

Renato Migliorato

La Ragione e il Fenomeno

Itinerari epistemologici tra matematica
e scienze empiriche



Debiti

Non posso innanzitutto esimermi dal ricordare Renato Calapso, da cui, prima da studente e poi per brevissimo tempo da assistente, ho assimilato l'attenzione per gli aspetti genetici, storici ed epistemologici dei concetti fondativi della scienza. A questa prima fase della mia formazione devo la lucidità e la chiarezza di idee con cui ho potuto affrontare la questione euclidea. Il secondo ricordo va a Franco Pellegrino, con cui ho collaborato per qualche tempo a Roma, entrando anche in contatto con l'ambiente romano. Qui voglio ricordare in particolare Lucio Lombardo Radice, i cui incontri, se pure pochi (una volta anche a casa della sorella Laura) sono stati per me altamente stimolanti, soprattutto verso la dimensione storica della scienza. Poi è la volta di Giuseppe Tallini, amico carissimo e punto di riferimento per molti anni, fino alla sua prematura scomparsa. Nei frequenti incontri, assieme alla sua inseparabile moglie, compagna e collega Maria Scafati, il nostro scambio di idee, che era totale, fecondo e onnicomprensivo, non poteva non toccare i più delicati aspetti epistemologici e fondativi della matematica e delle scienze. In questi colloqui va cercata probabilmente la genesi del mio modo di porre le questioni del finito e dell'infinito in matematica o la particolare accezione con cui utilizzo la nozione kuhniiana di *paradigma scientifico*. Francesco Speranza è anch'esso un punto di riferimento per me importante, non solo perché attraverso lui ho conosciuto l'ambito degli studi in didattica della matematica, ma anche e soprattutto per le feconde e appassionate discussioni durante le quali aveva provato a spingermi in modo attivo verso la ricerca epistemologica. La sua improvvisa scomparsa, oltre che la perdita di un amico, è stata un punto di arresto anche in questa direzione. Decisivo è stato invece, a questo riguardo, il fisico Franco Wanderling, che coinvolgendomi nel progetto per la *Scuola Siciliana per l'Insegnamento*, mi ha chiamato a tenere i corsi di Epistemologia della Matematica. Da qui ha inizio il sia pur breve ma interessante sodalizio, oltre che con lo stesso Wanderling, anche con Rosario Moscheo, storico della scienza, appassionato studioso del Rinascimento e anch'esso coinvolto nello stesso progetto. Ricordo che per qualche

tempo l'occasione degli esami agli studenti (costituivamo insieme una commissione) era diventato anche un momento di vivace e stimolante scambio di idee tra noi. Da qui comincia pure il mio impegno a tempo pieno verso questo settore di studi e nasce il primo embrione di ciò che sarebbe stato il presente volume. Importanti a questo riguardo sono stati i miei collaboratori Giuseppe Gentile e Alessandro Sarritzu. Il primo, titolare di un assegno di ricerca, è stato con me coautore di diverse pubblicazioni, in particolare su Euclide e Archimede. Il secondo ha condotto un'interessante ricerca sugli aspetti matematici dell'armonia musicale e in particolare sul trattato di Aristosseno. Con entrambi ho discusso, per diversi anni, tutti gli argomenti che venivano via via affrontati sia da me che da loro. Voglio ancora ricordare i colleghi filosofi Giuseppe Gembillo e Giuseppe Giordano, che coinvolgendomi in alcune iniziative di studio e di incontro, mi hanno spinto a guardare con più attenzione ai problemi della complessità. Un pensiero particolare va all'amico e collega Filippo Spagnolo, recentemente scomparso. La speciale forma di rapporto collaborativo da noi intrattenuto, che non ha dato luogo a pubblicazioni comuni, ma che si è sviluppata in un continuo scambio delle rispettive esperienze di ricerca, è stato da me già illustrato in una relazione pubblicata in Quaderni del GRIM¹.

Dalle discussioni con mia figlia Alessandra, storica dell'arte, ho mutuato aspetti importanti circa i modi e significati della rappresentazione prospettica dello spazio. Le discussioni con mia figlia Daniela mi hanno consentito interessanti riflessioni sul rapporto tra sistemi di comunicazione, percezione spazio-temporale e rappresentazione del mondo, e sulle mutazioni antropologiche indotte in quest'ambito dalla tecnologia.

Accanto a questi dovrei citare le decine di colleghi con cui ho intrattenuto rapporti scientifici e culturali in Italia e nel mondo, dei quali però dovrò necessariamente limitarmi solo a pochi nomi che, per qualche

¹ R. Migliorato, *Epistemologia e didattica: un legame virtuoso*, Quaderni di Ricerca in Didattica (Matematica), n.22, 2012, pp. 56-65.

particolare idea, ritengo abbiano avuto un peso ai fini di questo lavoro.

Citerò pertanto Vittorio Ceccherini, Franco Eugeni, Carmelo Mamma-
na, Antonio Maturo, Piergiulio Corsini, Franco Mazzocca, Mauro Ce-
rasoli, Aldo Nigro in Italia; inoltre: Iaroslav Matvishin, storico delle
scienze (Accademia di Kiev), Bal Kishan Dass (Università di Delhi),
Yves Sureau (Università di Clairmon-Ferrand), Jams Jantoshak (Broo-
klyn College, New York), Thomas Vougiouklis e Stefanos Spartalis
(University of Trace, Grecia). Ringrazio inoltre Mary Ann McKey per
la gentile consulenza prestata.

Infine ritengo di avere un debito grandissimo verso tutti gli studenti
che hanno seguito i miei corsi con interesse e partecipazione, perché
solo attraverso lo sforzo e l'attività del comunicare agli altri, si pervie-
ne a una piena maturazione delle proprie conoscenze e soprattutto
all'elaborazione di idee nuove.

Indice generale

Premessa.....	15
Capitolo I. Conoscenza del mondo e mondo della conoscenza.....	23
I.1. <i>La scienza della conoscenza</i>	23
I.1.1. Dal mito alla scienza e dall'osservazione all'esperimento.....	23
I.1.2. Il fenomeno e il mito di Tiresia.....	33
I.1.3. L'Episteme.....	36
I.1.4. Convalida e demarcazione.....	39
I.1.5. Matrix e la “morte del legionario”. divagazioni semiserie su di un film e una foto di guerra.....	49
I.2. <i>Essere, divenire, conoscere</i>	60
I.2.1. Cos'è la foresta?.....	60
I.2.2. Parmenide e l'unità dell'essere.....	69
I.2.3. Scienza e metafisica.....	76
I.2.4. Achille raggiungerà mai la tartaruga?.....	80
I.2.5. Quanti sono i granelli di sabbia?.....	91
I.2.6. Conoscere la conoscenza.....	97
Capitolo II. Le radici storiche del pensiero scientifico.....	103
II.1. <i>Epistemologia e storia</i>	103
II.1.1. Il problema.....	103
II.1.2. Alle origini della scienza moderna.....	106
II.1.3. Continuità-discontinuità nella scienza greco-ellenistica. Il problema del “Signum”.....	108
II.1.4. Discontinuità storica: i Regni Ellenistici.....	116
II.1.5. La società ellenistica e le istituzioni culturali.....	120
II.1.6. Discontinuità delle fonti.....	125
II.1.7. La trasmissione orale di linguaggi e saperi.....	133
II.1.8. La scienza e le filosofie ellenistiche.....	142
II.1.9. Un'ipotesi.....	148
II.2. <i>La scienza ellenistica</i>	157
II.2.1. Il numero, la geometria pre-euclidea, i problemi classici.....	157
II.2.2. Euclide e la tradizione dei commenti.....	160

II.3. <i>Il caso Euclide. Un enigma storico-scientifico</i>	170
II.3.1. La storia.....	170
II.3.2. Il problema.....	179
II.3.3 Aristotele e le parallele.....	182
II.3.4 Nascita e tramonto di un paradigma.....	191
Capitolo III Le scienze della ragione	195
III.1. <i>La matematica e il suo mondo</i>	195
III.1.1. Oggetto della matematica e delle scienze empiriche.....	195
III.1.2. Cogito ... “ergo est”?.....	202
III.1.3. Un platonismo dal volto umano.....	207
III.2. <i>Le dimostrazioni e le scienze deduttive</i>	211
III.2.1. Cosa significa “dimostrare”.....	211
III.2.2. Linguaggio e verità.....	214
III.2.3. Matematica e analiticità - La via logicista.....	219
III.2.4. Matematica e analiticità - La via formalista.....	226
III.2.5. Intuizionismo e costruttivismo: una terza via?.....	236
III.2.6. Dalla geometria dello spazio allo spazio geometrico.....	239
III.2.7. Ma la matematica è analitica?.....	243
III.3 <i>Logica e linguaggio</i>	246
III.3.1. Le cose, il pensiero, il logos.....	246
III.3.2. Logos e(è) pensiero.....	252
III.3.3. Verità e significato.....	254
III.3.4. Esattezza contro significato.....	262
III.4 <i>Le teorie formali e la crisi del formalismo</i>	267
III.4.1. Teorie formali.....	267
III.4.2. Metateorie, interpretazioni, modelli.....	271
III.4.3. I teoremi di Gödel.....	276
Capitolo IV Matematica, mondo reale e scienza dei fenomeni	283
IV.1. <i>Tra mito e scienza</i>	283
IV.1.1. La metafora come spiegazione del mondo.....	283
IV.1.2. Il mito di Timeo e la spiegazione scientifica.....	297
IV.1.3. Il paradigma euclideo.....	306
IV.1.4. Dal pre-paradigma al paradigma : Aristosseno.....	316

IV.2. <i>La conquista del tempo e dello spazio</i>	321
IV.2.1. Spazio visivo e prospettiva geometrica.....	321
IV.2.2. Spazio e tempo.....	329
IV.2.3. Il coordinamento spaziotemporale.....	340
IV.3. <i>Causalità e determinismo</i>	350
IV.3.1. Il mondo certo.....	350
IV.3.2. Il mondo incerto.....	357
IV.3.3. Il mondo sfocato.....	369
Capitolo V. Riduzionismo e complessità	377
V.1. <i>Finalismo, macchine, pensiero</i>	377
V.1.1. L'autoregolazione.....	377
V.1.2. Macchine, pensiero, computabilità.....	380
V.1.3. Macchine e intelligenza.....	385
V.2. <i>Il mondo frattale</i>	388
V.2.1. Mostruosità e perfezione.....	388
V.2.2. Gli oggetti frattali come esempi di mostruosità.....	396
V.2.3. La geometria frattale e il formalismo.....	402
V.2.3. La geometria frattale come linguaggio e descrizione del mondo.....	410
V.3. <i>L'ordine del Caos</i>	414
V.3.1. Il mondo a caso.....	414
V.3.2. Il mondo imprevedibile.....	419
Capitolo VI Misurabilità e mondo complesso	427
VI.1 <i>Misurare il mondo</i>	427
VI.1.1. Spazio, tempo, valore.....	427
VI.1.2. Valore e mercato.....	435
VI.1.3. Homo oeconomicus o sistema complesso?.....	442
VI.1.3. La valutazione oggettiva.....	447
VI.3. <i>Il mondo complesso</i>	453
VI.2.1. I sistemi complessi.....	453
VI.2.2. Ontologia della complessità.....	460
VI.2.3. Scienza e società.....	471
VI.2.4. Dal mondo fisico agli ecosistemi.....	480

VI.2.2. Scienza del corpo e scienza della mente.....	486
Capitolo VII. Note conclusive.....	497
VII.1.1 Realismo o relativismo.....	497
VII.1.2 L'impresa scientifica.....	506
VII.1.3 Itaca e le Colonne d'Ercole.....	510
Bibliografia.....	517

Capitolo II

Le radici storiche del pensiero scientifico

II.1 Epistemologia e storia

II.1.1 Il problema

La concezione positivista della scienza si caratterizzava per alcuni presupposti di cui mi limito ad elencarne tre particolarmente significativi per i miei fini: 1) E' scientifico solo ciò che può essere ricondotto a descrizioni operative e a rapporti tra grandezze *oggettivamente* misurabili o, comunque, a caratteri *oggettivamente* rilevabili. 2) Le acquisizioni della scienza, perciò, pur se sono suscettibili di correzioni e approfondimenti, oltreché di accrescimento della precisione, non sono, tuttavia, capovolgibili salvo che non vi siano stati palesi errori nella loro determinazione. 3) In conseguenza di ciò la scienza procede linearmente per accumulazione di conoscenze, lungo un asse di irrevocabile progresso.

Se davvero le conquiste della scienza fossero irrevocabili, come almeno in linea di principio vorrebbe la visione positivista, allora la storia del sapere scientifico potrebbe assumere significati più o meno celebrativi, potrebbe avere valore pedagogico e di illustrazione paradigmatica, ma poco potrebbe insegnarci sul valore epistemico della scienza di oggi e, ancor meno, su quella del futuro. Se così non è (e chi scrive è fermamente convinto che non lo sia), se riteniamo che il positivismo abbia mostrato pienamente la propria insufficienza, allora tutte le scienze, matematica compresa, devono conquistarsi sul campo, e giorno per giorno, i propri significati epistemici, le proprie metodologie e i propri criteri di validità. La comprensione del passato è allora una *conditio sine qua non* per la comprensione del presente e la progettazione del futuro.

Ma quale storia? Quest'ultima domanda può apparire strana e incomprendibile a chi ritiene che la storia sia costituita essenzialmente di *fatti* che, se pur difficili, da ricostruire e da interpretare, ne costituiscono comunque la base *certa e oggettiva*.

Avverto subito che non voglio sostenere, nei confronti della storia, una visione radicalmente scettica, una concezione, cioè, secondo cui tutti i racconti e tutte le interpretazioni sarebbero da considerare equivalenti ed equivalentemente arbitrari. Anche in questo caso, del resto, la storia avrebbe poco da insegnarci. Sono scettico, tuttavia, sull'oggettività della ricostruzione e dell'interpretazione storica, sotto vari punti di vista e con diverse gradazioni e significati.

Innanzitutto un *fatto* può essere concepito solo come qualcosa che avviene nel tempo e che sussiste quindi in un istante, o in un intervallo di tempo ben preciso e determinato. Ciò che appartiene al passato, dunque, non sussiste più, *non è più* un fatto: se di esso non rimangono segni è come se non fosse mai avvenuto. Ciò che può far parte della conoscenza storica non sono i *fatti* che di per sé non sussistono più, ma ciò che di essi rimane attraverso i segni e le relative interpretazioni. Segni che possono essere costituiti da documenti, testimonianze, reperti archeologici, conseguenze dirette o indirette di qualcosa che fu. Se vogliamo fare un parallelo tra scienze storiche e scienze della natura, i *segni* possono essere pensati come l'equivalente dei fenomeni, mentre i *fatti* rimarrebbero ciò che kantianamente si potrebbe definire *noumeno*. I segni, dunque, e non i fatti in sé, costituiscono la base di ogni ricostruzione e interpretazione della storia. Già questo è sufficiente per mettere in crisi il principio dell'oggettività, perché l'oggettività di una fonte, l'autenticità di un documento, la corretta deduzione circa un rapporto di causalità, sono legati strettamente a un criterio di valutazione, a una scommessa del pensiero. Ma c'è di più, ed è che la ricostruzione di puri fatti, ammesso che sia possibile, non è storia, se questi non fanno parte di un discorso *significante*. Che Bruto abbia ucciso Giulio Cesare sarebbe per noi privo di qualunque interesse, se non assegnassimo a questi due personaggi dei ruoli che sono riconoscibili solo a condizione di dare significato a parole come *potere*, "*stato*", "*leggi*", "*libertà*", "*repubblica*", ecc... Ma i significati delle pa-

role sono quelli che *oggi* noi assegniamo loro. Si pensi ad esempio a parole che denotano periodi storici come “*Ellenismo*” o “*Medioevo*”, parole che sarebbero state incomprensibili per coloro che vissero nelle rispettive epoche da esse denotate, inventate successivamente e considerate da noi preziose per dare senso e comprensibilità ai *segni* del passato.

La storia è dunque *interpretazione dei segni* attraverso categorie che sono da noi costruite in funzione di un nostro progetto di *comprensione del mondo*. Precisamente voglio dire che ciò che spinge all’interpretazione dei segni del passato, è una tensione verso la comprensione del nostro presente e la consapevolezza che il nostro modo di essere oggi altro non è che la nostra storia e l’idea che abbiamo di essa. E’ perciò che le categorie interpretative non possono prescindere da queste tensioni, da ciò che noi oggi riteniamo importante e significativo. La storia è dunque interpretazione, ma non è, tuttavia, costruzione arbitraria, non è mito, non è pura creazione fantastica. Dire che i segni, cioè i documenti, le fonti le testimonianze del passato, le stesse tradizioni, costituiscono la base fondante della storia, significa che ogni interpretazione deve fare i conti con questi materiali, giudicarne l’attendibilità e il significato. Nulla va, però, considerato come acquisizione definitiva e inoppugnabile.

Tutto ciò vale per la storia in generale, ma vale in particolare per la storia della scienza e per la storia del pensiero filosofico. Vedremo quali e quante incertezze e difficoltà sono connesse con l’assenza di testi originali o con la dubbia autenticità dei testi esistenti. Nell’ambito della matematica sono da considerare perduti tutti i testi di contenuto tecnico anteriori agli *Elementi* di Euclide, e il testo stesso dell’opera euclidea ha subito nel tempo modificazioni e aggiunte non sempre individuabili con certezza. Pochi sono i testi filosofici della Grecia classica e del mondo alessandrino a noi giunte, se si fa eccezione di quelli di Platone e Aristotele. Ma anche su queste ultime ci sarà molto da dire perché, ad esempio, quasi nulla dell’opera aristotelica da noi

conosciuta coincide con quanto effettivamente pubblicato dallo stesso autore¹.

II.1.2 Alle origini della scienza moderna

Il concetto di scienza a cui facciamo riferimento, e che per i suoi successi ha finito per imporsi nel mondo globalizzato, è quello che si è sviluppato nella civiltà occidentale. Ciò non significa, però, che sia questa l'unica accezione possibile del termine “scienza”, e anzi, nello sviluppo della stessa scienza occidentale sono spesso confluiti, e hanno giocato un ruolo di straordinaria rilevanza, elementi ad essa estranei. Basta pensare all'algebra e al calcolo numerico nel Rinascimento, che sviluppatosi secondo modi e forme essenzialmente orientali, prima di essere coerentemente inseriti nel solco delle scienze dimostrative di ascendenza euclidea.

Tuttavia, le forme di pensiero logico-sequenziale, che trovano la loro espressione più compiuta nel pensiero scientifico, costituiscono sicuramente, non meno di altre componenti culturali, quali quella giudaico-cristiana, una delle fondamentali radici dell'identità europea. Tale forma di pensiero è nata in Grecia tra il sesto e il quinto secolo A.C.

Ma in che modo nasce il pensiero logico lineare che siamo abituati a considerare come il pensiero razionale per eccellenza? Perché nasce e si sviluppa rapidamente nell'arco di due o tre secoli in una sola regione del pianeta e non si ripete più nella storia se non come riscoperta, in epoca rinascimentale, dell'antichità greca?

¹ Cfr. Cap. I, nota 56. Ciò è per noi estremamente significativo per almeno due ragioni. La prima di carattere generale perché costituisce sicuramente motivo di cautela interpretativa dando l'idea di quanto sia difficile la lettura corretta di un testo antico, anche quando proviene da un filosofo come Aristotele che ha segnato tutta la storia del pensiero occidentale. L'altra più specifica riguarda in particolare lo sviluppo della matematica ellenistica. Le circostanze ora esposte, infatti, sono sufficienti perché si possa ragionevolmente dubitare che scienziati quali Euclide e Archimede, vissuti dopo la morte del filosofo stagirita e molto prima del ritrovamento delle sue carte, avessero la stessa visione del pensiero aristotelico che ne abbiamo noi e che, soprattutto, ne conoscessero quelle stesse opere a cui noi facciamo generalmente riferimento.

Capitolo III

Le scienze della ragione

III.1 La matematica e il suo mondo

III.1.1 Oggetto della matematica e delle scienze empiriche

Se mi dicessero che ci sono unicorni sulla luna, io accetterei o respingerei questa notizia o sospenderei il giudizio, ma potrei immaginarli. Invece, se mi dicessero che sulla luna sei o sette unicorni possono essere tre, io affermerei a priori che il fatto è impossibile. Chi ha capito che tre più uno fa quattro non fa la prova con monete, con dadi, con i pezzi degli scacchi o con le matite. Lo capisce e basta. Non può concepire un'altra cifra. [...] Se tre più uno possono essere due o possono essere quattordici, la ragione è una follia.

Luis Borges: *Tigri azzurre*.

Oggetto delle scienze empiriche è l'insieme dei fenomeni e di tutto ciò che può essere percepito. A differenza delle scienze logico-matematiche, esse sono direttamente legate al mondo sensibile della cui inafferrabile mutevolezza inevitabilmente risentono. D'altra parte le scienze empiriche si qualificano come le scienze di *ciò che è nel mondo* mentre la logica e la matematica si presentano al più come descrizioni di *mondi possibili*. Se dunque i problemi epistemologici delle scienze empiriche si misurano direttamente con la possibilità o meno di conoscere il mondo, quale esso è nella realtà, quelli delle scienze logico-matematiche devono piuttosto misurarsi con i linguaggi e con la validità delle forme di pensiero che le esprimono. L'uso del termine greco μάθημα (ciò che si impara) indica come già in origine questa forma particolare della conoscenza venisse in qualche modo separata da ciò che si può direttamente esperire. Vi è dunque implicito, in qualche modo, il carattere mentale dei suoi oggetti, che sono perciò esprimibili

solo attraverso forme linguistiche convenzionali e simboliche: ciò che chiamiamo *linguaggio tecnico*¹.

Per molti secoli la matematica fu presentata come un campo di verità allo stesso tempo indubitabili e indipendenti da ogni possibile esperienza². Nel corso, però, degli ultimi duecento anni, e in particolare nell'ultimo secolo, i fondamenti della matematica hanno subito crisi profonde e sono stati messi più volte in discussione, facendo così crollare le certezze facili. Tra gli eventi che ebbero più peso nel determinare la crisi dei fondamenti della matematica, due appaiono come predominanti: il riconoscimento di legittimità delle geometrie non euclidee e il ruolo crescente dell'infinito (con tutti i paradossi che ne conseguono) negli sviluppi dell'analisi infinitesimale e integrale.

Il processo di radicale formalizzazione della matematica che nella prima metà del XX secolo era apparsa come la risposta più valida ai problemi ora accennati, sembrava che avesse progressivamente ridotto il ruolo della riflessione filosofica. Ma per chiarire questo aspetto dovremo aspettare di percorrere un ulteriore tratto del nostro cammino. Ci limitiamo qui a dire che nel corso di alcuni decenni il processo di rifondazione autonoma della matematica, indipendentemente cioè dai suoi significati e dai suoi rapporti con le altre scienze, ha dominato la scena della ricerca pura, ottenendo successi indiscutibili sul piano tecnico. Tuttavia, le sue basi filosofiche si sono rilevate deboli e insuffi-

¹ Proprio per ciò, già nel precedente capitolo si è cercato di evidenziare la necessità di un rapporto diretto di formazione o, se si preferisce, di "iniziazione" come condizione per garantire la continuità e una corretta trasmissione alle generazioni successive.

² Da quanto si è detto nel capitolo precedente, e in particolare in II.3.3, si può ipotizzare che il riconoscimento dell'indecidibilità logica di alcune assunzioni, com'è ad esempio, il quinto postulato, possa avere indotto, già al tempo di Euclide, a rinunciare all'assolutezza della loro verità. L'ipotesi non è azzardata se si pensa che la parola "*aitemata*" (postulati) sta a indicare proprio una richiesta di accettazione come ipotesi di un ragionamento sillogistico, e non già un'affermazione. D'altronde ho più volte evidenziato come ciò che ho chiamato "paradigma euclideo" si caratterizzi sempre per l'assenza di pronunciamenti espliciti circa l'*essere* e la *verità*. Ribadisco però, ancora una volta che, preso atto di questo dato sicuramente oggettivo e ineludibile, ogni ipotesi circa le motivazioni e l'effettivo pensiero di un autore, quando questi non li abbia espressi esplicitamente, è sempre qualcosa di arbitrario. A partire, però, dai primi secoli a.C., con l'inizio della tradizione dei *commenti* e fino ad età moderna, l'attribuzione di verità assoluta alle proposizioni matematiche è sicuramente esplicita e indiscutibile. Altrimenti la vicenda del quinto postulato avrebbe avuto ben altra storia.

cienti, facendo così allontanare sempre più l'idea stessa di una fondazione stabile e definitiva³. Riacquistano allora significato alcune problematiche tradizionali, ma soprattutto se ne aprono di nuove. La matematica non sarà più la scienza delle certezze assolute e definitive, neppure per ciò che riguarda i suoi metodi e la fondazione dei suoi principi. Dovrà quindi, come ogni altra attività umana, conquistarsi sul campo, e mai definitivamente, i suoi significati e i suoi presupposti di validità. Non tutti, ovviamente, sono disposti a rinunciare alle “verità oggettive” delle scienze matematiche, e invero io credo che la maggior parte di coloro che svolgono ricerche sul campo nei vari settori della matematica, non rifiuterebbero di essere considerati dei platonisti convinti. Anche su questo, però, è necessaria qualche ulteriore specificazione. Bisogna dire innanzitutto che il termine *platonismo* viene usato, nell'ambito della filosofia della matematica, in modo molto generico, per indicare un atteggiamento verso questa disciplina che in un modo o nell'altro tende a considerarne gli oggetti come “esistenti” in sé, indipendentemente, quindi, dal soggetto pensante. Il riferimento alla dottrina platonica delle idee, anche se chiaro e diretto, è, tuttavia, molto variabile e fluttuante. Se per Platone l'*idea* è il “prototipo” eterno e immutabile di ogni cosa, per un matematico platonista di oggi, la “esistenza” di un concetto può consistere anche semplicemente nella sua “possibilità logica”, perdendo così del tutto la sua originaria connotazione metafisica. Ma il rischio che si corre quando si attraversano territori che, come questo, sono stati esplorati in lungo e in largo dalle filosofie di tutti i tempi, è di perdersi in una fitta rete di labirinti logici o di essere inghiottiti dalle sabbie mobili dell'ontologia. Cercherò allora di attraversarlo rapidamente, mantenendomi il più possibile sul terreno meno friabile delle cose effettivamente influenti sullo sviluppo delle scienze; di quelle matematiche in particolare.

³ Un momento importante di questa svolta, si ha con la pubblicazione di *Proofs and Refutations* (LAKATOS, 1976), in cui si sostiene la tesi della fallibilità del discorso matematico e della sostanziale storicità dei suoi significati. Non va dimenticato, però, che anche in precedenza la concezione puramente formalista non fu priva di critici e oppositori. Torneremo comunque su questo tema.

Quali sono, dunque, le ragioni che hanno spinto verso le concezioni platoniste, nelle diverse forme in cui si sono presentate? Intanto è facile da comprendere la stretta relazione tra l'assunzione di un atteggiamento platonista e l'ammissione dell'infinito in atto. Posso pensare, infatti che i numeri o i punti di una retta siano semplicemente prodotti del pensiero; ma in questo caso il loro essere infiniti può solo significare, coerentemente con Aristotele, che non c'è alcun limite alla possibilità di pensarne sempre di nuovi. Viceversa l'assunzione di un punto di vista platonistico porta con sé l'affermazione dell'esistenza *in sé* di infiniti enti: se *ogni* numero esiste indipendentemente dal pensiero, allora tutti gli infiniti numeri esistono, e non *qui ed ora*, ma oltre il tempo. Per Sant'Agostino, ad esempio, l'oggettiva esistenza di tutti gli infiniti numeri è assicurata dall'essere costantemente ed eternamente presenti nel pensiero divino, quindi preesistenti e indipendenti dal pensiero umano che li può solo scoprire nella loro essenza e nei loro caratteri fondamentali.

... È assolutamente certo che il numero è infinito, perché qualunque sia il numero che si prende come limite, non dico che è possibile aumentarlo di un'unità, ma per quanto sia grande e comprensivo di una indefinita quantità numerica, in base all'idea stessa del numero, non solo si può raddoppiare, ma anche moltiplicare per se stesso. [...] Dio dunque non conoscerebbe a causa dell'infinità la totalità dei numeri e la sua scienza arriverebbe fino a una certa quantità numerica e ignorerebbe il resto? Chi lo direbbe, anche tra i più insensati?⁴

Questa assunzione metafisica, però, non comporta necessariamente l'assunzione dell'infinito in atto negli effettivi sviluppi della matematica, vincolata inevitabilmente ai limiti della logica umana. Nei fatti, la matematica continua, fino a tempi molto recenti⁵, ad evitare accurata-

⁴ «... *Eos [omnes numeros] quippe infinitos esse, certissimum est; quoniam in quocumque numero finem faciendum putaueris, idem ipse, non dico uno addito augeri, sed quamlibet sit magnus et quamlibet ingentem multitudinem continens, in ipsa ratione atque scientia numerorum non solum duplicari, uerum etiam multiplicari potest. [...] Itane numeros propter infinitatem nescit omnes Deus, et usque ad quandam summam numerorum scientia Dei peruenit, ceteros ignorat? Quis hoc etiam dementissimus dixerit?» (Agostino: De Civitate Dei, XII,18).*

⁵ L'uso esplicito e sistematico di insiemi con infiniti elementi si afferma solo a partire dal XIX secolo sotto la spinta di esigenze che provengono dall'analisi infinitesimale. Bolzano e Cantor, con ruoli diversi, sono i principali protagonisti di questa affermazione.

III.3 Logica e linguaggio

III.3.1 *Le cose, il pensiero, il logos*

*Vidi il popoloso mare, vidi l'alba e la sera, vidi le moltitudini d'America, vidi un'argentea ragnatela al centro di una nera piramide, vidi un labirinto spezzato (era Londra) vidi infiniti occhi vicini che si fissavano in me. Vidi tutti gli specchi del pianeta e nessuno mi riflettè,...
...vidi l'Aleph da tutti i punti, vidi nell'Aleph la terra, e nella terra di nuovo l'Aleph e nell'Aleph la terra....
da l'Aleph, di J. L. Borges*

*In principio era il logos, e il logos era presso Dio
e il logos era Dio.
Giovanni, 1, 1*

È concepibile una forma di conoscenza senza linguaggio? Certamente non la conoscenza come è intesa da una qualunque persona minimamente civilizzata, a qualunque civiltà appartenga, dalle più primitive alle più evolute. Tuttavia, anche il concetto di linguaggio è talmente generale da comprendere cose tra loro assolutamente diverse. Dai linguaggi parlati a quelli scritti, da quelli gestuali o iconici a quelli recentissimi della fotografia, del cinema o della televisione. Per non dire dei linguaggi specialistici come quello della matematica, della logica pura o dei linguaggi di programmazione informatica. Nel racconto di Borges (*l'Aleph*) da cui è tratto il brano citato in epigrafe, tutto l'universo, in quanto pensabile ed esprimibile, sembra scaturire dall'*Aleph*, prima lettera dell'alfabeto ebraico, e perciò simbolo del linguaggio stesso. Ma già nella tradizione cabalistica, a cui per altro lo stesso Borges sembra alludere, vi è piena coincidenza tra la “cosa” e il suo nome *vero*. Conoscerne il vero nome equivale dunque a conoscere la cosa *in sé*, a possederla nella sua pienezza. Da qui la perenne ricerca dei cabalisti, attraverso un apparato simbolico mistico ed esoterico, il cui fine sarebbe quello di pervenire all'effettiva conoscenza del vero nome di Dio, e quindi della stessa essenza divina.

Al di là degli aspetti mistici e religiosi, se tutto ciò viene assunto in funzione di metafora, ci fornisce sicuramente un'intuizione profonda e una chiave di lettura sulla connessione intima tra linguaggio, pensiero e immagine del mondo. In precedenza avevo fatto riferimento alla filosofia delle forme simboliche di Cassirer, ora, però, vorrei andare un po' più in là, richiamandone qualche passo

Ogni vera funzione fondamentale dello spirito [linguaggio, arte, mito, religione] presenta in comune con la conoscenza [scientifica] un'unica caratteristica di valore decisivo, costituita dall'aver in sé stessa un'attività formativa e non semplicemente riproduttiva. Essa non esprime in maniera meramente passiva un'entità esistente, ma racchiude in sé un'energia autonoma dello spirito attraverso la quale la semplice esistenza dei fenomeni acquista un "significato" determinato, un peculiare valore ideale⁵⁹.

L'arte come la scienza, il mito come la religione, producono, secondo Cassirer, ciascuno un mondo di immagini. Ognuno di essi non è semplicemente la descrizione di una realtà che esiste in modo autonomo e che essi rispecchiano, ma è esso stesso prodotto dello spirito nel rapporto con l'esperienza sensibile.

E così ciascuno di essi [i mondi di immagini prodotti dal linguaggio, dall'arte, dal mito e dalla religione] crea anche le proprie forme simboliche che sebbene non siano dello stesso genere dei simboli intellettuali, sono ad essi equivalenti per la loro origine spirituale [...]

[...] Essi non sono quindi modi diversi con cui una realtà si rivela allo spirito, ma sono invece le vie che lo spirito segue nella sua obbiettivazione, cioè nel suo manifestarsi⁶⁰.

⁵⁹ CASSIRER (1923), Ediz. It. I, 2004, pp. 9-10.

⁶⁰ Ibid., p. 10. È il caso di notare come lo "spirito" sia per Cassirer non qualcosa che è dato a priori e su cui agiscono le "impressioni" provenienti da un mondo esterno, anch'esso già esistente in sé, ma piuttosto come risultato di un progressivo attuarsi delle funzioni spirituali. «L'esigenza di pensare la totalità dello spirito come concreta totalità» egli dice «e quindi di non fermarsi al semplice concetto di essa, ma di svilupparlo nella totalità delle sue manifestazioni, è stata affermata da Hegel con acutezza non raggiunta da nessun pensatore prima di lui» (Ibid. p. 17). Ma il principio fondante dell'idealismo hegeliano, si risolveva nell'accentrare tutte le *forme* spirituali in un'unica forma logica, la dialettica, che in tal modo diverrebbe principio fondante assoluto e trascendente. Per Cassirer, invece, la riduzione all'unità di tutte le funzioni dello spirito sta nel loro comune essere *forme simboliche*.

Linguaggio, arte, mito, religione e conoscenza (nella sua accezione di conoscenza scientifica) sono dunque le vie attraverso cui lo “spirito” si realizza e si manifesta, costruendo allo stesso tempo altrettante immagini della realtà, ognuna delle quali non è, però, uno specchio di qualcosa che è dato a priori, ma è una struttura di oggetti simbolici (o forme simboliche) entro cui la realtà stessa assume significato.

Sebbene i simboli delle diverse funzioni dello spirito non siano «dello stesso genere dei simboli intellettuali», credo che una chiarificazione sostanziale possa venire quando lo stesso Cassirer richiama il concetto di “simbolo” così come è definito dal fisico tedesco Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894).

Ciò che il fisico cerca nei fenomeni è la rappresentazione della loro connessione necessaria. Ma questa rappresentazione può effettuarsi solo in quanto egli non solo si lascia alle spalle il mondo immediato delle impressioni sensibili, ma sembra ritrarsi completamente da esso. I concetti con i quali egli opera, i concetti di spazio e di tempo, di massa e di forza, di punto materiale e di energia, di atomo o di etere, sono certamente “simulacri” che la conoscenza abbozza per dominare il mondo dell'esperienza sensibile e abbracciarlo con lo sguardo come un mondo ordinato secondo leggi; ad essi però negli stessi dati immediati della sensazione non corrisponde nulla. Ma sebbene non si verifichi una corrispondenza di tale genere, e forse proprio perché essa non si verifica, il mondo concettuale della fisica è completamente chiuso in sé stesso. Ogni concetto, singolo, ogni simulacro e simbolo particolare è simile alla parola articolata di un linguaggio in sé stesso significativo ed espressivo, articolato secondo regole determinate⁶¹.

La scienza si costituisce pertanto come sistema chiuso di simboli, regolati da un insieme di regole, da una grammatica logica, e che assumono il loro significato all'interno dello stesso sistema simbolico.

...il simbolo non è un rivestimento meramente accidentale, ma il suo organo necessario ed essenziale [...]. Ogni “legge” della natura assume per il nostro pensiero la forma di una “formula” generale, ma nessuna formula si può rappresentare altrimenti che attraverso una connessione di simboli generali e specifici⁶².

⁶¹ Ibid., pp. 19-20.

⁶² Ibid., p. 20.

Se i simboli del sapere scientifico sono regolati da una grammatica che risponde alla logica del “vero-falso”, i simboli dell'arte, del mito o della religione sono invece vincolate a regole diverse, che si chiamano estetiche, etiche o altro. Ma non cambia il carattere formale e simbolico che li accomuna. Così per esempio

...anche la fantasia mitica, per quanto fortemente radicata nel mondo della sensibilità, è purtuttavia al di sopra della mera passività del fatto sensibile. Se si riportano alle ordinarie unità di misura empiriche, quali ci sono offerte dall'esperienza sensibile, i suoi prodotti appaiono semplicemente “irreali”, ma proprio in questa irrealità si manifesta la spontaneità e l'intrinseca libertà della funzione mitica. [...ma] il mondo del mito non è un mero prodotto dell'estro e del caso, esso ha le sue leggi fondamentali...

...Nel campo della intuizione artistica diviene subito perfettamente evidente che il cogliere una forma estetica nel mondo sensibile è reso possibile solamente dal fatto che noi stessi produciamo, creandoli, gli elementi fondamentali della forma⁶³.

Una volta che sul piano della pura riflessione filosofica si sia affermata la natura simbolica, ossia linguistica, delle forme fondamentali con cui la coscienza costruisce un'immagine del mondo sensibile, ci si può chiedere se sia possibile ricostruire la dinamica ontogenetica⁶⁴ di tali processi. Ritengo che, a questo proposito si potrebbe prendere in esame quella complessa costruzione teorica tra filosofia e psicologia a cui lo stesso fondatore, Jean Piagét⁶⁵ ha dato il nome di *epistemologia*

⁶³ Ibid., pp. 23-24.

⁶⁴ I termini *filogenesi* e *ontogenesi* sono abitualmente usati in biologia per indicare lo sviluppo di un organismo, nel senso, rispettivamente, di evoluzione della specie attraverso le generazioni, e di evoluzione di un singolo individuo dal concepimento alla maturazione. Per traslazione, si può parlare di filogenesi e di ontogenesi di un concetto con riferimento da una parte alla sua genesi storica e dall'altra alla sua genesi psicologica nell'individuo dalla nascita alla maturità. Nulla vieta quindi di estendere la terminologia anche alla genesi delle forme simboliche.

⁶⁵ V. PIAGÉT (1970). Jean Piagét (1896-1980), psicologo svizzero, fu il principale fondatore di una teoria che affronta su basi empiriche il problema generale delle strutture cognitive e della loro genesi (nel senso di ontogenesi). Il processo fondamentale attraverso cui, secondo Piagét, si costituiscono le strutture cognitive, sarebbe essenzialmente fondato su due operazioni elementari della mente, dette *assimilazione* e *adattamento*. L'idea che sta alla base, è tratta per analogia o, se si preferisce, come metafora, dai processi di accrescimento degli organismi biologici. Un qualunque organismo, non importa se unicellulare o pluricellulare, per vivere ed

genetica. Mi sembra infatti che da un'analisi mirata di questo complesso sistema teorico possano scaturire elementi di forte chiarificazione sul ruolo costitutivo, quindi non solamente descrittivo, delle funzioni dell'intelletto umano. In questa fase del nostro percorso, tuttavia, mi sembra più urgente qualche riflessione sull'idea stessa di una epistemologia empirica. Un'idea che per molti versi può apparire discutibile e che in effetti non ha mancato di suscitare equivoci, fraintendimenti e, talvolta, anche critiche radicali, a mio giudizio non sempre e non totalmente giustificate.

Intanto voglio osservare a questo proposito che, per la sua stessa natura, una teoria della conoscenza è sempre a rischio di circolarità, almeno se presumiamo che anche essa stessa è conoscenza⁶⁶. Una circolarità che può essere rimossa solo a condizione di porre l'epistemologia a un livello diverso dal genere di conoscenza su cui verte il discorso epistemologico. Kant, e con lui la maggior parte della filosofia postkantiana, risolve il problema, ma solo parzialmente, sviluppando il discorso sulla conoscenza come critica trascendentale⁶⁷. Dico che la separazione tra conoscenza scientifica e analisi trascendentale risolve il problema solo “parzialmente” perché rimane tuttavia da chiarire in che modo si possa stabilire un criterio per la validità della critica trascendentale, qualunque essa sia, senza che la circolarità permanga

accrescersi, deve inglobare qualcosa che è fuori di sé: il proprio nutrimento; ma per far ciò deve adattare sé stesso alle nuove sostanze introdotte, modificando e accrescendo, in tal modo, la propria struttura biologica. Riportato ai processi di formazione e accrescimento della strutture mentali, si deve supporre innanzitutto che la mente si trova continuamente sottoposta a sollecitazioni esterne non direttamente o non interamente interpretabili dalle strutture mentali date al momento. L'esperienza viene per ciò assimilata, ma ciò può avvenire solo attraverso un adattamento delle strutture cognitive che in tal modo si evolvono e si accrescono, costruendo nuove forme dell'intelletto. Va ancora osservato che Piaget distingue, durante il percorso che va dalla nascita all'adolescenza, quattro fondamentali stadi evolutivi, per ognuno dei quali le strutture intellettive si caratterizzano in modo profondamente ed essenzialmente diverso. Durante il primo stadio, caratterizzato dall'assenza di linguaggio, le strutture intellettive si costituirebbero e si manifesterebbero a un livello esclusivamente senso-motorio. Negli stadi successivi, invece, si rivelerebbe, divenendo sempre più preminente, il loro carattere culturale e linguistico: si potrà allora parlare di “concetti” in senso proprio.

⁶⁶ Si ripete anche qui, in forma diversa, lo stesso tipo di circolarità che si ritrova in ogni linguaggio autoreferente. E' evidente che una teoria che spieghi i modi e le condizioni della conoscenza, se è essa stessa una conoscenza non può non parlare anche di sé stessa.

⁶⁷ Ricordo che la questione era stata già emersa nella nota 24 del cap. I.

quantomeno in essa stessa. Ponendo comunque la riflessione filosofica sul piano della critica trascendentale, essa rimane ben separata dalle scienze empiriche, permettendo una teoria della conoscenza scientifica (e non quindi della conoscenza in generale), sostanzialmente esente dal problema di cui si sta parlando. In quest'ottica è altresì chiaro come invece una riflessione “sulla” scienza, che sia essa stessa una scienza empirica, come la psicologia, e che allo stesso tempo aspiri a proporsi come teoria fondativa delle scienze in generale, non potrebbe che riproporre il problema della circolarità in termini difficilmente accettabili⁶⁸. Almeno se per teoria fondativa della scienza intendiamo un discorso preliminare che ne fissi in modo oggettivo e stabile i criteri di validità.

Tutto ciò, però, non esclude che tra scienza e riflessione epistemologica, comunque questa sia intesa, possa esserci una relazione di scambio reciproco e quindi non necessariamente a senso unico. Pensare infatti

⁶⁸ Lo psicologismo è una corrente di pensiero di ispirazione positivista teorizzata in particolare da Omar Quine. Si sviluppa nel corso del Novecento e tende a porre la psicologia come scienza fondante di tutte le altre scienze. In altri termini, non solo i criteri di validità di ogni scienza empirica dovrebbero trovare il proprio fondamento nella struttura cognitiva (sensoriale e intellettuale) della mente umana, ma su questa verrebbe a poggiare la stessa validità degli apparati logico-deduttivi. Questo significa che la verità di un enunciato scientifico o la validità di una deduzione sono tali perché così si presentano alla mente umana e al suo sistema percettivo. L'unica oggettività possibile è allora quella determinata dall'omogeneità sostanziale della specie umana, mentre svanisce qualunque idea di “verità” in sé e per sé. Questa concezione, in quanto accusata di promuovere filosofie scettiche o relativistiche, è ovviamente avversata da quanti si fanno portatori di concezioni metafisiche o comunque realistiche, ma non solo. A respingere decisamente le posizioni psicologistiche è tra gli altri Edmond Husserl che le considera un travisamento grave e totale della sua *fenomenologia*. Questa è definita dal filosofo austro-tedesco come una teoria generale della ragione che ponendosi a fondamento della scienza, verrebbe a configurare la filosofia come una scienza rigorosa, al pari della logica e della matematica. Da qui il fraintendimento in senso psicologista, sia da parte di chi accoglie la proposta con favore, sia di chi lo accusa di voler ridurre la filosofia alla psicologia. In realtà il suo progetto è quello di costruire una filosofia rigorosa che parta dall'unico possibile dato certo: il flusso originario e immediatamente intuito delle idee coscienti (*l'Erlebnis*, il *visuto*, v. HUSSERL, 1911). Basta far uso di una rigorosa coerenza «...per comprendere in maniera evidente l'assurdità di una teoria della conoscenza basata sulle scienze naturali, e dunque anche di ogni teoria della conoscenza psicologica» dice dunque Husserl, «Attendersi dalla stessa scienza della natura la soluzione di ognuno dei problemi che la riguardano in *quanto tale* – che dunque la riguardano da cima a fondo, dall'inizio alla fine – oppure anche soltanto ritenere che essa possa offrire una qualche premessa per la soluzione di questo genere di problemi, significa muoversi all'interno di un circolo vizioso» (ibid. pp. 24-25).

un'epistemologia come un sistema fondante che stabilisce una volta per tutte le condizioni che rendono possibile la conoscenza scientifica (o ancor più la conoscenza in generale) e ne fissa i criteri di verità e validità, è ben altra cosa dal pensare alla produzione culturale e linguistica come un sistema complesso che si evolve nella continua e reciproca interazione tra le sue parti. Ma proprio qui si viene a toccare uno dei principali (o il principale) nuclei problematici di questo volume e quindi ci limitiamo a registrarlo per il momento come domanda aperta.

III.3.2 Logos e(è) pensiero

Se in Omero la parola μῦθος (mithos) denota genericamente ogni cosa che si può comunicare con le parole, in età classica è invece netta e precisa la distinzione tra la narrazione mitica (μῦθος) e il discorso razionalmente argomentato, denotato con la parola λόγος (logos). È questa una scissione che si attua in un tempo relativamente breve ed è caratteristico di quella forma particolarissima di civiltà di cui il pensiero scientifico moderno (occidentale) si considera erede. Voglio dire che il pensiero greco, quale si presenta in forma matura già tra il V e il IV secolo a.C., ha avuto un'incubazione straordinariamente breve se rapportata alla sua originalità e al significato delle trasformazioni di pensiero prodotte. Naturalmente io mi riferisco qui proprio alla nascita della filosofia intesa come λόγος in contrapposizione alla rappresentazione mitica del mondo.

Da quel momento tutto ciò che appartiene al mito è considerato irrazionale e oscuro, mentre il λόγος diviene l'unica forma in cui è possibile esprimere verità controllabili secondo ragione. Ma qual'è la differenza sostanziale tra queste due rappresentazioni del mondo? Il mito, che si produce generalmente come frutto di un'elaborazione collettiva stratificata nel tempo, si presenta come una struttura estremamente complessa, ricca di varianti e di sfumature, con cui viene ordinata e, in un qualche senso razionalizzata, l'intera esperienza umana. Nel discorso mitico non c'è alcuna forma di argomentazione che ne supporti e ne giustifichi i contenuti; non c'è perché essa si presenta come una sorta

dere la figura perché, anche supposta pesante, possa stare in equilibrio. Si pensi ad esempio al caso in cui la figura sia una corona circolare: in essa il baricentro cade nella parte “vuota” dove non c'è nessun appiglio per effettuare fisicamente la sospensione. Anche questo dunque non può essere altro che una metafora che estende in modo generale e astratto il concetto di “centro di sospensione”. Una metafora che, partendo da un concetto fisico, riferibile a situazioni empiricamente realizzabili, esprime qui un concetto astratto e rigorosamente geometrico¹⁵.

IV.1.2 Metafora e concettualizzazione scientifica

Tuttavia, anche la spiegazione di Lakoff, se applicata alla concettualizzazione scientifica, non appare ancora, a mio avviso, sufficientemente chiarificatrice. Almeno fino a quando non si sia convenientemente precisato, in che modo un dominio concettuale, prodotto attraverso il procedimento della metafora possa essere usato proficuamente nel discorso scientifico.

In un corposo saggio di Lakoff e Núñez dal titolo “*Where Mathematics Comes From*”¹⁶ è affrontato, dal punto di vista delle scienze cognitive, il tema della formazione dei concetti matematici secondo la teoria della metafora concettuale (CMT). Sebbene l'approccio cognitivista esuli in larga misura dalle questioni puramente epistemologiche di cui ci stiamo occupando, non può, tuttavia, non interagire con esse. È perciò che, senza entrare nel merito dei percorsi specifici di quel lavoro, ritengo di dover fare comunque alcune osservazioni. Innanzitutto non è vero, come sembrano ritenere i due autori, che essi siano i primi a riconoscere e ad affermare il carattere mentale dei concetti matematici. Se pure, infatti, molti scienziati siano tuttora portati ad una qualche forma di platonismo (ho già in precedenza citato Roger

¹⁵ Non inganni il fatto che il concetto di baricentro è poi ampiamente utilizzato nello studio fisico dell'equilibrio dei corpi e che tali applicazioni ne costituiscano lo scopo effettivo. Nel lavoro citato, infatti, non solo si parla di superfici piane e non di oggetti fisici aventi un peso, ma tutti gli sviluppi, a partire dai postulati iniziali, sono di natura esclusivamente geometrica.

¹⁶ LAKOFF-NÚÑEZ (2000).

Penrose), tutta la riflessione epistemologica del Novecento è orientata in senso opposto, e oltre al formalismo hilbertiano dominante per quasi un secolo, bastino come esempi il convenzionalismo di Poincaré, l'approccio linguistico di Wittgenstein il carattere linguistico-culturale delle forme simboliche di Cassirer, l'epistemologia genetica di Jean Piaget¹⁷. Le ricerche, poi, di quest'ultimo e della scuola di Ginevra da lui fondata, qualunque sia la valutazione di merito che se ne voglia dare, bastano comunque a smentire l'affermazione che «... non esisteva ancora alcuna disciplina dell'*analisi delle idee matematiche* da un punto di vista cognitivo, ossia nessuna scienza cognitiva della matematica» posta all'inizio della prefazione al libro¹⁸. D'altra parte questo è anche l'esito di un percorso di pensiero che ha radici ben più lontane e profonde; è sicuramente inscritto nella *Critica* di Kant e costituisce in qualche modo la premessa di ogni geometria non euclidea. Con ciò non intendo, tuttavia, sminuire il lavoro di ricerca degli autori, né i risultati a cui essi sono pervenuti, e che andrebbero valutati se mai, all'interno dell'ambito disciplinare e del quadro di riferimento entro cui si collocano. Né voglio svalutare il ruolo della metafora nella formazione di quei concetti che costituiscono il nucleo significativo delle scienze, anche perché in questo credo anzi fermamente. Un ruolo, però, che, se da una parte è fondamentale e irrinunciabile nella costruzione di una visione significativa del mondo, deve, tuttavia, arrestarsi sulla soglia delle enunciazioni tecnico formali che costituiscono le regole d'uso dei termini scientifici. È questa infatti la sola possibile strada, come si è già visto, per garantire la praticabilità e l'affidabilità di un discorso scientifico. Non credo che questa sia una novità, e non credo neppure che per comprenderlo bisogna arrivare al formalismo

¹⁷ Di Hilbert, Poincaré e Cassirer si è già ampiamente parlato. Per Wittgenstein v. in particolare WITTGENSTEIN (1922). Quanto a Piaget, a cui si è già accennato nella nota 65 del cap. III, oltre a PIAGÉT, J. (1950) e al già citato PIAGÉT, J. (1970), sono qui da richiamare almeno i due titoli: “*Dalla logica del fanciullo alla logica dell'adolescente*” e “*La genesi del numero nel bambino*”.

¹⁸ L'affermazione, tuttavia, può contenere del vero se riferita a un approccio delle scienze cognitive direttamente fondato sulle neuroscienze. Ma ciò sarebbe, a mio avviso, fortemente limitativo perché nessuna scienza, io credo, può esaurire il proprio campo di indagine in ciò soltanto che può essere fondato riduzionisticamente. Ma per quest'ordine di questioni si rinvia al capitolo sulla complessità.

hilbertiano, dato che nei suoi caratteri essenziali possiamo già riscontrarlo negli elementi di Euclide.

Al di là di queste osservazioni del tutto incidentali resta, come dicevo, la necessità di comprendere meglio il ruolo della metafora nella concettualizzazione scientifica, e come quest'ultima possa giovarsene in modo proficuo nei termini che ho cercato di chiarire. Per fissare meglio le idee, si può pensare ad esempio ad una sorta di triangolo, ben diverso, però, da quelli fin qui proposti dalle diverse teorie semiotiche; un triangolo che per pura comodità chiamerò *triangolo concettuale*. In esso i tre vertici verrebbero rappresentati rispettivamente dal *termine tecnico* utilizzato per denotare (più o meno metaforicamente) il concetto, dalla struttura formale che fissa le regole d'uso di quel termine in un apparato scientifico, da un oggetto mentale (il *concetto*) che si presume rappresentativo di qualcosa che è nel mondo e che attribuisce significato al termine. Il ruolo della metafora è allora quello di operare una traslazione del triangolo concettuale, attraverso una ricollocazione dell'oggetto mentale o concetto, e conseguentemente, se e quanto occorre, la struttura che lo definisce formalmente, in modo da ristabilirne la validità entro un apparato scientifico, che può essere ancora lo stesso o risultarne anche profondamente modificato.

L'obiezione che a questo punto mi aspetto da parte di molti, è che, ai fini del paradigma scientifico è sufficiente il solo termine tecnico e le sue regole d'uso, e che quindi l'oggettivazione del corrispondente oggetto astratto, come di qualcosa che è nel mondo, sarebbe del tutto inutile in un discorso sulla scienza. Esso in altri termini potrebbe avere un rilievo puramente psicologico, magari influente nei processi di ideazione e di produzione di ipotesi scientifiche, ma epistemologicamente irrilevante. Indubbiamente questo sarebbe vero qualora ritenessimo che la riflessione epistemologica si debba limitare alla semplice analisi di metodo e alla validazione formale del discorso scientifico. Perciò se qualcuno preferisce trascurare il mondo e guardare alla sola descrizione formale di esso, non ho nulla da obiettare, ma aggiungo subito che tale atteggiamento è esattamente il contrario del percorso fin qui seguito e che ancora mi accingo a seguire.

IV.3.3 Il mondo sfocato

Secondo il punto di vista della logica *fuzzy*, fondata dall'iraniano Lofti Asker Zadeh, con una serie di scritti a partire dal 1965¹⁰⁵, la logica bivalente (vero-falso) sarebbe solo una schematizzazione del pensiero che può essere applicata al mondo reale solo in casi particolari. Il principio aristotelico del terzo escluso (*tertium non datur*), in realtà si applica solo a quegli oggetti ideali, come i numeri o le figure geometriche, costruite dal nostro pensiero proprio per soddisfare a tale principio. Ma non appena si passa a situazioni reali, la dicotomia “vero-falso” nel migliore dei casi si rivela come un'approssimazione e in molti altri casi come priva di fondamento.

Se nell'insieme dei numeri naturali affermo che un certo numero è pari o dispari, questo è certamente vero o falso, senza che vi possano essere né dubbi né possibilità alternative. Se considero una congettura come quella di Goldbach¹⁰⁶, posso anche ipotizzare, fino a che non sia dimostrata, che essa sia indecidibile sulla base della teoria assiomatica utilizzata; in questo caso esisteranno modelli in cui la congettura è vera ed altri in cui è falsa, ma non sarà mai un po' vera e un po' falsa. Quando invece Platone, in un passo del Parmenide afferma che «Parmenide era già molto vecchio..., all'incirca sui sessantacinque anni»¹⁰⁷, qualcuno dirà che l'affermazione «Parmenide era già molto vecchio» è vera, altri, con i parametri di oggi, probabilmente la giudicheranno falsa. Eppure non si tratta di una situazione di incertezza; l'età di Parmenide è dichiarata da Platone con buona precisione “sui sessantacinque anni”. E non è neppure una questione di soggettività nella valutazione; infatti anche se ci si mettesse d'accordo nel fissare convenzionalmente l'età esatta in cui si diventa “molto vecchi”, difficilmente ciò sarebbe di una qualche utilità. Supponiamo infatti che si convenga di fissare tale passaggio al compimento esatto dell'ottantesimo anno di età. Si arriverebbe al paradosso di dover dire che tra due persone di cui una è nata un decimillesimo di secondo prima dell'altra,

¹⁰⁵ ZADEH (1965).

¹⁰⁶ Cfr. pag. 96.

¹⁰⁷ Parmenide, I, 127 a.

vi sarà qualche istante in cui uno dei due è molto vecchio, l'altro no. Non c'è in tutto questo alcuna contraddizione, si tratta solo di una conseguenza rigorosa e necessaria derivata dalla convenzione fatta; ma questa non è certo una convenzione che possa servire granché ai fini di rendere un fenomeno più comprensibile. Il fatto è che predicati del tipo “essere vecchio”, “essere grande”, “essere caldo”, e tanti altri, non solo sono imprecisi, ma ogni eventuale convenzione che li volesse trasformare in qualcosa di preciso fissandone un valore di soglia, non sarebbe di alcuna utilità, nella maggior parte dei casi, ai fini di accrescere la comprensione dei fenomeni. È per questo che Zadeh per primo, e dopo di lui Bart Kosko, hanno cercato di sviluppare una logica delle situazioni “imprecise” o “sfumate” o “fuzzy” come si dice in inglese. Io ho preferito usare, nel titolo di questo paragrafo, l'espressione “mondo sfocato” prendendo a prestito la suggestione creata da un'immagine fotografica non a fuoco.

Secondo Kosko¹⁰⁸ l'intera cultura occidentale sarebbe prigioniera di un pregiudizio profondamente radicato e codificato dalla logica aristotelica, che è a sua volta bloccata entro lo schema della dicotomia vero-falso. Una logica in cui non è ammessa alcuna contraddizione, in cui ciò che non è vero è necessariamente falso, ciò di cui non si può dire che è non può in alcun modo sussistere. E se il mondo occidentale, con la sua logica, cade sotto il dominio di Aristotele, il pensiero orientale, sarebbe, al contrario, dominato dal Buddha, per il quale essere e non essere sono due facce speculari dello stesso universo; la contraddizione, non solo può sussistere, ma è la normale condizione dello spirito. In che modo, però, tutto questo può, dalla pura intuizione metafisica, essere recuperato all'interno di un discorso scientifico, in grado di produrre previsioni attendibili e orientamenti nel mondo dei fenomeni?

Già nella tradizionale logica bivalente, vi è una corrispondenza ben precisa tra l'essere “vero” di un enunciato, quando questo è riferito ad un ben preciso oggetto, e l'appartenenza di tale oggetto ad un insieme. Se, ad esempio, il predicato “è un numero pari” è vero per un certo

¹⁰⁸ V. KOSKO (1993).

scacco più immediatamente percepibile alle pretese del riduzionismo, anche se non è né l'unico, né, soprattutto, il più profondo. Un nucleo concettuale che, senza essere ancora la complessità, tuttavia, la preannuncia e la predispose e che, proprio per ciò, ho presentato volutamente in forma di aneddoto.

VI.2.2 Ontologia della complessità.

In prima istanza possiamo dire che l'idea di fondo che si può associare al concetto di complessità, è quella di organizzazione. Un sistema complesso è dunque un sistema organizzato in cui le strutture relazionali vengono a costituire qualcosa che possa assumere il ruolo di una nuova entità a sé stante, non riducibile ai soli elementi che la costituiscono. Così dalla complessità nel mondo fisico emerge la vita biologica come entità nuova e a sé stante. Dalla complessità delle interazioni tra mondo fisico e biologico emergono gli ecosistemi e dalla complessità delle interazioni tra individui umani emergono le culture e le etnie, ecc.

Dice per esempio Edgar Morin a proposito del concetto di *Eco-sistema*:

È un termine che indica come l'insieme delle interazioni nell'ambito di una determinata unità geofisica comprendente diverse popolazioni viventi costituisca un'Unità complessa di carattere organizzatore e costituisca dunque un sistema. Ciò significa che dobbiamo considerare l'ambiente non più soltanto come ordine e come vincolo (i determinismi ed i condizionamenti del "mezzo") e nemmeno soltanto come disordine [...] ma anche come organizzazione. E questo, come ogni organizzazione complessa, subisce, comporta e produce disordine e ordine²⁵.

Più volte, nel corso di questo volume, ci siamo chiesti se l'emergere di nuove oggettività individuali non debba implicare un ampliamento e una revisione del nostro apparato percettivo e concettuale in relazione a ciò che chiamiamo realtà. Mi chiedevo per esempio in I.1.5 (a pag. 57), a proposito delle tesi di Bodrillard sulla distruzione del reale da

²⁵ MORIN (1980), p. 16.

parte delle tecnologie, se non siano possibili «... visioni alternative dei processi di trasformazione in atto » e se questi, come sosteneva il filosofo francese, siano «... inevitabilmente da vedere come processi di distruzione della “realtà” o non è forse che il nostro linguaggio dovrà arricchirsi di categorie meno rigide di quanto non lo sia la netta dicotomia *reale-irreale*? E quale fondamento può avere una nuova concezione dell’*essere reale* che sia compatibile con le nuove tecnologie?». Concludevo poco più avanti con le domande: «*Esiste una realtà? Che rapporti abbiamo con essa? E’ possibile darne una definizione non metafisica? E in questo caso quali sono i linguaggi più adeguati?*», lasciando così aperta la questione di una possibile ontologia non necessariamente metafisica ma radicata, piuttosto, nelle strutture concettuali e linguistiche costruite dalle civiltà umane. Non si tratta, in quest’ottica, di prendere posizione sui grandi interrogativi lasciati inevitabilmente aperti da tutte le elaborazioni filosofiche intervenute fino ad oggi, ma di cogliere quanto vi sia nel comune patrimonio di esperienza, in una parola nel “vissuto”, che si caratterizzi come “entità irriducibile”, o più propriamente come *emergenza irriducibile* rispetto a un soggiacente livello di realtà. Intendo non solo le grandi emergenze da sempre individuate, quali sono certamente la *vita biologica* rispetto al mondo fisico o *l’essere cosciente* rispetto al mondo biologico, ma più in generale tutto ciò che si presenta al nostro pensiero come entità nuova e irriducibile. Non dico nulla di nuovo se richiamo esempi già ampiamente consolidati quali sono ad esempio i significati e i valori dell’opera d’arte non riducibili certamente ai materiali di cui sono fatte né alle tecniche usate dall’artista. Ma si potrebbero aggiungere i prodotti software, anch’essi non riducibili al supporto su cui sono scritti, ma neppure al particolare linguaggio di programmazione in cui sono formulati, e gli esempi si possono moltiplicare a piacimento.

Il concetto di *emergenza*, inteso appunto come l’apparire di un’entità nuova non prevedibile e non riducibile al substrato da cui pure scaturisce, non nasce propriamente con le teorie della complessità, ma le precede. Si trova, infatti, con tutti i suoi caratteri fondamentali, già in ambito positivista, nella prima metà del Novecento, ma la sua preistoria risale ancora più indietro. Si sviluppa come possibile risposta

alle concezioni dualiste (che si esprimano cartesianamente in termini di *res cogitans* contro *res extensa*, o di *mondo naturale* e *sovrannaturale* della teologia cristiana, o in qualunque altra forma) senza dovere soggiacere per ciò alle paralizzanti aporie delle concezioni materialiste quando sono volte a negare valore ontologico a qualunque oggetto che non sia riconducibile in modo diretto e rigidamente deterministico alle sostanze primarie del mondo fisico (materia).

Più recentemente si può trovare in contesti diversi con substrati filosofici anche notevolmente distanti tra loro. Un esempio significativo è quello di Hofstadter di cui si è già citato un passo in epigrafe a I.2.1. Il tema era quello della visione *olistica* di una totalità, in quel caso il formicaio, che nella sua struttura organizzata, diviene appunto altra cosa rispetto ai componenti. Al posto del formicaio si può pensare ovviamente di porre una società umana con le sue strutture relazionali, culturali e antropologiche, oppure la rete neuronale di un cervello, oppure ancora, ed è questo l'obiettivo fondamentale di Hofstadter, una rete di elaboratori in grado di riprodurre l'intelligenza umana.

Il dato preminente, nella storia di questo concetto si riassume entro un'idea di fondo, che pure con connotazioni più o meno differenziate e non sempre rigorosamente definite, persiste nel tempo e si ripresenta in contesti filosoficamente distanti e perfino opposti. Intorno a questa idea si è così sviluppata, nel corso del Novecento, una letteratura ormai vasta e un dibattito ampio, rilanciato anche negli ultimi anni²⁶.

Ecco come l'idea di fondo della visione emergentista viene per esempio caratterizzata da el-Hani e Pereira²⁷:

1. *Fisicalismo ontologico*: Tutto ciò che esiste nel mondo spazio-temporale sono le particelle riconosciute dalla fisica e i loro aggregati.
2. *Proprietà emergenti*: Quando aggregati di particelle materiali raggiungono un adeguato livello di complessità organizzativa, in tali sistemi complessi emergono nuove proprietà.
3. *Irriducibilità dell'emergenza*: Le proprietà emergenti sono irri-

²⁶ v. in particolare CLAYTON, P., DAVIES, P. (2006),

²⁷ Citato in CLAYTON (2006).