Master in Comunicazione della Scienza della SISSA di Trieste

NEL SEGNO DELLA MATEMATICA

Aspetti e problemi linguistici nella comunicazione della matematica ai pubblici di non esperti

Tesi di Marta Salvador

Relatore: Daniele Gouthier

Trieste, febbraio 2004

“Qualunque cosa diciate [ai matematici], la traducono nella loro lingua e di un tratto vi accorgete che è completamente cambiata”.

(Wolfgang Goethe)

“Nessun matematico pensa per formule”.

(Albert Einstein)

INDICE

Obiettivi e sviluppo del lavoro

Comunicare matematica al pubblico dei non esperti implica alcuni problemi aggiuntivi rispetto alla comunicazione di altre discipline. Apparentemente si tratta di problemi legati al linguaggio, in particolare al formalismo simbolico in cui si esprime da secoli il sapere matematico.

Secondo un comune *topos* del comunicare scienza, la buona divulgazione riesce a evitare formule e simboli, oppure li utilizza in modo evocativo, col significato generico di 'difficile, complesso' (si pensi, a titolo di esempio, ad alcune sequenze del film premio Oscar *A beautiful mind*[1], in cui si vede la lavagna piena di formule: molte di esse, indipendentemente dal loro senso matematico proprio, servono soltanto a veicolare il messaggio della difficoltà del problema e della genialità del suo risolutore). Le formule creano una tendina di incomprensione tra il pubblico e chi le usa e portano il lettore/utente/spettatore ad abbandonare la sua attività.

È davvero così? Che cosa succede quando il simbolismo matematico si sposta dai luoghi tipici della comunicazione tra esperti agli spazi della comunicazione pubblica? Che meccanismi entrano in gioco, che cosa si perde e che cosa si acquista nel

[1] *A beautiful Mind,* film. Regia di Ron Howard, con Russell Crowe, Ed Harris, Jennifer Connelly, Christopher Plummer, Paul Bettany, Josh Lucas, Adam Goldberg, Judd Hirsch, Anthony Rapp e Vivien Cardone, sceneggiatura di Akiva Goldsman, fotografia di Roger Deakins, montaggio di Dan Hanley e Mike Hill; musica di James Horner, produzione USA Dreamworks e Universal Pictures con Imagine Entertainment. Consulente per Princeton Harold Kuhn; 2001.

passaggio? È possibile utilizzare in modo consapevole tali meccanismi per comunicare matematica al pubblico in modo efficace, o meglio gradevole e coinvolgente, per i lettori/fruitori?
A queste domande cerca di dare parziali risposte questo lavoro di tesi. L'obiettivo del lavoro è tentare di identificare alcune linee guida da utilizzare come punto di partenza per costruire un modello di riferimento per l'analisi dei problemi linguistici legati alla comunicazione della matematica, e più in generale delle scienze astratte.

La prima parte del lavoro traccia un sintetico panorama storico dell'evoluzione del simbolismo in matematica e definisce un quadro teorico di riferimento per il termine 'simbolo', che si basa, da una parte, sul pensiero linguistico-semiotico (in particolare alla visione di C.S.Peirce), e dall'altra sulla tradizione filosofica e sul senso comune.
Il primo capitolo, di natura storica, segue l'affermazione della notazione simbolica moderna, dalla nascita dei simboli/numeri come strumenti di calcolo e contabilità al simbolismo universale di Peano, passando per la foresta di simboli 'personalizzati' usati dai matematici in epoca premoderna.
Il secondo capitolo inquadra lo statuto dei simboli matematici in quanto segni, adottando alcuni modelli semiotici di indagine che si distaccano parzialmente dalla tradizione logico-matematica, e propone una embrionale e ipotetica classificazione di simboli significativi in base al tipo di rapporto che lega il segno al suo contenuto.

Il terzo capitolo, infine, offre una panoramica delle varie accezioni che il termine 'simbolo' ha assunto nella tradizione filosofica e nel pensiero comune e identifica nella nozione di 'modo simbolico' un tratto definitorio unificante, utile anche nella analisi operativa di alcune situazioni concrete di comunicazione pubblica della matematica (in particolare pubblicità, cinema e teatro).

Messo a fuoco il problema dal punto di vista teorico, il lavoro adotta un'ottica più operativa. L'obiettivo della seconda parte della tesi, infatti, è mettere alla prova, o meglio vedere all'opera, i principi ipotizzati nella prima parte in situazioni concrete di comunicazione pubblica della matematica.

Il confronto tra teoria e pratica, già accennato nel capitolo 3 con l'analisi di alcune inserzioni pubblicitarie, di sequenze significative del film *A beautiful mind* e di aspetti specifici della *piéce* teatrale *Copenaghen*, diventa l'oggetto centrale del quarto e ultimo capitolo, completamente dedicato all'analisi di un esempio operativo di efficace comunicazione pubblica della matematica.

Il caso individuato è un'opera letteraria per ragazzi, di argomento esplicitamente matematico, che ha ottenuto grande successo di pubblico, raccogliendo consensi anche tra gli adulti: *Il mago dei numeri* di Hans Magnus Enzensberger[2]. Il libro è stato scelto per vari motivi.

In primo luogo è uno dei pochi testi narrativi che parla esplicitamente di concetti matematici (i numeri e le loro proprietà), senza metterli in secondo piano per lasciare spazio, come è più consueto e più in linea con i *topoi* della divulgazione scientifica, alle vicende umane dei vari matematici che di quei concetti si sono occupati (si pensi, soltanto per citare un successo recente, a *Il* t*eorema del Pappagallo* di Denis Guedj). Il *Mago dei numeri* è quindi anche una delle poche opere di comunicazione pubblica della matematica a non avere paura dell'oggetto della nostra indagine, i simboli e più in generale il linguaggio formale che questa disciplina adotta.

Pur parlando di concetti matematici, il testo di Enzensberger utilizza comunque in modo sapiente espedienti narrativi, tecniche e stili propri del testo divulgativo e del genere racconto e consapevolmente gioca con l'apparente semplicità della narrazione per ragazzi, per costruire percorsi di lettura molteplici e strizzare l'occhio al lettore adulto, in particolare all'esperto di matematica. È questo il secondo motivo che ci ha spinti a sceglierlo come caso di analisi: pur restando un libro per ragazzi, non rimane vittima delle regole di genere, ma sa, come ogni buona opera letteraria a prescindere dal suo argomento, utilizzarle a proprio vantaggio e parlare a un pubblico ben più vasto ed eterogeneo di quello a cui è apparentemente destinata. Per fare un esempio, tra i meccanismi narrativi più citati dai critici e apprezzati dai lettori, l'idea di 'rinominare' la realtà, in questo caso le proprietà dei numeri – i numeri di Fibonacci diventano i numeri bonaccioni; i numeri primi si trasformano in numeri principi, elevare a potenza diventa saltellare e così via -, contribuendo alla creazione di un vero e proprio 'mondo possibile' (cfr. Eco, *Lector in fabula* e *I limiti dell'interpretazione*). Grazie a questo meccanismo il libro si sviluppa seguendo livelli di lettura diversi e appassiona anche il

[2] Hans Magnus Enzensberger, Il mago dei numeri, Einaudi, Torino 1997

lettore esperto, il quale, essendo in grado di mettere a confronto nomi reali e nomi inventati e cogliere assonanze e differenze, può giocare a smascherare la costruzione narrativa e apprezzare la creatività dell'autore. Un libro che parla di matematica senza evitare il suo linguaggio simbolico, dunque, e un libro che parla a un pubblico vasto ed eterogeneo, utilizzando con consapevolezza i meccanismi narrativi universalmente riconosciuti come utili per catturare l'attenzione di tale pubblico.

Tra gli espedienti letterari scelti da Enzensberger, la tesi esaminerà nel dettaglio quelli più strettamente legati alla 'traduzione narrativa' dell'astrattezza matematica e del suo linguaggio formalizzato. In questo modo, il caso reale offrirà lo spunto per ipotizzare alcuni meccanismi fondamentali di trasformazione del simbolismo matematico nel suo percorso dalla comunicazione tra esperti verso il dialogo con i pubblici di non esperti.

I meccanismi ipotizzati sono, in particolare, tre:

1. la creazione di un 'mondo possibile' narrativo/matematico dalle rilevanti funzioni didattiche e divulgative;
2. l'uso delle illustrazioni come sostituti percettivi del simbolo;
3. l'enfatizzazione della struttura sintattica del testo matematico attraverso la grafica.

L'analisi proposta vuole costituire un possibile punto di partenza per successive indagini empiriche, basate su *corpus* testuali più ampi e variegati, che consentano di controllare l'attendibilità delle ipotesi formulate anche in contesti comunicativi diversi e possano sondare la loro traducibilità nei diversi strumenti di comunicazione disponibili (libri, video, multimedia ecc.). In questo senso, un'estensione naturale del lavoro svolto potrebbe essere il suo confronto con i dati raccolti in modo empirico e sistematico dal team di lavoro su Scienza e Pubblicità, attivo all'interno del gruppo di ricerca 'ICS – Innovazioni nella Comunicazione della Scienza' di questa stessa scuola. Sulla base dei materiali messi a disposizione dal suddetto gruppo, è stata abbozzata, nel corso del terzo capitolo, una prima forma di analisi qualitativa delle inserzioni dotate di riferimenti all'ambito disciplinare della matematica, tuttavia sarà necessario attendere il completamento del lavoro di schedatura (ancora in fase iniziale) per trarre qualsiasi conclusione di valenza generale sull'argomento.

Capitolo 1

Nascita ed evoluzione dei simboli matematici

1.1 Ciottoli e numeri

Alla domanda 'Che cos'è la matematica?', la maggioranza dei non-esperti risponderà qualcosa di simile a: 'La matematica è lo studio dei numeri'. In effetti, anche se questa descrizione non risponde più al vero da oltre duemilacinquecento anni (cfr. Devlin[3]), la matematica nasce come 'scienza dei numeri'' strumento per contare e fare calcoli legati alle necessità quotidiane. Le prime idee di numero e di forma risalgono al Paleolitico, così come le primissime forme di documentazione a carattere numerico[4]: intaccature su bastoni, nodi di una corda, mucchietti di ciottoli o conchiglie.

Al concetto di 'numero' è legata anche la prima forma di notazione simbolica adottata in ambito matematico, che si fa risalire alle civiltà mesopotamiche.

Il primo sistema di numerazione scritta conosciuta risale al 3300-3250 a.C. e alla civiltà sumerica. I Sumeri, dotati di un'agricoltura organizzata che richiedeva strumenti e metodi per pianificare i raccolti e immagazzinare i cereali, utilizzavano da tempo manufatti di argilla (piccole sfere, dischi, cilindri) come 'gettoni' per tenere conto delle scorte, per barattare e pianificare. Gettoni di forma diversa rappresentavano, stando agli archeologi (cfr.

---

[3] Keith Devlin, *Il linguaggio della matematica. Rendere visibile l'invisibile*, Bollati Boringhieri, Torino 2002

[4] L'esempio più antico di uso di un bastoncino a tacche è l'osso di una zampa di lupacchiotto, risalente al paleolitico e rinvenuto a Vestonice, in Moravia. L'osso, lungo sette pollici, è intagliato con 55 profonde intaccature, di cui le prime 25 sono raggruppate a gruppi di cinque.

Schmandt-Besserat[5]), differenti tipi di oggetti contati: un disco circolare stava per un gregge, i cilindri per altri animali, i coni e le sfere per differenti misure di grano, e così via. I più antichi oggetti di questo tipo rinvenuti in Medio Oriente risalgono circa all'8000 a.C., mentre è documentato che verso il 6000 a.C. l'uso dei gettoni era pratica diffusa in tutta la regione. Quando, attorno al 3000 a.C., la struttura della civiltà sumerica si fece più complessa (con la crescita delle città, lo sviluppo di un governo e l'istituzione del tempio sumerico), si svilupparono anche nuovi tipi di gettoni, con impressi marchi e segni. In particolare, con la crescita della burocrazia statale nacquero alcuni metodi per immagazzinare i gettoni. I piccoli oggetti di argilla venivano infilati in pezzi di spago oppure raccolti all'interno di palle cave, mentre sull'esterno dei contenitori o su appositi frammenti di argilla l'incisione di alcuni segni teneva traccia del conto che essi rappresentavano. Questi metodi resero ben presto superflui i gettoni veri e propri: tutta l'informazione era infatti contenuta nei marchi esterni. Il risultato fu la nascita dei primi 'numerali' scritti, come rappresentazioni simbolica dell'ammontare di certe tipologie di prodotti (grano, pecore ecc.).

È interessante notare, come sottolinea Devlin, che il passaggio dai gettoni concreti racchiusi in una palla segnata, ai segni su una tavoletta, cioè ad una rappresentazione astratta vera e propria, non fu immediato. Per un certo periodo gli ormai inutili gettoni continuarono a circolare assieme ai segni impressi sui loro contenitori.

---

[5] Denise Schmandt-Besserat, *How writing came about,* University of Texas Press 1996

“Accettare le astrazioni non è semplice per gli essere umani; se possono scegliere in genere le persone preferiscono il concreto all’astratto” (op. cit. pag. 28); in effetti psicologi e antropologi assicurano che l’astrazione non fa parte delle nostre attitudini innate; al contrario è una capacità che impariamo nel corso del nostro sviluppo intellettuale, e spesso con grande difficoltà. Anche storicamente, il rilevante lasso di tempo che servì per passare dai gettoni concreti alla loro pura rappresentazione segnica è sintomo della difficoltà cognitiva del percorso verso la concettualizzazione numerica astratta.

La difficoltà di concepire oggetti astratti, quali sono gli oggetti matematici, accompagna ancora oggi i pubblici dei non-esperti e li porta a definire ‘arida’ la matematica. È questo sicuramente uno dei principali ostacoli con cui si scontra qualsiasi progetto di comunicazione pubblica della matematica, ed è necessario adottare precise strategie per aggirarlo o affrontarlo (analizzeremo tali meccanismi nel seguito del lavoro, in particolare nel capitolo 2 e nel capitolo 4).
Tuttavia, la storia delle origini del calcolo ci dimostra che gli oggetti matematici, a partire dai ‘semplici’ numeri, sono solo apparentemente lontani dalla realtà quotidiana e anzi, nella società della scienza e della tecnologia in cui viviamo, lo sono meno di altre astrazioni che fanno parte della nostra cultura. La maggior parte delle discipline, dal cinema alla pittura, dalla letteratura alla musica, si basano su argomenti astratti, che richiedono uno sforzo cognitivo a chi li affronta, non meno della matematica. Come sottolinea Piergiorgio Odifreddi nella sua rubrica *De Vulgari*

Matematica[6]*:* "non si può pretendere di sostenere con cognizione di causa che, tanto per fare degli esempi a caso, le opere di autori come Jean Luc Godard, Pablo Picasso, Arnold Schoenberg, James Joyce e Ludwing Wittgenstein o, per rimanere a casa nostra, Michelangelo Antonioni, Giorgio De Chirico, Luciano Berio, Carlo Emilio Gadda e Gianni Vattimo trattino di argomenti non astratti: questo non impedisce di vedere i nomi loro e dei loro colleghi di (av)ventura citati regolarmente sui media, e le loro opere fruite da un pubblico di non specialisti".

Sicuramente l'utilizzo aggiuntivo di modalità di rappresentazione simbolica, tipico, questo sì, solo della matematica, crea un ulteriore ostacolo cognitivo per chi si avvicini alla materia. Tuttavia è sbagliato pensare che l'evoluzione del pensiero matematico verso l'astrazione non sia stata storicamente accompagnata dalla trasformazione della sua notazione, dei suoi strumenti espressivi. Nei prossimi paragrafi mostreremo, infatti, come l'attuale linguaggio simbolico della matematica sia il frutto di un complesso processo di negoziazione tra sistemi linguistici concorrenti, tra i quali a lungo ha avuto un ruolo di primo piano proprio la lingua naturale.

1.2 Matematici greci

La matematica delle civiltà orientali (egizi e babilonesi in particolare, ma anche indiani e cinesi – cfr. Struik[7]) era costituita in gran parte da ricette, elenchi di istruzioni ("fai questo, fai

---

[6] Pergiorgio Odifreddi, De Vulgari Matematica, rubrica del sito Einaudi (www.einaudi.it)

[7] Dirk J. Struik, *Matematica: un profilo storico*, Universale Paperbacks il Mulino, Bologna 1981

quello" [8]) era una scienza pratica, influenzata dai problemi tecnologici e amministrativi per la cui soluzione era stata inventata.

La matematica diventa uno strumento di conoscenza astratta in Grecia. "Non è possibile dire con esattezza quando apparve per la prima volta la matematica astratta, ma dovendo scegliere un luogo e un momento, il più ragionevole sarebbe il VI secolo a.C. in Grecia, quando Talete di Mileto iniziò a indagare sulla geometria" (Devlin, op.cit.). Figura leggendaria più che personaggio storico realmente esistito, Talete, mercante che visitò Babilonia e l'Egitto nella prima metà del VI secolo, è in effetti tradizionalmente considerato il padre della matematica greca. Purtroppo non esistono fonti primarie a testimonianza diretta di questa fase ellenica del pensiero matematico, dobbiamo perciò affidarci a frammenti trasmessi da autori posteriori (soprattutto di età ellenistica) e a note sparse qua e là da filosofi e altri autori non strettamente matematici.

Sicuramente sia gli egizi sia i babilonesi avevano osservato alcune proprietà geometriche dei triangoli, delle piramidi e così via, tuttavia fino al VI sec. non ci fu alcun tentativo di considerare quelle idee geometriche *di per se stesse* come possibile oggetto di indagine sistematica. Nell'Atene dell'età aurea della civiltà greca, filosofi e sofisti cominciarono ad affrontare problemi di natura

[8] "Vi dicono: un tronco di piramide è 6 cubiti di altezza verticale per 4 cubiti sulla base per 2 cubiti alla sommità. Devi quadrare questo 4, risultato 16. Devi raddoppiare 4, risultato 8. Devi quadrare2, risultato 4. Devi sommare il 16,l'8 e il 4, risultato 28. Devi prendere un terzo di 6, risultato 2. Devi moltiplicare 28 per 2, risultato 56. Vedi, viene 56. Vedrai che è giusto." (istruzioni per calcolare il volume di un tronco di piramide quadrata, dal cosiddetto *papiro di Mosca*, documento egizio del 1850 a.C. circa, uno dei due papiri di argomento matematico, assieme al *papiro di Rhind*, da cui traiamo la maggior parte delle nostre conoscenze sulla matematica egizia).

matematica con lo spirito della comprensione anziché con quello dell'utile. Si trattò di un salto concettuale di fondamentale importanza: il passaggio dall'adozione di una rappresentazione simbolica di un ammontare di grano alla comprensione esplicita del concetto di numero, o di forma geometrica, come 'oggetto astratto'.

"Avere un certo sistema di numerazione scritta, e usare quel sistema per contare, come i sumeri, è una cosa; riconoscere il concetto di numero e indagare le proprietà dei numeri (cioè sviluppare una *scienza* dei numeri) è tutta un'altra" (Devlin, op.cit. pag.33).

Le strutture astratte di interesse principale per i matematici greci erano geometriche: forme, angoli, lunghezze e aree. Il concetto stesso di numero era per i greci essenzialmente basato sulla geometria. I numeri cioè rappresentavano misurazioni di lunghezza o di area, oppure esprimevano il confronto di un angolo con un altro, o di una lunghezza con un'altra.

Queste entità astratte erano oggetto di indagini intellettuali, di speculazioni 'filosofiche', mirate a isolarne specifiche proprietà e a identificare alcune strutture di fondo comuni. Le proprietà venivano illustrate attraverso la dimostrazione, uno schema argomentativo, espresso, nella maggior parte dei casi, attraverso il linguaggio naturale, solo raramente inframmezzato con notazioni simboliche e talvolta con diagrammi. I greci scoprirono varie identità algebriche, ma pensarono anche quest'ultime in termini geometrici e le espressero utilizzando il linguaggio naturale, sotto forma di osservazioni sull'addizione e sulla sottrazione di aree.

L'uso dell'argomentazione 'a parole' e non attraverso simboli si affermò in modo netto in età ellenistica.

Gli *Elementi* di Euclide, opera monumentale in tredici volumi, scritta attorno al 330 a.C., mentre l'autore lavorava alla biblioteca di Alessandria, rappresentano anche sotto il profilo delle scelte linguistiche, una tappa fondamentale del cammino evolutivo della matematica greca. In Euclide il ragionamento algebrico è tutto rivestito in forma geometrica. Da allora in poi, la maggior parte dei matematici antichi, soprattutto in geometria, non si esprime usando simboli, ma argomenta a parole i propri teoremi accompagnandosi con l'uso di diagrammi. La maggior parte dei testi matematici dell'Ellenismo è infatti caratterizzati da un complicato modo geometrico di esprimersi e dal rifiuto della notazione algebrica[9].

Tuttavia i matematici alessandrini lasciarono spazio anche a un'aritmetica computazionale e a un'algebra. Lo dimostra l'opera di Diofanto. Nella sua *Aritmetica* (ca 250 d.C.) troviamo il primo uso sistematico di simboli algebrici: c'è un segno speciale per l'incognita, uno per il menoecc. Si tratta però più di abbreviazioni che di simboli veri e propri (Struik parla di 'algebra retorica', Cajori di 'algebra sincopata'), dal momento che per ogni potenza dell'incognita esiste un simbolo particolare.

1.3 A ognuno il suo simbolo

Anche nella maggior parte degli scritti matematici pre-moderni, le espressioni simboliche sono rare, vengono integrate nel testo

[9] Florian Cajori, *A History of Mathematical Notations*,The Open court publishing company, Chicago 1928-29.

verbale e sono pensate per una lettura ‘a parole’, come parti di una frase completa in linguaggio naturale.

Ogni matematico sceglie o elabora in modo originale le notazioni che preferisce. I simboli utilizzati spesso nascono per abbreviazione di parole o frasi in latino, in greco o in altre lingue europee.

La naturale conseguenza di questo processo è una proliferazione di simboli diversi, sulla cui interpretazione si sono confrontati numerosi storici della matematica. Il ponderoso *A History of Mathematichal Notations* di Florian Cajori tiene traccia di ben cinquantadue sistemi notazionali diversi, ciascuno attribuito a un autore specifico vissuto tra il III e il XVIII sec. d.C.

Sono membri del gruppo, solo per fare qualche esempio, Johannes Mueller di Konisberg, detto Regiomontano, principale figura di matematico del XV secolo, e Luca Pacioli, il cui *Summa de Aritmetica*, in volgare, fu uno dei primi libri di matematica pubblicati a stampa. Le loro argomentazioni erano principalmente espresse a parole, come si può vedere nelle figura 1 e nella figura 2.

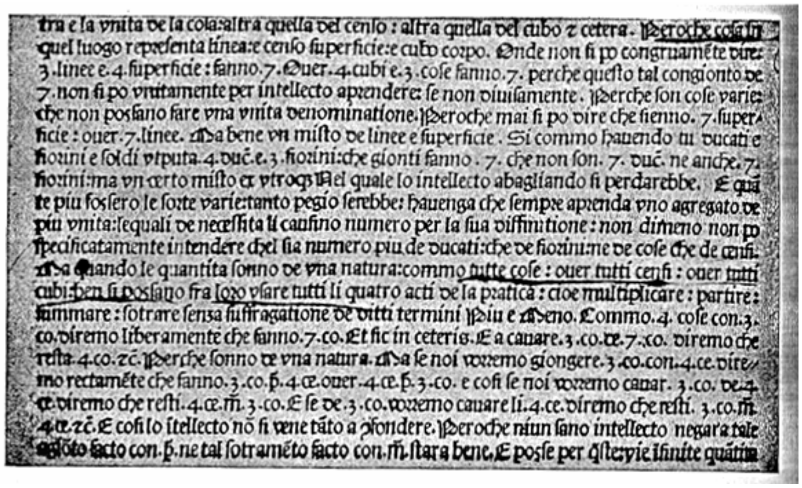
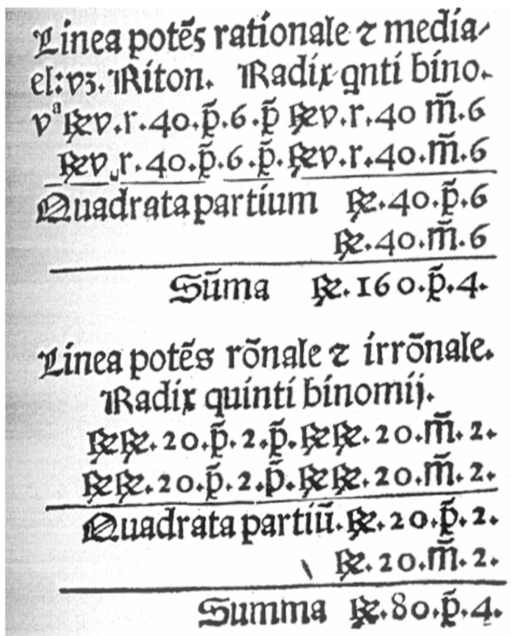

tra e la vnita de la cosa: altra quella del censo: altra quella del cubo ꝛ cetera. Peroche cosa in
quel luogo representa linea: e censo superficie: e cubo corpo. Onde non si po congruamẽte dire:
3. linee e. 4. superficie: fanno. 7. Ouer. 4. cubi e. 3. cose fanno. 7. perche questo tal congionto de
7. non si po vnitamente per intellecto aprendere: se non diuisamente. Perche son cose varie:
che non possano fare vna vnita denominatione. Peroche mai si po dire che sienno. 7. super-
ficie: ouer. 7. linee. Ma bene vn misto de linee e superficie. Si commo hauendo tu ducati e
fiorini e soldi dputa. 4. duc. e. 3. fiorini: che gionti fanno. 7. che non son. 7. duc. ne anche. 7.
fiorini: ma vn certo misto ex vtroqз Nel quale lo intellecto abagliando si perdarebbe. E quã
te piu fossero le sorte varie: tanto pegio serebbe: hauenga che sempre aprenda vno agregato de
piu vnita: lequali de necessita li caufino numero per la sua diffinitione: non dimeno non po
specificatamente intendere chel sia numero piu de ducati: che de fiorini: ne de cose che de censi.
Ma quando le quantita sonno de vna natura: commo tutte cose: ouer tutti censi: ouer tutti
cubi: ben si possano fra loro vsare tutti li quatro acti de la pratica: cioe multiplicare: partire:
summare: sotrare sensa suffragatione de ditti termini Piu e Meno. Commo. 4. cose con. 3.
co. diremo liberamente che fanno. 7. co. Et sic in ceteris. E a cauare. 3. co. de. 7. co. diremo che
resta. 4. co. ꝛc. Perche sonno de vna natura. Ma se noi vorremo giongere. 3. co. con. 4. ce. dire-
mo rectamẽte che fanno. 3. co. p̃. 4. ce. ouer. 4. ce. p̃. 3. co. e cosi se noi vorremo cauar. 3. co. de. 4.
ce. diremo che resti. 4. ce. m̃. 3. co. E se de. 3. co. vorremo cauare li. 4. ce. diremo che resti. 3. co. m̃.
4. ce. ꝛc. E cosi lo itellecto nõ si vene tãto a cõfondere. Peroche niun sano intellecto negara tale
agionto facto con. p̃. ne tal sotramẽto facto con. m̃. stara bene. E posse per q̃ste vie infinite quãtita

Figura 1: frammento di pagina dalla *Summa* di Luca Pacioli (1523)


Linea potẽs rationale ꝛ media-
el: vz. Riton. Radix q̃nti bino-
vᵃ ℞v.r.40.p̃.6.p̃ ℞v.r.40 m̃.6
℞v.r.40.p̃.6.p̃.℞v.r.40.m̃.6
Quadrata partium ℞.40.p̃.6
℞.40.m̃.6
Sũma ℞.160.p̃.4.

Linea potẽs rõnale ꝛ irrõnale.
Radix quinti binomij.
℞℞.20.p̃.2.p̃.℞℞.20.m̃.2.
℞℞.20.p̃.2.p̃.℞℞.20.m̃.2.
Quadrata partiũ.℞.20.p̃.2.
℞.20.m̃.2.
Summa ℞.80.p̃.4.

Figura 2: nota a margine del foglio 123B della *Summa* di Luca Pacioli (1523)

Utilizzavano invece una notazione piuttosto complicata, che variava da autore ad autore, gli algebristi del XVI secolo, i ‘cosisti’, cosiddetti dalla parola ‘cosa’ per l’incognita. Ma anche

Copernico, Viete, Hume, Barrow e Descartes si esprimevano con un sistema simbolico proprio e diverso da quello degli altri.
John Wallis, matematico inglese della seconda metà del Seicento, scrive in merito ai cambiamenti nella notazione algebrica susseguitisi nel corso della sua vita: “It is true, that as in other things so in mathematics, fashions will daily alter, and that which Mr. Oughtread designed by great letters may be now by others be designed by small; but a mathematician will, with the same ease and advantage, understand *Ac*, and a^3 and *aaa*”.
Di fatto uno studente di matematica di fine Seicento, che volesse essere in grado di leggere le pubblicazioni del momento avrebbe dovuto conoscere almeno venticinque varietà diverse di simboli solamente per il calcolo dei radicali.

Queste considerazioni dimostrano come sia estremamente erronea la percezione, che pure tutti i neofiti (e forse anche qualche esperto) tendono ad avere, dell’immutabilità del linguaggio simbolico della matematica, strumento di certezza con la tendenza a rimanere invariato nel tempo, come le verità che esprime. La storia, al contrario, ci dimostra che anche la notazione matematica, come tutte le forme linguistiche ‘vive’, ha subito nel tempo trasformazioni e cambiamenti. In tale processo evolutivo la convivenza tra sistemi espressivi diversi, spesso con un minimo grado di intersoggettività (cioè di condivisione tra individui differenti), ha rappresentato la norma fino a tempi relativamente recenti.

1.4 Leibniz e la *lingua characteristica universalis*

A partire dal XVII secolo prese vigore, tra filosofi e intellettuali, il progetto di istituzione di una lingua universale, o lingua perfetta, cioè un sistema di segni capace di esprimere, in modo univoco e universalmente intelleggibile, la conoscenza umana. L'obiettivo di questi progetti, che trovarono una folta schiera di seguaci[10], era abbattere le barriere linguistiche che separano i popoli di diversa cultura, e sfatare così la maledizione biblica della torre di Babele.

Tra i progetti di lingua perfetta che influenzarono maggiormente il linguaggio matematico, è da segnalare la *lingua characteristica universalis* di Leibniz. L'influente pensatore tedesco, padre, assieme a Newton, del calcolo differenziale e integrale, fu uno dei maggiori inventori di simboli matematici e a lui si devono alcune delle più significative innovazioni nella notazione matematica.

Leibniz voleva arrivare a una scrittura universale, semplice da apprendere e da ricordare, basata su un fondamento logico, cioè su un'analisi completa dei concetti e sulla loro riduzione a dei termini primitivi, i quali dovevano essere rappresentati con segni naturali e appropriati, da una specie cioè di alfabeto del tutto caratteristico.

"Le lingue ordinarie, sebbene siano assai utili al ragionamento, sono tuttavia soggette a innumerevoli equivoci e non possono sostituire il calcolo, in modo cioè che gli errori di ragionamento possano essere scoperti dalla stessa formazione e costruzione delle parole, come se si trattasse di solecismi e barbarismi"[11].

---

[10] Per una rassegna articolata dei progetti di lingua universale, si veda Eco, *La ricerca della lingua perfetta nella cultura europea*, Laterza Roma-Bari 1993.

[11] G.W. Leibniz, *Elementi della caratteristica universale* (*Elementa Characteristicae Universalis*)

Il modello leibiniziano di lingua universale era basato sul calcolo, l'idea del filosofo era trovare dei segni che avessero una corrispondenza reale non con le cose e con i concetti, ma con il calcolo in sé, ovvero con quello che per lui era il metodo per mettere in luce le relazioni esistenti tra cose e concetti.
Tuttavia la scelta dei segni da utilizzare non fu facile e Leibniz non seppe risolvere il problema della loro natura: proprio perché dovevano essere di ausilio nel calcolo, i segni non potevano essere scelti arbitrariamente, non potevano avere cioè natura puramente convenzionale, ma neppure potevano essere puramente ideografici, perché rappresentando un metodo e non oggetti e concetti, difficilmente avrebbero potuto essere legati al proprio significato da vincoli di analogia. "Tanto più utili sono i segni quanto maggiormente esprimono la nozione della cosa denotata, in maniera che possano servire non solo alla rappresentazione, ma anche al ragionamento. Nulla di ciò offrono i caratteri dei chimici e degli astronomi [segni considerati puramente convenzionali - Ndr]. E non ritengo che le figure dei Cinesi e degli Egiziani [segni ideografici - Ndr] possano giovare molto a trovare delle verità" (op.cit.).

Il conflitto tra analogia e convenzione nella definizione della natura dei segni di tipo simbolico, siano essi generici o matematici, è un tema che ricorre nell'analisi linguistico-semiotica. Pensatori diversi in periodi diversi hanno dato al termine 'simbolo' ora il significato di segno convenzionale, dal senso univocamente e intersoggettivamente definito, ora quello di entità espressiva legata al suo contenuto per tratti di somiglianza dal richiamo intuitivo (vedi capitolo 2).

Nel corso del lavoro cercheremo di dimostrare come queste due direttrici di pensiero possano entrambe dimostrarsi utili per la comprensione dei meccanismi linguistici tipici della matematica e come possano convivere in un modello fondato sull'uso del segno più che sulla sua natura intrinseca.

1.5 Il formalismo simbolico di Peano

Dopo il XVII secolo i progetti di lingua universale furono in gran parte abbandonati. All'interno dei vari ambiti disciplinari, matematica compresa, scomparve l'idea di raggiungere una notazione linguistica unitaria e univoca.

Fino a tutto l'Ottocento non esisteva, infatti, ancora alcun universalismo nella notazione simbolica in matematica.

L'unitarietà del *corpus mathematicus*, anche in termini di linguaggio, divenne un obiettivo solo con l'inizio del XX secolo, con il congresso di Parigi e con il lavoro del matematico torinese Giuseppe Peano.

Peano propose un programma di universalizzazione del sapere matematico che avrebbe dovuto coinvolgere tutte le direzioni della comunicazione, sia quella orizzontale (tra matematici) sia quella verticale (verso il pubblico).

Nell'ambito del suo ambizioso programma, Peano progettò la creazione di due lingue artificiali:

- una **lingua internazionale ausiliaria**, il *latino sine flexione,* cioè una forma semplificata di latino da adoperare come strumento di comunicazione fra popoli di nazionalità diversa;

- una **lingua simbolica** destinata alla formulazione scritta, o per usare un termine di Peano, alla 'traduzione' di definizioni, teoremi e dimostrazioni matematiche in formule non ambigue.

L'unica parte del programma che ha avuto successo ed è rimasta nel tempo è il suo simbolismo formale, pensato, sul modello delle *characteristicae* seicentesche, come strumento per superare i limiti delle lingue storico-naturali applicate al procedimento scientifico.

Nonostante la lingua della matematica sia già altamente formalizzata, Peano la giudica, infatti, inadeguata ai fini della scienza, poiché in essa ritrova alcune imperfezioni delle lingue storico-naturali, le quali possono essere fonte di errori e di ambiguità. Pertanto, richiamandosi a Leibniz, costruisce un sistema di notazione che applica prima a parti più elementari, e poi sempre più estese, del sapere matematico, e che gli consente di riscrivere la maggior parte delle proposizioni della matematica in formule. Caratteristica di questa lingua è l'assenza di ogni elemento verbale, poiché l'espressione ideografica è estesa all'intero linguaggio utilizzato.

Adottato prima da Russell, poi da tutta la comunità matematica, il simbolismo di Peano ha permesso a matematici di tempi e luoghi diversi di comprendersi, anche se non ha completamente soppiantato l'utilizzo delle lingue storico-naturali, ancora considerate come lo strumento privilegiato per la spiegazione del simbolismo utilizzato.

Dal punto di vista della comunicazione verso i pubblici di non esperti l'adozione di una notazione simbolica estesa e universale, ha enfatizzato, tuttavia, l'astrattezza del linguaggio matematico agli occhi del neofita, contribuendo ad aumentare la distanza tra l'esperto, in grado di leggere simboli e formule, e l'estraneo alla disciplina. La notazione astratta, generica e universale accresce l'alone di mistero e crea nella mente del profano l'idea di un sapere perfetto, immutabile, privo di errori grazie alla precisione e univocità del suo linguaggio esoterico.

Eppure, come sottolinea Sheila Tobias[12], "anche se si ritiene che la matematica abbia un linguaggio più preciso di quello dell'uso quotidiano (ecco perché usa i simboli), i suoi termini non sono mai completamente liberi dalle connotazioni che noi diamo alle parole, e questi sedimenti di significato possono essere d'intralcio. La stessa ambiguità ricorre a proposito dei simboli. […] Tra l'altro anche se il linguaggio matematico è univoco, non esiste modo di accedervi se non attraverso la lingua parlata, le cui parole sono cariche di contenuti e associazioni" (pag. 50). Secondo Tobias, che propone un'analisi psico-sociologica dell'ansia da matematica di cui soffrono milioni di persone, è possibile che le differenze tra il linguaggio comune e quello matematico non siano eliminabili, tuttavia possono essere esplicitate e rese evidenti agli occhi di chi è altrimenti costretto, erroneamente, a considerarsi l'unico colpevole della sua confusione.

Nel corso dei prossimi capitoli cercheremo di esplicitare queste differenze, mostrando alcuni casi concreti di ambiguità generate dall'utilizzo di termini matematici al di fuori del loro originario contesto di riferimento.
Qui riportiamo solo un caso significativo di ambiguità citato da Tobias e relativo all'apprendimento dell'aritmetica da parte dei bambini. Quando l'insegnante dice loro che non possono sottrarre 8 da 5, i bambini prendono questa indicazione alla lettera. In seguito, però, con l'introduzione dei numeri negativi, ci si aspetta da loro che facciano esattamente questo tipo calcolo, ottenendo come risultato -3. Una volta che hanno imparato ad associare il segno meno con la sottrazione, è necessaria una lezione apposita per disimparare il vecchio significato di 'meno' o, come direbbe un matematico, per imparare il suo significato quando viene applicato a un altro genere di numeri. "Un'intelligenza che resta perplessa di fronte all'ambiguità – effettiva o sentita come tale non ha importanza – di solito è considerata un'intelligenza forte, non debole. Questo punto è importante, perché i matematici sostengono invece che ad essere impreciso è sempre l'allievo, non la materia o il modo di insegnarla" (pagg. 52-53). Oppure il linguaggio o il modo di usarlo.

1.6 Retori *vs* simbolisti: storia di un conflitto

La sintetica rassegna storica presentata in questo capitolo dimostra come l'uso dei simboli in matematica, e ancora di più la scelta di un sistema di notazione universalmente intelligibile, sia un'acquisizione molto recente rispetto alla storia della disciplina e

---

[12] Sheila Tobias, *Come vincere la paura della matematica*, Milano Longanesi 1994

non sia mai riuscito a soppiantare l'utilizzo del linguaggio ordinario per l'argomentazione e la spiegazione del ragionamento associato a teoremi e dimostrazioni.

Questa conclusione può apparire abbastanza sorprendente per il neofita, abituato ad associare l'espressione simbolica, la formula, a certezze matematiche immutabili almeno quanto immutabile e univoca pare la loro rappresentazione segnica.

In realtà la notazione simbolica che oggi siamo abituati ad associare alla matematica è il frutto di un lungo e complesso processo di negoziazione tra sistemi espressivi concorrenti e la stessa idea di utilizzare una notazione specifica, diversa dal linguaggio comune, è stata al centro di un acceso dibattito tra i matematici nel corso della storia.

La disputa vedeva opposte due fazioni, che Cajori chiama dei 'retori' e dei 'simbolisti'. I primi sostenevano l'inutilità dell'uso dei simboli e basavano le loro argomentazioni, per esempio in geometria, solamente sul linguaggio verbale. I secondi invece insistevano nell'uso di ideogrammi e pittogrammi di varia natura, fino ad escludere quasi completamente la scrittura ordinaria. Il confronto tra le due posizioni, iniziato in epoca greca, è continuato fino al secolo scorso, con illustri pensatori schierati ora dall'una ora dall'altra parte. L'apparente vittoria della notazione simbolica non ha eliminato l'uso del linguaggio naturale nelle argomentazioni e dimostrazioni, come neppure ha ridotto il ricorso ad esso nelle fasi più creative dell'attività matematica, quando è necessario comunicare concetti nuovi (torneremo su questo aspetto nel capitolo 3, esaminando il pensiero di Peirce).

La ricostruzione storica di questo conflitto, che abbiamo brevemente sintetizzato nel corso di questo capitolo, è utile per mettere in prospettiva l'analisi delle caratteristiche proprie del linguaggio della matematica e tale contestualizzazione a sua volta può aiutare chi si rivolge ai pubblici di non esperti per aiutarli ad sdrammatizzare l'ostacolo derivante dal linguaggio simbolico. Se è vero che "la migliore terapia per i blocchi emotivi in matematica è capire che la specie umana ha impiegato secoli o addirittura millenni per orientarsi attraverso la nebbia delle difficoltà e dei paradossi che ora i nostri insegnanti ci invitano a risolvere in pochi minuti" (Tobias), allora per chi è spaventato dal linguaggio simbolico della matematica può essere altrettanto importante sapere che si tratta di uno strumento di conoscenza in evoluzione, parte integrante della cultura storica di ogni periodo e come tale soggetto a mutamenti e variazioni nel tempo.

1.7 Matematica senza formule?

Senza mettere in dubbio l'indiscussa importanza del simbolismo formale ai fini dell'avanzamento della conoscenza matematica, è interessante, rispetto agli obiettivi di questo lavoro, riportare alcune delle argomentazioni presentate nel corso della storia da illustri quanto ferventi oppositori della notazione simbolica. Le loro parole riassumono infatti efficacemente osservazioni molto comuni tra i neofiti e tra chi, per usare un'espressione di Enzensberger (mutuata forse dall'opera di Tobias), 'ha paura della matematica', e forse ancor di più del suo linguaggio.

Scriveva il filosofo Thomas Hobbes a cavallo del 1650, facendo riferimento alla traduzione del decimo libro degli *Elementi* di

Euclide in un linguaggio altamente ideografico, ad opera del suo contemporaneo William Oughtread: "Symbols are poor unhandsome, though necessary scaffolds of demonstration. Although they shorten the writing, yet they do not make the reader understand it sooner than if it were written in words. There is a double labour of the mind, one to reduce your symbols to words, which are also symbols, another to attend to the ideas which they signify"[13]

Con argomenti simili, nel 1713, John Kelly, matematico di Oxford criticava la versione degli *Elementi* euclidei, ricca di dimostrazioni simboliche più che verbali, di Isaac Barrow: "Barrow's demonstrations are so very short, and are involved in so many notes and symbols, that they are rendered obscure and difficult to one not versed in geometry. There, many propositions, which appear conspicuous in reading Euclid himself, are made knotty, and scarcely intelligible to learners…The *Elements* of all sciences ought to be handled after the most simple method, and not to be involved in symbols, notes and obscure principles, taken elsewhere".

Non crediamo, in realtà, che l'eliminazione di ogni simbolismo sia necessaria nella comunicazione pubblica della matematica. In tutti i casi, e come condizione per la loro possibilità, infatti, la matematica implica creazione di mondi tra loro interconnessi, sviluppati attraverso segni specialistici. Tali segni e simboli sono parte fondante della matematica intesa come pratica culturale,

[13] William Moleswoth, *The English Works of Thomas Hobbes*, London 1845, Vol.VI pag. 316

anche se, come abbiamo visto, la loro adozione e lo sviluppo del loro utilizzo non ha subito un percorso lineare e coerente nel corso della storia.

Se è vero, come sostiene Devlin che "la lamentela che la matematica sarebbe così tanto più facile se solo non ci fossero tutte quelle notazioni astratte, è un po' come dire che Shakespeare sarebbe molto più facile da capire se avesse scritto in un linguaggio più semplice", allora l'importante non è bandire le formule nella comunicazione con il pubblico, ma indagare e contestualizzare la natura del linguaggio formale della matematica, da un punto di vista prettamente linguistico e semiotico.

È quello che intendiamo fare nei prossimi due capitoli, il primo rivolto ad indagare in prospettiva semiotica la natura del simbolo matematico in senso proprio, nella sua realtà di segno; il secondo dedicato, invece, all'approfondimento dei diversi significati che la parola 'simbolo' assume nella tradizione filosofica e nel linguaggio comune.

Siamo, infatti, certi (ed è l'ipotesi forte di questa tesi) che grazie alla contestualizzazione storica e allo studio di alcune precise caratteristiche semiotiche del simbolo, sia possibile identificare alcuni meccanismi di 'buona prassi' utili per riavvicinare il linguaggio degli esperti e quello dei pubblici non-esperti.

Capitolo 2
Il simbolo in quanto segno

2.1 Il simbolo nella tradizione matematica e logica

Nella tradizione matematica e logica, il termine ‘simbolo’ è stato generalmente associato a espressioni legate al loro contenuto da un rapporto convenzionale e arbitrario. Questa visione, la cui affermazione e diffusione si deve in gran parte ai pensatori del cosiddetto Circolo di Vienna, primo fra tutti il Wittgenstein del *Tractatus logico-filosoficus*[14], identifica nel linguaggio matematico lo specchio di una lingua perfettamente denotativa, priva di ambiguità semantiche e quindi completamente controllabile nella trasparenza del rapporto realtà-pensiero-linguaggio.

Obiettivo di questo capitolo è approfondire l’analisi delle teorie che si sono occupate della natura del simbolo matematico dal punto di vista linguistico e semiotico, dedicando particolare attenzione ad alcune posizioni di pensiero che si sono parzialmente discostate da questa visione prevalente e hanno cercato di inserire l’analisi della notazione matematica all’interno di un quadro di riferimento comune che potesse metterla a diretto confronto con altre forme linguistiche e con altri sistemi di significazione, in particolare con le lingue naturali. Con la cornice di discorso delle lingue naturali deve infatti necessariamente fare i conti qualsiasi forma di comunicazione pubblica della matematica.

---

[14] L. Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, Einaudi, Torino, 1995 (prima edizione 1961)

Benché sia una delle più significative realizzazioni segniche umane, la notazione simbolica matematica è spesso citata ma ancora poco studiata da questo punto di vista. Il tema della natura dei concetti matematici nel rapporto con il linguaggio che li esprime è un argomento centrale per i maggiori pensatori della tradizione analitica moderna (oltre a Wittgenstein, vanno sicuramente citati Frege, Russell e Hilbert, per esempio), eppure pochi autori hanno finora esplicitamente affrontato la questione della natura del simbolo matematico in quanto segno, ovvero in quanto strumento di comunicazione in confronto diretto e continuo con altri sistemi di significazione.

Tra i pensatori che hanno elaborato una posizione significativa in merito a questi argomenti, sviluppando modelli e argomentazioni originali rispetto alla visione del *Tractatus* c'è, ad esempio, Charles Sanders Peirce, considerato uno dei padri fondatori della disciplina semiotica, filosofo della scienza, oltre che matematico di discreta importanza. I suoi scritti[15] rappresentano uno dei principali riferimenti per questa parte del lavoro.

2.2 La semiotica interpretativa di Peirce

La semiotica di Peirce è parte integrante della sua teoria della conoscenza: Peirce arriva allo studio dei processi di significazione attraverso la riflessione filosofica sui fondamenti del conoscere.

[15] Peirce (1893-1914) scrisse numerosi saggi e articoli su riviste, ma nessun libro. Dopo la sua morte, i suoi scritti sono stati pubblicati in una collezione di otto volumi, sotto il titolo *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. La prima traduzione italiana organica e completa è stata pubblicata per i tipi di Einaudi nel 1980 (Massimo Bonfantini, Letizia Grassi, Roberto Grazia, a cura di, *Ch.S. Peirce, Semiotica*, Torino, Einaudi, 1980).

La sua concezione della gnoseologia è completamente nuova rispetto alla tradizione, sia razionalista sia empirista, perché si basa sull'idea di una conoscenza sempre, necessariamente, intrinsecamente, interpretativa e ipotetica.

È interessante notare che la formazione di Peirce, pur molto eterogenea, è prevalentemente scientifica e la sua gnoseologia è di fatto una precisa filosofia della scienza, che scaturisce dall'esame stesso della procedura scientifica.
Figlio di Benjamin Peirce, illustre matematico del tempo professore di matematica e astronomia alla Harvard University, Peirce iniziò precocemente, indirizzato dal padre, lo studio della matematica, della fisica e della chimica: a dodici anni si muoveva con sicurezza nel suo laboratorio. A Harvard seguì le lezioni paterne, specializzandosi poi in chimica *summa cum laude*. Lavorò per molti anni per la Coast and Geodetic Survey, un istituto geografico governativo, tenendo nel contempo ad Harvard corsi di filosofia della scienza e di logica e occupandosi attivamente di ricerca in campo fisico e astronomico. In ambito scientifico è ricordato per i suoi studi sulla logica delle relazioni, mentre in campo filosofico è considerato il fondatore del pragmatismo di scuola americana.

L'*imprinting* scientifico e sperimentale acquisito in giovinezza rende facilmente comprensibile come l'idea di conoscenza si fondi per Peirce fondamentalmente sul concetto di 'conoscenza scientifica', punto di partenza di ogni riflessione sul linguaggio e intesa come processo continuo di approssimazione ipotetica:

"[…] avendo acquisito le loro nozioni scientifiche dalla lettura e non dalla ricerca, hanno l'idea che scienza significhi conoscenza, mentre la verità è che la scienza è un nome sbagliato applicato a quella specie di caccia al sapere di coloro che sono divorati dal desiderio della scoperta…".

Nell'analisi dei modi di procedere del pensiero, e in particolare del pensiero scientifico, Peirce introduce il concetto di *abduzione*, come quarto strumento di ragionamento assieme a deduzione, induzione ed esperimento. Senza entrare troppo nel dettaglio, possiamo dire che l'abduzione è, per Peirce, la capacità di interpretare, di dare un senso (ipotetico) a fatti noti riconoscendoli come conseguenza di una data conoscenza/legge. Questo meccanismo, secondo lui, è la chiave della capacità creativa della scienza, della sua possibilità di produrre idee, conoscenze, teorie sempre nuove. "Un'abduzione è un metodo per formulare una predizione generale senza alcuna assicurazione che essa risulterà valida né in un determinato caso né solitamente. La sua giustificazione è che essa è l'unica possibile speranza di regolare razionalmente la nostra condotta futura, e che l'induzione tratta dall'esperienza passata ci incoraggia fortemente a sperare che essa avrà successo nel futuro" (*Collected Papers* – d'ora in poi CP -, pag. 152).

Il medesimo meccanismo inferenziale guida, nella visione di Peirce, anche i processi di comprensione linguistica e in senso lato di comprensione del significato di parole e segni.

2.3 Il carattere rappresentativo del segno

Il linguaggio gioca un ruolo chiave nell'architettura del pensiero di Peirce, come ben illustrano le conclusioni a cui giunge nel saggio *Pensiero-segno-uomo* del 1868[16]. "Il mio linguaggio è la somma totale di me stesso, poiché l'uomo è il pensiero" (CP, pag. 84).

Per il filosofo americano il pensiero si risolve in un flusso di segni, o per usare la sua terminologia in un processo continuo di 'semiosi'[17], per questo pensiero e comunicazione, o meglio pensiero e semiosi, si identificano completamente: "è sbagliato dire che un buon linguaggio è semplicemente importante per pensare bene, poiché il buon linguaggio fa parte dell'essenza del pensare bene" (CP, pag. 113).

Quali sono dunque le caratteristiche principali del segno, l'unità minima della semiosi?

Tradizionalmente, sotto l'influenza della linguistica strutturale di inizio Novecento e in particolare del pensiero del linguista svizzero Fernand de Saussure[18], il segno viene descritto come l'unione di due componenti principali: il *significante* e il *significato*.

---

[16] Il titolo originale del saggio (pubblicato per la prima volta nel 1868 nel "Journal of Speculative Philosophy"), *Some Consequences of Four Incapacities,* è stato tradotto nella versione italiana in *Pensiero-segno-uomo*.

[17] "Con 'semiosi intendo un'azione o influenza che è, o implica, una cooperazione di tre soggetti, il segno, il suo oggetto e il suo interpretante, tale che questa influenza tri-relativa non si possa in nessun modo risolvere in azioni fra coppie" (CP; pag. 297).

[18] F., De Saussure, Corso di linguistica genarele, Laterza Bari 2003 (I edizione 199?)

significante

segno

significato

Figura 3: la visione diadica di segno

Il significante è la parte esterna del segno, il suo ‘corpo’, ed è fatta per essere prodotta facilmente da chi invia il segno, l’emittente, e riconosciuta e percepita altrettanto facilmente da chi deve ricevere il segno, il ricevente. La varietà dei significanti possibili per esprimere un medesimo contenuto è vastissima in natura, tant’è vero che gli studiosi di zoosemiotica, la disciplina che analizza i sistemi di comunicazione animale, sono soliti classificare i codici di comunicazione proprio in base al materiale in cui sono prodotti i significanti di quel codice o sistema comunicativo. Vi sono animali che si esprimono mediante cambiamenti della posizione del corpo, altri si servono di segnali acustici (le vibrazioni delle corde vocali al passaggio dell’aria usate dai mammiferi, uomo incluso, sono solo un esempio) o chimici, e così via.

Eppure, per quanto cambi il suo significante, un segno rimane lo stesso sotto il profilo semantico. Ecco che entra in gioco, infatti, la seconda faccia del segno, il significato, inteso come ‘senso’ o ‘contenuto’ del segno.

Significante e significato, espressione e contenuto, sono uniti da un legame diretto e arbitrario, cioè fondato sull’accettazione di una convenzione condivisa tra emittente e ricevente. Per questa ragione, in base a questo modello, la comprensione dei segni si risolve fondamentalmente nell'associazione di un significante con il significato ad esso correlato in base a un insieme predefinito di regole, il cosiddetto 'codice' linguistico.

Questa descrizione generale di segno si fonda sull'analisi della comunicazione linguistica umana e ha come riferimento il segno tipico delle lingue naturali, la parola. Tuttavia la sua generalità non riesce a rendere conto pienamente delle caratteristiche di altri sistemi segnici, oltre che della complessità che accompagna il processo di 'ricezione' di ogni messaggio, con i problemi di interpretazione e comprensione del linguaggio in cui questo è espresso.

La visione di Peirce, elaborata quasi contemporaneamente a quella di Saussure ma rivalutata solo di recente dagli studiosi di linguistica e semiotica, è un po' più articolata rispetto a quella appena illustrata, e può per questo risultare utile per illuminare alcuni aspetti critici del modello appena esposto.
Secondo Peirce una cosa per essere un segno deve rappresentare qualcos'altro, il suo oggetto, o meglio, per usare le parole dell'autore, deve 'stare per' il suo oggetto. È importante notare che 'stare per' copre per Peirce la duplice area di *stare in relazione con* e *stare al posto di*: "per 'stare per' intendo essere in una tale relazione con un'altra entità da essere trattato da qualche intelletto per certi scopi come se si fosse l'altra entità" (CP, pag. 194).

Per questo possiamo dire, per proporre un esempio del campo matematico, che un diagramma di Venn è un segno che sta per un insieme. Naturalmente lo stesso insieme potrebbe essere rappresentato utilizzando altri segni, quali un elenco o una proprietà soddisfatta. Tutte queste rappresentazioni stanno per lo stesso oggetto, di cui creano diverse immagini cognitive nella mente di chi le interpreta.

La definizione di cui sopra identifica, infatti, tre diversi ruoli all'interno di ogni sistema di significazione, invece che i due tradizionalmente citati. Il rapporto tra significante e significato, per usare la terminologia più comune, è infatti in Peirce mediata da un processo interpretativo, dalla creazione di rappresentazioni intermedie dell'oggetto, dette interpretanti. "Definisco un Segno come qualcosa che da un lato è determinato da un Oggetto e dall'altro determina un'idea nella mente di una persona, in modo tale che quest'ultima determinazione, che io chiamo l'Interpretante del segno, è con ciò stesso mediatamente determinata da quell'Oggetto" (CP, pag. 194).

Ciascuno dei componenti di questa visione del segno, più attenta alla dimensione cognitiva del processo di significazione, è stato chiamato con nomi diversi dai differenti autori che si sono occupati nel tempo del problema in ambito linguistico, logico e filosofico. La figura 4 rappresenta una sintesi dei termini utilizzati da alcuni tra i pensatori più influenti.

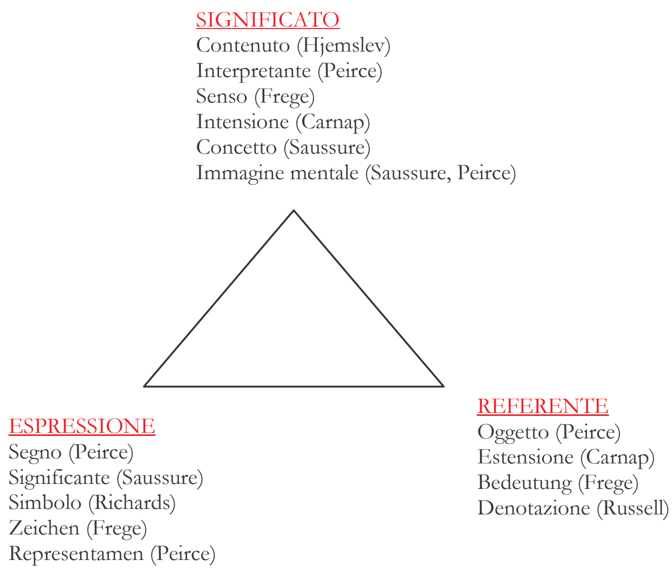


Figura 4: la visione triadica di segno

Lo schema mostra chiaramente come una concezione triadica del segno non escluda ma integri il modello significante/significato. Peirce articola, infatti, il problema della significazione distinguendo nettamente il significato, o senso, del segno dal suo oggetto, o referente. Per lo studioso americano qualsiasi forma di semiosi coinvolge infatti tre mondi: la realtà, il pensiero, il linguaggio.

Senza entrare nel merito dell'indagine peirciana del referente e dei suoi legami con interpretante e segno, complessi e non sempre di facile interpretazione filosofica, è utile ricordare alcuni aspetti particolarmente interessanti di questa concezione del segno.

Pensiero e semiosi, ovvero pensiero e comunicazione, sono entrambi, per Peirce, processi primariamente inferenziali, generati sì da un oggetto esistente, esterno, reale, ma che non si risolvono mai completamente in un rapporto diretto con quest'ultimo. Anche il segno pertanto rappresenta l'oggetto e parla di esso, ma non riesce mai a coglierne completamente l'essenza. Ogni segno infatti mette in moto una catena potenzialmente infinita di successive interpretazioni e 'messe a fuoco' sul significato, a partire dalle conoscenze già presenti nella mente che interpreta il segno: "infatti dal momento che un segno è sempre altro dal suo oggetto, è necessaria una spiegazione, allora il segno e la sua spiegazione costituiscono un altro segno; ma qui subentra una spiegazione supplementare più ampia, che con il segno già ampliato forma un segno ancora più complesso" (CP, pag. 123).

2.4 Il segno matematico

La riflessione sulla notazione matematica, spesso associata all'idea di una lingua perfetta, completamente univoca e perfettamente referenziale, attuata all'inizio del Novecento dai pensatori del cosiddetto 'circolo di Vienna', e in particolare, come già accennato, da Ludwig Wittgenstein nel suo *Tractatus logico-filosoficus* (1921), si è tendenzialmente mossa sui binari del modello strutturalista saussuriano, identificando nel legame convenzionale tra significato ed espressione simbolica la principale caratteristica del segno matematico.

Tuttavia lo stesso Wittgenstein e con lui numerosi filosofi del linguaggio successivi (solo per citare i casi più noti, Austin e Searle) hanno poi richiamato l'attenzione sull'importanza del contesto d'uso del segno nella sua comprensione e comunicazione, riportando l'attenzione sul ruolo di un terzo attore del processo semiosico, l'interprete.

Nell'opera di Peirce questa attenzione al processo interpretativo risulta in qualche modo già presente e può essere utilmente adoperata per illuminare alcuni aspetti problematici tipici del segno matematico.

Le considerazioni sopra riportate sulla cosiddetta 'catena degli interpretanti' (ovvero il continuo rimando a nuovi interpretanti capaci di mettere a fuoco in modo sempre più chiaro nella mente dell'interprete l'oggetto a cui il segno si riferisce), in particolare, possono essere viste come un'efficace ricostruzione del processo interpretativo messo in atto da un lettore non esperto di fronte a un'espressione simbolica: il segno matematico non può far altro che richiamare alla mente del neofita l'insieme degli interpretanti (siano essi immagini, grafi, parole ecc.) che nel suo personale patrimonio di conoscenza sembrano definire meglio il concetto a cui il simbolo vuole riferirsi. Questo insieme di interpretanti solo raramente si basa su concetti e immagini appartenenti al contesto matematico pertinente per quel simbolo. Molto spesso fanno riferimento a significati e usi che il termine ha in situazioni diverse, talvolta molto lontane da ogni riferimento matematico.

L'emittente del messaggio (matematico in questo caso) deve pertanto fare molta attenzione a non dare per scontata una univocità di significato che quasi mai esiste per il principiante, che può trovare enormi ambiguità nel linguaggio tipico della disciplina.

Per chi deve imparare o non ha già un quadro completo dell'evoluzione della conoscenza matematica, il problema è l'individuazione di un punto di riferimento per quelle 'parole senza immagini' che gli vengono presentate sotto forma di simboli. I punti di riferimento si trovano di solito nel linguaggio comune, ma non sono privi di ambiguità, anzi spesso evocano immagini ingannevoli. Oltre al già citato esempio sui molti significati del segno 'meno' (cfr. paragrafo 1.5), si può pensare ad altre parole, apparentemente innocue, come 'moltiplicazione'. Usato in contesti diversi (dalla Bibbia in poi) con il significato di 'aumento', il termine sembra cambiare senso quando riferito alle frazioni e crea nel neofita confusione e spaesamento.

Nel corso dei prossimi capitoli esamineremo alcuni espedienti narrativi con cui è possibile ovviare a questo problema e ci soffermeremo sulla creazione di nomi nuovi, dalle connotazioni controllabili dall'autore, come strumento per superare in modo gradevole le ambiguità semantiche e linguistiche legate alla comunicazione di concetti matematici al di fuori di un preciso contesto disciplinare (cfr. paragrafo 4.5). Ora, una volta definito a livello generale che cosa sia un segno, cercheremo invece di approfondire lo statuto specifico dei simboli in quanto precisa categoria di segni, facendo riferimento ancora una volta al pensiero di Peirce.

2.5 Simboli, icone, indici

La parte finale del saggio 'Grammatica speculativa', scritto tra il 1893 e il 1910, tratta di quella che Peirce considera "la più fondamentale suddivisione dei segni", che include tre tipologie di segno - *icona*, *indice* e *simbolo* – sulla base del tipo di relazione esistente tra il segno stesso e il suo oggetto.

"[…] vi sono tre tipi di rappresentazioni:

I) le rappresentazioni la cui relazione con i loro oggetti consiste semplicemente nel fatto che rappresentazioni e oggetti hanno in comune qualche qualità, e queste rappresentazioni possono essere chiamate somiglianze [o *icone* – ndr];

II) le rappresentazioni la cui relazione con i loro oggetti consiste in una corrispondenza di fatto, e queste rappresentazioni possono essere chiamate *indici* o segni;

III) le rappresentazioni che hanno per base della relazione con i loro oggetti un carattere imputato, rappresentazioni che sono segni generali, e possono essere dette *simboli*." (CP, pag. 30-31)

Una banderuola o una manica a vento che indicano ai piloti di aereo la direzione del vento sono segni strettamente, fisicamente correlati a quello che indicano. È il vento stesso, soffiando in una determinata direzione, a far orientare nello stesso senso la banderuola o la manica a vento. Siamo dunque in presenza di indici. "Un'*Indice* è un segno che si riferisce all'Oggetto che esso denota in virtù del fatto che è realmente determinato da quell'Oggetto […] non è la pura somiglianza al suo Oggetto che lo rende segno, ma è l'effettiva modificazione subita da parte dell'Oggetto che lo rende tale" (CP, pag. 140).

Le icone (dal latino *icona* e dal greco *eikón,* "immagine") sono invece segni nei quali il significato assomiglia, possiede dei tratti di somiglianza con ciò che il segno indica. La sagoma di una mucca in un segnale stradale o il disegno della mucca fatto da un bambino sono icone della mucca.

“Un’*Icona* è un segno che si riferisce all’Oggetto che essa denota semplicemente in virtù di caratteri suoi propri, e che essa possiede nello stesso identico modo sia che un tale Oggetto esista effettivamente, sia che non esista. […] Una cosa qualsiasi, sia essa qualità, o individuo esistente, o legge, è un Icona di qualcosa, nella misura in cui è simile a quella cosa ed è usata come segno di essa” (CP, pag. 140).
Infine i simboli. Si tratta per Peirce di segni in cui non esiste alcun rapporto visibile tra il significante e ciò che il segno indica. Sono simboli le cifre in rapporto ai numeri che rappresentano, le lettere in rapporto ai suoni, le parole in rapporto alle cose.
Per usare le parole dell’autore: “Un *Simbolo* è un segno che si riferisce all’Oggetto che denota in virtù di una legge, di solito un’associazione di idee generali, che opera in modo che il Simbolo sia interpretato come riferentesi a quell’Oggetto” (CP, pag. 140) ancora “definisco Simbolo un segno che è determinato dal suo oggetto dinamico soltanto nel senso che esso sarà interpretato così. Quindi dipende da una convenzione, un abito […]” (CP, pag. 191).

Le caratteristiche essenziali delle tre categorie sono così riassunte da Peirce: “Allora, innanzi tutto, una analisi dell’essenza del segno dimostra che ogni segno è determinato dal suo oggetto: in primo luogo, quando chiamo il segno Icona, partecipando dei caratteri dell’oggetto; in secondo luogo, quando chiamo il segno Indice, essendo realmente e nella sua esistenza individuale connesso con l’oggetto individuale, in terzo luogo, quando chiamo il segno Simbolo, attraverso la certezza, più o meno approssimativa che esso sarà interpretato come denotante l'oggetto […]" (CP, pag. 220).

2.6 Formule algebriche e 'primato del momento iconico'

Tra i numerosi esempi che Peirce inserisce per chiarire ai lettori le caratteristiche di ciascuna delle classi su indicate, sono citate esplicitamente le formule algebriche, inserite tra i segni a prevalente contenuto iconico.

Si tratta di una classificazione apparentemente sorprendente visto che la visione comune tende ad interpretare la natura del simbolo matematico come puramente o prevalentemente convenzionale. Come già accennato, quest'ultima concezione è in realtà figlia di un modello di analisi linguistica che trovò molto spazio nella svolta linguistico-strutturale di inizio Novecento e in particolare nel pensiero del Circolo di Vienna. Alcuni influenti pensatori di questa corrente, primo fra tutti il Wittgenstein del *Tractatus*, vedevano nel linguaggio matematico lo specchio di una lingua perfettamente denotativa, priva di ambiguità semantiche e quindi completamente controllabile nella trasparenza del rapporto realtà-pensiero-linguaggio. Per la sua perfezione il linguaggio matematico, così inteso, veniva addirittura usato da Wittgenstein come modello per l'analisi della lingua nel suo complesso: come scrive Tullio De Mauro[19], "il *Trattato logico-filosofico* è l'ultima grande opera scientifica nella quale si sia cercato di sostenere che la lingua è un calcolo, che le frasi sono come operazioni aritmetiche con i loro simboli funzionali (le proposizioni, le congiunzioniecc.) e i loro numeri (le parole)."

La visione di Peirce è molto diversa e anticipa per certi versi la svolta 'cognitiva' che subì, per esempio, lo stesso pensiero di Wittgenstein nelle opere successive al *Tractatus*, e in particolare ne *Le ricerche filosofiche* (1953). Una svolta basata sul passaggio da una visione statica della natura del segno linguistico, ovvero da una teoria raffigurativa del significato (il segno come specchio di fatti, della realtà), alla considerazione degli aspetti interpretativi della comunicazione/comprensione linguistica e all'enfasi sul rapporto con l'interprete del segno (il significato come uso e non più come 'traduzione' in base a un codice predefinito).

Nel quadro di una simile visione, Peirce sostiene, in riferimento alle formule algebriche, che "particolarmente degne di nota sono le icone in cui la somiglianza è sorretta da regole convenzionali. Così, *una formula algebrica è un'icona* ed è resa tale dalle regole di commutazione, associazione e distribuzione dei simboli. Chiamare un'espressione algebrica icona può sembrare a prima vista una classificazione arbitraria; perché potrebbe altrettanto bene o ancora meglio essere considerata come un segno convenzionale composto. Ma non è così: perché una proprietà altamente distintiva dell'icona è che attraverso osservazione diretta di essa si possono scoprire riguardo al suo oggetto verità nuove oltre a quelle che sono sufficienti a determinare la costruzione dell'icona stessa. [...] Dato un segno convenzionale o comunque generale di un oggetto, per dedurre qualsiasi nuova

[19] T. De Mauro, "Guida all'uso delle parole", Editori Riuniti, Roma, giugno 2003

verità oltre a quanto esso significa esplicitamente, è necessario, in tutti i casi, sostituire a questo segno un'icona." (pag. 157).

Un simbolo matematico per Peirce è dunque sì un segno legato al suo contenuto da una convenzione, da una legge, ma dietro la convenzione si nasconde nella maggior parte dei casi un legame iconico con l'oggetto rappresentato, che consente di intuirne alcune precise proprietà.

È interessante notare come l'attribuzione della formula matematica al gruppo delle icone sia perfettamente coerente con quello che Peirce chiama il 'primato del momento iconico nella costituzione del segno', la convinzione cioè della prevalenza del legame iconico tra segno e oggetto nella comunicazione di idee e pensieri.

Se è vero, infatti, che un'idea può essere *individuata* per associazione costante e convenzionale con un simbolo, è altrettanto vero però che la stessa idea non può essere *comunicata* per mezzo di un simbolo. Un'idea nuova può essere comunicata solo valendosi di figure o metafore. L'esempio di Peirce è il seguente: si pensi di dover spiegare che cos'è un aeroplano a un indigeno delle foreste brasiliane che non ne abbia mai avuto esperienza, gli si dovrà dire che l'aeroplano è (come) un uccello metallico, facendo appello a elementi iconico-percettivi. L'esempio è utile anche per comprendere meglio il modello cognitivo-interpretativo che Peirce applica ai temi semiotici: per lui qualsiasi significato di qualsiasi simbolo si fonda, in ultima analisi, su catene di segni che si inanellano fra loro mediante relazioni di iconicità, basate su idee e segni già presenti nella mente del soggetto che li interpreta.

Questo tipo di approccio è estremamente utile nell'analisi delle modificazioni linguistiche che intervengono nel passaggio dalla comunicazione formalizzata intra-esperti alla comunicazione 'divulgativa' verso i pubblici di non-esperti, in particolare nel caso della matematica, con il suo apparato notazionale astratto. Una efficace comunicazione con il neofita, o anche con l'esperto di un'area disciplinare diversa, si fonda sull'emersione del momento iconico presente in ciascun simbolo, per quanto sopito rispetto al legame convenzionale prevalentemente considerato dagli esperti. Questa emersione deve necessariamente tener conto del bagaglio di segni già parte del patrimonio culturale, sia individuale che intersoggettivo, del destinatario della comunicazione, in altri termini del suo 'immaginario'. Oppure può, come già anticipato, contribuire alla creazione di un nuovo immaginario, utilizzando alcuni strumenti tipici della costruzione narrativa, in particolare la creazione di universi di significato coerenti e verosimili, i cosiddetti 'mondi possibili' (cfr. paragrafo 4.5).

Torneremo in modo più approfondito su questi argomenti nel corso dell'ultimo capitolo, soffermandoci su due aspetti particolarmente significativi nella comunicazione con i non-esperti: il cosiddetto 'sostituto percettivo del simbolo' (cfr. paragrafo 4.6) e l'enfatizzazione della struttura sintattica del testo matematico attraverso la grafica (cfr. paragrafo 4.7).

2.7 Icone, indici, simboli nell'attuale notazione matematica

A conclusione di questo capitolo, riassumiamo brevemente alcuni punti chiave della concezione peirciana di 'simbolo'.

Abbiamo innanzitutto visto che il filosofo chiama simboli i segni caratterizzati da un legame prevalentemente convenzionale con il loro contenuto. Questa accezione è in effetti la prevalente nella tradizione matematica e logica e in generale nelle scienze esatte. Tuttavia nell'applicazione della categoria simbolico/convenzionale alla notazione matematica, Peirce si discosta leggermente dalla tradizione. Il pensatore americano ritiene infatti che le formule matematiche, con i loro segni speciali, non rientrino tanto nella categoria dei simboli veri e propri nel senso su indicato, ma al gruppo delle icone, cioè all'insieme di segni in cui il legame con l'oggetto rappresentato è prevalentemente basato sull' analogia.

È interessante notare, a questo punto, che l'attribuzione di una natura iconico/analogica al simbolo matematico, in opposizione a una visione puramente convezionalizzata, non è in realtà propria soltanto del neofita, come evidenziato nel paragrafo precedente, e neppure del solo Peirce. Sono spesso gli stessi matematici a riconoscere nei simboli che usano tratti di ambiguità semantica legati al valore iconico che sta spesso alla base della loro origine.
Citiamo un solo autorevole esempio, tratto da Heisenberg[20]**:** "Questa intrinseca incertezza del significato delle parole è stata naturalmente riconosciuta assai presto e ha portato alla necessità delle definizioni, o - come indica la parola /definizione/ - a stabilire dei limiti che determinino dove la parola può essere usata e dove no. Ma le definizioni possono venir date solo con l'aiuto di

[20] W. Heisenberg, *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano 1961

altri concetti e così in definitiva è necessario appoggiarsi ad alcuni che sono presi come sono, non analizzati e non definiti" (op. cit., p.172).

Il fisico riconosce qui l'imprescindibile natura ambigua delle parole, ma dall'ultima frase sembra possibile ritenere che questa sua visione si estenda anche alle espressioni simboliche, dal momento che l'ambiguità è da far risalire a un momento preciso della genesi linguistica, quale che sia la tipologia espressiva utilizzata: il momento della definizione.

Nel prendere atto di questa ambiguità, tra l'altro, Heisenberg utilizza argomentazioni molto simili a quelle che usate da Peirce nel già citato esempio dell'aeroplano e dell'indigeno (cfr. paragrafo 2.6). Per poter spiegare che cosa sia un oggetto a un interlocutore che non ha mai visto alcun oggetto simile è inevitabile ricorrere a concetti e idee già presenti nella mente dell'interlocutore stesso, prendendoli così come sono, senza possibilità di un'ulteriore, primitiva definizione, ma lasciando al loro valore analogico, iconico, il ruolo primario di comunicare la nuova idea.

Approfondire quanto simili tratti di iconicità siano effettivamente attribuiti dagli specialisti ai vari elementi del linguaggio formale della matematica costruirebbe un interessante percorso di approfondimento dei temi trattati in questa tesi.

I limiti del lavoro ci impediscono di seguire in questa sede una simile traccia di ricerca, che potrebbe efficacemente legarsi all'analisi, da noi iniziata nel capitolo 1, del percorso storico che ha visto l'attuale forma notazionale affermarsi come modello espressivo universale nella comunicazione tra matematici.

Tuttavia, come semplice spunto iniziale di indagine e ben consapevoli del suo limitato valore intersoggettivo, proponiamo, nella tabella 1, un embrionale tentativo di classificazione per alcuni simboli matematici, fondato sul confronto con le categorie peirciane di icona, indice e simbolo.

Sottolineando come per Peirce nessun segno sia solamente e pienamente indice, icona o simbolo, dal momento che la sua natura partecipa sempre contemporaneamente di tutte queste proprietà, delle quali però soltanto una è la prevalente, ci auguriamo che l'arbitrarietà di questa ipotesi classificatoria possa stimolare future discussioni e confronti tra i ricercatori interessati a questo tipo di argomenti.

Categoria	Descrizione	Simboli
ICONE	Simboli che hanno in comune con il loro oggetto alcune qualità.	∞ π $\sum$
INDICI	Simboli in cui è rilevabile una corrispondenza di fatto con i loro oggetti.	0 $\perp$ //
SIMBOLI	Simboli che hanno per base della relazione con il loro oggetto un carattere imputato, una convenzione.	$\surd$ + -

Tabella 1: tentativo di classificazione per alcuni simboli matematici moderni

Nella categoria *icone*, che riunisce secondo la classificazione di Peirce i simboli che hanno in comune con il loro oggetto alcune qualità, ovvero che presentano alcuni tratti di analogia con l'oggetto che rappresentano, abbiamo inserito due diverse tipologie di segni matematici:

- la prima riga raccoglie i simboli che sono icone in senso proprio (il simbolo di infinito è un tratto che non finisce mai, come il concetto che rappresenta);

- la seconda riga invece raggruppa i segni in cui la somiglianza è retta da regole convenzionali (anche questi segni sono per Peirce principalmente icone, come sottolineato nel paragrafo 3.6), quali per esempio il segno del pi greco o della sommatoria, che richiamano la prima lettera della parola perimetro e della parola somma, rispettivamente.

La categoria *indici* riunisce i simboli che sono fisicamente determinati dal loro oggetto. Abbiamo inserito in questa classe segni come lo zero, la perpendicolare o il simbolo geometrico di rette parallele, pensando alla loro origine legata alle pratiche antiche di calcolo. Alcune teorie sulla nascita dello zero (vedi in particolare Kaplan[21]), infatti, sostengono che il segno zero nasca come traccia lasciata sulla sabbia o sulle tavolette di argilla nel momento in cui veniva allontanato il sassolino utilizzato per indicare una data quantità. Ugualmente è possibile pensare ai segni di perpendicolare e di parallela come alle impronte lasciate dai bastoncini che descrivevano, sulla superficie usata per il calcolo, una simile situazione geometrica.

C'è infine la categoria dei *simboli* propriamente detti: in base al pensiero di Peirce, essa comprende tutti quei segni che hanno alla base della relazione con il loro oggetto un carattere imputato, una legge, ovvero una convenzione decisa intersoggettivamente dagli appartenenti a un determinato ambito culturale.

[21] R. Kaplan*, Zero, storia di una cifra*, Rizzoli, Milano 2000

Inseriamo qui la radice quadrata e i segni di /più/ e /meno/, apparentemente segni di natura totalmente convenzionale. Sarebbe interessante verificare attraverso l'analisi storica se la loro origine nasconda invece qualche forma di legame iconico o di indicalità, così come potrebbe essere utile indagare se simili segni hanno dovuto, nel percorso della loro affermazione intersoggettiva, confrontarsi con altre rappresentazioni dello stesso concetto (cfr. capitolo 1) e su che base abbiano avuto la meglio su di esse.

Ci auguriamo che altri abbiano modo di esplorare queste (e ulteriori altre) vie di ricerca sul linguaggio matematico, che la nostra classificazione debole e aperta lascia solo embrionalmente prevedere.

.

Capitolo 3

Il simbolo nel linguaggio comune e nella tradizione filosofica

3.1 Simboli tra comunicazione pubblica e linguaggio scientifico

Ponendo come proprio centro di interesse la comunicazione della matematica verso i pubblici di non-esperti, questo lavoro rivolge la propria l'attenzione ad alcune 'aree di confine' della comunicazione matematica, a situazioni e contesti comunicativi, cioè, che, per usare un'immagine cara al cosiddetto modello Venezia della comunicazione della scienza[22] elaborato dal gruppo ICS di questa scuola, fungono da ponti tra l'isola (o le isole) degli esperti e le molteplici isole dei non-esperti. Tali aree sono di fatto momenti di confronto-scontro tra modalità e modelli di comunicazione diversi, ciascuno legato a un preciso linguaggio o 'dialetto', oltre che a regole e norme più o meno tacite per utilizzare nel modo più efficace parole, segni, immagini.

L'apertura e dinamicità di simili spazi di confronto fa sì che nessun modello teorico formulato per la comunicazione tra esperti (si pensi, nel caso della matematica, alle teorie logico formali che ne hanno definito in modo completo il funzionamento linguistico) oppure per la divulgazione e comunicazione pubblica (come per esempio alcuni schemi del movimento *Public Understanding of Science*[23], o più genericamente a modelli e strumenti utilizzati per

[22] P. Greco, *Comunicare nell'era post accademica della scienza*, in 'Jekyll.comm', N.1; marzo 2002 - http://jekyll.sissa.it/jekyll_comm/editoriale_jek0.pdf
[23] N.Pitrelli, *La crisi del "Public Understanding of Science" in Gran Bretagna*, in 'Jekyll.comm' N.4 ; marzo 2003 - http://jekyll.sissa.it/jekyll_comm/commenti/foc04_01.pdf

l’analisi della comunicazione mediatica in senso lato) sia pienamente ed efficacemente applicabile ad essi.
Ciò rende queste situazioni, da un lato, gli snodi chiave di un processo sempre più evidente di apertura del mondo scientifico verso la società nel suo complesso, ma costituisce nel contempo una sfida per chiunque tenti di analizzarne e modellizzarne, seppure parzialmente, le caratteristiche.
Nel loro ruolo di collegamento tra realtà comunicative diverse tra loro, i ponti della comunicazione scientifica, infatti, stimolano meccanismi di comprensione del segno basati sull’ibridazione tra modalità di interpretazione tipiche dei linguaggi specialistici e modelli di uso propri delle lingue naturali, e più in generale favoriscono il mescolamento di modi del comunicare caratteristici della vita comune (la narrazione, l’allusione, il rimando retorico) con altri tipici del pensiero e della realtà della scienza (la dimostrazione, l’argomentazione persuasiva, ecc).

Per esplorare i confini che il ruolo del simbolismo matematico assume in simili contesti comunicativi, dopo aver esaminato le problematiche legate alla natura semiotica del simbolo matematico, ci affideremo, in questo capitolo, a strumenti teorici diversi, afferenti ad aree culturali molto eterogenee tra loro. L’unico punto di riferimento fisso nell’indagine sarà, in questo caso, il concetto di ‘simbolo’, a prescindere dal suo legame con un qualsiasi contesto matematico. Esistono, infatti, tra le modalità di comunicazione della vita quotidiana, diverse accezioni e usi del termine, che si affiancano e sovrappongono a quelle prevalenti nella tradizione delle scienze esatte e del pensiero logico e matematico in rapporto al linguaggio.

Questo spostamento di attenzione dal simbolo matematico in senso proprio al simbolo genericamente inteso, che può sembrare poco pertinente rispetto agli obiettivi del lavoro, rappresenta un 'fuori tema' utile per almeno due motivi.
Innanzitutto consente di capire meglio alcune caratteristiche che il simbolo matematico può acquistare quando diventa oggetto di interpretazione da parte di un lettore non esperto, per il quale il segno mantiene alcune connotazioni legate ai diversi significati ad esso associati nel parlare comune. In secondo luogo, fornisce alcuni modelli interpretativi interessanti, che possono venir applicati con successo nell'analisi di alcune forme di comunicazione pubblica della matematica molto comuni, in particolare la pubblicità (come vedremo nel paragrafo 3.4), ma più genericamente tutte le situazioni comunicative in cui si fa ricorso alla formula matematica con una valenza evocativa, emozionale, finalizzata a trasmettere al lettore la difficoltà e l'astrattezza della disciplina, al di là dei contenuti suoi propri.

3.2 Addentrarsi nella foresta simbolica

Offrire una rassegna sintetica delle varie accezioni e degli usi del termine 'simbolo' è estremamente difficile. Sul simbolo esiste una bibliografia sterminata: ne hanno parlato studiosi di ogni disciplina, dall'estetica alla teologia, passando per la psicanalisi e la filosofia della scienza. Quasi tutti però hanno evitato di darne un definizione, quasi che l'oggetto fosse nel contempo troppe cose e nessuna, e sfuggisse pertanto a un inquadramento definitivo.

3.2.1 Il simbolico come semiotico e culturale

Ci sono anzitutto teorie che identificano l'area del simbolico con ciò che antropologicamente si potrebbe definire culturale. In tale prospettiva simbolica è in senso lato l'attività per cui l'uomo rende ragione della complessità dell'esperienza organizzandola in strutture di contenuto a cui corrispondono sistemi di espressione. In questa accezione 'simbolo' diventa sinonimo di 'segno', nel senso più generale del termine. Questo uso del simbolico si ritrova nell'antropologia culturale e in particolare in Lévi-Strauss, ma anche in alcuni pensatori della psicanalisi, per esempio in Lacan. "Pensare è sostituire agli elefanti la parola *elefante* e al sole un tondo […]. Il sole in quanto è designato da un tondo non vale niente. Non vale se non in quanto questo tondo è messo in relazione con altre formalizzazioni, che assieme a quella costituiscono la totalità simbolica.". È chiaro che qui Lacan intende il simbolo come un concetto molto generale, in cui sono inclusi i simboli verbali (la parola elefante) e i simboli visivi o iconici (il tondo per il sole): la diversa struttura segnica dei due simboli non pare interessarlo.

Pur riconoscendo differenze di articolazione tra diverse forme simboliche, anche Ernst Cassirer in *Filosofia delle forme simboliche* (1923)[24] le riunisce poi tutte sotto l'ordine di un

[24] E. Cassirer, *filosofia delle forme simboliche,* La Nuova Italia, Firenze, 1961

simbolico genericamente assimilabile al più vasto ambito semiotico o culturale.

Per la centralità che il concetto di simbolo assume nel suo pensiero, Cassirer rappresenta uno degli autori chiave per l'analisi del ruolo del simbolico nella tradizione filosofica. Ci soffermiamo quindi brevemente su alcuni aspetti della sua filosofia del simbolo.

Già nella sua prima opera, *Il concetto di sostanza e il concetto di funzione* (1910), Cassirer aveva condotto un'analisi delle leggi costitutive del conoscere, attraverso l'indagine sulla matematica e sulle scienze naturali. Tuttavia "nello sforzo di rendere fecondi per la trattazione dei problemi pertinenti alle scienze dello spirito i risultati di tali indagini, [...] anziché indagare i presupposti scientifici della conoscenza del mondo, occorreva pensare a stabilire e delimitare, l'una rispetto all'altra, almeno nell'ambito generale, le varie forme fondamentali dell'intelligenza del mondo" (op. cit, pag. XI) e occorreva analizzare come la conoscenza concettuale propria delle scienze esatte potesse ristrutturarsi all'interno delle 'forme simboliche' che sono alla base, per il filosofo tedesco, di ogni forma di conoscenza umana. Per Cassirer l'attività simbolizzatrice dell'uomo, che si esercita anzitutto nel linguaggio, ma anche nell'arte, nel mito e nella scienza, non serve, infatti, a nominare un mondo già conosciuto, bensì a produrre le stesse condizioni di conoscibilità di ciò che viene nominato.

Il simbolo assume così il ruolo di "*medium* attraverso cui trascorra ogni forma" (op. cit., pag.18-19) e in tale funzione diventa il fondamento di ogni modalità di pensiero e di conoscenza: "l'atto della determinazione concettuale di un contenuto procede di pari passo con l'atto del suo fissarsi in qualche simbolo caratteristico.

Così ogni pensiero veramente rigoroso ed esatto trova il suo punto fermo solo nella simbolica, nella semiotica, sulla quale esso poggia" (op. cit., pag.20).
Dunque, come ben sintetizza Eco[25], per Cassirer la cultura (e la scienza in quanto parte di essa) "non rispecchia la struttura dell'essere ma pone i propri oggetti di conoscenza, in definitiva il tessuto del mondo conosciuto, come simboli intellettuali liberamente creati".

3.2.2 Il simbolo tra convenzione e analogia

Nell'ambito della tradizione logica e matematica, con le eccezioni che abbiamo esaminato nel capitolo precedente, i simboli sono prevalentemente visti come espressioni convenzionalizzate e arbitrarie.
C'è un insieme di pensatori dell'area linguistica e semiotica che usa il termine 'simbolo' in senso del tutto alternativo rispetto a questa visione. Hjemslev, per esempio, chiama 'simboli' sistemi come i diagrammi e i giochi, legati al loro significato da tratti di analogia e non da sola convenzione.
Sono simboli in questo senso "il Cristo di Thorvaldsen come simbolo della compassione, la falce e il martello come simbolo del comunismo, la bilancia come simbolo della giustizia o l'onomatopea nella sfera linguistica" (*I fondamenti della teoria del linguaggio,* pag. 121[26]).

---

[25] Eco, U., *Semiotica e filosofia del linguaggio,* Einaudi Editore, Torino, 1984
[26] L. Hjemslev, *I findamenti della teoria del linguagio,* Einaudi Torino 1968.

Figura 5: Tina Modotti, Falce pannocchia cartuccera, Messico 1927. La fotografa gioca consapevolmente con il simbolo della falce e martello per creare questa ‘variante’ messicana.

Simboli sono in questo caso strumenti di comunicazione in cui l’espressione riproduce, in base ad alcune regole di proiezione, alcune delle proprietà che vengono riconosciute al contenuto. Così è possibile far rientrare nell’insieme del simbolico la linea melodica rappresentata sul pentagramma, perché riproduce alcune proprietà del suono a cui rinvia: infatti più la nota è in alto sul pentagramma, più rinvia a un suono di maggiore altezza. Similmente possono essere inseriti in questo gruppo alcuni dei simboli della chimica, in cui la disposizione delle lettere richiama le proprietà dei legami atomici dell’elemento rappresentato. È chiaro tuttavia che in entrambi questi casi citati il rapporto tra l’espressione e il contenuto è codificato in base a regole proiettive molto precise, ed è sicuramente estremamente diverso dal legame che unisce segni quali la falce e il martello, per attenersi all’esempio citato da Hjemslev, al concetto di comunismo.

2.2.3 Il simbolico come retorico (o come senso indiretto)

Nel tentativo di trovare un tratto comune a categorie di simboli così differenti, alcuni teorici legano la presenza del simbolico alla capacità di una data sequenza di segni di suggerire, al di là del significato immediatamente percepibile, un significato indiretto.

È quello che fa, per esempio, tra i pensatori provenienti dall'area dell'analisi e della critica testuale, Todorov[27], pur consapevole della difficoltà di una simile proposta: "Io non ho una nuova 'teoria del simbolo' o una nuova 'teoria dell'interpretazione' da proporre […]. Cerco di stabilire un quadro che permetta di comprendere come tante teorie diverse, tante suddivisioni inconciliabili, tante definizioni contraddittorie hanno potuto esistere" (op. cit., pag. 21).

Nel significato indiretto di Todorov è importante distinguere tra la normale possibilità di interpretazione ulteriore, che è propria di qualsiasi comunicazione ed è legata alla capacità di ogni parola di aprirsi a numerose connotazioni, da fenomeni tipici del simbolismo poetico in cui un'immagine emerge dal contesto e si carica di infiniti significati possibili. Un simile simbolismo sta alla base, in realtà, di quasi tutte le pratiche testuali e in particolare della pratica retorica, come emerge chiaramente in alcune figure specifiche, quali ad esempio la metafora o l'allegoria. Eco chiama questa modalità di produzione di senso indiretto 'sentimento della sovrasignificazione' e sottolinea come si tratti di quella sensazione che coglie un destinatario di fronte a un segno la cui emissione appare bizzarra o scarsamente giustificabile in certe circostanze. "Apparentemente il linguaggio dice una cosa, ma ciò che il

[27] T. Todorov, *Symbolisme et interpretation,* Seuil, Paris, 1978

linguaggio dice sembra contraddire le regole o la nostra esperienza del mondo e ciò ci spinge a gettar via il senso diretto e ad attualizzare quello indiretto. /Giovanni entrò nella stanza: un bosco fiammeggiava in un angolo/: l'espressione contrasta con la nostra esperienza del mondo, nelle stanze non ci sono boschi. Quindi, se la frase non è menzognera, 'bosco' deve significare qualcos'altro: si tratterà di una metafora, in cui bosco sta per legno abbondante nel caminetto" (op.cit. pag. 214).
Le regole di disambiguazione retorica, tuttavia, impongono anche in questo caso che, una volta scoperto il meccanismo, il contenuto attualizzato non sia vago, ma preciso. Accettare l'equivalenza tra simbolico e retorico ancora una volta non aiuta quindi a trovare un tratto specifico, che unifichi i vari significati del termine simbolo.

Come superare dunque questo *impasse* definitorio, di cui abbiamo finora offerto solamente una sintetica e arbitraria selezione di posizioni?
Lo stesso Eco propone una via d'uscita che si rivela un utile modello interpretativo anche per alcune pratiche comunicative tipiche della divulgazione, o, per usare un termine dalle connotazioni meno limitate e circoscritte, della comunicazione pubblica della matematica: il concetto di 'modo simbolico'.

3.3 Il modo simbolico

Eco utilizza la nozione di 'modo simbolico' per aggirare il problema della definizione di simbolo. La sua argomentazione centrale di fonda sull'idea che, se non è possibile identificare la natura del simbolo in quanto segno in se stessa, esiste tuttavia la

possibilità di individuare un *modo di usare* i segni, quale che sia la loro tipologia, che si può definire ‘simbolico’.
Nell’interpretazione di un segno secondo modalità simboliche si possono distinguere alcuni tratti caratteristici, in particolare:

- *presunzione di analogicità.* Esiste almeno una proprietà del sistema di espressione simbolica che rimandi direttamente a un tratto caratteristico dell’oggetto/concetto rappresentato;
- *fondamentale vaghezza di significato*. Non è possibile prescrivere una retta interpretazione del simbolo: ciascuno reagisce al segno riempiendone il senso con le proprietà che più gli aggradano all’interno di un determinato campo semantico di riferimento.

Il modo simbolico è dunque un atteggiamento produttivo/interpretativo in base al quale un lettore/interprete decide di assegnare a un determinato segno (sia esso una parola, un’immagine, un oggetto, un emblema, una formula) un insieme relativamente vago di significati all’interno di una determinata area semantica, assumendo nel contempo che il segno in questione presenti alcuni tratti (ma potrebbe trattarsi anche di uno soltanto) di analogia con l’area semantica di riferimento. Una espressione, per quanto dotata di proprietà precise che in qualche modo si vogliono simili alle proprietà del contenuto veicolato, rinvia a questo contenuto come a nebulosa di proprietà possibili.

Nella definizione di questo modello, Eco si rifà ad alcune argomentazioni che Hegel utilizza nell'*Estetica*[28] per affrontare i problemi del simbolo: il simbolo è un segno, ma del segno non ha l'arbitrarietà della correlazione tra significante e significato, dal momento che si fonda su un legame analogico *insufficiente*. Esiste cioè nel simbolo una sproporzione tra simboleggiante e simboleggiato. Il simboleggiante esprime una delle qualità del simboleggiato, ma contiene altre determinazioni che non hanno nulla a che fare con ciò a cui questa forma rimanda. A causa di questa sproporzione esso è fondamentalmente ambiguo: "simbolo in generale è un'esistenza esterna che è immediatamente presente o data all'intuizione, ma che non deve essere presa in base a lei stessa, così come immediatamente si presenta, bensì in un senso più ampio e più universale" (op. cit., pag. 344). Per Hegel dunque il simbolo è una forma legata per analogia a un significato, senza essere in grado, tuttavia, di esprimerlo completamente.

Lasciandosi ispirare da questi presupposti Eco sostiene che ci sono sistemi di segni in cui l'espressione viene correlata (sia dall'emittente sia da una decisione del destinatario) a una *nebulosa di contenuto,* vale a dire a una serie di proprietà che si riferiscono a campi diversi e difficilmente strutturabili di una data enciclopedia culturale (per enciclopedia si intende l'insieme dei domini semantici di una data cultura), così che ciascuno può reagire di fronte all'espressione riempiendola delle proprietà che più gli aggradano, senza che alcuna regola semantica possa prescrivere le modalità della retta interpretazione. Questo tipo di

[28] G. W. F. Hegel, Estetica, Einaudi, Torino, 1976

uso dei segni rappresenta una sorta di nucleo duro di significato comune alle diverse accezioni del termine ‘simbolo’.

“Il modo simbolico è dunque un procedimento non necessariamente di produzione ma comunque e sempre di uso del testo, che può essere applicato ad ogni testo e a ogni tipo di segno, attraverso una decisione pragmatica (‘voglio interpretare simbolicamente’) che produce a livello semantico una nuova funzione segnica, associando ad espressioni già dotate di contenuto codificato nuove porzioni di contenuto, quanto più possibile indeterminate e decise dal destinatario” (op. cit., pag.253).

A una definizione simile, di fatto basata su atteggiamento semantico-pragmatico, era arrivato anche Raymond Firth in *Symbols Public and Private* (1973)[29], sostenendo che, nell’interpretazione di un simbolo, le condizioni della sua presentazione sono tali da lasciare uno spazio molto maggiore di giudizio all’interprete rispetto ai segni regolati da un codice comune a emittente e ricevente: “un modo di distinguere all’ingresso tra segnale e simbolo può consistere nel classificare come simboli tutte le presentazioni in cui si riscontri una più accentuata mancanza di aderenza – anche forse intenzionalmente – nelle attribuzioni di produttore e interprete” (op. cit., pag. 55).

3.4 Archetipi e modo simbolico

Tra gli esempi citati da Eco ricorrono forme appartenenti all’ambito religioso (“il modo simbolico teologale” – op. cit., pag.234) o alla sfera dell'arte, e in particolare dell'arte moderna (op. cit; pag. 242), in cui secondo Eco, il modo simbolico trova una delle sue più folgoranti realizzazioni.

Il riferimento è in particolare "alle poetiche del simbolismo dove il simbolo viene riconosciuto come un modo particolare di disporre strategicamente i segni affinché essi si dissocino dai loro significati codificati e diventino capaci di veicolare nuovamente nebulose di contenuto. Il simbolico in questa prospettiva non è coestensivo all'estetico: è una tra le varie strategie poetiche possibili" (op. cit., pag. 242).

In questo senso il modo simbolico si manifesta nella sua forma più pura nella poesia contemporanea con il *correlativo oggettivo* tipico dell'opera di Eliot, Joyce o Montale. Correlativo oggettivo significa presentare un evento, un oggetto, un fatto che, nel contesto in cui appare, si riveli in qualche modo fuori posto, per chi non si pieghi alla logica simbolica.

È usata in modo simbolico, in questo senso, l'ossessiva descrizione di uno specchio e di altri elementi di arredamento che si nota, per esempio, nel poema in prosa *Frisson d'hiver* di Mallarmé: una descrizione fuori posto perché insistita, perché il complessivo senso di comfort dell'arredamento contrasta con l'apparizione tra un paragrafo e l'altro di ragnatele tremolanti nell'ombra delle volte. "L'operazione interpretativa", sottolinea Eco, "investe quegli oggetti di contenuti abbastanza delimitati (distanza temporale, desiderio di regressione, rifiuto del presenteecc.) e quindi ritaglia una zona di enciclopedia a cui le espressioni rimandano. Ma non si tratta di un fissaggio allegorico:

[29] R. Firth, trad.it. *I simboli e le mode,* Laterza, Bari, 1977

non c’è elaborazione di codice, al massimo un orientamento ai codici possibili. […] Tale è la natura del simbolo poetico moderno.” (op. cit., pag. 246).

Un meccanismo simile a quello del modo simbolico come qui inteso è rinvenibile, oltre che in queste forme dell’arte e della letteratura contemporanee, anche nella teoria jungiana degli archetipi. Nella sua articolazione dell’inconscio, Jung contrappone a uno strato superficiale e privato, uno strato più profondo, innato e collettivo. I contenuti dell’inconscio collettivo, validi per tutti gli individui, sono i cosiddetti archetipi.

Gli archetipi, “figure simboliche delle primitive visioni del mondo”[30], non possono essere esaurientemente interpretati né come segni né come allegorie (op. cit., pag. 36), sono simboli autentici proprio perché plurivoci, carichi di allusioni,inesauribili. “Nessuna formulazione univoca è possibile: essi sono contraddittori e paradossali, come lo spirito è, per gli alchimisti, simul *senex et iuvenis*” (op. cit., pag. 36).

La stessa dialettica degli opposti si ritrova, secondo recenti studi sulla percezione pubblica della scienza, nell’immaginario scientifico attuale, dotato di un componente mitica rilevante[31].

La possibilità di infinite interpretazioni che Jung associa agli archetipi, avvicina questa visione del simbolo alla mistica religiosa e sacra, con la sua dialettica tra tradizione e rivoluzione: “da un lato il mistico si nutre della tradizione, ma dall’altro ciò che scopre nella sua esperienza potrebbe rinnovare, ovvero

[30] C.G. Jung, *Opere*, vol. IX, t. I, Boringhieri, Torino, 1980, PP. 1-53.

sconvolgere, le verità del dogma. Di qui la sua necessità di procedere per simboli, dato che per la loro stessa natura i simboli esprimono qualcosa che non ha espressione nel mondo dell'inesprimibile. Così il mistico utilizza magari vecchi simboli ma conferendo loro un senso nuovo, o simboli nuovi riempiti di significati tradizionali" (op. cit., pag. 227).

Interessante da questo punto vista è un esempio studiato da Firth (op. cit; pagg. 194 ss.) e relativo alle visioni del Sacro Cuore di Gesù da parte di santa Margherita Maria Alacoque. Firth nota che il culto del Sacro Cuore si fortifica proprio quando ormai la scienza e persino la coscienza comune sanno che il cuore non è la sede degli affetti, ma quando nel contempo si mantengono però, nell'enciclopedia culturale legata al linguaggio comune, modi di dire quali 'cuore spezzato', 'amore che fa piangere il cuore' e così via. Come sottolinea ancora una volta Eco, "Certamente il contenuto del /Sacro Cuore/ non è una serie di proposizioni teologiche sull'amore divino, ma un serie assai incontrollabile di associazioni mentali e affettive che ciascun credente (quanto più ignaro di teologia) potrà proiettare nel simbolo cardiaco" (op. cit., pag. 228).

3.5 Modo simbolico e matematica nella comunicazione di massa

Non esistono tra gli esempi citati da Eco casi di uso dei segni secondo il modo simbolico che possano riferirsi a un contesto matematico o più genericamente scientifico. Tuttavia la nozione di

---

[31] Particolarmente interessante in proposito la sintesi proposta in Castelfranchi, Y., *Per una paleontologia dell'immaginario scientifico,*in 'Jekyll.com', N.6, settembre 2003.

modo simbolico può essere applicata ad alcune situazioni di comunicazione della scienza proprie del panorama culturale contemporaneo.

Mi riferisco in particolare a tutte le produzioni comunicative in cui il segno matematico, con la sua notazione simbolica, viene utilizzato in modo evocativo, senza che sia prescrivibile alcuna corretta interpretazione del suo significato, se non l'attribuzione a simboli e formule di un vago senso di complessità, difficoltà, astrattezza e genialità. Un simile modo di usare i simboli matematici è estremamente diffuso e contribuisce ad accrescere contemporaneamente il mito della scienza (e della tecnologia ad essa associata) come valore assoluto del nostro tempo, da un parte, e la percezione comune di lontananza della disciplina dall'esperienza e dal sentire generale, dall'altra.

Particolarmente interessante sotto questo profilo è lo spazio dedicato a simili modalità di uso dei simboli dalla pubblicità, forma di comunicazione che, nelle sue espressioni più riuscite, viene spesso vissuta e studiata nella società contemporanea come attigua alle arti visive e a certe forme di letteratura di avanguardia, di cui offre talvolta esempi interessanti di sincretismo.

3.5.1 Pubblicità

Anche se il dato può stupire, la scienza è molto presente nella pubblicità[32], pur non comparendo tanto come oggetto vero e proprio della comunicazione, quanto come cornice di riferimento

[32] Cfr. dati provvisori raccolti dal gruppo di ricerca su 'Scienza e pubblicità', ICS, SISSA. Periodo di tempo considerato dalla ricerca: maggio 2002-aprile 2003; media monitorati: stampa (3 quotidiani, 3 settimanali, 2 riviste scientifiche). Numero di inserzioni schedate (ottobre 2003): 5627; di cui con contenuto scientifico: 930 (circa 17%).

per alcune inserzioni. Stando al campione raccolto e schedato dal gruppo di ricerca su scienza e pubblicità nel ambito di ICS, la matematica occupa un suo piccolo spazio tra gli annunci a sfondo scientifico (tra l'1% e il 10%). Facendo riferimento ai materiali di tale campione, cercheremo di fornire alcuni esempi di come la nozione di modo simbolico possa essere applicata a questa forma di produzione testuale persuasiva utilizzando l'argomento matematico. I limiti di questo lavoro, ma soprattutto la fase ancora iniziale di schedatura dei materiali raccolti dal gruppo appena citato, rende impossibile allargare l'analisi a più di qualche inserzione.

Le pubblicità che esaminiamo sono quattro, in ciascuna di esse la matematica è presente in modo diverso. In tre casi (Enel/Ariston, Etro, Enciclopedia del Novecento di Repubblica) l'inserzione contempla riferimenti espliciti alla notazione simbolica, che è invece completamente assente in un caso (American Express). Tra le immagini che utilizzano simboli e formule, uno lo fa in chiave parodistica (Enciclopedia di La Repubblica), mentre le altre due usano il segno matematico secondo modalità che si avvicinano a quello che abbiamo chiamato, insieme ad Eco, 'il simbolo poetico moderno' (Etro e in particolare Enel/Ariston).

Come già accennato, la maggior parte degli annunci utilizzano il formalismo proprio del linguaggio matematico come cornice per veicolare un vago contenuto di difficoltà e astrattezza del procedimento matematico legato al prodotto pubblicizzato, lasciando tuttavia al lettore/interprete ampi spazi di movimento nell’interpretare la nebulosa di significati associata ai segni matematici citati.

1) American Express

Figura 6: “ Quando avevo 6 anni era l’uomo nero. A 14, il teorema di Pitagora. A 25, il pensiero di non sposarmi mai. A 28, il pensiero di sposarmi. A 35, essere chiamata ‘Signora’. Ora sto superando la paura di lasciarmi andare.”

In questa pubblicità la matematica, descritta sinteticamente dal teorema di Pitagora, è inserita tra le paure da superare nel corso della vita di un uomo (o di una donna in questo caso specifico).
Seppure scarsamente rilevante come esempio di applicazione del modo simbolico, dal momento che ogni riferimento esplicito alla notazione matematica è assente, la pagina è interessante perché inserisce la matematica e i suoi teoremi tra le *prove* da superare nel percorso verso la maturità. La prova è tradizionalmente associata, in tutte le narrazioni, al campo semantico della difficoltà: per proiezione al suo risolutore vengono attribuiti tratti di coraggio e valore, qui enfatizzati dalla foto del lancio nel vuoto.
L'associazione della prova matematica ad altre paure che tutti siamo in grado di superare (l'uomo nero, non sposarsi, sposarsiecc.), contribuisce nel contempo, in questa inserzione, a smitizzarne la difficoltà e la inserisce comunque tra le piccole e grandi emozioni della vita.
Il messaggio emotivo sarebbe cambiato se il teorema fosse stato espresso in termini simbolici? Forse sì, probabilmente l'utilizzo della notazione simbolica non avrebbe consentito il ribaltamento di prospettiva finale, finalizzato a fare della protagonista dell'annuncio 'una qualsiasi di noi', nonostante il messaggio visuale della foto ci dica il contrario.

<u>2) Enciclopedia del Novecento, La Repubblica</u>

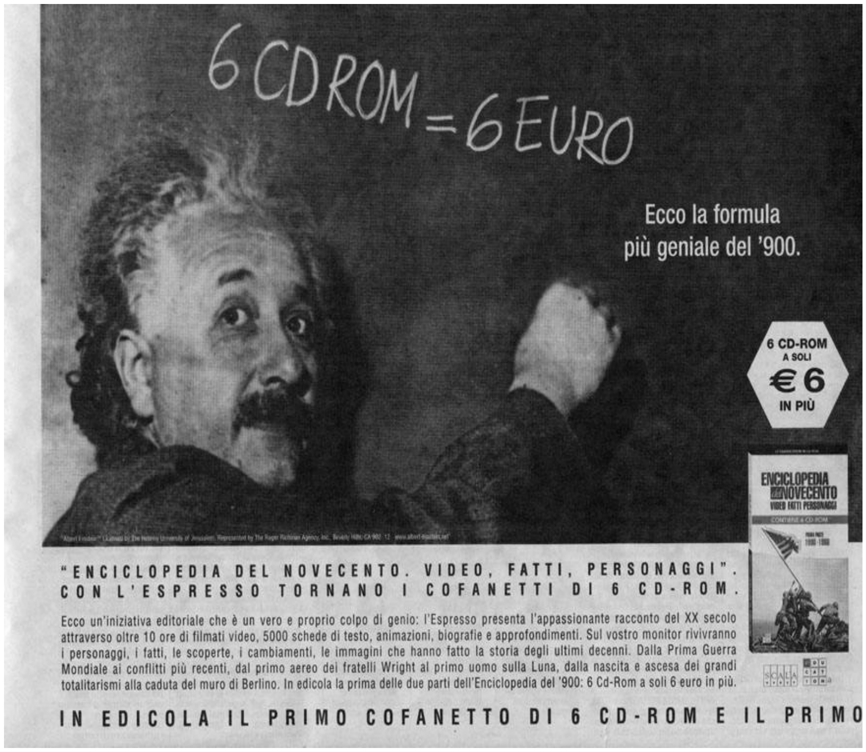


Figura 7: "Ecco la formula più geniale del '900. 6 CDROM=6 Euro

La seconda pubblicità gioca con due aree semantiche, la storia (in particolare dell'ultimo secolo) e la genialità, sintetizzandole in una fotografia di Einstein che scrive alla lavagna una equazione matematica elementare, accompagnata dal *claim* 'la formula più geniale del '900'.

Il tono dell'annuncio è chiaramente parodistico e la funzione dell'equazione presentata sulla lavagna (6 CD ROM = 6 EURO) è ugualmente ironica: la sua semplicità, che richiama esplicitamente la convenienza dell'offerta reclamizzata, associata all'immagine del genio tedesco, crea un immediato effetto ridicolo e induce al sorriso il lettore.

In questo caso il segno usato in modo simbolico è l'immagine di Einstein più che la formula in sé stessa, che appare strumentale a quest'ultima. Tuttavia l'effetto parodico si basa anche sul ribaltamento delle attese che il lettore proietta sulla formula: la genialità è la convenienza di un'offerta mai vista e non qualcosa al di sopra della comprensione comune come ci si aspetterebbe.

3) Etro

Figura 8: il riquadro mette in evidenza la formula $E=mc^2$

Questo esempio, assieme al successivo, è particolarmente significativo come caso di uso simbolico della notazione matematica.
Tracciata a 'matita' sullo sfondo dell'annuncio assieme ad altri segni esoterici e ad alcune scritte di difficile comprensione, è visibile l'equazione $E=mc^2$. Chiaramente la formula è utilizzata senza alcun significato specifico e per giunta associata a un istogramma a barre, che nulla può avere a che fare con essa. La sua funzione è quella di proiettare il lettore nel lavoro creativo-progettuale implicito nella realizzazione della borsa reclamizzata. In particolare, la formula richiama la natura 'scientifica' di parte di questo lavoro e quindi la sua complessità e il suo valore. Gli altri segni sullo sfondo evocano invece lo sforzo artistico del medesimo lavoro progettuale.
È chiaro che non esiste alcuna retta interpretazione dei segni esaminati, la stessa lettura appena proposta può essere giudicata al massimo, per usare la parole di Eco, un "orientamento di codici possibili". Questo del resto è uno dei tratti chiave del 'modo simbolico' così come esposto in precedenza.

È interessante notare come in un contesto d'uso così evocativo la formula scelta sia quella einsteiniana della conversione dell'energia in massa: questo sembra confermare, assieme alla foto scelta nell'inserzione precedente, come la figura stessa di Einstein e il suo lavoro siano diventati, nell'immaginario collettivo, 'simboli' moderni di scienza e genialità. Il risultato conferma, tra l'altro alcuni dati empirici raccolti nell'ambito dell'Osservatorio permanente su bambini e scienza (ICS, SISSA):

“Su tutti, svetta Albert Einstein che totalizza 3615 voti (cioè, è stato segnalato da sette ragazzi su dieci) e che, ragionevolmente, va considerato un caso a parte, infatti, più che di uno scienziato, oramai si tratta di un simbolo, di un'icona. Einstein è la scienza personificata. Controprova ne è che il suo nome viene storpiato in decine di grafie errate, quasi a fornirci un indicatore della popolarità dello scienziato, che trascende la sua conoscenza effettiva”[33].

4) Enel & Ariston

[33] Gouthier D., Castelfranchi Y., Manzoli F., Cannata I., *L'evoluzione dell'immagine della scienza dall'infanzia all'adolescenza*, Rapporto 2003 a cura dell'Osservatorio permanente su bambini e scienza, ICS, SISSA, ottobre 2003.

Figura 9: “Ariston ed Enel. Un nuovo modo di pensare il valore”

L’ultima pubblicità o scelto fa dei simboli matematici uno degli elementi centrali dell’inserzione. L’immagine mostra una mano di bambino che scrive su uno specchio con un pennarello nero una serie di equazioni complesse. La sua immagine riflessa ci dice che è molto piccolo, probabilmente ha solo pochi mesi. Il *claim,* al centro dell’immagine in rosso, dice “Ariston ed Enel. Un nuovo modo di pensare il valore”.

In questo caso i pubblicitari giocano nell’associare in modo metonimico e paradossale due campi semantici solitamente separati e distanti: la scienza, con la complessità e la difficoltà matematica ad essa associate (e con la relativa, già citata, proiezione di genialità su chi la pratica), e l'infanzia, con la sua ingenuità e potenzialità di crescita (oltre che novità e vita). A unire le due aree è il tema del valore, visualizzato in un neonato che già padroneggia una conoscenza evoluta espressa tramite codici linguistici specialistici e lontani dalla lingua naturale. Ancora una volta, dunque, i segni matematici sono usati in modo simbolico per suscitare emozioni legate al dominio della complessità della conoscenza scientifica, senza che però la loro presenza metta in moto un percorso interpretativo chiaro e univoco.

È interessante inoltre notare un richiamo intertestuale molto forte tra questa immagine e una sequenza del film premio Oscar *A beautiful mind* di cui ci occuperemo in seguito, ben evidente se si confronta l'inserzione in questione con la figura 10 di pagina 74. Simili riferimenti tra realtà diverse che fanno parte del comune immaginario culturale, o, per usare una terminologia maggiormente semiotica, dell'enciclopedia di un momento storico determinato, dimostrano la pertinenza del modello interpretativo di Peirce e illustrano come in molte delle pratiche comunicative cui siamo sottoposti ogni giorno, ci venga chiesta (o venga comunque presupposta) l'attivazione di catene di interpretanti intersoggettive.

3.5.2 Cinema e teatro

Oltre alla pubblicità, esistono altri contesti tipici della divulgazione scientifica e in particolare matematica, in cui l'utilizzo di simboli e formule avviene secondo i canoni del modo simbolico, così come è stato definito in precedenza. Si tratta di situazioni testuali e discorsive, estremamente diffuse, tanto da diventare quasi *topoi* della comunicazione pubblica della matematica. Alcune tra le opere cinematografiche e teatrali di maggior successo tra il grande pubblico degli ultimi anni possono essere citate come esempi.

Mi riferisco in particolare al film *A Beautiful Mind*, vincitore di due premi Oscar nel 2001, e allo spettacolo teatrale *Copenaghen*, presentato nella sua prima versione italiana nel 1999 a Udine e ancora in Tournée in tutta Italia con grandissimo riscontro di pubblico.

A beautiful mind è incentrato sulla vicenda umana di John Nash, vincitore del premio Nobel per l'Economia nel 1994 per le ricerche svolte tra il 1950 e il 1958 sulla teoria dei giochi, strumento essenziale per i modelli matematici in economia. Nel film si parla della schizofrenia che affligge il matematico e della sua storia personale travagliata a complessa, ma anche del famoso teorema dell'equilibrio di Nash, come pure dell'interesse, che diventerà patologico, del suo creatore/inventore per la teoria dei codici. Si parla, quindi, anche di matematica, e in alcune scene lo si fa utilizzando forme di notazione simbolica.

Ciò avviene in due diverse categorie di sequenze: in primo luogo, formule e simboli compaiono nella prima parte del film, durante il periodo che Nash trascorre a Princeton, dove sta svolgendo il suo PhD; in secondo luogo, simboli numerici e codici si susseguono in molte scene della seconda parte del film, a testimoniare l'ossessione crescente dello scienziato per la decifrazione di codici e schemi cifrati.

In entrambi i casi, il modo in cui simboli e segni sono usati è assimilabile al concetto di modo simbolico così come è stato esaminato nei paragrafi precedenti. Simboli e formule compaiono, infatti, sulla lavagna o sui vetri della biblioteca (vedi figura 10), ma non sempre si tratta di segni pertinenti con le teorie di cui si sta parlando, non sempre sono i simboli giusti da un punto di vista matematico, cioè. Del resto, come previsto dal modo simbolico, il ruolo dei segni matematici in questa situazione comunicativa non è tanto quello di illustrare, nel corretto formalismo della matematica, i concetti di cui sta parlando, bensì quello di richiamare alla mente degli spettatori immagini ed emozioni legati al campo semantico della complessità, dell'astratezza e della genialità (nel film, anche deviante) dell'uomo che li sta utilizzando. Nella seconda parte del film, in associazione con la ripetizione di alcune cifre specifiche, a questa nebulosa di significati si aggiungono alcune proprietà che richiamano la maniacalità e l'ossessione, e che hanno la funzione di dare uno spessore ancora maggiore alla rappresentazione della malattia di Nash più che alle teorie matematiche su cui lavorava in quel periodo della sua vita. In queste sequenze si perde, del resto, e presumibilmente non a caso, la struttura sintattica della formula e compaiono solamente successioni di cifre e variabili.

Michele Emmer, in una recensione del film comparsa sul *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana* nell'agosto 2001[34], nota come nella sceneggiatura del film (che si aggiudicò il premio Oscar) scompaia, rispetto al libro da cui la pellicola è tratta[35], un argomento centrale nell'attività matematica di Nash: il diciannovesimo problema di Hilbert, e il relativo teorema di De Giorgi-Nash, che ha contribuito a risolverlo.

Non se ne parla perché è difficile parlarne, sostiene Emmer, perché esiste un effettivo problema di linguaggio. Eppure il giudizio sul film è ugualmente positivo: "come matematico e come spettatore, o come spettatore e come matematico, penso che il film sia *mathematically correct* e appassionante, nel senso che fa appassionare alla storia e al personaggio" (op.cit., pag. 337). E in effetti la forza del modo simbolico è quella di suscitare emozioni, di lasciare allo spettatore uno spazio interpretativo più ampio, di appassionarlo, cioè, suscitando in lui/lei reazioni legate al suo personale immaginario matematico.

[34] La Matematica nella Società e nella Cultura, *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana,* n.8, 4-A, Agosto 2001, 331-343
[35] S.Nasar, *Il genio dei numeri*, Rizzoli, Milano, 1999

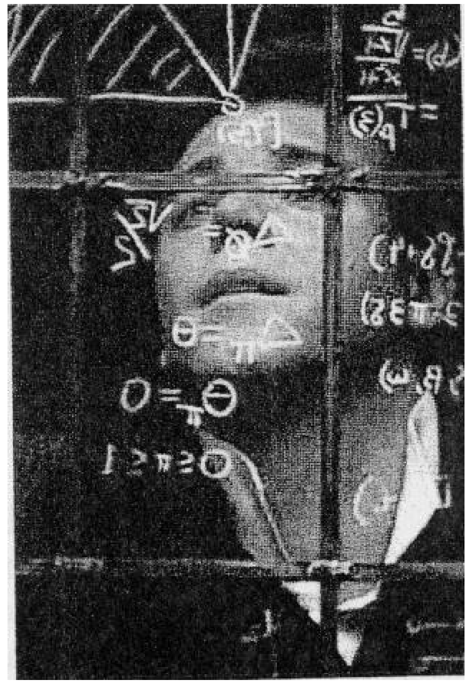


Figura 10: foto dal film *A Beautiful Mind.*Si nota la somiglianza iconografica con l'inserzione riportata in figura 9

Un altro esempio significativo di uso dei segni matematici secondo il modo simbolo è rappresentato da *Copenaghen,* commedia in due atti dell'inglese Michael Frayn. La *piéce* teatrale è tutta incentrata sull'enigmatica visita che nel 1941 Werner Heisenberg, fisico di punta della Germania nazista, fece al suo maestro di un tempo, Niels Bohr, nella capitale della Danimarca occupata. Lo spettacolo, rappresentato per la prima volta a Londra nel 1998 e riproposto in Italia dal CSS di Udine e dall'ERT dell'Emilia Romagna nel 1999, ha vinto nel 2001 tre Tony Awards (gli Oscar del teatro americano) e continua a riempire le sale, nonostante la rappresentazione non sfugga argomenti complessi di fisica atomica: l'opera è di fatto un unico, lungo dialogo tra i due fisici (nella versione italiana Umberto Orsini è

Bohr e Ivan Popolizio è Heisenberg), mediato dalla presenza delle moglie di Bohr, Margrethe (interpretata da Giuliana Lojodice).

Anche in questo caso, e più che in *A Beautiful Mind*, oltre che delle vicende personali dei due protagonisti in un momento critico del secondo conflitto mondiale, si parla molto di fisica. È lo stesso Frayn, in un intervista rilasciata al *New York Times*[36] a spiegare come fosse impossibile pensare lo spettacolo altrimenti: "I won't have done it if it didn't seem essential to the story. It's difficult to understand why everyone felt they were absolutely safe, as far as the usage of atomic bomb is concerned, unless you explain about the two uranium isotopes and fast neutrons. And you can't make clear why the balance of probability began to change unless you explain the change of uranium into plutonium in a reactor. You simply cannot tell the story without explaining those things".

Nell'illustrare la fissione nucleare o il principio di indeterminazione, gli attori sulla scena si aiutano con gesso e lavagna (la scenografia, scarna ed essenziale, prevede tre sedie, una per ciascuno dei protagonisti, e una grande lavagna circolare a fare loro da sfondo, quasi che l'incontro avesse luogo in un'aula universitaria invece che in casa Bohr) e tracciano spesso formule a schemi per agevolare il flusso delle argomentazioni. I simboli in questione, alcuni dei quali già presenti sulla lavagna prima dell'inizio dello spettacolo, a volte non parlano della fisica a cui fanno riferimento Heisenberg e Bohr. Ancora una volta le formule rappresentate non sono sempre quelle 'giuste' rispetto al discorso: la loro funzione è quella di fornire agli spettatori uno schermo su cui proiettare immagini e associazioni mentali e affettive legate alla fisica nel suo complesso. Sono ancora una volta segni usati in modo simbolico.

E certamente aiutano il pubblico, assieme alla capacità e alla bravura di attori di prim'ordine, ad appassionarsi al processo argomentativo della scienza, a pensare alla matematica come a qualcosa di vitale e vivo, capace di creare divisioni e rafforzare legami di amicizia, proprio come altri aspetti della vita umana.

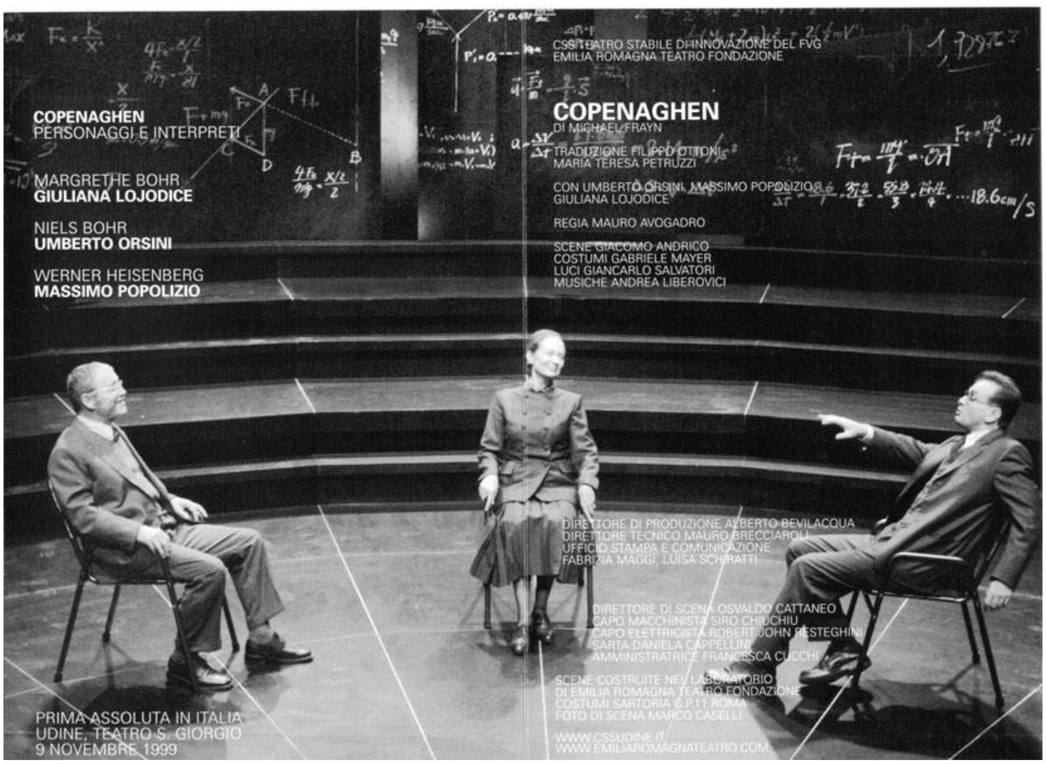


Figura 11: la locandina italiana di *Copenaghen*. Si nota sulla sfondo la lavagna coperta di formule che funge da scenografia

Quale che sia il valore artistico di questi due esempi di utilizzo dei segni secondo il modo simbolico nella comunicazione pubblica

[36] *Science Finding A Home Onstage,* The New York Times, Friday June 2nd 2000

della scienza, sicuramente essi ben dimostrano come sia possibile coinvolgere il pubblico con argomenti di natura matematico/fisica utilizzando, tra gli altri strumenti discorsivi a disposizione, anche il linguaggio formale della matematica per legare la rappresentazione dell'intelligenza matematica alla coscienza, all’emotività e perfino al senso comune.

Capitolo 4
Il mago dei segni

4.1 Simboli matematici e nuove strategie di comunicazione pubblica della disciplina

Abbiamo esaminato nel capitolo precedente la nozione di 'modo simbolico' come una delle possibili modalità d’uso del segno matematico nella comunicazione ai pubblici di non esperti.
Anche se si tratta probabilmente del modo più diffuso di utilizzare formule e segni propri della notazione matematica, esistono tuttavia altre possibili strategie linguistico/discorsive per parlare della matematica in modo letterario e divertente, senza sfuggire o aggirare il problema della notazione simbolica astratta, ma facendo del linguaggio 'cifrato' della disciplina uno degli oggetti centrali del comunicare scienza a chi scienziato non è.
Analizzare e approfondire alcune caratteristiche di questi percorsi di divulgazione della matematica alternativi al *mainstream* della comunicazione pubblica è l'obiettivo di questo capitolo. Una simile analisi dovrebbe consentirci di mettere alla prova, in un caso di studio specifico, i concetti teorici finora esaminati e di verificare la possibilità di utilizzarli nella pratica del comunicare scienza come meccanismi di buona prassi per la comprensione del pensiero matematico.

Un esempio particolarmente significativo di questa seconda modalità d’uso del simbolo matematico nella comunicazione pubblica della matematica è rappresentato da un libro per ragazzi (letto e apprezzato però anche da molti adulti, matematici e non), scritto alcuni anni fa da uno dei più importanti autori tedeschi contemporanei: *Il mago dei numeri* di Hans Magnus Enzensberger. Tre caratteristiche principali rendono quest'opera particolarmente adatta a essere utilizzata come caso di studio per mettere alla prova l'applicabilità operativa di alcuni dei concetti teorici esposti nel capitoli precedenti e in particolare nel capitolo 3:

1. è un testo che parla di matematica in modo documentato e accurato, e non solo di matematica elementare (piccoli calcoli sui numeri e così via), ma anche di alcuni problemi irrisolti o di alcune questioni chiave del procedimento e del pensiero matematico;
2. è un'opera ben scritta da uno scrittore e poeta di riconosciute capacità letterarie, e potrebbe pertanto essere oggetto di analisi critica in sé a prescindere dall'argomento matematico;
3. è un libro che ha riscosso e continua a riscuotere un notevole successo di pubblico, tant'è vero che, dopo la prima uscita nella prestigiosa collana letteratura di Einaudi (nel 1997), è da alcuni anni in catalogo, per lo stesso editore, nella collana ragazzi, assieme ai testi di alcuni degli autori contemporanei più creativi e significativi nell'ambito della letteratura per ragazzi e non solo (da Gianni Rodari a Mario Lodi, da Bianca Piztorno a Daniel Pennac).

4.2 Un libro da leggere prima di addormentarsi…

Di che cosa parla *Il mago dei numeri*? Il libro è un racconto a puntate, il racconto delle visite che ogni notte, per dodici notti, Teplotaxl (ma il nome si scopre solo alla fine), mago dei numeri dalle sembianze di diavoletto rosso, fa in sogno a Roberto, un ragazzino che ha un insegnante di matematica che si chiama Mandibola, il quale ama molto le ciambelle e propone ai suoi allievi problemi del tipo: "Se due pasticceri in sei ore fanno 444 ciambelle, quanto tempo impiegano cinque pasticceri per farne 88?". Roberto odia la matematica del grasso Mandibola e all'inizio è diffidente anche verso gli argomenti di cui gli parla l'irascibile mago, dotato di un bastone con cui scrive, in viola, su qualsiasi superficie (cielo, sabbia ecc.) e di strane calcolatrici gommose, ora piccole come chewing gum, ora grandi come divani.

Visita dopo visita, o meglio sogno dopo sogno i due diventano amici e Roberto impara ad apprezzare la matematica, scoprendosi, alla fine del racconto, addirittura insignito dell'ordine pitagorico, sebbene soltanto della quinta classe.

Figura 12: Roberto e il mago in una delle illustrazioni di Susanne Berger

Sfruttando la struttura seriale, adatta ai ritmi di lettura dei ragazzi ma apprezzabile anche dagli adulti per la sua valenza didattica, Enzensberger e il suo mago giocano con i numeri, con le loro proprietà e con le principali operazioni, guidando Roberto e i lettori tra l'elevamento a potenza e l'estrazione di radice, tra le serie di Fibonacci e i frattali, fino all'Inferno/Paradiso dei numeri dove è possibile fare conoscenza con alcuni dei più grandi matematici della storia, da Gauss a Russell, fino a Pitagora.

Il tutto è raccontato, dal punto di vista di Roberto anche se con la voce di un narratore esterno, con una prosa piana, ma mai banale, e attraverso dialoghi vivaci e molto reali.

In un intervista all'*Unità*[37] è lo stesso scrittore a chiarire come questo risultato sia frutto di un preciso lavoro: "È stato un divertimento concepire il progetto, immaginare la storia e misurare le parole. Da scrittore adulto mi sono dovuto liberare dal mio super ego letterario".

Liberare ma non troppo: dietro all'apparente semplicità del testo si nascondono, infatti, alcune precise scelte narrative e discorsive.

4.3 …dedicato a chi ha paura della matematica

Uno dei modelli del libro, per il tipo di prosa così come per alcune delle ambientazioni scelte, è sicuramente *Alice nel paese delle meraviglie* di Lewis Carroll e l'autore lo dice esplicitamente oltre a inserire nel testo un riferimento diretto nel racconto:

" – Mi sento un po' stupido, - brontolò Roberto. – Ma qui dove siamo? In un libro per bambini? L'ultima volta eri su una foglia di acetosella e adesso mi dici di sedermi su un fungo. Mi sembra di conoscerle queste cose, di averle lette da qualche parte.

[37] articolo di Oreste Pivetta, pubblicato il 3 ottobre1997

- Forse è il fungo di *Alice nel paese delle meraviglie*, - rispose il mago.

- Chissà cosa c’entra con la matematica, - borbottò Roberto”.

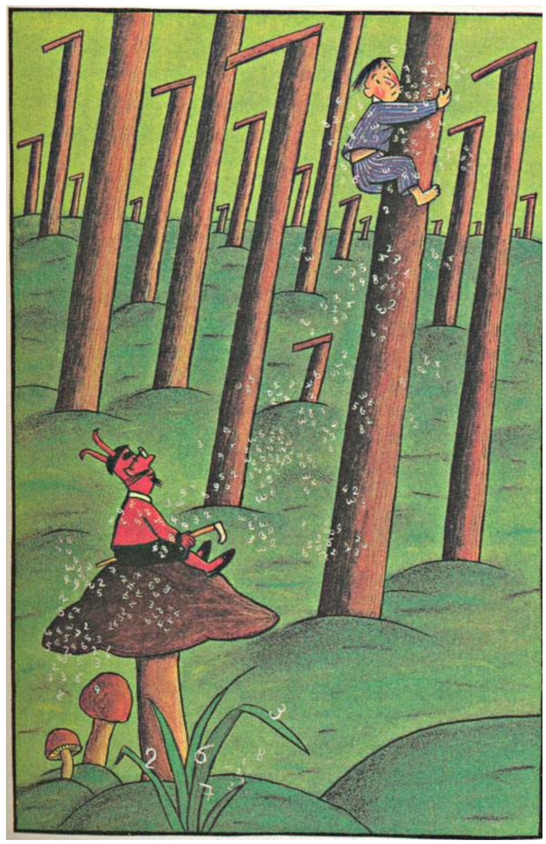


Figura 13: una delle illustrazioni del libro. Il modello di *Alice nel paese delle meraviglie* è ben evidente in questa ambientazione.

Come *Alice* e come molti libri per ragazzi, o catalogati come tali, *Il mago dei numeri* è un libro illustrato. I disegni di Susanne Berner, assieme ad altre precise scelte grafiche, sono in questo caso assolutamente funzionali allo svolgimento del racconto, di cui divengono parte integrante. Di fatto il testo è inimmaginabile senza di essi e questo comporta delle conseguenze importanti anche dal punto di vista delle scelte di comunicazione scientifica, come vedremo in seguito (in particolare nei paragrafi 4.6 e 4.7).

È interessante notare, come accennato in apertura del capitolo, che gli argomenti trattati nel libro hanno a che fare non solo con banali problemi di calcolo e con le proprietà più elementari dei numeri, ma anche con problemi della matematica contemporanea e con il modo in cui i matematici lavorano, come sottolinea di nuovo Michele Emmer in una recensione del libro apparsa nel 1997 su *Lettera Pristem*: "Ma di quale matematica il Mago dei numeri parla a Roberto? Si potrebbe credere che si tratti solo di matematica elementare, di piccoli calcoli sui numeri e basta. Errore: si parla di matematica anche attuale, addirittura di problemi non risolti, di congetture; con una grande precisione e accuratezza ma sempre in modo molto divertente e accattivante. Un libro che si può leggere come una fiaba ma che richiede uno sforzo mentale non indifferente se si vuole capire fino in fondo. Vi sono come in ogni libro di matematica che si rispetti dei problemi da risolvere e non c'è la soluzione! Se i ragazzi scoprono il libro (e io spero di sì) chi salverà i grandi dal cercare di aiutarli a capire?".

Il testo è stato naturalmente letto e studiato da molti esperti, i quali (come dice ancora un volta esplicitamente l'autore) hanno trovato e corretto qua e là qualche errore. L'elenco degli esperti che hanno rivisto l'opera e degli autori che Enzensberger ha consultato, infatti, raccoglie alcuni tra i più brillanti e importanti matematici degli ultimi anni (da John Conway a Ivar Ekeland, da Philip Davis a Heinz-Otto Peitgen a Ian Stewart e molti altri). “Ciò sta a testimoniare come *Il Mago dei numeri* non sia soltanto un tentativo di divertire se stesso e la figlia decenne Theresia, ma qualcosa di più, che ha richiesto” come rileva ancora Emmer, “un lavoro di documentazione e comprensione non banale. E che non si tratti solo di un libro curioso lo dimostra il fatto che oltre che documentatissimo il libro mostra anche un notevole sforzo per cambiare il modo di insegnare la matematica. Non che l’autore abbia inventato le cose che dice, ma ha creato un modo divertente e letterario per parlare di matematica seriamente. […] Spero che a nessun matematico venga in mente di leggere il libro cercando di trovare qualche errorino di traduzione o di calcolo; io non ne ho trovati ma se anche li avessi trovati il mio giudizio sul libro non sarebbe cambiato”.

4.4 Il *Mago dei numeri* e la comunicazione pubblica della matematica

Come già anticipato, abbiamo scelto di utilizzare il *Mago dei numeri* come banco di prova per verificare l’applicabilità di alcuni dei concetti teorici elaborati nei capitoli precedenti e per testarne la pertinenza operativa quando tradotti nella pratica del comunicare scienza ai pubblici dei non esperti.

Per questo, nell’analisi del libro di Enzensberger abbiamo individuato tre meccanismi, o strategie discorsivo-narrative, particolarmente interessanti ai fini della comunicazione pubblica della matematica.

1) La prima e la più evidente tra le strategie narrative usate nel *Mago dei numeri* è quella di rinominare completamente tutti i concetti matematici trattati, così come i nomi propri dei matematici citati. Nei suoi incontri notturni con il diavoletto rosso, infatti, Roberto non incontra i numeri di Fibonacci, ma i numeri bonaccioni; allo stesso modo i numeri immaginari diventano gli immaginati, gli irrazionali si trasformano in irragionevoli, gli interi in normalissimi, i primi in principi. Elevare a potenza è far saltellare i numeri, mentre estrarre la radice diventa estrarre le rape, e così via.
Questo espediente, che può sembrare soltanto una curiosità, è una scelta narrativa di importanza fondamentale e uno degli elementi di attrattività più forti del libro, sia per i bambini che per gli adulti. Nel prossimo paragrafo cerchiamo di analizzarne nel dettaglio le implicazioni utilizzando la nozione di 'mondo possibile', intesa come costruzione narrativa specifica.

2) Un altro meccanismo chiave di comunicazione nel *Mago dei numeri* è il sapiente utilizzo delle illustrazioni. Naturalmente la presenza di figure e immagini è una caratteristica tipica della letteratura per ragazzi e serve ad alleggerire il carico di lavoro cognitivo dei lettori più piccoli, che ancora non hanno acquisito piena dimestichezza con l'alfabeto e la sua astrattezza. Nel caso di un libro che parla di matematica cercando di non sfuggire il linguaggio astratto della disciplina, questa funzione assume un peso ancora più rilevante perché le illustrazioni diventano quello che chiameremo un *sostituto percettivo del simbolo*, una sorta di àncora sensoriale capace di dare realtà corporea ai concetti astratti

nascosti dietro cifre e formule. Esamineremo nel dettaglio le implicazioni di questo ruolo delle immagini nel paragrafo 4.6.

3) Disegni ed elementi grafici riescono, però, a fare qualcosa di più nel libro di Enzensberger. Accanto al tradizionale ruolo illustrativo, infatti, la particolare struttura grafica del *Mago dei numeri* ha una precisa funzione 'linguistica': le illustrazioni vengono utilizzate, cioè, invece che per sfuggire la notazione astratta, per darle enfasi e renderla parte integrante del testo, un elemento che aggiunge informazione al racconto verbale. Le illustrazioni contribuiscono, in particolare, a creare una speciale struttura testuale in cui la notazione simbolica emerge per la sua disomogeneità grafica rispetto alla normale argomentazione/narrazione.
Il libro riesce così a mostrare al lettore alcuni precisi aspetti sintattici del linguaggio matematico nella sua natura di testo più che di segno. Una simile disomogeneità e commistione tra linguaggio verbale e linguaggio simbolico è infatti un tratto caratteristico di qualsiasi forma di comunicazione della matematica, in particolare di quella che avviene tra matematici, tra esperti. Articoli scientifici e presentazioni, infatti, alternano parti simboliche a parti in cui l'argomentazione viene illustrata attraverso le lingue naturali. Ricreare queste condizioni nella comunicazione verso i pubblici di non esperti aiuta ad avvicinare le due forme discorsive e può contribuire a spezzare, almeno parzialmente, la cortina di incomprensione legata al senso di perfezione, di immutabile certezza che la formula mantiene agli

occhi del neofita (cfr. capitolo 1). Le implicazioni di una simile strategia saranno esaminate nel paragrafo 4.7.

4.5 Narratività e mondi possibili

Uno dei meccanismi che generano il piacere offerto dai testi narrativi, e in particolare dai racconti ‘fantastici’ o di immaginazione, quali in particolare le favole, le fiabe e molta letteratura per ragazzi, è legato a una precisa attività cooperativa che questo tipo di testi richiede a chi li legge[38]. Si tratta della comparazione tra mondo di riferimento del lettore (la realtà, per così dire) e mondo narrativo creato dal testo, il cosiddetto ‘mondo possibile’ del racconto.

La nozione di mondo possibile è un concetto che l’analisi testuale prende a prestito dalla logica modale e che identifica una costruzione culturale in cui un insieme di *individui*, forniti di certe *propietà,* realizza una serie di azioni, dando vita a un corso di eventi. (vedi Eco, op. cit., pag. 128). “Cosa accade quando delineo un mondo fantastico, come quello di una fiaba? Raccontando la storia di Cappuccetto Rosso ammobilio il mio mondo narrativo con un limitato numero di individui (la bambina, la nonna, il cacciatore, il lupo, due capanne, un bosco, un fucile, un canestro) forniti di un numero limitato di proprietà. Alcune delle assegnazioni di proprietà a individui seguono le stesse regole del mondo della mia esperienza (per esempio anche il bosco della fiaba è fatto di alberi), alcune altre assegnazioni valgono solo per quel mondo: per esempio in questa fiaba i lupi hanno la proprietà

[38] Cfr U. Eco, *Lector in fabula. La cooperazione interpretativa nei testi narrativi*, Bompiani, Milano 1979

di parlare, le nonne e le nipotine di sopravvivere all'ingurgitazione da parte di lupi" (op. cit., pag. 129).

Cappuccetto Rosso disegna dunque una serie di personaggi e proprietà che in parte si sovrappongono, in parte sono diversi da quelli del nostro mondo di riferimento. Riconoscere e accettare le differenze tra la realtà e il mondo possibile della narrazione è uno dei meccanismi, delle attività interpretative, su cui si basa il piacere del testo.

Il *Mago dei numeri* gioca con questo meccanismo creando una struttura narrativa in cui il confronto con il mondo di riferimento può avvenire a più livelli, in cui, cioè, esiste più di un possibile mondo di riferimento.

4.5.1 Lettori modello giovani/inesperti

Un primo livello di lettura stimola, come ogni fiaba, la comparazione tra il mondo del racconto (con i suoi numeri, principi, irragionevoli, normalissimi che siano) e il generico mondo del senso comune, inteso come mondo di chi di matematica potrebbe non sapere nulla.

Questo tipo di lettura, che si presume essere quello dei lettori più piccoli, ha una chiara valenza didattica. Anche se gli individui protagonisti del racconto (i numeri) hanno nomi diversi rispetto alla realtà, tuttavia le loro proprietà sono reali e non immaginarie e questo implica che i lettori procedendo nel racconto possano realmente imparare assieme a Roberto alcuni concetti matematici.

Naturalmente per usare nella vita quotidiana queste conoscenze i ragazzi dovranno poi riconoscere la natura 'fittizia' dei loro nomi. Li aiuta in questo l'avvertenza finale inserita da Enzensberger in appendice al racconto, che etichetta il mondo possibile del libro come ‘mondo dei sogni’: “Nei sogni è tutto diverso rispetto alla scuola o alla scienza. Quando Roberto o il mago parlano, a volte si esprimono in maniera un po’ strana. D’altra parte il *Mago dei numeri* è una storia insolita. Ma non crediate che tutti capiscano le parole che i due usano nei sogni! Il vostro prof. di matematica o i vostri genitori, ad esempio. Se a loro dite *saltellare* o *rapa* non capiranno assolutamente cosa state dicendo. Gli adulti, infatti quando parlano di queste faccende usano parole completamente diverse: invece di *saltellare* dicono *quadrare* o *elevare alla potenza*, e invece di *rapa* alla lavagna scrivono *radice*. I numeri *principi* durante le lezioni di matematica si chiamano *numeri primi*, e il vostro prof non dirà mai nella vita *cinque bum!*, perché deve usare un’espressione un po’ stramba: *cinque fattoriale.* In sogno naturalmente queste espressioni tecniche non esistono. Quindi quando il mago si esprime usando delle immagini e fa saltellare i numeri invece di elevarli alla potenza, non si tratta di un bambinata: in sogno facciamo sempre quello che ci pare”.

Queste poche righe sono molto interessanti dal punto di vista delle strategie comunicative per vari motivi:

- spiegano, innanzitutto, la differenza tra realtà e mondo narrativo, aiutando i giovani lettori a riconoscere l’arbitrarietà linguistica che lega nomi e concetti matematici (cfr. capitolo 1);
- fanno della capacità di parlare il linguaggio di Roberto e del mago un elemento di unificazione per i ragazzi/lettori, creando la sensazione di codice segreto inaccessibile agli adulti (genitori e prof di matematica), ribaltando la normale

sensazione di estraneità che la notazione matematica crea nel neofita;

- nel fare questo, infine, non tolgono credibilità a nessuno dei due mondi, la realtà e il sogno, aiutando così i lettori a riconoscere l'importanza dei concetti trattati prima che dei nomi ad essi assegnabili e ad attribuire anche alla matematica una dimensione creativa.

Gli effetti appena illustrati funzionano sui lettori più piccoli ma anche su un'altra tipologia di pubblico, che è costituita dagli adulti inesperti, dai 'malati da ansia di matematica', per usare un'espressione di Tobias[39]. Per questi ultimi, entrare nel mondo possibile della matematica rinominata di Enzensberger può significare liberarsi di alcuni pregiudizi, generatori di ansia e rifiuto per la disciplina, che essi tendono ad associare ai numeri e alle loro proprietà, e che sono legati alle proprie, presumibilmente negative, esperienze con la materia.

4.5.2 Lettori modello adulti/esperti

Accanto a una lettura che stimola la comparazione tra mondo possibile del racconto e mondo del senso comune, esiste nel *Mago dei numeri* un'ulteriore possibilità interpretativa: quella tra il mondo narrativo della favola e un mondo di riferimento che non è più la realtà del senso comune, bensì la realtà matematica, intesa come costrutto culturale, al di là di ogni possibile statuto ontologico.

[39] Op. cit., vedi capitolo 1

Questo secondo livello di lettura postula come proprio lettore modello l'adulto esperto, cioè dotato di competenza matematica, e fonda il piacere del testo nel riconoscimento della abilità creativa dell'autore nel creare nomi nuovi per gli oggetti matematici via via affrontati nel racconto. I nomi, infatti, sono frutto della fantasia dell'autore, ma la loro scelta è sempre spiegata al lettore: "Eh sì, i numeri sono creature davvero fantasiose" dice per esempio il mago a Roberto, "Sai, in fondo di banali non ce ne sono. Ciascuno ha il suo profilo, i suoi segreti. Non si riesce mai a scoprire tutti i loro trucchetti. […] E poi ce ne sono molti altri che sono ancora più indisciplinati e dietro la virgola fanno i matti. Sono i numeri irragionevoli. Si chiamano così perché non stanno alle regole del gioco. Se hai ancora un attimo di tempo e un po' di voglia ti faccio vedere cosa combinano" (pag. 68).

Anche a questo lettore esperto Enzensberger riserva in appendice alla storia una sorta di soluzione del gioco, creando una lista, che chiama 'Elenco persone e oggetti smarriti', in cui le parole usate da Roberto e dal mago sono associate a quelle vere, "quelle ufficiali usate dai matematici". L'elenco raccoglie anche argomenti e temi toccati nel libro senza che a loro sia stato attribuito un nome particolare. Lo scopo è chiarire a colpo d'occhio al lettore esperto come tra gli argomenti del racconto si nascondano concetti attuali e problemi irrisolti e stimolare la sua cooperazione nello scoprire come l'autore abbia deciso di affrontarli in un modo narrativamente accattivante e letterariamente piacevole.

4.6 Le illustrazioni come sostituto percettivo del simbolo

Uno degli ostacoli più significativi che qualsiasi tentativo di comunicare matematica al pubblico si trova a dover affrontare, (l'abbiamo ribadito più volte, vedi in particolare il capitolo 1 e il paragrafo 2.4), è la difficoltà di utilizzare elementi sensoriali per stimolare l'attenzione e l'interesse dei destinatari della comunicazione. Il problema è riassunto molto efficacemente da Piergiorgio Odifreddi: "Paragonando la matematica alla musica, si può dire che formule e regole di derivazione sono l'analogo delle note e dell'armonia: in entrambi i casi si tratta soltanto di strumenti tecnici concreti sufficienti (e necessari?) per esprimere un contenuto astratto. […] Rispetto alla musica, la matematica ha però un grave handicap: essa non può infatti far ricorso alla sensorialità (uditiva). Mentre è dunque possibile fruire della musica passivamente, senza saperla suonare o comporre, la matematica può essere fruita soltanto attivamente, riproducendola o facendola" (op.cit.).

In linea con quello che abbiamo chiamato il *mainstream* della comunicazione scientifica, Odifreddi sostiene che, per ovviare a questa mancanza di sensorialità, sia necessario evitare l'uso di formalismi e tecnicismi. A suo modo di vedere, per avvicinare il pubblico alla matematica, è possibile seguire un percorso di progressivo avvicinamento alla sostanza della disciplina (e alla sua notazione astratta): si possono, innanzitutto, analizzare i percorsi intellettuali dei matematici più noti, oppure leggere o studiare la storia della materia, per poi coinvolgere i lettori con giochi, indovinelli e rompicapo, garantendo così una graduale messa a fuoco dei concetti matematici veri e propri.

In realtà, è possibile superare in parte il problema dell'astrattezza dei contenuti matematici anche senza necessariamente costringere il neofita a percorrere tutti gradini di questa ipotetica scala di accesso alla matematica.

L'uso sapiente delle illustrazioni, per esempio, può rappresentare una via alternativa per associare all'esposizione di concetti matematici astratti una qualche forma di esperienza sensoriale, basata non sull'udito, come per la musica, ma sulla vista. L'illustrazione diventa, in questo caso, un vero e proprio *sostituto percettivo del simbolo*, cui riesce ad attribuire una qualche forma di realtà fisica, anche se immaginaria.

Un simile meccanismo di rinforzo semiotico è ampiamente usato nel *Mago dei numeri* ed effettivamente il libro presenta tutte le condizioni per far sì che questa strategia di comunicazione abbia successo.

Il ricorso a forme di visualizzazione extra-matematiche, infatti, funziona in modo particolare quando è associata alla dimensione discorsiva del racconto, della narrazione. Come illustrato nel paragrafo precedente, il riconoscimento di un 'patto narrativo' tra emittente e destinatario della comunicazione innesca precisi meccanismi di cooperazione tra testo e lettore e rende possibile l'attribuzione di proprietà, anche fisico-sensoriali, nuove (o comunque diverse da quelle del mondo di riferimento), agli individui che popolano l'universo possibile del racconto (i concetti matematici in questo caso).

Figura 14: l'illustrazione posta in copertina del libro. Le serie dei numeri naturali, primi, di Fibonacci ecc. assumono dimensione corporea diventando altrettanti ragazzi.

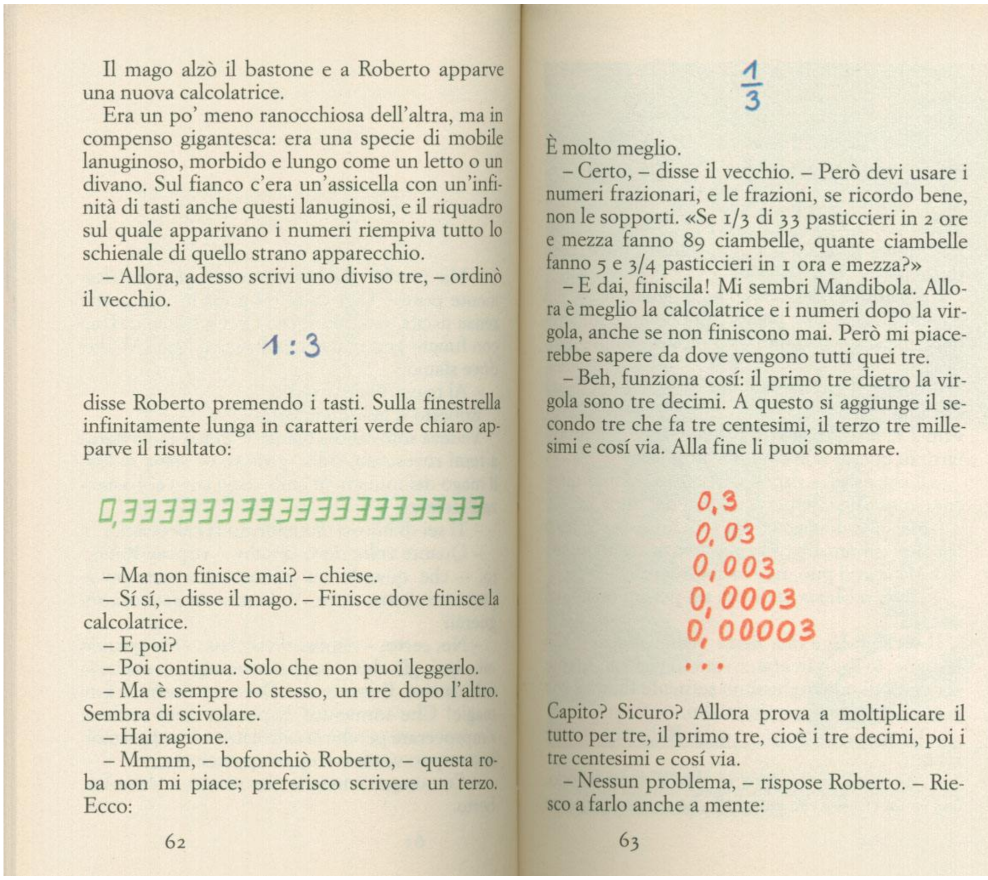
Il mago dei numeri non è del resto il primo né l'unico tentativo di 'dare corpo', in un contesto narrativo e letterario, ai concetti matematici. L'esempio forse più autorevole in questo senso è *Flaltland* di Edwin Abbott (1884). Dal romanzo che descrive un modo a due solo dimensioni Michele Emmer ha tratto un lungometraggio particolarmente originale[40], in cui la realtà quotidiana di questo universo completamente 'piano' diviene visualizzabile e assume realtà fisica grazie al sapiente uso della macchina da presa e ad alcuni stratagemmi scenografici.

La possibilità di attribuire una dimensione percettiva ai concetti matematici attraverso sostituti percettivi, e in particolare visivi, che facciano emergere la natura iconica dei simboli astratti propri della disciplina (cfr. paragrafo 2.6) è più rilevante e generale di quanto uno possa aspettarsi. Se è vero che il suo utilizzo dipende dall'esistenza di una situazione discorsiva basata sulla narratività, è altrettanto vero che la stessa narratività è riconosciuta oggi come uno degli strumenti primari e più efficaci di comunicazione in qualsiasi ambito di discorso, dal giornalismo alla saggistica.

4.7 Enfatizzare la struttura sintattica dei testi matematici attraverso la grafica

C'è nel *Mago dei numeri* un'altra scelta grafica di fondamentale importanza dal punto di vista delle strategie per una efficace comunicazione al pubblico degli aspetti linguistici propri della disciplina: si tratta della scelta di dare particolare enfasi visiva alle cifre e alle formule che intervallano il discorso verbale, come illustrato per esempio nella figura 9.

[40] *Flatland* di M. Emmer, serie Art and mathematics, FILM 7 prod. Roma (1991)



Il mago alzò il bastone e a Roberto apparve una nuova calcolatrice.

Era un po' meno ranocchiosa dell'altra, ma in compenso gigantesca: era una specie di mobile lanuginoso, morbido e lungo come un letto o un divano. Sul fianco c'era un'assicella con un'infinità di tasti anche questi lanuginosi, e il riquadro sul quale apparivano i numeri riempiva tutto lo schienale di quello strano apparecchio.

– Allora, adesso scrivi uno diviso tre, – ordinò il vecchio.

1 : 3

disse Roberto premendo i tasti. Sulla finestrella infinitamente lunga in caratteri verde chiaro apparve il risultato:

0,33333333333333333333

– Ma non finisce mai? – chiese.

– Sí sí, – disse il mago. – Finisce dove finisce la calcolatrice.

– E poi?

– Poi continua. Solo che non puoi leggerlo.

– Ma è sempre lo stesso, un tre dopo l'altro. Sembra di scivolare.

– Hai ragione.

– Mmmm, – bofonchiò Roberto, – questa roba non mi piace; preferisco scrivere un terzo. Ecco:

62

$\frac{1}{3}$

È molto meglio.

– Certo, – disse il vecchio. – Però devi usare i numeri frazionari, e le frazioni, se ricordo bene, non le sopporti. «Se 1/3 di 33 pasticcieri in 2 ore e mezza fanno 89 ciambelle, quante ciambelle fanno 5 e 3/4 pasticcieri in 1 ora e mezza?»

– E dai, finiscila! Mi sembri Mandibola. Allora è meglio la calcolatrice e i numeri dopo la virgola, anche se non finiscono mai. Però mi piacerebbe sapere da dove vengono tutti quei tre.

– Beh, funziona cosí: il primo tre dietro la virgola sono tre decimi. A questo si aggiunge il secondo tre che fa tre centesimi, il terzo tre millesimi e cosí via. Alla fine li puoi sommare.

0,3
0,03
0,003
0,0003
0,00003
...

Capito? Sicuro? Allora prova a moltiplicare il tutto per tre, il primo tre, cioè i tre decimi, poi i tre centesimi e cosí via.

– Nessun problema, – rispose Roberto. – Riesco a farlo anche a mente:

63

Figura 15: esempio di due pagine tipo del *Mago dei numeri.* Si nota l'alternanza tra testo e elementi numerici, enfatizzati graficamente con tratto e colori specifici.

Questa scelta trasforma il libro in un testo graficamente disomogeneo, in cui è possibile distinguere due percorsi argomentativi/narrativi che si intersecano continuamente: i dialoghi tra Roberto e il mago, espressi nella lingua naturale, da una parte, e il percorso matematico dall'altra, con cifre, funzioni e proprietà scritte 'a matita' e in cui ogni tipologia di numero mantiene un colore preciso.

Sicuramente una simile enfatizzazione grafica e cromatica è utile sotto il profilo didattico perché mette in evidenza i concetti matematici via via trattati nel racconto. Tuttavia, dal nostro punto di vista, è una scelta discorsiva particolarmente significativa anche per un altro motivo.

La disomogeneità linguistica, o meglio notazionale, del racconto è la stessa che caratterizza qualsiasi discorso matematico. Abbiamo visto, infatti, nel capitolo 1, come il lungo percorso che ha portato all'affermazione di un simbolismo universale in matematica non abbia comunque cancellato del tutto il ricorso alle lingue naturali, considerate e utilizzate ancora oggi (in particolare l'inglese) come lo strumento privilegiato per la spiegazione del percorso dimostrativo utilizzato per raggiungere un determinato risultato di ricerca.

A una prima scorsa e facendo eccezione per i disegni a funzione puramente illustrativa (di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente), dunque, il racconto di Enzensberger si presenta del tutto simile a un articolo scientifico di argomento specialistico, con l'unica differenza che in quest'ultimo cifre, simboli e formule non si presenterebbero colorate.

La somiglianza sintattica di due forme di comunicazione per altri versi così distanti aiuta il lettore non esperto a percepire più chiaramente la natura 'strumentale' che simboli e formule hanno rispetto ai contenuti che veicolano e ciò contribuisce a ridurre la sua ansia matematica e la sensazione di trovarsi di fronte a un discorso del tutto indecifrabile.

Come nota Odifreddi, infatti, "La matematica viene scritta in un linguaggio formale e descritta secondo una metodologia logica, ma formule e regole non rappresentano altro che tentativi di formalizzazione a posteriori di pensieri intuitivi: secondo il noto aforisma di Einstein «Nessun matematico pensa per formule»". Mettere in evidenza questo aspetto, come succede nel *Mago dei numeri* significa contemporaneamente togliere importanza al sistema notazionale usato e dare maggior peso al procedimento, al pensiero argomentativo e dimostrativo che è proprio della matematica e della scienza nel suo complesso.

Del resto, anche nel discorso tra specialisti, la formula rappresenta un momento di sintesi, il precipitato formale di un percorso di pensiero che ha forti e precisi legami sintattici e intertestuali con tutti gli altri risultati del dominio di riferimento. Ai fini strettamente comunicativi, l'accettazione del contributo creativo di una nuova pubblicazione si fonda soprattutto sulla comprensione del percorso argomentativo esposto. È quest'ultimo l'elemento che ha il peso maggiore quando si guarda alla singola trattazione matematica.

Solo ponendosi nell'ottica più ampia della storia della disciplina sarebbe possibile identificarne alcune formule chiave capaci di parlare come testi in sé sintetizzando, senza la necessità di alcun ausilio verbale, il sapere di un determinato momento storico. Si pensi alla formula del teorema di Pitagora o alla conversione dell'energia in massa di Einstein. Tali formule costituiscono delle vere e proprie 'unità culturali sintetiche' ed è in virtù di questo loro statuto che riescono, come abbiamo visto nel paragrafo 3.5, ad entrare, attraverso la pubblicità per esempio, nell'immaginario di un determinato momento storico come segni usati in modo simbolico.

Conclusioni

L'obiettivo primario di questa tesi era indagare e comprendere meglio che cosa succede quando si cerca di comunicare matematica ai pubblici di non-esperti. L'attenzione del lavoro si è rivolta principalmente ad alcune difficoltà tipiche di questa disciplina e legate al linguaggio simbolico in cui la matematica si esprime. Il conflitto tra il linguaggio matematico e quello comune è, infatti, spesso considerato come uno degli ostacoli principali per una comunicazione efficace e coinvolgente verso il generico ed eterogeneo insieme dei non-esperti.

Per inquadrare meglio il problema abbiamo innanzitutto cercato di capire quale percorso storico abbia portato all'affermazione di una notazione simbolica universale in matematica e che cosa sia un simbolo matematico nella sua realtà di segno.
Abbiamo così scoperto che l'attuale simbolismo matematico è un'acquisizione relativamente recente nella storia della disciplina e che per lungo tempo è mancata ai matematici una forma espressiva universalmente accettata, al di là delle lingue naturali.
Una simile realtà, spesso sottovalutata dagli stessi storici, ha implicazioni molto importanti sotto il profilo della comunicazione pubblica della disciplina, perché contribuisce a rompere l'associazione, molto comune nella mente dei neofiti, tra il formalismo matematico e l'idea di un sapere perfetto, immutabile, privo di errori grazie alla precisione e univocità del suo linguaggio esoterico. La storia ci dimostra, al contrario, che anche la notazione matematica, come tutte le forme linguistiche 'vive', ha

subito nel tempo trasformazioni e cambiamenti, e ciò rende più facile considerare la matematica stessa come un procedimento creativo della mente umana (esattamente come altre componenti della nostra cultura) più che uno strumento di certezza con la tendenza a rimanere invariato nel tempo.

Anche l'analisi della struttura semiotica del simbolo matematico ha portato alla luce alcune contraddizioni rispetto alla visione prevalente nella tradizione logico-matematica, che considera simboli e formule come segni legati per pura convenzione ai concetti che esprimono, e quindi come elementi completamente univoci e non ambigui di un codice semantico intersoggettivamente definito.

Peirce, per esempio, pur riconoscendovi anche una dimensione convenzionale, considera il segno matematico un'icona, cioè un'espressione legata al suo significato da tratti di analogia. Questa sua visione, che è condivisa da un fisico autorevole come Werner Heisenberg, deriva dalla constatazione che un simbolo totalmente convenzionale non è in grado di comunicare nuove idee. Heisenberg parla di ambiguità implicita nel momento definitorio di ogni parola o segno, ma il succo del discorso è lo stesso: la convenzione serve per fissare un concetto una volta che la sua identità è stata riconosciuta intersoggettivamente, ma per concepire e comunicare idee nuove è necessario ricorrere all'analogia.

L'esistenza di un legame analogico tra espressione e contenuto implica che la comprensione del segno non si basi su una semplice decodificazione del codice linguistico di riferimento, ma preveda anche una vera e propria attività interpretativa da parte di chi riceve il messaggio. E qualsiasi interpretazione mette in gioco la competenza discorsiva ed enciclopedica dell'interprete, in altre parole il suo immaginario.

Per comprendere a fondo che cosa succede quando si voglia comunicare al neofita il sapere matematico senza necessariamente evitare l'uso di formalismi, diventa quindi importante analizzare meglio quale sia nell'immaginario comune il senso del termine 'simbolo', quali connotazioni e associazioni di immagini, cioè, il non esperto sia portato a legare a questa parola, a prescindere da qualsiasi riferimento esplicito a un contesto matematico preciso.
Con un simile obiettivo in mente abbiamo affrontato, nel terzo capitolo, l'analisi delle diverse accezioni e degli usi che il termine 'simbolo' assume nella tradizione filosofica e nel pensiero comune, e siamo andati alla ricerca, in alcune specifiche forme di comunicazione di massa (in particolare nella pubblicità, nel cinema e nel teatro), di esempi significativi di uso del simbolismo matematico, senza vincolare l'indagine a qualsivoglia intento divulgativo della materia.
Abbiamo incluso, dunque, anche forme di comunicazione, come la pubblicità, il cui obiettivo primario non è la trasmissione di un contenuto matematico specifico, ma in cui la matematica (o meglio alcuni suoi aspetti caratteristici) diventa uno strumento per veicolare messaggi genericamente persuasori su un prodotto o a un servizio.
Il risultato dell'analisi non sorprende, ma richiede un'attenta riflessione per le implicazioni che un simile quadro proietta sul

contesto comunicativo all'interno del quale si va a sviluppare qualsiasi progetto di comunicazione della matematica.

Sotto il profilo teorico, innanzitutto, è emersa una significativa difficoltà: nella foresta di determinazioni, talvolta contrastanti, che il termine 'simbolo' porta con sé, sembra impossibile individuare una definizione univoca. È tuttavia abbastanza facile identificare un 'modo simbolico' di *usare* i segni, qualsiasi sia la loro natura. Una simile modalità di utilizzo è basata sulla presunzione di un legame analogico con il concetto che il simbolo vuole rappresentare, ma soprattutto sull'associazione del segno a un'insieme vago di significati, a una nebulosa di senso. Usare parole, immagini, formule in modo simbolico significa, dunque, fare in modo che sia impossibile prescrivere una retta interpretazione del segno, al di là del riferimento a un dominio semantico generico.
I simboli propri della notazione matematica non sono immuni da questa forma di uso. Al contrario, questo è l'utilizzo prevalente che di essi si fa nella pubblicità e in alcune opere cinematografiche e teatrali di grande successo. In questi ambiti discorsivi, infatti, il formalismo matematico è presente (contrariamente a quanto forse ci si poteva aspettare), ma compare in dissociazione rispetto ai suoi significati propri: formule, cifre e simboli si svuotano cioè del loro senso e diventano veicoli di un vago contenuto di astrattezza e difficoltà, che si associa alla genialità di chi è in grado di usarli.

La presenza del linguaggio matematico nei mezzi di comunicazione di massa contribuisce sicuramente ad accrescere, agli occhi dei non esperti, il fascino della disciplina, vista come sfida per le menti più brillanti. Enfatizzandone, però, la distanza dalle altre forme del pensiero e della cultura, tale presenza può nel contempo aumentare la sensazione di ansia e di rifiuto verso la materia, che già affligge molte persone (e ha un ruolo, forse, nel vertiginoso calo delle iscrizioni alle facoltà scientifiche, in particolare a quelle dedicate alle scienze astratte).

Il ‘modo simbolico’ non è, tuttavia, l’unica possibile strategia discorsiva utilizzata e utilizzabile per comunicare matematica ai pubblici di non esperti. Esistono casi di divulgazione di successo che adottano modalità comunicative molto diverse da essa, senza evitare l’uso di formalismi e contemporaneamente senza svuotare questi ultimi del loro significato proprio.

Il caso da noi scelto e analizzato, tra i possibili esempi di un simile modello alternativo di comunicazione della scienza, è *Il mago dei numer*i di Hans Magnus Enzensberger, un libro per ragazzi che presenta molti spunti interessanti da questo punto di vista.

Alcuni dei meccanismi narrativi e linguistici usati nell’opera, infatti, possono sicuramente venire considerati come casi generalizzabili di ‘buona prassi’ del comunicare matematica e si rilevano efficaci strumenti di avvicinamento tra la comunicazione interna tipica dell’arcipelago degli esperti, con i suoi linguaggi e le sue regole, e la comunicazione pubblica, rivolta ai non esperti e influenzata dal contesto mediatico illustrato in precedenza.

La nostra ricerca individua nel libro tre esempi operativi di buona comunicazione pubblica della matematica, in particolare:

1. lo sfruttamento della dimensione narrativa come strumento di costruzione di un ‘mondo possibile’ matematico dalle numerose funzioni comunicative (espediente didattico efficace con i lettori più piccoli, ambientazione letteraria capace di superare i pregiudizi degli adulti sofferenti da ‘ansia della disciplina’, meccanismo attivatore di coinvolgimento e interesse per matematici ed esperti della materia);
2. l’uso sapiente delle illustrazioni come sostituti percettivi del simbolo, allo scopo di ancorare quelle ‘parole senza immagini’ che sono i segni matematici a un’esperienza sensorialmente significativa per il lettore;
3. l’enfatizzazione della struttura sintattica propria del testo matematico, nella sua alternanza di forme verbali e simboliche, per valorizzare il procedimento argomentativo, a scapito della formalizzazione simbolica.

Tutte queste strategie comunicative possono venire considerate come utensili disponibili nella cassetta degli attrezzi del divulgatore, che potrà usarli, a seconda del contesto e degli obiettivi della comunicazione, come tasselli utili nella costruzione di quelli che abbiamo altrove chiamato, sulla scia del modello Venezia, ‘ponti’ della comunicazione della scienza.

Bibliografia

1) Bonfantini M., Grassi L., Grazia R., a cura di, *Ch.S. Peirce, Semiotica*, Torino, Einaudi, 1980

2) Cajori F., *A History of Mathematical Notations*, The Open court publishing company, Chicago 1928-29

3) Cassirer E., *Filosofia delle forme simboliche,* La Nuova Italia, Firenze, 1961, pagg. 1-30

4) Castelfranchi Y., *Per una paleontologia dell'immaginario scientifico*, in 'Jekyll.com', N.6, 2003

5) De Mauro T., "Guida all'uso delle parole", Editori Riuniti, Roma, giugno 2003

6) De Saussure F., *Corso di linguistica generale,*Laterza, Bari, 2003 (I edizione 1968)

7) Devlin K., *Il linguaggio della matematica. Rendere visibile l'invisibile*, Bollati Boringhieri, Torino 2002

8) Eco U., *Lector in fabula. La cooperazione interpretativa nei testi narrativi*, Bompiani, Milano, 1979

9) Eco U., Semiotica e filosofia del linguaggio, Einaudi Editore, Torino, 1984

10) Eco U., La *ricerca della lingua perfetta nella cultura europea*, Laterza, Roma-Bari 1993

11) Emmer M., La Matematica nella Società e nella Cultura, *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana,* n.8, 4-A, Agosto 2001, pagg. 331-343

12) Enzensberger H. M., *Il mago dei numeri*, Einaudi, Torino 1997

13) Feys R., Fitch, F.B., *Dictionary of symbols of Mathematical logic,* North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1969

14) Firth R., *I simboli e le mode,* Laterza, Bari, 1977

15) Greco P., *Comunicare nell'era post accademica della scienza*, in 'Jekyll.comm', N.1, 2002

16) Gouthier D., Castelfranchi Y., Manzoli F., Cannata I., *L'evoluzione dell'immagine della scienza dall'infanzia all'adolescenza*, Rapporto 2003 a cura dell'Osservatorio permanente su bambini e scienza, ICS, SISSA, ottobre 2003

17) Hegel G. W. F., *Estetica*, Einaudi, Torino, 1976, pagg. 340-360

18) Heisenberg W., *Fisica e filosofia*, il Saggiatore, Milano 1961

19) Hjemslev L., *I fondamenti della teoria del linguaggio,* Einaudi Torino 1968

20) Jung C.G., *Opere*, vol. IX, t. I, Boringhieri, Torino, 1980, pagg. 1-53

21) Kaplan R., *Zero, storia di una cifra*, Rizzoli, Milano 2000

22) Leibniz G.W., *Elementi della caratteristica universale* (*Elementa Characteristicae Universalis*)

23) Molesworth W., *The English Works of Thomas Hobbes*, London 1845, Vol.VI, pagg. 310-316

24) Nasar S., *Il genio dei numeri*, Rizzoli, Milano, 1999

25) Odifreddi P., De Vulgari Matematica, rubrica del sito Einaudi - www.einaudi.it

26) Peirce C.S., *Collected papers of Charles Sanders Peirce*, Harvard University Press, MA, 1931-1958

27) Pitrelli N., *La crisi del "Public Understanding of Science" in Gran Bretagna*, in 'Jekyll.comm' N.4 ; 2003

28) Rotman B., *Mathematics as sign. Writing, imagining, counting*, Stanford University Press, California 2000

29) Schmandt-Besserat D., *How writing came about,* University of Texas Press 1996

30) Struik D. J., *Matematica: un profilo storico*, Universale Paperbacks il Mulino, Bologna 1981

31) Tobias S., *Come vincere la paura della matematica*, Longanesi, Milano, 1994

32) Todorov T., *Symbolisme et interpretation,* Seuil, Paris, 1978

33) Wittgenstein L., *Tractatus logico-philosophicus*, Einaudi, Torino, 1995 (prima edizione 1961)

FILM:

34) *A beautiful Mind,* regia di R. Howard, con R.Crowe, E. Harris, J. Connelly, C. Plummer. Bettany, J. Lucas, A. Goldberg, J. Hirsch, A. Rapp e V. Cardone, sceneggiatura di A.Goldsman, fotografia di R. Deakins, montaggio di D. Hanley e M. Hill; musica di J. Horner, produzione USA Dreamworks e Universal Pictures con Imagine Entertainment. Consulente per Princeton Harold Kuhn, 2001

35) *Flatland* di M. Emmer, serie Art and mathematics, FILM 7 prod. , Roma ,1991

OPERE TEATRALI:

36) *Copenaghen,* commedia in due atti di M. Frayn, regia Mauro Avogadro, con Umberto Orsini, Massimo Popolizio e Giuliana Lojodice, produzione Css Teatro stabile di innovazione del FVG, Ert – Emilia Romagna Teatro, 1999