

**Scienza, tecnica e *homo sapiens sapiens***

**Riflessioni sulla matematica**

**Giandomenico Boffi**

Ordinario di Algebra, Università degli Studi Internazionali di Roma – UNINT

“Scienza” come *hard sciences*

Fisica, chimica, biologia, etc.

... e matematica e informatica

Scienze “matematizzate” ?

Il successo della matematizzazione della fisica

Scienza influisce sulla visione del mondo

... e (soprattutto?) sulle nostre condizioni di vita

“Tecnica” come *saper fare*

Legame non accidentale fra scienza e tecnica:  
l'indagine scientifica cercherà sempre di avvalersi di tutto quel che sappiamo fare e, viceversa, il sapere scientifico non potrà non influenzare la peculiare maniera con cui *homo sapiens sapiens* si adatta all'ambiente circostante, cercando di adattarlo a sé

Le macchine rivelano molto dell'interiorità di *homo sapiens sapiens*

In particolare, l'essere umano è un animale matematico (*anche* un animale matematico)  
... e le macchine da esso ideate sono (*anche*) una materializzazione della matematicità del suo animo  
Cercherò d'illustrare due cose:  
... il ruolo della matematica nella scienza odierna, essenzialmente la fisica (“Parte prima”)  
... il legame tra matematica e natura umana (“Parte seconda”)

L'universo è sempre esistito ?

La teoria del *Big Bang*

... strumenti matematici che “spiegano” le origini

... viste dai nostri apparecchi perché la velocità  
della luce è costante

... ma questa è una nostra ipotesi teorica

Vediamo quel che supponiamo ?

Eppure mettiamo satelliti in orbita ...

La fisica contemporanea è un sofisticato tentativo matematizzato di comprensione della realtà cosmica, altamente corroborato dal successo tecnico che lo accompagna, ma pur sempre suscettibile di perfezionamento, di revisione e forse, in futuro, di abbandono a favore di un tentativo più soddisfacente. L'universo non accetta supinamente i nostri schemi interpretativi, come mostra la storia della scienza

Tre quesiti:

... chi decide se una teoria fisica è soddisfacente ?

... l'universo è intrinsecamente matematico ?

... che valore ha il principio antropico ?

Risposta al 1° quesito potrebbe essere:

decidono i competenti (fisici e altri) !

... ma comunità scientifica ha una dialettica interna

... e spesso dipende dal sostegno sociale

2° quesito: l'universo è intrinsecamente matematico?

... Galilei diceva di sì (come anche Dirac, ad es.)

... molti oggi dicono di no, ma allora l'efficacia della matematica in fisica sembra "irragionevole" (cfr. Wigner)

3° quesito: che valore ha il principio antropico ?

... le costanti universali sono fatte apposta per consentirci di essere qui ? ... sì, ... no



L'osservatore umano non è distinto dall'osservato naturale, specie in meccanica quantistica

La natura probabilistica della meccanica dei quanti

La natura discreta del microcosmo esplorato dalla meccanica quantistica

Una pluralità di approcci: un bene o un male ?

L'universo è forse un unico immenso automa cellulare ?

Un automa cellulare è un particolare tipo di sistema dinamico discreto, cioè una particolare funzione matematica che modella l'evoluzione d'un sistema al mutare d'una variabile “temporale” la quale non evolve in modo continuo, bensì “a salti”.

Famoso esempio è *Game of Life*, in cui ognuno degli stati del sistema è identificato con una distribuzione finita di caselle nere su una tabella bidimensionale infinita di caselle altrimenti bianche

La legge di evoluzione del sistema dice semplicemente che:

... se una casella bianca ha esattamente tre vicine nere, allora diventa nera

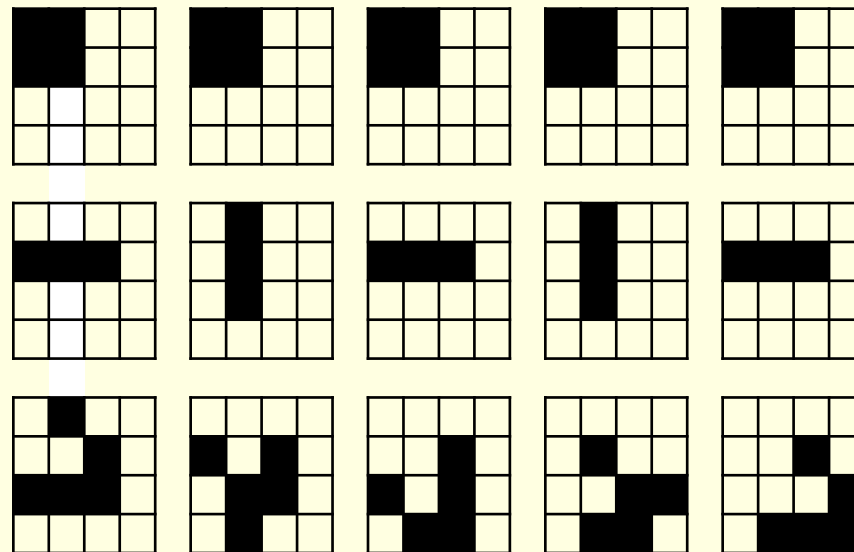
... se una casella nera ha due o tre vicine nere, allora rimane nera

... in tutti gli altri casi la casella (bianca o nera che sia) diventa bianca

Qui per casella vicina alla casella C si intende ognuna delle otto caselle V del disegno seguente:

V	V	V
V	C	V
V	V	V

Esempio con i primi stadi di tre processi evolutivi:  
uno stazionario, uno oscillante, uno “volante”  
(il tempo cresce verso destra)



Cenno ai fondamenti matematici e fisici delle  
tecniche di neuro-immagine, ad esempio:

EEG (multichannel **Electro**EncephaloGraphy)

fMRI (functional **Magnetic** Resonance Imaging)

MEG (**Magneto**EncephaloGraphy)

PET (**Positron** Emission **Tomography**)

SPECT (Single **Photon** Emission Computed  
**Tomography**)

Il delicato ruolo dell'analisi statistica

“La matematica non deve essere nella mente come un peso ma come una abitudine del pensiero: bisogna imparare a vedere i rapporti geometrici in tutta la realtà e a individuare le formule in tutti i fenomeni” (Pavel Florenskij, 1933)

... numeri

... geometria

... (lunghe) catene deduttive

*Homo sapiens sapiens* ha contato fin dall'inizio ?

Il numero 3 come astrazione di tre oggetti ...

I numeri “naturali”: 1, 2, 3, etc.

La geometria:

... astrazione dai bastoncini ai segmenti

... la propensione estetica

(quest'ultima è uno dei motori della matematica di sempre, non solo in geometria)



Dai numeri naturali alle frazioni tra di essi  
(confronto di grandezze?)

... generalizzazione delle operazioni di più e per  
alle frazioni

Le frazioni hanno caratteristiche nuove:  
date due frazioni, infinite altre tra di esse

Lo *choc* di Pitagora e la sua precomprensione

... numeri *irrazionali* come la radice quadrata di 2  
( $x^2 - 2 = 0$ )

Euclide: l'algebra *more geometrico* ...

Archimede e il rapporto tra circonferenza e diametro

... il “numero” pi greco

... un altro tipo di numero irrazionale

Il *Liber Abbaci* di Leonardo da Pisa (1202):

... una *summa* del Mediterraneo e non solo

... anche numeri negativi e lo zero

... ancora algebra *more geometrico*

... “trova la cosa il cui censo è 4” ( $x^2 - 4 = 0$ )

I numeri “reali” (frazioni positive e negative, zero, irrazionali positivi e negativi) ... in corrispondenza biunivoca con i punti della retta ... ci inganna la loro familiarità

I numeri “immaginari”  $i$  e  $-i$  per fornire soluzioni all'equazione  $x^2 + 1 = 0$  che non ne ha di reali

L'insieme  $\mathbf{C}$  dei numeri “complessi” della forma  $a+ib$  (dove  $i$  è come sopra mentre  $a$  e  $b$  variano tra tutti i numeri reali)

Anche i numeri complessi hanno le 4 operazioni  
... contengono le soluzioni di *tutte* le equazioni  
polinomiali a coefficienti reali e complessi  
... recano sorprendentemente informazioni profonde  
sugli stessi numeri naturali  
... svolgono un ruolo fondamentale anche al di fuori  
della matematica pura, dalla elettrotecnica fino alla  
meccanica quantistica

A fine Ottocento ancora un'altra evoluzione del concetto di numero, nel senso che si comincia a operare su insiemi di numeri come se essi stessi fossero in qualche senso dei numeri

Parallelo affermarsi della teoria degli insiemi e della aritmetica “transfinita” (quella relativa a insiemi infiniti), che rappresentano, in particolare, la definitiva accettazione in matematica del concetto di infinito attuale

Quale lezione da questa parzialissima cavalcata ?

Un tratto distintivo della matematica è la continua  
estrapolazione, a partire da concetti noti, di idee  
innovative e ben più generali

Il processo di estrapolazione richiede spesso una  
rivisitazione del patrimonio noto, ad esempio  
riconoscendo per i vecchi teoremi ipotesi prima  
implicite, ovvero rielaborandone le dimostrazioni

I canoni di rigore infatti mutano nel tempo con la disciplina, al fine di consentire la trattazione efficace delle nuove idee e dei nuovi teoremi

La matematica è in continua evoluzione (scoperta o invenzione ? )

In che senso allora si possono riferire alla matematica termini tradizionali come certezza, esattezza, precisione e simili?

Esattezza e certezza sono diverse: ci sono rami della matematica che trattano rigorosamente proprio di circostanze in cui l'esattezza non è possibile. Se poi la certezza chiesta alla matematica è una certezza assoluta e universale (quale non si conosce, mi sembra, in nessun'altra dimensione umana), allora non direi che la matematica fornisca tale certezza.



Se invece parliamo di un'attendibilità fondata su una lunga tradizione storica di responsabilità e credibilità comunitarie, allora direi che la (comunità) matematica fornisce ragionevoli certezze, rappresentando ancora oggi un termine di paragone per le altre scienze

La certezza matematica, insomma, è più di tipo storico che logico

Una citazione significativa:

“La logica, per quanto concerne noi matematici, non è né più né meno che la grammatica del linguaggio che usiamo, un linguaggio che doveva esistere prima che la grammatica potesse essere costruita.”

(Nicolas Bourbaki, 1949)

Ancora una domanda: com'è possibile che la matematica sia indigesta a tante persone ?

“Bisogna imparare a vedere” (Florenskij sopra)

... il pensare matematico non ci è dato senza fatica

... occorre invece educarcisi

“Fin dai primi giorni di vita il bambino è impegnato nell'impresa di estrarre conoscenza matematica dall'interazione del suo corpo con l'ambiente”

(Seymour Papert, 1981)

Un paradosso contemporaneo:

... tante evidenze a supporto del paradigma  
della mente “incorporata”

... larga diffusione di posizioni che tendono a  
“separarci” dalla nostra corporeità animale, quasi che  
il corpo fosse un mero tramite d’una non meglio  
specificata individualità monadica

Scienza, tecnica e *homo sapiens sapiens*  
Riflessioni sulla matematica

Ringraziamenti

---

Grazie

... a tutti voi, per avermi seguito oggi con  
tanta pazienza

... all' Area di Ricerca SEFIR,  
*voce Aree di Ricerca in <http://www.ecclesiamater.org/>*  
per avermi offerto tante occasioni di  
approfondimento negli ultimi quindici anni

*giandomenico.boffi@unint.eu*