suo obiettivo \neq raggiunge il suo obiettivo) (2,6)

2. (RA) *Quod si fortassis secus contingat [frustratio] hoc ex accidenti evenire necesse est* (Perché se non potesse raggiungerlo, la sua capacità sarebbe casuale \neq la sua capacità è necessaria) (2,9)

3. ... *ut dum infirmetas gustum, aut [falsa] opinio rationem seducit*. (come la malattia svia il gusto e come la falsa opinione svia la ragione \neq come la sanità guida correttamente) (2, 10).

Esse assieme costituiscono proprio un RA. Questo RA ha per argomento la capacità della nostra mente di raggiungere la verità. La FDN n. 1 è la tesi del RA, $\neg T$; che poi viene ottenuta ragionando mediante le successive due FDN (n. 2-3), le quali costituiscono il principio metodologico col quale si stabilisce il risultato del RA.

Per venire incontro all'ansia del lettore, che non sa su quali sicurezze appoggiare le FDN, Cusano cambia subito il risultato nella frase positiva corrispondente *U: Quam ob rem sanum liberum intellectum verum... cognoscere dicimus...* [Perché diciamo che la ragione sana e libera conosce il vero](2,11). Ma per l'argomentare successivo, che è ancora di logica non classica, utilizza correttamente il risultato in FDN (v. 4, 11).

Nel frattempo espone un RA sulla importanza universale dei numeri:

4. (RA) *Proportio vero, cum convenientia in aliquot uno simul et alteritatem dicat, absque numero intelligi nequit*. (\neq invero la proporzione... non può essere intesa senza i numeri \neq i numeri fanno capire tutte le proporzioni) (3, 3).

La prima parte del periodo è il principio metodologico (non correttamente detto come proposizione affermativa), dal quale discende la seconda parte, che è la conclusione per assurdo. La tesi di questo RA è universale; lo stesso Cusano lo sottolinea con un *omnia* (3, 5): *Numerus ergo omnia proportionabilia includit. Non est igitur numerus qui in quantitate tantum qui in proportionem efficit, sed in omnibus, quae quovis modo substantialiter aut accidentaliter convenire possunt ac differre*. (Il numero infatti include ogni proporzione. Infatti il numero, che produce la proporzione, non sta solo nella quantità, ma in tutte le determinazioni che possono convenire o differire in un modo qualsiasi, sostanziale o accidentale). Proprio per questo carattere universale qui Cusano compie l'operazione di cambiare la FDN $\neg T$ nella corrispondente affermativa, per poter passare ad uno sviluppo di tipo deduttivo, che di fatto inizia nel par. II (con la definizione di massimo).

Ma prima di ciò, conclude il par. I con un altro RA, che indica l'obiettivo di tutto il libro:

5. (RA) ... *cum appetitus in nobis frustra non sit...* (poiché il nostro desiderio non è vano \neq è efficiente) (4, 11)

6. ... *desideramus scire [ex infinitis] nos ignorare*. (desideriamo sapere dalle cose infinite di ignorare \neq desideriamo di sapere dalle cose finite di sapere) (4, 11)

Qui Cusano richiama correttamente la FDN conclusiva del primo RA e la usa come principio metodologico per concludere il RA; che però sarebbe una frase ambigua se non aggiungessimo, come spiegato in precedenza, il concetto di infinito. Egli poi sottolinea questa conclusione con frasi che,

senza l'aggiunta, sarebbero ancora una volta ambigue tra FDN e frasi affermative. *Hoc [= scire [ex infinitis] nos ignorare] si ad plenum assequi poterimus, doctam [ex infinitis] ignorantiam assequimur. [≠ doctam ex finitis conoscentiam]* (Se potremo giungere a tanto, avremo raggiunto la ignoranza edotta dall'infinito) (4, 12)

Concludo affermando che Cusano espone l'argomento del primo paragrafo in logica non classica, attraverso le FDN e i RA; che egli, pur concependoli intuitivamente, sa usare con sorprendente esattezza, salvo qualche sbavatura.

Ciò però non è confermato dall'esame dei paragrafi seguenti.

Lo confermerebbe il numero dei RA, che sono molti di più di quanti capitino in un testo "usuale": 20 RA su 26 paragrafi; alle volte in un paragrafo solo ci sono vari RA (5 nel par. V). Lo confermerebbe anche la corrispondenza seguente: il titolo di un paragrafo, che ne esprime l'idea centrale, corrisponde molto bene all'argomento del RA, o agli argomenti di vari RA contenuti in quel paragrafo (nel seguito in corsivo è il titolo e tra parentesi sono gli argomenti dei RA dello stesso paragrafo):

I. *Perché sapere è ignorare* (Si può conoscere la verità - La conoscenza procede per mezzo di numeri in proporzioni - L'obiettivo è la dotta ignoranza); IV. *Il Massimo assoluto, che è conosciuto in modo incomprensibile, coincide con il minimo* (Dio include le contraddizioni); V. *Il Massimo è uno* (Tutto dipende dai numeri - I numeri dipendono dall'infinito - Il massimo è più grande che tutti i numeri - Esiste l'unità che è il minimo - Tutti i numeri presuppongono l'unità); VI. *Il Massimo è necessità assoluta* (L'infinito supera le cose finite - Tutto dipende dal massimo semplice - Le cose finite dipendono dal massimo - Senza il Massimo nulla sarebbe compreso); VII. *Della eternità trina ed una* (Non possono esistere più esseri eterni - Idem); VIII. *La generazione eterna* (L'uguaglianza dell'essere è ciò che è); XX. *Ancora qualcosa sulla Trinità. Come non sia possibile la quaternità (e oltre) nelle cose divine* (Il massimo non può essere un quadrato - Dobbiamo chiamare il massimo trinità); XXIII. *Passaggio dalla sfera infinta alla esistenza attuale di Dio* (Tutto è perfetto in Dio); XXIV. *Il nome di Dio sfugge alla teologia affermativa* (I nomi non sono adeguati a Dio - Così pure i nomi Padre, Figlio e Spirito Santo).

Questa corrispondenza semantica indica che i RA sono, come il lettore può verificare sul testo, ben adeguati alla dimostrazione di molti punti cruciali del filo logico dell'esposizione. Questo fatto dà la prova decisiva che Cusano sa sostanzialmente ragionare in logica non classica.

Ma si nota che i RA sono distribuiti in solo 9 dei 26 paragrafi: I (3), IV, V (5), VI (4), VII (2), VIII, XX (2), XXIII, XXIV (2). I RA mancano nei parr. II e III (ma ciò non sembra rilevante, perché questi paragrafi sono soprattutto definitivi), nei parr. IX-XIX (proprio quelli dove Cusano spiega il suo metodo di argomentare mediante la geometria); poi in quelli XXI e XXII (benché essi trattino il suo secondo passaggio alla infinità); e infine in quelli conclusivi, XXV e XXVI. Quindi i RA sono assenti in due gruppi di parr. (l'uso della geometria e il passaggio all'infinito teologico) dove egli vuole spiegare il suo metodo; invece, proprio perché qui egli vuole risolvere un problema generale (conoscere Dio) la cui soluzione non discende da assiomi, avrebbe dovuto spiegarsi con FDN e RA.

Evidentemente Cusano ha saputo cogliere intuitivamente gli elementi basilari di questo modo di ragionare in logica non classica, fino a legare tra loro delle unità di ragionamento (quelle attorno ad un RA), ad es. il primo RA con il terzo RA. Di converso, mediante FDN e RA abbiamo potuto separare nettamente il contenuto logico del testo di Cusano dai contenuti di altro tipo. Questo risultato mette in evidenza la importanza decisiva delle FDN per qualificare con precisione i contenuti della "teologia negativa" di Cusano.

Ma Cusano non è stato costante in questa nuova maniera di ragionare, ricorrendo spesso, in vari paragrafi, ad altro tipo di discorso (illustrativo, pastorale, dogmatico, ecc.).⁵⁰ Qui acquista precisione la impressione, espressa da molti, secondo cui Cusano non espone in maniera precisa i contenuti del suo pensiero.

⁵⁰ Finora ho potuto esaminare dettagliatamente solo il *De Docta Ignorantia*. Un mio esame fuggitivo di tutte le altre opere filosofiche di Cusano conferma che egli ragiona in qualsiasi altra opera mediante FDN (e in molte opere mediante un dialogo, che è tipico della dialettica). Un esame dettagliato di tutte le sue opere potrà decidere se egli ragiona con RA in maniera più rigorosa che nella suddetta opera.

Però egli può ben essere scusato; per quanto ho studiato della storia della scienza, solo quattro secoli dopo di lui due scienziati (Sadi Carnot e Lobachevsky), riuscirono a fare meglio; e fecero meglio di lui perché erano aiutati dall'argomento di natura scientifica, che era più determinato nella sua consequenzialità. E comunque anche dopo questi, per un secolo non ci sono stati altri scienziati allo stesso livello (fino a Kolmogoroff 1925). Allora dobbiamo concludere che la maniera di ragionare di Cusano in logica non classica ha raggiunto vette intellettuali che sono rimaste sconosciute alla quasi totalità degli scienziati e dei filosofi successivi.

7. La conoscenza strutturale della scienza moderna

Riassumiamo allora l'indagine compiuta su come Cusano ha intuito i fondamenti della scienza. Possiamo affermare che Cusano ha quanto meno disvelato tutte le tre dialettiche coinvolte nella nascita della scienza moderna.

Abbiamo già notato la dialettica dell'esperimento-matematica, ovvero la dialettica della misura, quella tra i dati sensibili e l'intelletto.

Inoltre Cusano ha introdotto l'infinito nella conoscenza, anche scientifica. Quindi Cusano ha posto alla base della conoscenza umana non la conoscenza delle realtà terrene oggettive, ma, per la ignoranza edotta dall'infinito, ha posto la conoscenza dell'inconoscibile, fondandola sulla nostra capacità di passare all'infinito sia in matematica che nella conoscenza in generale. Su questa base egli ha costruito il metodo per arrivare ad approssimare la conoscenza dell'infinito in atto (e oltre esso, l'inconoscibile Dio). Come prima tappa, il suo metodo compie il passaggio all'infinito in matematica. Poi dalle infinità matematiche, egli generalizza alle infinità teologiche.

Si osservi che Cusano non ha specificato bene quali dei due tipi di infinito usa. Il suo primo passaggio all'infinito poteva anche riguardare il solo infinito potenziale (come è quello del processo dell'eshaustione, che spesso egli prende ad esempio: lì il cerchio è approssimato da una serie di poligoni, ben determinati da costruzioni geometriche, compiute anche con soli riga e compasso); o poteva essere l'infinito superiore, dato dalla intuizione visiva geometrica (la quale attribuisce il punto all'infinito ad un retta o seleziona i singoli punti con esattezza; cosa che corrisponde alla matematica degli indivisibili di Cavalieri e modernamente alla matematica elementare di Weyl).⁵¹ Invece Cusano passa ad un grado di infinito molto più alto, quello degli infinitesimi in atto, ovvero quello dell'ANS. Lui lo sa fare in maniera scientifica, perché definisce il Minimo mediante una FDN che è esattamente la definizione dell'infinitesimo che si può dare oggi in ANS (si noti ora che le definizioni di Massimo e Minimo sono ambedue FDN; queste essendo affermazioni aperte, possono aprirsi ad ogni potenzialità).⁵² Quindi la sua dialettica dell'infinito è quella tra processi di calcolo costruttivi (cioè l'eshaustione, IP) e gli infinitesimi in atto dell'ANS (IA).

Si noti che due secoli dopo, quando lo scienziato Galilei scrive il libro che conclude la sua vita scientifica, discute sulle due idee di infinito;⁵³ egli, pur sviscerando il problema, non sa decidere quale dei due, o quando uno dei due sia utile nella scienza, né lo sa (o vuole) introdurre nella matematica. Cusano invece seppe affrontare questo tema, al punto tale da anticipare il concetto basilare della ANS formalizzando (almeno verbalmente) l'infinito in atto, così come, dopo Galilei, farà la nascita delle prime teorie fisiche complete (ottica geometrica, meccanica newtoniana).

Inoltre Cusano ha dato un altro grande contributo alla scienza moderna quando ha anticipato la dialettica sul tipo di organizzazione, proprio quella che più è sfuggita agli scienziati e ai filosofi successivi (mentre invece dopo di Galilei la dialettica dell'infinito è stata sempre viva nel dibattito sulla scienza e dentro la scienza). Tutte le sue opere sono state organizzate su dei problemi, pur sapendo bene che la Scolastica tendeva a presentare le teorie deduttivamente.

⁵¹ A. Drago: "La nascita del principio d'inerzia in Cavalieri e Torricelli secondo la matematica elementare di Weyl", in P. Tucci (ed.): *Atti del XVII Congr. Naz. Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Univ. Milano, Dip. Fisica Gen. e Appl., Milano (1997), 181-198. "The introduction of actual infinity in modern science: mathematics and physics in both Cavalieri and Torricelli", *Ganita Bharati, Bull. Soc. Math. India*, **25** (2003) 79-98.

⁵² Inoltre, nel secondo passaggio, avendo già esaurito i gradi di infinito matematico da lui concepibili, deve passare all'infinità teologica senza altri appoggi umani. Quindi può ancora definire queste infinità con FDN, ma senza più verifica di RA che si basino su principi della conoscenza umana.

⁵³ G. Galilei: *Discorsi su due nuove scienze*, 1638, giornata VIII.

Ma egli non ha considerato questa dialettica solo attraverso il suo concetto intuitivo, cioè il concetto filosofico di organizzazione; l'ha considerata anche nella sua strutturazione formale, cioè in termini di scelta del tipo di logica. Già si diceva che egli era cosciente di essere contro la logica classica, che è quella che regola la organizzazione deduttiva di una teoria. Inoltre ha saputo usare la logica (delle FDN) in maniera molto avanzata (con RA e unità di ragionamento concatenate tra loro), come pochissimi scienziati e filosofi successivi hanno saputo fare in cinque secoli dopo di lui.

In conclusione, a me sembra che egli abbia dato un grande contributo alla conoscenza dei fondamenti della scienza moderna, intendendo per scienza moderna non il sistema newtoniano, che avrebbe poi (almeno per tutto il secolo XVIII) incluso nella sua teoria ogni altra teoria scientifica; e quindi avrebbe incluso le altre teorie in due scelte particolari: IA e OA. Invece il contributo di Cusano è a quella scienza che prevede tutte le possibilità di fondare una teoria scientifica; cioè quella scienza che, due secoli dopo Cusano, Galilei ha presentato con le sue due grandi opere finali. Ma si noti che Galilei ha posto solo i problemi delle due dialettiche: ha posto il problema di quella sull'infinito, ne ha discusso, ma non ha saputo decidersi; e ha posto indirettamente il problema della dialettica sul tipo di organizzazione: egli cerca di sfuggire a quella deduttiva, però non fa altro che seguire Platone, usando la esposizione a dialogo (che è una organizzazione solo informale di una teoria); e le sue FDN non sono molte e non sono usate con chiarezza; tanto più che nell'ultima opera le FDN compaiono solo nei brani in volgare, i quali sono intercalati con brani in latino, che sono svolti secondo l'organizzazione deduttiva).⁵⁴

Cusano avrebbe chiarito i fondamenti della scienza anche di più di Galilei,⁵⁵ se non fosse che il secondo ha però chiarito molto bene la prima dialettica, quella dell'esperimento-matematica; che Cusano ha solo avvicinato. Comunque, resta il fatto che Cusano ha sfondato la cappa intellettuale che da alcuni secoli dominava la vita intellettuale: la *theologia perennis* in teologia, l'Aristotelismo sia in logica che in filosofia, e infine nella scienza (astronomica) tradizionale, che era del solo finito e fissismo ed in più era solo osservativa, non basata su esperimenti.

Quindi quello che Santinello chiama il "sistema" di Cusano è il risultato di un eccezionale sforzo intellettuale per indicare i fondamenti della scienza: Cusano ha capito tutte le tre uno-dualità fondamentali e ne ha saputo indicare la dialettica interna meglio di tutti i filosofi successivi (Hegel compreso). Si conferma quanto afferma F. Olgiati: "La filosofia del Cusano segnò, in realtà, l'inizio di una rivoluzione."⁵⁶

Allora è naturale che Cusano abbia anticipato molti elementi della scienza moderna; essi erano conseguenze di una sua impostazione moderna del sapere scientifico.

Per rendere più appariscente questa considerazione, utilizzo una tabella con la quale da tempo⁵⁷ sintetizzo la comprensione sintetica dei fondamenti della scienza; essa mostra due modelli di teoria scientifica: il modello newtoniano (rappresentato soprattutto dalla meccanica di Newton) e quello carnotiano (rappresentato dalla chimica classica, dalla termodinamica di S. Carnot e dalla geometria non euclidea di Lobachevsky). Essi sono diversi perché sono basati sulle scelte opposte reattivamente alle polarità delle due dialettiche teoriche

Tab. 3: LE TRE RAPPRESENTAZIONI DEI FONDAMENTI DELLA SCIENZA, SECONDO I PRINCIPALI MODELLI DI TEORIA SCIENTIFICA

	Scienza EFFETTIVA (così come è determinata dai geni scientifici, mediante le opzioni)	Scienza SOGGETTIVA (così come è pensata dagli scienziati, mediante concetti surrogatori)	Scienza OGGETTIVA (così come la si insegna, mediante tecniche e concetti oggettivi)
--	--	---	--

⁵⁴ V. De Luise e A. Drago: "Logica non classica nella fisica dei *Discorsi* di Galilei", in A. Rossi (ed.): *Atti XIII Congr. Naz. St. Fisica*, Conte, Lecce, 1995, 51-58; "L'organizzazione della teoria e la logica in Galilei", in F. Bevilacqua (ed.): *Atti XI Congr. Naz. Storia Fisica*, Trento, 1990, (con V. De Luise) 123-140.

⁵⁵ Così sostiene, su base filosofica, T.P. McTighe: "Nicholas of Cusa's theory of science...", op. cit..

⁵⁶ F. Olgiati: *L'anima...*, p. 423.

⁵⁷ A. Drago: *Le due opzioni*, op. cit., tab. 4.1 di p. 163.

MTS NEWTONIANO_ (paradigma)	Matematica con l' <u>infinito in atto</u> : IA <u>Organizzazione Aristotelica</u> (solo deduttiva) della teoria: OA	Spazio, tempo, forza-causa, continuo, determinismo, ecc. Sintesi di Koyré: 'Dissoluzione del Cosmo finito e geometrizzazione dello spazio'	Logica classica Metodo analitico Analisi infinitesimale (ad es.: equazione differenziale del 2° ordine)
MTS CARNOTIANO	Matematica col solo <u>infinito potenziale</u> (IP) <u>Organizzazione</u> basata su un <u>problema</u> (OP)	Energia, lavoro, bilancio, conservazione, atomismo, ecc. Sintesi alla Koyré: 'Evanescenza della forza-causa e discretizzazione della materia'	Logica non classica Metodo sintetico Simmetrie (o ciclo, ad es. quello termodinamico di S. Carnot)
Durata	<i>Alcuni secoli</i>	<i>Un secolo</i>	<i>Una generazione</i>

Legenda: IA: Infinito in Atto; IP: Infinito Potenziale; OA: Organizzazione Aristotelica o per Assiomi; OP: Organizzazione basata su un Problema; MTS: Modello di Teoria Scientifica.

Si noti che i fondamenti della scienza hanno tre rappresentazioni, effettiva (le scelte sulle opzioni), soggettiva (le idee sintetiche e i concetti) e oggettiva (gli apparati sperimentali e le tecniche di ragionamento e di calcolo). La seconda rappresentazione potrebbe contenere una serie quasi infinita di concetti soggettivi; ma questa serie può essere sintetizzata da due frasi; quelle del modello newtoniano sono proprio le frasi caratteristiche della interpretazione di Koyré; le altre due, del modello carnotiano, sono costruite sul loro esempio. L'ultima riga indica (approssimativamente) la persistenza nella storia della scienza degli elementi di quella colonna.

Quanto Cusano abbia anticipato dei fondamenti della scienza viene sintetizzato dalla tabella seguente, corrispondente alla tabella precedente.

Tab. 4: *LA COMPRENSIONE DI CUSANO DEI FONDAMENTI DELLA SCIENZA MODERNA*

	Scienza EFFETTIVA (così come è determinata dai geni scientifici, mediante le opzioni)	Scienza SOGGETTIVA (così come è pensata dagli scienziati, mediante concetti surrogatori)	Scienza OGGETTIVA (così come la si insegna, mediante tecniche e concetti oggettivi)
MTS NEWTONIANO_ (paradigma)	IA: il Massimo e il Minimo [OA]	Infinitesimo, tempo continuo, <i>visus intellectualis</i> , lode°, tranferre Emanazione°, <i>possest</i> °, luce° 'Dissoluzione del Cosmo finito e infinitizzazione della conoscenza umana'	[Logica classica] [Metodo analitico] Calcolo su infinitesimi, cerchio che va in retta
MTS CARNOTIANO	IP: limite di approssimazioni OP: ogni sua opera è basata su un problema, ricerca dell'unità	Tutto il reale non è assoluto, dotta ignoranza°, connessione°, termine° Non Altro°, potere°, simile° 'Evanescenza del pensiero positivo e l'io come culla di ogni dialettica'	Pensiero "negativo": FDN e RA di logica non classica Metodo sintetico [Simmetrie] Proporzioni Misura
Durata	<i>Alcuni secoli</i>	<i>Un secolo</i>	<i>Da uno a più secoli</i>

Legenda: come sopra. Tra parentesi quadre [] gli elementi dei fondamenti della scienza che sono assenti in Cusano.

Si noti che pochi elementi dei fondamenti della scienza, rappresentati nella precedente Tab. 3, sono assenti nella Tab. 4. Lo sono OA e la logica classica; però non perché siano ignote a Cusano, ma perché egli, conoscendole, ne rifugge.

Notiamo che Cusano ha sentito la necessità di sintetizzare tutta la sua filosofia della conoscenza con alcune serie di concetti. Ho inserito nella tabella quei dieci concetti (segnati con un °), che

Cusano in *De Venatione Sapientiae* dichiara basilari per tutto il suo pensiero; di fatto essi appartengono alla rappresentazione soggettiva. Non ho provato ad inserire altri concetti soggettivi che Cusano indica (bene, luce, forma e numero; o quelli che egli pone alla base del *De Conjecturis*, Dio (1), intelletto (10), anima (100), corpo (1000)) per non appesantire la tabella e anche perché sono meno facili da collocare. Infine ho ottenuto le frasi caratteristiche modificando, senza difficoltà, le frasi della Tab. 3.

C'è da concludere che Cusano ha una comprensione, approssimata, ma quasi completa, dei fondamenti della scienza moderna.⁵⁸ E' inoltre sorprendente che la riga delle durate ripete quella della tabella 3, ma qui come *anticipazione* (non come *durevolezza*) delle innovazioni della colonna alle quali esse si riferiscono. E' ancor più sorprendente che queste anticipazioni hanno tempi molto più lunghi dei tempi della Tab. 3: qui si allungano ad almeno uno o più secoli. Ciò conferma quanto ho sostenuto in precedenza in tema di *anticipazioni da parte di Cusano: sono proprio molte e sono veramente fondamentali; e nel loro insieme sono tali da prefigurare la struttura dei fondamenti della scienza moderna in generale.*

⁵⁸ Si noti che la seconda coppia delle frasi alla Koyré è molto più chiara quando viene espressa in termini teologici: *'Evanescenza del Dio affermato affermativamente e l'io come culla di Dio'*.