

L'ANALOGIA E LE SCIENZE*

1. Introduzione

Ci sono momenti, nella storia del pensiero, in cui sembra che *da più parti e contemporaneamente* si tenda a raggiungere una stessa meta, come una nuova conquista. Quasi sicuramente uno dei più imponenti è stato quel passaggio che si è verificato sincronicamente — in tutte le culture progredite dell'Occidente — attorno al VI secolo a.C. e che ha visto la cultura del *mito* trasformarsi in una cultura della *razionalità*, in senso filosofico e dimostrativo, come fundamentalmente ancora oggi la intendiamo. Si è trattato di un evento in larga scala che ha coinvolto tutta la cultura, anche in luoghi molto diversi.

Eventi di portata meno ampia, ma in qualche modo analoghi, si sono verificati quando, all'interno di un certo settore della conoscenza, da più parti e per vie diverse, si è giunti ad una stessa importante scoperta. Non intendo riferirmi tanto al caso di due persone in competizione che hanno ottenuto teorie equivalenti, ad esempio in campo scientifico, come è accaduto a Newton e Leibniz per il calcolo infinitesimale, o a Schrödinger e Heisenberg per la meccanica quantistica, quanto al caso in cui uno stesso traguardo comune viene raggiunto in settori disciplinari diversi e non in competizione tra loro.

1.1. EVENTI SINCRONICI

Mi chiedo se si debba dire che qualcosa del genere sia accaduto proprio in questi ultimi decenni nell'ambito delle scienze.

Da più parti e in discipline che hanno camminato indipendentemente, ad opera di ricercatori che neppure si conoscevano, sono emersi dei risultati che, un po' alla volta, si sono dimostrati collegati tra loro, quando non addirittura equivalenti. È come se si trattasse di manifestazioni differenti di uno stesso comportamento della realtà.

«Quali che siano le nostre preoccupazioni professionali, non possiamo non avere la sensazione di vivere in un'era di transizione. (...)

Non è possibile anticipare che cosa nascerà da questo periodo di transizione, ma è chiaro che la scienza è obbligata a giocare un ruolo sempre più importante nello sforzo di affrontare la sfida di capire e di dare nuova forma all'ambiente che ci circonda. Colpisce il fatto che in questo momento cruciale la scienza stessa stia attraversando un periodo di riconcettualizzazione. (...)

È interessante indagare su come un simile cambiamento sia potuto avvenire in un così breve lasso di tempo. È la conseguenza di risultati inattesi, ottenuti in campi molto diversi della fisica e della chimica come le particelle elementari, la cosmologia, e lo studio delle autoorganizzazioni nei sistemi lontani dall'equilibrio».

1.2. UN AMPLIAMENTO DEL METODO

Questo primo rilievo, pur già molto significativo, e più che sufficiente per attirare l'attenzione dello studioso, è ancora poco, a mio parere, per svelare la portata di quanto sta accadendo nell'ambito delle scienze.

E questo perché il traguardo raggiunto pone domande ulteriori che mettono in questione, in qualche modo, lo stesso metodo scientifico, così come lo si è attuato finora. Si direbbe che oggi si richiede una sorta di *ampliamento* del metodo, una sua dilatazione in senso forte, *qualitativo* e non appena estensivo, *quantitativo*. Naturalmente si può non essere d'accordo con questa valutazione e diversi atteggiamenti sono possibili.

— Si può, ad esempio, ritenere di poter ignorare la *novità* e continuare a procedere per la propria strada attendendo che il fenomeno si spenga gradualmente da solo. Ma questo non appare né un atteggiamento prudente, né un modo di fare genuinamente scientifico, dal momento che il nuovo orizzonte di problematiche risulta dilatarsi di giorno in giorno, anziché attenuarsi, e acquista sempre più peso e rigore di formulazione.

— Diversamente si può pensare di considerare questa *novità* come un fenomeno che un po' alla volta si dimostrerà *riducibile* alla scienza *normale* attraverso il metodo scientifico tradizionale che non avrà, così, bisogno di essere fondamentalmente intaccato. Questo è l'atteggiamento *riduzionista* che riconosce la novità in senso *estensivo* (qualcosa in più), ma non *qualitativo* (qualcosa di irriducibilmente diverso).

— Si può poi ritenere, all'estremo opposto, che la *novità* sia tale da vanificare completamente qualunque possibile metodo scientifico, costringendo ad assumere una posizione rinunciataria. È questo un atteggiamento scettico, *irrazionalista* che abbandona la scienza per rifugiarsi in correnti di pensiero *evasive*, di tipo magico, esoterico e spesso pseudoreligioso. Anche questa è una posizione oggi divenuta di moda nella cultura.

— Infine si può considerare questa *novità* come non adattabile alla scienza con la metodologia tradizionale, ma non al punto tale da negare la *razionalità* in se stessa.

In questo caso la *novità* viene riconosciuta come un dato che richiede una revisione del metodo scientifico e del modo di concepire la razionalità in vista di un suo ampliamento, capace di accogliere adeguatamente la novità, in tutta la sua portata, senza per questo rinnegare tutto il lavoro fatto in passato.

1.3. IL CONFRONTO CON LA RAZIONALITÀ ANTICA

Questa revisione della razionalità non può essere condotta arbitrariamente ma deve avere un rigore dimostrativo, tale da soddisfare le esigenze di ogni scientificità. Essa nasce come un'esigenza *interna* alla scienza stessa, in un certo senso come un *teorema*, come una nuova teoria nell'ambito della logica, delle matematiche e delle diverse discipline.

In che modo affrontare allora l'impresa? Anche a questo proposito vorrei

enunciare, pur senza pretesa di esaustività, delle possibili strade.

— Una prima strada, che non esiterei a considerare piuttosto ingenua e spontaneista, è quella che si troverebbe inevitabilmente a percorrere chi si volesse avventurare nell'impresa di costruire un metodo scientifico *ampliato*, fondato quindi su una razionalità *ampliata*, senza alcun punto di riferimento, come se il problema della razionalità si ponesse ora per la prima volta nella storia del pensiero. Un tale *esploratore* della razionalità sarebbe inevitabilmente in preda ad una sorta *filosofia spontanea degli scienziati*, che lo porterebbe, probabilmente poco lontano, dovendo ripercorrere molte tappe filosofiche partendo praticamente da zero.

— Un modo di procedere più saggio sembra essere quello di chi si confronta con la storia del pensiero passato. E questo ha un senso ben preciso in quanto le problematiche fondamentali che oggi sorgono in ambito scientifico, hanno una connotazione fortemente *logico-metafisica*.

Se si tiene conto di questo dato e si decide di seguire la via del confronto con il passato, attuato con tutto il rigore richiesto dalle scienze attuali, il problema che si pone subito è: a quale interlocutore del passato rivolgersi prioritariamente?

Inevitabilmente, a questo punto, le strade si dividono e le scelte possono essere le più diverse. Tuttavia sembra di poter osservare che, se fino a prima dell'emergere di questa *novità* nell'ambito delle scienze, gli interlocutori privilegiati della riflessione epistemologica si collocavano tutti da Cartesio in avanti — con particolare attenzione a Kant e Hume dai quali molti filosofi delle scienze si sono trovati a dipendere — oggi si tende nettamente a spostarsi, talvolta anche inconsciamente, molto più indietro verso Platone e Aristotele e le correnti di pensiero fondate sulle tradizioni da essi iniziate.

1.3.1. *L'Indirizzo platonico*

Il filone platonico è oggi quello maggiormente percorso, probabilmente perché sembra presentare maggiori vantaggi. In fondo la scienza *galileiana*, come ha bene mostrato A. Koyré è di matrice platonica, dato il ruolo di schema interpretativo *ideale* che in essa è giocato dalla matematica.

Tra le caratteristiche di questo filone rileviamo:

— la totale ipostatizzazione dell'*idea*, che nel caso delle scienze è quella *matematica*, con la conseguente sostanziale *continuità* con la scienza galileiana intesa come applicazione della matematica alla spiegazione della natura;

— la netta separazione tra i due mondi *fisico* e *metafisico* che consente di accostare, dall'esterno, spiegazioni di tipo trascendente, o comunque filosofico, senza troppe interferenze con le scienze.

Una via relativamente facile da percorrere, dunque, che non richiede di fatto cambiamenti *interni* al metodo scientifico, ma consente di affiancargli tranquillamente delle concezioni *metafisiche* che gli rimangono ultimamente estranee. L'approccio platonico, che è molto suggestivo, soprattutto quando ricorre a formulazioni poetizzanti — sul modello dell'avvincente stile dei *Dialoghi* — non sembra però cogliere in positivo la provocazione delle nuove problematiche scientifiche, che sono un invito ad ampliare il metodo scientifico come tale piuttosto che ad accostargli

qualcosa dall'esterno.

Tale approccio *platonico* presenta, dall'altro canto, non pochi *rischi* tra i quali si possono evidenziare:

— il *dualismo* radicale che comporta la dissociazione tra la razionalità scientifica e quella filosofico-metafisica, che inevitabilmente finisce per collocare nell'irrazionalità quest'ultima;

— l'*univocità* della descrizione della realtà che ne consegue e che comporta un approccio ultimamente *riduzionistico* e quindi non risolutivo delle questioni nuove che oggi si aprono;

• la difficoltà, poi, a concepire una razionalità che si dilata per esigenze *interne* di ampliamento e che se mai viene semplicemente affiancata da altre dimensioni del pensiero senza che queste abbiano dignità scientifica;

• la tendenza a combinarsi facilmente con visioni *gnostiche* e *pseudoreligiose* che occupano lo spazio lasciato ancora libero dalla scienza e hanno oggi ormai preso il posto delle ideologie.

1.3.2. *L'indirizzo aristotelico*

L'approccio aristotelico, per ora meno sviluppato, offre, a mio parere maggiori *vantaggi*, tra i quali:

— una razionalità *analogica* che sembra permettere di sviluppare una matematica *ampliata* e insieme ad essa anche delle scienze non matematizzate (come forse potrebbe essere, ad esempio, la biologia), conservando l'unità e la comunicazione tra i suoi diversi livelli;

— una visione *organica* non dualistica della realtà che consente un migliore raccordo tra le scienze più diversificate in un'epistemologia basata su livelli differenziati di scienze;

— un ruolo rilevante dell'*esperienza* in tutte le forme di conoscenza, grazie alla teoria dell'*astrazione*, evitando il dualismo nell'origine della conoscenza.

Naturalmente qui, parlando di aristotelismo, mi riferisco ad un aristotelismo non degenerato, quanto a quello più rigoroso rappresentato dal pensiero di S. Tommaso d'Aquino.

Credo valga la pena citare, a questo punto, un passo molto significativo di S. Tommaso che sintetizza la sua epistemologia *organica* e *analogica*.

«Ci sono tre categorie di scienze per quanto riguarda gli oggetti della fisica e della matematica:

— Quelle della prima categoria sono puramente fisiche: esse considerano le proprietà delle realtà naturali come tali e sono la fisica, la scienza agrimensoria, ecc.

— Quelle della seconda categoria sono puramente matematiche: esse si occupano delle quantità come tali, come la geometria si occupa dell'estensione e l'aritmetica del numero.

— Quelle della terza categoria sono intermedie, dal momento che applicano i principi della matematica alle realtà naturali, e sono la scienza della musica, l'astronomia, ecc. Esse sono più vicine alle matematiche, perché nella loro considerazione ciò che è fisico gioca il ruolo di materia, mentre ciò che è matematico gioca il ruolo di forma; così la scienza della musica non considera i suoni in quanto sono suoni, ma in quanto stanno in una proporzione numerica; similmente le altre scienze di questo tipo. Di conseguenza conducono delle dimostrazioni riguardanti gli oggetti fisici, ma con metodi matematici. E così nulla impedisce loro di trattare della materia sensibile, in quanto sono scienze di tipo fisico; nel contempo sono scienze astratte in quanto matematizzate».

Qualunque sia l'approccio seguito, comunque, mi sembra possa essere molto utile, alle scienze odierne, un confronto con queste visioni *classiche*.

Qui intendiamo soffermarci, in particolare, sull'emergenza, nell'ambito delle scienze odierne, di questioni che ricordano da vicino le due teorie aristotelico-tomiste dell'*analogia* e dell'*astrazione*.

2. L'emergere dell'analogia

2.1. L'ANALOGIA ALL'ESTERNO DELLE TEORIE SCIENTIFICHE

Spesso si è parlato di *analogie* in relazione alle teorie scientifiche, ma come si è accennato sopra si tratta, nel caso in cui si possa parlare di vere analogie, di qualcosa che ha una funzione *esterna* alla teoria stessa e che serve:

- a suggerire un modo per costruire la teoria (funzione *euristica*);
- ad interpretare la teoria a somiglianza di un'altra teoria che ha la stessa struttura matematica (funzione *ermeneutica* o *interpretativa*).

In entrambi i casi l'analogia non entra a far parte direttamente della formulazione matematica della teoria.

In tutti questi casi si tratta, dal punto di vista aristotelico-tomista, di analogie di *proporzionalità propria*, cioè di una somiglianza di rapporti.

Questa *somiglianza* sta alla base della possibilità di costruire *modelli* per la descrizione di certi dati dell'esperienza. In particolare l'analogia, così intesa, può suggerire modelli che potremmo chiamare *materiali*, cioè riguardanti la struttura fisica dei *sistemi* da descrivere, o modelli *formali*, cioè riguardanti le leggi matematiche atte a descrivere e spiegare determinati fenomeni.

2.1.1. Analogie materiali

Queste servono a descrivere le proprietà di un fenomeno di cui non si conosce la struttura costitutiva (per esempio gli atomi) ipotizzando una somiglianza con oggetti conosciuti (ad esempio delle sfere rigide ed elastiche), per i quali si conoscono le

leggi fisiche che ne regolano il comportamento. Si dice in questo caso che si è proposto un *modello* per il fenomeno da descrivere (nell'esempio il modello delle *sfere rigide* per descrivere il comportamento degli atomi in un gas).

La relazione di somiglianza tra il modello e il fenomeno è supposta a livello della *struttura* degli elementi costitutivi (*materiali*), in modo da potersi attendere una somiglianza anche nel *comportamento*, e potere utilizzare, entro certi limiti, le stesse leggi matematiche per il fenomeno da descrivere e per il modello.

2.1.2. Analogie formali

Nel caso di analogie formali non si ricerca un modello a livello della struttura fisica dei costituenti un certo oggetto, ma si punta direttamente alle equazioni matematiche che sembrano adatte a descrivere adeguatamente certe leggi fenomenologiche, senza fare ipotesi sulla struttura materiale che da tali leggi deve essere governata.

Questo modo di procedere è meno naturale per chi non è abituato a rappresentarsi le cose in termini matematici, mentre è del tutto ovvio per il fisico-matematico che tende, a sostituire nella sua mente, l'oggetto fisico con le equazioni matematiche che ne governano il comportamento.

È importante sottolineare come, nella scienza galileiana, l'analogia si presenta come un somiglianza di *struttura*, o in senso materiale o in senso formale, dove la parte *materiale* è giocata dall'oggetto fisico e la parte *formale* dalla legge matematica che ne governa il comportamento.

L'analogia nella fisica ha anche un risvolto *ermeneutico*, cioè aiuta ad interpretare e a spiegare il fenomeno per il quale si è adottato un certo modello, in quanto svolge la funzione di ricondurre un fenomeno meno noto ad uno più noto.

2.1.3. Analogia e matematiche

Se nell'ambito della fisica l'analogia non entra in gioco se non come suggerimento metodologico esterno per la costruzione e l'interpretazione delle teorie, l'analogia formale gioca un ruolo molto simile nell'invenzione di nuove strutture matematiche basate su modelli più semplici dei quali si ricerca una generalizzazione che conservi alcune proprietà formali, pur non entrando, come già nella fisica, a far parte direttamente di alcuna definizione di enti matematici.

Quello che è importante, allora, tenere presente è il fatto che in fisica come in matematica l'analogia non entra in gioco direttamente come elemento *interno* al sistema della scienza, ma può giocare un ruolo in vista della costruzione e dell'interpretazione della scienza.

È vero che la matematica conosce, nella sua struttura interna, delle *corrispondenze biunivoche* tra elementi di insiemi distinti (isomorfismi, omeomorfismi, diffeomorfismi, ecc.), ma non si tratta, in questo caso, di vere analogie (di proporzionalità propria), quanto di *identità* di struttura. In questi casi, infatti, non si ha appena una somiglianza di rapporti, ma una vera e propria uguaglianza. Per cui dal punto di vista di certe proprietà di struttura tali insiemi sono indistinguibili l'uno dall'altro per la teoria e si dice che uno di tali insiemi rappresenta un *modello* per la

struttura considerata.

Un esempio ben noto ci è offerto dai cosiddetti modelli euclidei delle geometrie non euclidee e, più in generale, da qualunque *modello* matematico di una struttura astratta.

2.2. L'ANALOGIA ALL'INTERNO DELLE TEORIE SCIENTIFICHE

Le cose cambiano radicalmente a cominciare dal momento in cui è dall'interno stesso delle teorie scientifiche che sembra prospettarsi la necessità di costruire strutture in cui le corrispondenze non sono più univoche ma analoghe.

E in questo caso entrano in gioco sia l'analogia di *proporzione semplice* che quella di *proporzionalità propria*. Questa necessità si presenta là dove le scienze hanno a che fare con delle *strutture* (chiamiamole provvisoriamente in questo modo), di qualsiasi natura (biologica, chimica, fisica, informatica, matematica, logica, o altro) che si presentano *organizzate* secondo *livelli gerarchizzati* che differiscono tra loro non solo quantitativamente, ma qualitativamente essendo di *natura* diversa, pur avendo qualcosa di reale in comune. E ciò che è fondamentale è il fatto che si tratta di

«una gerarchia di livelli caratterizzata da proprietà non riducibili a quelle del livello più elementare».

È proprio questa *irriducibilità* che rende qualitativamente diversificati tali livelli. Se infatti uno di questi livelli di organizzazione — chiamiamolo *livello superiore* — fosse in qualche modo scomponibile in *livelli inferiori*, e ricostruibile mediante un'opportuna ricomposizione di questi ultimi, esso non sarebbe *qualitativamente* diverso, ma una semplice *sovrapposizione* di livelli di grado più basso. Va sottolineato come questi livelli non siano proprietà assolutamente disparate e non confrontabili tra loro, ma rappresentino dei modi diversi di manifestarsi, di realizzarsi, di una stessa *struttura*, che viene ad attuarsi, quindi non sempre allo stesso modo (cioè non *univocamente*), ma secondo modi differenziati e tra loro realmente collegati (cioè *analogicamente*).

Un simile tipo di *struttura* non viene qualificato dagli scienziati con il termine *analogia*, quanto piuttosto con quello di *complessa*.

È veramente interessante rilevare come una situazione del genere si sia manifestata ormai in tutte le discipline scientifiche. La constatazione dell'*irriducibilità* dei livelli tende a mettere in questione il *riduzionismo* come metodo della scienza e quindi a sollecitare un *ampliamento* della metodologia e della stessa razionalità scientifica.

2.2.1. La crisi del riduzionismo

Prima di passare ad esaminare più da vicino come avviene questa gerarchizzazione in livelli, in qualche maniera *analoghi*, dobbiamo spendere alcune parole sulla crisi del riduzionismo. Anzitutto distinguiamo tra due aspetti del riduzionismo che sono l'uno la conseguenza dell'altro e che chiamiamo riduzionismo *metodologico* e riduzionismo *epistemologico*.

— *Il riduzionismo metodologico* è quella metodologia, accettata come fondamentale finora nelle scienze, in base alla quale ciò che si presenta come fenomeno, o struttura *unitaria e complessa*, viene scomposto in parti componenti più elementari e semplici da studiare, il cui comportamento è possibilmente già noto, in vista di una comprensione del *tutto*. Con una formula forse troppo facile, ma ormai consueta diremmo: «il *tutto* è equivalente alla *somma delle sue parti*».

Si tratta di un modo di procedere in prima istanza pienamente plausibile: la mente umana non può comprendere esaurientemente un *tutto* con uno sguardo solo, per cui tende a scomporre le cose che analizza. Tuttavia questo modo di procedere ha dei limiti e non può essere estremizzato. Se si scompone *troppo* l'oggetto dell'indagine lo si distrugge, o comunque non lo si descrive in quegli aspetti che sono propri del tutto nel suo insieme.

Ci possiamo chiedere allora: *da che cosa trae la sua origine questa insufficienza del riduzionismo nel metodo scientifico?*

Potremmo rispondere semplicemente, a buon senso: *dalla complessità del reale*. Questa è una risposta in qualche modo *filosofica*.

Ma lo scienziato in base a quali elementi, propri del suo metodo di lavoro può accorgersene, senza dover introdurre fattori che sono *esterni* al suo modo di guardare le cose?

Cercheremo di rispondere a questo quesito nei prossimi paragrafi.

— *Il riduzionismo epistemologico*

Una conseguenza della crisi del *riduzionismo metodologico* — cioè nel metodo delle scienze — è il *riduzionismo epistemologico* — cioè nella *teoria* delle scienze — che riguarda l'impossibilità di ridurre sistematicamente una scienza ad un caso particolare di un'altra.

Se non è più sostenibile la riducibilità del tutto alle sue parti costituenti, allora non è più sostenibile neanche la riducibilità della scienza, che ha per *oggetto proprio* quel *tutto*, alla scienza che ha per oggetto le sue *parti* separate. Viene così messa in questione la possibilità stessa di ridurre ogni scienza al modello della fisica o della matematica.

Ad esempio, un *tutto biologico* (organismo, cellula) è più delle sue parti chimiche (molecole) e queste a loro volta sono un tutto non riducibile alle sue parti fisiche (atomi, particelle). L'oggetto della biologia si rivela dotato di qualcosa di proprio che non può essere esaurientemente considerato come oggetto della chimica, della fisica, ecc. In questo modo ciascuna scienza appare irriducibile ad un'altra in quanto dotata di un punto di vista assolutamente proprio.

2.2.2. *La non linearità*

Dal *punto di vista della matematica* e, quindi, di tutte le scienze matematizzate, l'impossibilità di pensare il *tutto* sempre come equivalente ad una *somma di parti* si fonda sul fatto che la maggior parte delle equazioni che governano l'universo sono equazioni *non lineari*, e per queste equazioni la somma di due o più soluzioni non è una soluzione e, viceversa, una soluzione qualunque non è rappresentabile come somma di soluzioni più semplici. Dunque non è possibile, in generale, quando si

opera con sistemi non lineari, ricondurre lo studio di una soluzione allo studio di soluzioni più semplici e già note. D'altra parte la natura è descritta nella quasi totalità da sistemi non lineari, e la linearità rappresenta solo una grossolana approssimazione.

2.2.3. L'Autoreferenzialità

L'impiego del computer ha risollevato, per i matematici e i logici, una serie di problemi sopiti che sono divenuti improvvisamente attualissimi, come per esempio quelli legati all'autoreferenzialità. Con questo termine, nato nell'ambito della logica, ma ormai impiegato universalmente, si indicano quelle operazioni, o quelle strutture, in cui il tutto si replica in qualche modo nella parte. La ritroviamo, ad esempio:

– *Nell'informatica* - Il computer, infatti, anche nei programmi più elementari si trova ad impegnare assai spesso delle tecniche di *calcolo ricorrente*. Si tratta di un procedimento ciclico che ripete per un certo numero di volte una stessa operazione, impiegando ogni volta come dato di partenza il risultato del ciclo precedente.

– *Nella geometria* - I risultati di procedimenti di questo tipo, anche se si possono basare su calcoli elaborati, possono essere visualizzati in forma grafica sul video di una macchina e assumono in taluni casi forme anche esteticamente molto eleganti come accade nei frattali. La caratteristica principale di tali strutture, al di là del loro aspetto estetico, è il replicarsi all'infinito, a qualunque scala di ingrandimento, di forme geometriche simili. Ecco che la ricorrenza di certe leggi matematiche si viene a tradurre in quella che, in geometria, viene chiamata *autosimilarità*, cioè il riprodursi di forme simili al tutto in ciascuna parte, per quanto piccola, dello stesso oggetto. Abbiamo così delle strutture in cui il tutto si replica in ciascuna delle sue parti.

– *Nell'algebra delle collezioni* - Qualcosa di analogo si verifica nella teoria delle *collezioni* di oggetti (di qualsiasi natura essi siano), ove si considerino delle collezioni che includono se stesse, come ad esempio *la collezione di tutte le collezioni*, che per definizione deve contenere come elemento anche se stessa.

– *nell'elettronica* - Dove, infatti, si ha a che fare con circuiti con *feed-back* (o *retroazione*), cioè dotati di un sistema in cui il segnale in uscita viene rinviato all'ingresso per controllare alcune funzioni del circuito.

– *Nella logica delle proposizioni* - L'*autoreferenzialità* consiste nel fatto che un certo *sistema* logico contiene, al suo interno, degli enunciati sul sistema stesso. L'esempio più semplice è dato da una proposizione che *predica* qualcosa di se stessa, come ad esempio un enunciato del tipo: «Questa proposizione è vera».

È chiaro che l'autoreferenzialità può portare a contraddizioni, ma non sempre è non necessariamente questo avviene. Possiamo costruire un enunciato autoreferenziale contraddittorio quando il predicato *nega* la verità della proposizione stessa. Ad esempio: «Questa proposizione non è vera». Infatti se è *vero* che questa proposizione *non è vera* allora essa sarebbe vera e falsa al tempo stesso; e allo stesso modo se è *falso* che questa proposizione *non è vera*.

Analogamente nella teoria delle *collezioni* abbiamo una contraddizione quando imponiamo alla collezione di tutte le collezioni di *non* contenere se stessa. Ad esempio: «La collezione di tutte le collezioni che non contengono se stesse» è contraddittoria in quanto la definizione impone che essa si contenga e non si contenga

allo stesso tempo.

Ora proprio il fatto che l'autoreferenzialità trova notevole impiego nella tecnologia dei sistemi elettronici e informatici sembra costringere, ormai da un certo tempo, sia i logici che i matematici a non evitarla sistematicamente come fatto quasi regolarmente finora, ma a cercare di formulare una teoria che permetta di controllarne, per quanto possibile il comportamento e a definire le regole che la governano.

2.2.4. *Il Primo passo verso l'analogia: la diversificazione dei livelli*

Russell, per eliminare la contraddizione in radice, aveva proposto di classificare le collezioni in *insiemi* secondo dei *tipi* differenziati. Ad un primo livello (o *tipo*) appartengono gli insiemi costituiti da elementi semplici, che cioè non sono a loro volta collezioni. Ad un secondo livello si collocano gli insiemi i cui elementi sono solo insiemi del primo livello. Ad un terzo livello gli insiemi i cui elementi sono solo insiemi del secondo livello; e così via.

Si ottiene così una gerarchizzazione delle collezioni secondo insiemi di livelli ben definiti. In questo modo il termine *collezione*, o il termine *insieme* viene detto in modi differenziati a seconda che si parli di insieme del primo, del secondo o di un altro livello (*tipo*). Analogamente si possono classificare le proposizioni.

Ricapitolando possiamo dire che si è fatto un primo timido passo verso l'analogia, in forza di un'esigenza interna al sistema. E il primo passo consiste nell'introduzione di livelli, o *modi* differenziati in cui può dirsi uno stesso termine, e quindi può realizzarsi uno stesso oggetto, come nel nostro caso un *insieme*.

2.2.5. *Il secondo passo verso l'analogia: autoreferenzialità e autoriferimento*

Lasciamo per il momento la logica delle collezioni e passiamo alla considerazione di ciò che ci suggerisce la geometria dei frattali. Anche in questo caso si tratta di timidi accenni che ricordano in qualche modo l'analogia e che necessitano di un approfondimento e di una formalizzazione indipendente dal modello geometrico che ci offre la geometria frattale. I frattali, come dicevamo, hanno spesso la proprietà notevole di essere strutture *autosimilari*, cioè tali da replicarsi all'infinito nelle loro parti. In qualche modo possiamo dire che contengono se stessi, non però nel senso di una collezione che contiene se stessa *come elemento*, e neppure come un *sottoinsieme* (o *parte integrale*), quanto come una parte la cui forma geometrica è in certi casi *uguale* e in altri *somigliante* al tutto.

In taluni casi, come ad esempio nella curva di von Koch tale autosomiglianza è perfetta, così che non è possibile distinguere a quale scala di ingrandimento ci si torvi, perché la forma replicata è la stessa. In altri casi, come esempio nell'insieme di Mandelbrot, non si ha una vera e propria autosimilarità, ma un replicarsi all'infinito al proprio interno di copie *simili* e non perfettamente identiche al tutto. L'insieme di Mandelbrot

«contiene un numero infinito di minuscole copie di se stesso, e chi osservasse al microscopio una porzione della frontiera ne scorgerebbe

diverse; tuttavia tali copie sono immerse in una rete di filamenti che dipendono strettamente dalla porzione di frontiera che si osserva. Inoltre, date due copie di dimensioni comparabili, poste a una certa distanza l'una dall'altra, il rapporto distanza/dimensione sembra dipendere non solo dalla porzione di frontiera osservata, ma anche dall'ingrandimento».

A differenza di quanto accade per le collezioni e le proposizioni ciascuna delle parti di un frattale che replicano il tutto non è, comunque, individualmente coincidente con il tutto, ma pur essendo individualmente da esso distinta è ad esso *simile* nella *forma*.

Questo esempio geometrico, pur non offrendo che una rappresentazione grafica, una sorta di modello non formalizzato, ci consente di fare alcune considerazioni:

— La struttura geometrica è *simile* nel tutto e in ciascuna *parte*, anche se si attua in modi leggermente diversi in ciascuna di esse (per cui non si può parlare di una perfetta identità, ma di una somiglianza, come avviene nell'analogia dei termini);

— Ogni *parte* (*secondaria*) non è propriamente separabile dal *tutto*, ma sussiste sempre come parte dell'insieme *primario*, avendo con esso dei rami di raccordo; per cui il tutto è paragonabile ad una sorta di *analogato principale*, dal quale ogni parte è fisicamente dipendente;

— tra le parti e il tutto e tra le parti tra loro, si possono stabilire delle corrispondenze di rapporti come in un'analogia di proporzionalità.

Tutte queste considerazioni non sono certo soddisfacenti per il filosofo! Naturalmente non si può parlare ancora di analogia in un senso forte, in quanto le *parti* che stiamo considerando sono *parti integrali* di una curva ed hanno la stessa *natura* del tutto: si tratta, piuttosto, di quella che anticamente si chiamava *analogia di ineguaglianza*. Tuttavia questa diversificazione di livelli costituisce una sorta di indicazione a pensare scientificamente in termini più generali di quanto non si faccia abitualmente in uno schema strettamente univoco e questo costituisce un'apertura del tutto nuova.

2.2.6. Il terzo passo verso l'analogia

Il salto decisivo che ancora manca per arrivare all'analogia vera e propria è quello che consente di pensare ad *oggetti* — come direbbe lo scienziato — o ad *enti* — come direbbe il filosofo — che sono simili, ma non sono riducibili ad uno stesso *modo* di esistenza, in quanto sono di *diversa natura*.

Il passo da compiere per arrivare a caratterizzare diversi *modi di esistenza* è quello di non ridurre l'*esistenza* alla pura non *contraddittorietà logica*, come vorrebbe il *formalismo*. Questa *riduzione*, infatti rende univoca la nozione di esistenza, postulando che tutto ciò che non è contraddittorio, cioè tutto ciò che è pensabile, esiste ed esiste per il solo fatto di non essere contraddittorio e secondo l'unica modalità data dalla sua non contraddittorietà.

In linguaggio filosofico questa posizione significa l'identificazione di *essenza* ed

esistenza, propria dell'impostazione parmenidea e platonica. Questo tipo di approccio alla matematica ha però dimostrato, dall'interno, la sua insufficienza attraverso i teoremi di Gödel.

Il primo tentativo di contrapporsi al *formalismo* nell'ambito della matematica, operando una distinzione tra *essenza* ed *esistenza*, è rappresentato dal programma dell'*intuizionismo*. L'esistenza viene completamente slegata dall'essenza fino a non parteciparne in alcuna maniera. L'approccio intuizionista si spinge fino all'eccesso di negare, di fatto, il ruolo universale dell'essenza sbilanciandosi totalmente a favore dell'esistenza. Infatti l'intuizionismo attua la distinzione fra *essenza* ed *esistenza* negando il principio del terzo escluso: in questo modo le dimostrazioni per assurdo non sono sufficienti a dimostrare l'esistenza di un ente matematico, ma solo la sua non impossibilità logica, mentre l'esistenza va dimostrata con un metodo costruttivo finitistico. Esiste solo ciò che può essere costruito con un numero finito di operazioni: in altri termini esiste solo il *modello* particolare che si può costruire e, quindi l'universale non è attingibile e rimane un puro nome (*nominalismo*).

«Così appare evidente come nella matematica moderna si sia inserito uno iato fra *universalità* ed *esistenzialità* delle predicazioni. Tale iato dipende essenzialmente dal fatto che questi due approcci ai fondamenti della matematica, formalista ed intuizionista, esemplificano essenzialmente i due filoni *razionalista* ed *empirista* del pensiero occidentale. La posizione tomista risulta così essere la classica *via media* fra formalismo e intuizionismo e perciò essa si pone in qualche modo *dopo* di esse, anche se storicamente le precede. Infatti se la distinzione reale fra *essenza* ed *esistenza* sembrerebbe avvicinarla alla posizione intuizionista, il fatto che *essenza* ed *esistenza* siano poste in rapporto di *reciproca determinazione* garantisce della loro intrinseca relazione in questo avvicinandosi al nucleo della posizione razionalista. Allo stesso tempo, il fatto che questa relazione per ciascun ente matematico non sia data una volta per sempre in qualche Collezione Assoluta di enti-essenze già tutti definiti e quindi per questo *già esistenti in atto*, ma sia in qualche modo *in fieri* (non sia dunque un'identità assoluta fra *essenza* ed *esistenza*), garantisce della fondamentale differenza della posizione tomista rispetto al nucleo razionalista, parmenideo-platonico, del pensiero occidentale».

Ricerche in questa direzione sono ancora in uno stadio di elaborazione e di messa a punto e il lavoro da fare pare molto interessante.

2.2.7. Analogia e intelligenza artificiale

Un altro canale attraverso il quale l'analogia sta entrando all'interno delle scienze è quello dell'*intelligenza artificiale*, o meglio e più in generale, delle *scienze cognitive*, disciplina ben più ampia che non coinvolge solo i problemi inerenti l'apprendimento nelle macchine, ma più in generale la psicologia e il rapporto della mente umana con il corpo e il cervello in particolare.

Ciò che merita di essere sottolineato è il tentativo di superamento del dualismo cartesiano che vede la mente e il corpo come due *oggetti* separati in se stessi, da collegare tra loro in maniera del tutto estrinseca.

– *Da un lato* l'informatica ha costretto, di fatto, a correggere il tiro rispetto a questa visione dualistico-meccanicista, in quanto l'*informazione* che si introduce in una macchina, mediante il *software* e mediante le periferiche di ingresso che la mettono in rapporto con il mondo esterno, non è una *cosa* di natura paragonabile all'*hardware*, ma si colloca in esso ad un livello superiore. La stratificazione dei diversi livelli d'informazione permette di stabilire dei rapporti tra entità di livello diverso (che ricordano l'analogia di proporzione) e delle relazioni tra questi rapporti (che ricordano l'analogia di proporzionalità). Emerge in questo modo una struttura in qualche modo analoga dell'informazione.

– *Dall'altro lato* lo studio sperimentale del rapporto *mente-corpo* e del processo conoscitivo umano ha ormai convinto alcuni autori che la mente umana procede per *analogie* e non semplicemente per accumulo ed estrazione di cognizioni da una sorta di *data base*. Di conseguenza, nell'intento di cercare di imitare il comportamento della mente umana con un computer, si cerca di trovare il modo di riprodurre questa maniera di procedere secondo l'analogia e non semplicemente di immagazzinare molte informazioni specifiche sul problema che si vuol fare risolvere alla macchina, lasciando completamente scoperti altri settori, secondo un'ottica riduzionistica che isola la *parte* in oggetto da *tutto* il resto.

* Di A. Strumia. Il presente testo è una sintesi del saggio *Le scienze alla ricerca di una teoria dell'analogia e dell'astrazione*, apparso in F. Bertelè, A. Olmi, A. Salucci e A. Strumia, *Scienza, analogia, astrazione. Tommaso d'Aquino e le scienze della complessità*, Il Poligrafo, Padova 1999, pp. 17-64.

G. NICOLIS e I. PRIGOGINE, *La complessità. Esplorazioni nei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino 1991, pp.3, 5.

Commento al «De Trinitate» di Boezio, Lettura II, questione I, articolo 3, risposta alla sesta obiezione. Si noti come le scienze del terzo tipo corrispondano bene allo statuto della nostra fisica-matematica.

M. CINI, *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*, Feltrinelli, Milano 1994, p.130.

H.O. PEITGEN e P.H. RICHTER, *La bellezza dei frattali*, Boringhieri, Torino 1987, p.158.

G. BASTI e A.L. PERRONE, *Le radici forti del pensiero debole*, Il Poligrafo - Pontificia Università Lateranense, Padova 1996, pp.222-223.