

Fin

condotta

idee, realtà, arte, storia, numeri nascosti

OVVERO COME I NUMERI
SI SONO IMPADRONITI
DEL MONDO

Indice tematico

<p>IDEE (i numeri, Dante, la religione, la filosofia)</p> <p>Dante: struttura della <i>Divina Commedia</i> Simbologia numerica del 3 e del 7 nella <i>Commedia</i> Numerologia pitagorica Numerologia biblica: il n. 3 e il n. 7 La <i>Trimurti</i> indiana Kant: i <i>giudizi sintetici a priori</i></p>	p. 4
<p>REALTA' (i numeri, il cosmo, la fisica)</p> <p>Teoria dell'<i>universo inflazionario</i> Prove dell'<i>universo inflazionario</i> Teoria dell'<i>uovo cosmico</i> La nascita dell'universo: i primi tre minuti Termodinamica: storia, i <i>gas perfetti</i>, trasformazioni di stato, i tre <i>principi della termodinamica</i> ed il <i>principio zero</i></p>	p. 13
<p>ARTE (i numeri, l'arte, l'edilizia, la letteratura)</p> <p>Leonardo da Vinci: la <i>Gioconda</i>, gli studi di anatomia, l'<i>uomo vitruviano</i> La proporzione aurea in Leonardo, in Le Corbusier, nell'arte Le Corbusier, la <i>misura d'uomo e le Modulor</i> Lewis Carroll, impianto matematico di <i>Alice in Wonderland</i> Le <i>Cosmicomiche</i> di Italo Calvino</p>	p. 22
<p>STORIA (i numeri, la crittografia, la storia)</p> <p>La crittografia: il Codice Atbash Polibio - <i>Storie</i>, lb 10 - la scacchiera di Polibio Svetonio - <i>Vitae Caesarum</i> - Il cifrario di Cesare La crittografia nelle guerre mondiali</p>	p. 35
<p>NUMERI (le lingue dei numeri e le loro evoluzioni)</p> <p>Sistema numerico decimale, binario e sessagesimale L'<i>etnomatematica</i> Le correnti di pensiero all'interno del filone scientifico</p>	p. 43

PREFAZIONE

*«Chi muore senza avere imparato a conoscere la matematica ed i risultati della scienza della Natura, quegli muore senza aver conosciuto la verità»
(Karl Heinrich Schellbach)*

Avete mai pensato *«Che strazio i numeri e la matematica!»*, *«Non ci capisco proprio nulla!»*, *«È una materia inutile... a che mi serve nella vita saper fare un logoro coso o come cavolo si chiama?!?»*, *«Non ne posso più! Appena finisco gli studi finalmente non ne farò più! e guai a chi si azzarda soltanto a contraddirmi...»* o cose del genere?

Beh, se l'hai fatto, sei in buona compagnia: fai parte del 97% circa degli studenti italiani!

Magari non hai mai fatto pensieri così orrendi, ed in quel caso faresti parte del restante 3% degli italiani... certo, in fondo la compagnia ci sarebbe pure... in fondo... ma il calcolo delle probabilità mi suggerisce di non sperarci troppo...

Se poi facessi un sondaggio fra gli studenti italiani su cosa pensino riguardo all'interdisciplinarietà della matematica, dopo aver dovuto soddisfare la richiesta di spiegar loro il significato di "interdisciplinarietà" (pare che gli studenti italiani siano fra i più ignoranti d'Europa), probabilmente otterrei una risposta del tipo *«Non credo che la matematica possa trovare collegamenti con qualche altra materia, è troppo diversa, è un mondo a sé stante che non c'entra niente con tutto il resto!»*... sì, illusi!

Intere generazioni sono cresciute con questa piuttosto sciocca credenza, vera quanto il mostro di Loch Ness...

In ogni modo, riflettete un attimo. Dove siete per ora? In casa? al lavoro? da qualche parente? dentro una galleria d'arte? o su una panchina di un parco pubblico? magari vi state leggendo un bel libro? oppure state osservando un romantico cielo stellato? O forse siete in vacanza... e come vi muovete? In macchina? con un traghetto? in aereo? magari state andando in un hotel all'estero, o già ci siete... oppure in una baita di montagna? o in mezzo al mare su un gommone, o una barca, o ancor meglio in crociera? o magari sul bagnasciuga prendendo il sole? Ed intanto ingannate il tempo leggendo questo libricino trovato su uno scaffale di una libreria, solo soletto, fra le pubblicazioni a tiratura ridotta. Fate così: alzate lo sguardo da questo scritto e guardatevi attorno!... Ah, ovviamente **prima** finite di leggere questa pagina...

Fateci un attimo caso... quanti numeri, espliciti o nascosti, vi sono attorno a voi?

Come, non ne trovate di nascosti? Volete che vi aiuti io a scoprirli?

Premetto che io non lo so, perché non sono lì con voi e non mi è possibile contarli di persona, ma anche se fossi lì dovrei rinunciare all'*impresa*, perché in tutti i casi sopra proposti ed anche in tantissimi altri casi il totale *tende ad infinito!*

Non ci credete? Volete sapere perché? Continuate a leggere e troverete un po' di risposte... buona lettura!

Marco Guzzio

IDEE

(i numeri, Dante, la religione, la filosofia)

A volte i nostri pensieri volano alla velocità della luce e ci appaiono offuscati e di difficile ricostruzione, e l'unica cosa che ci rimane non è il filo logico bensì la conclusione; altre volte è la lucidità a guidare il flusso dei pensieri, anzi, per meglio dire, sono i numeri...

I numeri si sono ormai impossessati del mondo: regolano e misurano le distanze, catalogano le molteplicità, delimitano le realtà, classificano le persone e le personalità - il famoso "7 in condotta", per esempio, è la minaccia per eccellenza di tutti i professori d'Italia nei confronti degli alunni chiacchieroni - secondo scale scientificamente preordinate.

La stessa visione ed interpretazione del mondo viene filtrata secondo vari livelli e secondo varie matematiche.

La prima matematica che prenderemo in considerazione è la matematica di chi descrisse in versi immortali, scientificamente studiati, un allegorico viaggio mistico nel mondo dell'aldilà.

Sì, è proprio il modo di vedere il mondo e la matematica del poeta più illustre al mondo, il grande Durante Alighieri detto Dante!

Per capirci, nel caso qualcuno non conosca Dante, è l'uomo raffigurato sul retro della nostra cara moneta da due euro... basta guardarsi un po' in tasca!



Dante si rifà in parte alla *filosofia pitagorica*, in base alla quale *il numero è essenza di tutte le cose e la realtà è riducibile ai numeri*. A questa concezione si aggiunge la *teoria trinitaria* che occupa una posizione centrale in tutta l'opera dantesca: il numero tre viene ricondotto al mistero della Trinità, in base al quale Dio è uno e trino

nello stesso tempo, in quanto Padre, Figlio e Spirito Santo sono uniti in un'unica sostanza.

La concezione simbolica dei numeri nella "Commedia" di Dante si basa quindi sulla sistematica esaltazione del fatidico numero *tre* che viene a configurarsi così come *numero sacro*.

Sempre riconducibili alla sacralità del *numero perfetto* sono gli accenni alle tre virtù teologali (Fede, Speranza, Carità) infuse nell'uomo dallo Spirito Santo e rappresentate simbolicamente dalle "tre facelle" di cui "arde" il polo australe,



o ancora la descrizione delle intelligenze angeliche, divise in tre gerarchie, ciascuna delle quali è suddivisa in tre ordini.

Se si analizza con attenzione, l'intera opera presenta delle interpretazioni tutte basate su di una struttura ternaria. Guardandone la struttura, si nota che essa appare suddivisa in tre macro sezioni, chiamate "cantiche" (*Inferno*, *Purgatorio* e *Paradiso*), a loro volta divise in trentatré capitoli, i "canti", composti in "terzine dantesche". I 99 canti così costruiti sono anticipati da uno proemiale «*Nel mezzo del cammin di nostra vita...>>».*

I canti così ottenuti sono 100, cioè 10×10 , ed il dieci era l'altro numero sacro della cultura pitagorica oltre al tre ed all'uno, poiché erano i due numeri "triangolari" (il tre ed il dieci) ed il numero della *mistica unità* (l'uno).

Torniamo al numero tre. Il viaggio all'inferno dura in totale *tre* giorni; in aggiunta, nel primo canto proemiale, Dante incontra le *tre* fiere.

Quindi, nel paradiso i beati vengono suddivisi in tre categorie: nella prima parte della suddivisione incontriamo i tre cieli più vicini alla Terra in cui risiedono gli spiriti attaccati ai beni mondani; successivamente vi sono i tre cieli di Sole, Marte e Giove, dove risiedono gli spiriti dediti alla vita attiva; ed infine il cielo di Saturno, delle stelle fisse e il primo mobile o cristallino dove risiedono gli spiriti contemplativi e trionfanti e i cori angelici.

Sulla base del numero tre si fonda anche la struttura dei personaggi. Dante è accompagnato, infatti, da tre guide, Virgilio, Beatrice e Bonaventura. Inoltre incontra il demone Cerbero, guardiano del terzo cerchio, cane a tre teste. E, ancora, tre sono le furie dai volti insanguinati e tre sono le facce di Lucifero.

Il tre, tuttavia, non è l'unico numero dotato di significato all'interno della *Commedia*, ma ve ne sono molti altri. Ci limiteremo ad analizzare il valore ed il senso di un numero in particolare: il sette. Che dire di questo enigmatico numero? Di sicuro è il numero misterico per eccellenza ed è anche un importante numero biblico: sette furono le piaghe egizie, sette le Coppe dell'Ira Divina, altrettante le teste del drago demoniaco (forse indicante Roma?) e così via. Sono tantissimi gli esempi notabili.

Si possono anche considerare le sette Muse, le sette Ninfe o Mistiche Stelle e le sette Virtù ed i relativi peccati capitali.

Giunti nel Paradiso Terrestre, finalmente le stelle spirituali vengono mostrate tutte e sette riunite. Nel Nobile Castello si nota la frase: «*Orrevol gente; tu che onori, cotanta on(o)ranza, onrata nominanza, onorate l'altissimo poeta, fannomi onore e onor gli fanno.>>... sette parole che si riferiscono all'Onore! Quindi, vediamo 14 grandi personaggi, da Elettra a Saladino, e 21 grandi filosofi (ambidue i numeri sono multipli di sette), ed una miriade d'altri esempi ben visibili. Risulta interessante, anche e soprattutto, la manifestazione criptica, quella del non-visibile; ad esempio, un sette non-menzionato può essere ben riconosciuto nel sonno e nei sogni di Dante: in tutto si addormenta sette volte. Il 7, numero misterico, come poteva non essere legato ai sogni che del mistero sono l'espressione più profonda?*

Infatti, come vedremo, i canti della *Commedia* sono sinottici, e al canto VII di tutte e tre le cantiche, si ha l'espressione di un mistero: la Fortuna, poi la Notte, infine, la Redenzione.

Spesso è nei canti di numero multiplo di 7 che avvengono fatti o comparse speciali, da Matelda, a Giacobbe, al Punto Luminoso, Dio.

Il Sette è ovunque. E non vale, questo, solo per la Divina (ora la possiamo ben definire così) *Commedia*... Passeremo quindi ad analizzare il significato del numero sette in un altro ambito, che è quello che ha fornito la base di tutta l'opera dantesca: le *sacre scritture*!



«Disse il Signore a Giosuè: Vedi, io ti metto in mano Gerico e il suo re...

Sette sacerdoti porteranno sette trombe di corno d'ariete davanti all'arca;

il settimo giorno poi girerete intorno alla città per sette volte e i sacerdoti suoneranno le trombe... allora le mura crolleranno e il popolo entrerà...»

(Libro di Giosuè)

Cosa si nota di strano in questo passo?

L'abbondanza del numero sette non passa certo inosservata; viene ripetuto quattro volte e, all'interno delle sacre scritture, è di gran lunga il numero che appare più spesso. A questo punto sorge spontanea una delicata domanda: *come mai il sette è così importante e così ricorrente?*

Certamente si può supporre che questo numero deve avere un significato nascosto... Infatti è proprio così! Ma sapete qual è questo significato nascosto?

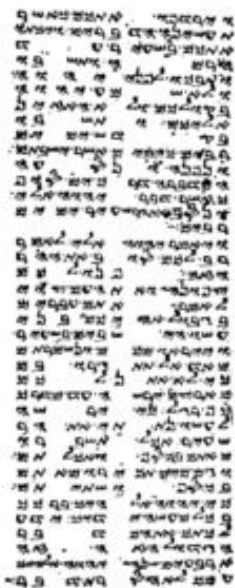
Innanzitutto chiariamo una cosa: le religioni nascono (anche se non tutte lo ammettono) dalle ceneri di concezioni e pensieri pagani e, anche, da alcune filosofie preesistenti, e la religione biblica non fa di certo eccezione. Come per il posteriore Dante il numero ha una valenza mistica con reminescenze pitagoriche non indifferenti. Si tratta di decontestualizzare la numerologia dal suo originario significato esoterico (con "esoterico" nell'accezione originaria di "vicino alla realtà delle cose") per immetterla in un contesto nuovo, quello del culto monoteistico di JHWH, un culto dove sarà Dio stesso a svelare, a poco a poco, il suo disegno, lasciandolo, però, sostanzialmente oscuro ai più. La numerologia biblica non è più, quindi, un modo per arrivare alla conoscenza piena della realtà, ma è quasi una *firma divina* che ci attesta la scientificità e l'organicità dei tanti libri che compongono il testo sacro per eccellenza, almeno 36 libri (così era originariamente per gli ebrei) scritti da altrettanti autori, che possono arrivare fino a 47 (cristiani) o 53 (ortodossi) dell'Antico Testamento, scritti in epoche diverse ma tutte con la stessa numerologia ricorrente, sintomo di un *più alto fattore* che ispirava le menti dei suoi profeti.

La "parola di Dio" è, dunque, scritta soprattutto in caratteri matematici nascosti e questo potrebbe risultare di difficile accettazione da parte di molti.

Se ne fornirà di seguito un esempio preso come attestazione della miriade di esempi che vi sono all'interno della Bibbia, studiato e reso noto dagli scritti di Ivan Panin, studioso russo nato nel 1855 che, convertitosi nel 1882 dall'agnosticismo al cristianesimo, dedicò 50 anni della sua vita nell'esplorazione scrupolosa delle Scritture. Nel 1890 scoprì un'eccezionale struttura matematica nascosta nel testo greco del Nuovo Testamento e nell'ebraico dell'Antico Testamento, partendo dalla constatazione che sia l'alfabeto ebraico che quello greco, come pure parzialmente quello latino, presentano una corrispondenza tra le lettere ed i numeri ad esse attribuiti.

Mentre, infatti, nell'alfabeto latino solo alcune lettere assumono valore numerico, ad esempio la X indica il numero 10, la L il 50, la C il 100, nell'alfabeto ebraico e in quello greco - lingue nelle quali furono scritti rispettivamente l'Antico e il Nuovo Testamento - tutte le lettere hanno un valore numerico.

In particolare l'ebraico ha un alfabeto di 22 lettere, in cui le prime nove hanno valore numerico dall'1 al 9, le successive nove servono per le decine dal 10 al 90, le ultime quattro servono per le centinaia dal 100 al 400, secondo lo schema seguente:



Alfabeto ebraico

1 א	30 ל
2 ב	40 * מ
3 ג	50 * נ
4 ד	60 ס
5 ה	70 ע
6 ו	80 * פ
7 ז	90 * צ
8 ח	100 ק
9 ט	200 ר
10 י	300 ש
20 * כ	400 ת

Ora, calcolando il valore di ogni parola ebraica o greca - valore risultante dalla somma del valore numerico assegnato a ciascuna lettera - il Panin scoprì che il numero 7 con i suoi multipli ricorre di gran lunga più frequentemente di qualsiasi altro numero in ogni frase, in ogni paragrafo e brano della Bibbia.

Viene ora riportato un esempio di come i numeri vanno letti e interpretati all'interno degli scritti dell'Antico Testamento, presentando un esempio scelto dal Panin in persona e relativo al I versetto del Libro della Genesi:

«Nel principio Iddio creò i cieli e la terra.» (Genesi; 1; 1)

La frase in ebraico è composta da sette parole ciascuna delle quali ha il suo valore numerico, risultante dalla somma del valore numerico di ogni lettera:

1	- 400+10+300+1+200+2) 913	(תישאַרב)	Nel principio
2	- 1+200+2) 203	(אַרב)	creò
3	- 40+10+5+30+1) 86	(מִיְהֵלָא)	Dio
4	- 400+1) 401	(תּא)	Articolo indefinito non traducibile
5	- 40+10+40+300+5) 395	(מִימְשֵׁה)	i cieli
6	- 400+1+6) 407	(תּאוּ)	e
7	- 90+200+1+5) 296	(אֶרֶץ)	la terra

Si riporta di seguito una parte di tutte le combinazioni che Panin trovò e che lo portarono ad sostenere la presenza di un disegno nella numerologia nascosta della Bibbia

- 1 - Il numero delle parole di questo versetto è esattamente 7.
- 2 - Vi sono tre importanti vocaboli in questo primo versetto: Dio, cieli, terra. I valori numerici di questi tre vocaboli sono rispettivamente 86, 395, 296. La loro somma è esattamente 777, cioè 111×7 .
- 3 - Il numero delle lettere di queste tre parole (Dio, cieli, terra) è esattamente 14 (2×7).
- 4 - Il numero delle lettere delle quattro restanti parole è sempre 14 (2×7).
- 5 - Il numero totale delle lettere ebraiche in questa frase di sette parole è dunque 28 (4×7).
- 6 - Le prime tre di queste sette parole ebraiche contengono il soggetto e il predicato della frase: "Nel principio Iddio creò". Il numero delle lettere di queste tre parole ebraiche è esattamente 14 (2×7).
- 7 - Le altre quattro parole contengono l'oggetto della frase: "i cieli e la terra". Il numero delle lettere di queste quattro parole ebraiche è anch'esso 14 (2×7).
- 8 - Il valore numerico del verbo "creò" è 203 (29×7).
- 9 - Il numero trovato sommando il valore numerico della prima e dell'ultima lettera di tutte e sette le parole che compongono questo versetto è 1393 (199×7).

E si potrebbe ben continuare...

Si potrebbe dire che sia un semplice caso; assolutamente no e ciò è confermato dal Panin. E' noto che esiste la legge delle probabilità, basata sulla scienza matematica,

secondo la quale è possibile calcolare se il caso abbia prodotto tali caratteristiche nello stesso momento.

Si supponga che vi siano dodici caratteristiche numeriche nella struttura di un certo brano, non troppo esteso. Qual è la probabilità che esse vi si trovino tutte insieme per caso? Secondo la legge delle probabilità si considerino preliminarmente le seguenti caratteristiche da trovare nello stesso momento in un breve testo:

1

2 - Che un numero sia accidentalmente multiplo di 7 (all'intero della struttura del brano dato) esiste solo un caso su 7;

3 - Che due numeri siano accidentalmente multipli di 7, esiste solo un caso su 7 volte 7: ovvero 1 su 49;

4 - Che quattro numeri siano accidentalmente multipli di 7, esiste solo un caso ogni 7 volte 343; ovvero 1 su 2401, e così via in un processo che il nostro Panin ha magistralmente elencato, ma che non si riporta per facilitare il lettore.

Si può considerare improbabile il verificarsi di un fatto se vi è una probabilità su mille che accada; praticamente impossibile quando vi è soltanto un caso su centomila. Nell'esempio riprodotto vi è solo *una probabilità su quasi 14 miliardi* che 12 caratteristiche numeriche ricorrano tutte assieme in un breve brano per puro caso.

Nulla si regge sulla casualità.

Il sistema numerico di Dio è impresso su tutte le Sue opere. Tutti i vari regni della natura sono basati su un sistema aritmetico: grandi leggi matematiche governano le attività dell'intero universo.

Per esempio, nella sfera della luce vi sono esattamente sette colori primari. I sette colori uniti assieme formano la luce.

Il corpo umano, come la Parola di Dio, porta la "firma" del suo Creatore nel sette, numero della perfezione. Il corpo umano, infatti, è completamente rinnovato ogni sette anni; ogni parte del corpo elimina costantemente il materiale logorato e riceve l'apporto di nuovo materiale vivente, fino a che, dopo sette anni, l'intera struttura è cambiata fino nel più piccolo particolare e praticamente diventa un nuovo corpo.

Il polso dell'uomo batte più lento ogni sette giorni, se è malato o sta bene. In certe malattie generate da esaurimenti fisici, il polso cambia ogni settimo giorno.

Il sette è impresso in tutta la fisiologia ed è notevole il fatto che il Signore ordinò, fin dalla creazione, un giorno di riposo ogni sette (il sabato), che è poi l'unico ciclo di lavoro-riposo che risponde effettivamente ai bisogni umani.

E poi, vi è anche l'approccio pitagorico: il numero, come già ricordato prima, si carica di una valenza mistica, e riesce così ad assurgere al compito di esprimere l'essenza stessa delle cose e della realtà.

Per la filosofia pitagorica vi erano alcuni numeri più importanti di altri, vi era una "gerarchia" che va studiata nel dettaglio, perché verrà più e più volte ripresa... in pratica vi è una distinzione fra i numeri pari, sinonimo con accezione negativa di illimitatezza, e dispari, rappresentanti la perfezione del limitato e limitabile. I numeri

che racchiudono in sé l'essenza del numero pari sono il *due* ed il *quattro*, mentre quelli che per eccellenza indicano la perfezione del dispari sono *tre* e *nove*; non l'uno!

L'uno infatti è collocato al di fuori di questa distinzione, è l'unità "parimpari" (che è capace di rendere pari i dispari e dispari i pari, e quindi all'interno di sé deve contenere qualcosa di pari ed anche di dispari) indivisibile e nei confronti della quale non vi sono antecedenti, indivisibile e graficamente simboleggiata da un punto.



L'altro numero al di fuori degli schemi tradizionali è il *dieci*, numero rappresentante la *mistica "tetrattide"* (τετρακτυς = gruppo di quattro), che comprende in sé l'unità, la linea, il piano ed il solido ($1+2+3+4=10$).

Il numero *due* rappresenta la retta, retta passante appunto per due punti, e che, essendo infinita, poiché non se ne possono comprendere i limiti esterni, viene considerata imperfetta.

Il numero *tre* invece è il simbolo del triangolo mistico, così come poi sarà anche il dieci, ma nel caso del tre si assiste al triangolo perfetto nella sua solidità e sicurezza, numero anche delle tre fasi della vita (gioventù, maturità, vecchiaia) e quindi numero della creazione... da questa concezione prenderanno spunto molte religioni, ed anche quella cristiana vede nella divinità la doppia valenza di *Dio uno e trino*, l'uno della sacra unità in grado di creare e cambiare la realtà così come può rendere dispari un pari e viceversa l'uno pitagorico, e trino, in quanto contemporaneamente padre, figlio e Spirito Santo. Ma anche altre religioni risentono



del valore mistico del tre, come quella indù dove è venerata la "Trimurti" o "Trinità indù", composta dalle tre divinità *Brahma* (il Creatore), *Viṣṇu* (il Conservatore) e *Śiva* (il Distruttore), il cui simbolo è il "Tridente del tempo" (riportato qui a sinistra), altro simbolo intimamente legato al tre.



Tornando però alla cristianità, il tre si carica di tanti significati...

Tre è un numero nascosto, spesso riconoscibile, nei vangeli, a partire dal numero degli apostoli, 12 (4×3), poi il numero dei pesci pescati da Pietro il giorno della pesca miracolosa, 153 (51×3), tre sono anche le apparizioni di Gesù dopo la morte e tanto altro ancora, che comunque è facilmente reperibile in moltissimi testi, e quindi

non approfondisco oltre per non rendere poco scorrevole la lettura.

Passiamo quindi ad analizzare il numero *quattro*. Si tratta di un numero detto "quadrato", ed è infatti raffigurato dalla scuola pitagorica con un quadrato. Questa figura geometrica rappresenta il solido, il tridimensionale. È questo infatti il simbolo della natura umana, tridimensionale, così era considerato anche il quadrato.



Il quattro poi, per il suo essere un numero quadrato, presenta i lati fra loro uguali, così come il *nove*, altro numero quadrato, ed insieme simboleggiano, per questo motivo, la *giustizia*.

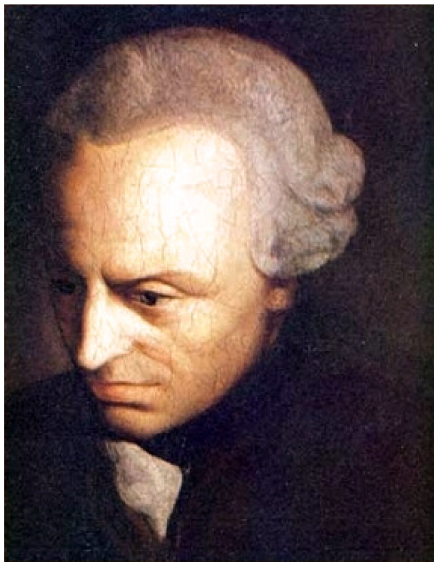
Il *tre* ed il *quattro* quindi simboleggiano rispettivamente il piano ed il solido, il geometrico ed il reale, il divino e l'umano.

Quale numero allora potrebbe mai simboleggiare il mondo e la realtà meglio del *sette*, che del tre e del quattro è la perfetta somma? *Sette*, quindi, è il numero del mondo, e diventa l'intersezione del divino nell'umano secondo la filosofia biblica.

Il concetto spero che vi sia ben chiaro, e quindi passerei a trattare di altri tipi di matematiche, avendo omai chiarito la matematica dantesca, quella religiosa e quella pitagorea, non ci resta che spostare lievemente il nostro campo d'azione. E sono tanti gli argomenti e le tematiche entro le quali potremmo iniziare a disquisire.

La scienza filosofica, poi, è intrisa come poche altre di numeri e matematiche.

Sono una miriade i filosofi che trattano l'argomento della matematica, molti di questi sono addirittura essi stessi di matematici (a Leibniz dobbiamo i primi studi di "*calcolo differenziale*" o "*calcolo infinitesimale*", contemporanei a quelli di Newton), ma in questa sede ci limiteremo ad analizzare solo una esimia personalità: Immanuel Kant.



La matematica ha per Kant un ruolo molto importante nella sua concezione filosofica.

Innanzitutto la sua indagine filosofica si concentra, nella parte che ci interessa, sui giudizi. Il filosofo tedesco distingue infatti i giudizi in *sintetici* ed *analitici*, e ciascuno dei due poi in *a priori* ed *a posteriori*. I giudizi sintetici a priori sono i fondamenti su cui poggia la scienza poiché accrescono il sapere (in quanto sintetici), ma non necessitano di essere riconfermati ogni volta dall'esperienza perché universali e necessari.

Lo stesso Kant ci fornirà alcuni esempi di giudizi *sintetici a priori*, e come materia di studio sceglie appunto la matematica e la fisica, in quanto le uniche scienze che corrispondono alla descrizione di sintetiche a priori.

La matematica ha per oggetto cose assolutamente certe, poiché *a priori* e dunque non smentibili dall'esperienza, ma anche arricchenti, in quanto non è una pura e semplice relazione di idee per cui dal concetto di $3+3$ si desume analiticamente il 6. Se così fosse, del resto, la matematica perderebbe di valore: la matematica deve dunque dire cose assolutamente certe ma che, nello stesso tempo, arricchiscano la conoscenza ed è per questo che i giudizi che la costituiscono sono "sintetici a priori". Quando ci si trova di fronte all'espressione $7+5=12$ non è vero che si analizzano i concetti di 7 e di 5 e se ne estrae il 12 come relazione tra idee; al contrario, $7+5$ è un materiale di lavoro, un'indicazione dell'operazione che si deve svolgere. Ne è un fulgido esempio il fatto che i bambini continuo servendosi di oggetti materiali, come ad

esempio le palline: le raggruppano e le affiancano una alla volta e, una volta sommate, ottengono il risultato. Ed è quello che, secondo Kant, facciamo anche noi mentalmente.

Ciascuno di noi considera le verità matematiche del tipo $7+5=12$ come assolutamente certe, e le certezze derivano dall'apriorità, ovvero dalla non-smentibilità empirica. Che la matematica non sia smentibile dall'esperienza risulta evidente dal fatto che se un prestigiatore infila prima 7 e poi 5 palline in un recipiente e, mostrandoci il contenuto, non vediamo 12 palline, abbiamo la certezza che c'è stato un trucco, nessuno penserebbe mai che possano essere più o meno di 12. Questo vuol dire che se anche l'esperienza ci fa vedere che $5+7$ non dà 12, noi continuiamo ad essere certi che $7+5$ dia 12; tutto questo dimostra l'apriorità (sono giudizi certi, non derivati nè sconfessabili dall'esperienza) e la sinteticità (sono giudizi costruiti nel corso della dimostrazione) della matematica.

REALTA'

(i numeri, il cosmo, la fisica)

*<<Due sole cose sono sicuro siano infinite:
l'universo e la stoltezza umana...
e della prima non ne sono così sicuro>>
(A. Einstein)*

La realtà è come un diamante ben intagliato, con un'incredibile varietà di facce e sfaccettature, ognuna delle quali, se illuminata da un solitario raggio di sole, si mostra ai nostri occhi con un diverso riflesso, un'immagine particolare, e quel diamante, nel suo prezioso, fulgido splendore, non riuscirà mai a nasconderci tutti quanti quei numeri che porta in sé più o meno nascosti e criptici.

Questi numeri e segnali sono nel suo interno, all'esterno, nel suo passato come nel suo futuro, liberi di muoversi ed evolversi, purché rimangano con la loro magnificenza in un eterno ed immobile presente.

Sin dagli albori della realtà, relazioni di tipo matematico si sono succedute ed hanno regolato i movimenti dei corpi, sin dal verificarsi del *Big Bang*, prima del quale non vi era neppure l'«idea» di numero o di spazio entro il quale pensarlo; prima del quale non esisteva nemmeno il pensiero o la «materia» o qualsiasi altra cosa che conosciamo.



L'astronomo, nonché fisico, statunitense Edwin Powell Hubble, grazie ai suoi approfonditi studi, è arrivato alla teorizzazione di un rapporto matematicamente calcolabile fra le distanze e le velocità di allontanamento delle diverse galassie. La relazione è:

$$\frac{V}{d} = H_0$$

dove V è la velocità di allontanamento della galassia, calcolabile tramite lo studio degli spettri ricavati dallo studio della luce emanata da vari corpi celesti; d rappresenta la distanza dalla Terra in Megaparsec; H_0 è la *costante di Hubble*, il cui significante oscilla fra i 50 e gli 80 km/s per 3,26 milioni di Anni Luce.

Questa importantissima relazione, per quanto possa sembrare vaga per un occhio inesperto, in quanto il valore di H_0 ha un margine di approssimazione molto ampio, è in realtà alla base della teoria dell'*universo inflazionario* (o *in espansione*). Oltre questa relazione sono stati, poi, aggiunti altri elementi probatori a sostegno di questa tesi, come la *radiazione fossile* (o *di fondo*) scoperta, anzi rilevata nel 1965 dagli astronomi Penzias e Wilson, caratterizzata da una temperatura di circa 3K (cioè $-270^{\circ}C$), che si avvicina allo *zero assoluto Kelvin* (corrispondente alla temperatura di $-273,15^{\circ}C$) e

che si espande quasi uniformemente sino ad i confini dell'universo. Pare sia l'ultimo afflato vitale rimasto sostanzialmente immutato dell'immane esplosione del *Big Bang*.

Ma cos'è precisamente la teoria dell'*universo inflazionario*?

Si sta parlando di qualcosa di grande e grandioso, della nascita della vita; è stato appurato, grazie alla scienza spettrografica e allo studio dell'*effetto Doppler*, (lo strano *spostamento verso il rosso* delle bande di colore dello spettro che aumenta gradualmente per le galassie più distanti) che tutte le galassie sono in movimento e si muovono in direzioni diverse e a velocità diverse e costanti. La causa di tale fenomeno è stata inizialmente oscura ed incomprensibile. Molti studi hanno portato alla teorizzazione di un movimento secondo radianti, in fuga da un punto x di origine, come un' ideale intersezione di piani cartesiani tridimensionali dove sono siti i corpi celesti e che si amplia per far spazio alle particelle di materia viaggianti nello spazio cosmico.

Mettendo a sistema i moduli di velocità, spostamento, rotazione ed espansione di vari corpi celesti si scopre, infatti, che seguono le stesse regole del fascio di rette passanti per uno ed un solo punto, ovviamente in un sistema tridimensionale e fisico, e non bidimensionale e geometrico.

Ma precisamente cosa fu il *Big Bang*? cosa c'era prima? e cosa accadde dopo?

Il *Big Bang* fu di fatto l'atto del principio dell'universo, prima di esso nulla di ciò che esiste ora esisteva, neppure la materia, e neppure lo spazio esisteva; vi era solo in un punto ancora indeterminato del vuoto, qualcosa che vuoto non era, ma nemmeno pieno, era qualcosa di diverso, immensamente più piccolo di un atomo, ma ciò che di più grande esisteva in mezzo a quel nulla, un



qualcosa da cui sarebbe nata la materia, lo spazio, le costellazioni, le galassie, i pianeti, la *vita*. Gli scienziati diedero un nome a questo qualcosa di misterioso ed affascinante, minuscolo e grandioso allo stesso tempo ed esso fu definito <<uovo cosmico>>.

In pratica era già allora tutto e nulla, cosa fosse con precisione assoluta non ci è dato saperlo; si sa soltanto che qualunque cosa lo riempisse aveva una pressione altissima ed inimmaginabile, tutta racchiusa in uno spazio quasi nullo e con gravità assai elevate. Tuttavia, dato che all'esterno non vi era niente da attrarre, la gravità era ininfluyente, o forse addirittura inesistente. In condizioni simili le normali leggi della fisica non hanno valore. Di certo c'è solo che, in un dato momento, si creò uno squarcio nell'involucro dell'uovo cosmico e si verificò un'immensa esplosione senza eguali, il *Big Bang*. Decenni di studi hanno permesso di sapere, quasi nel dettaglio, quello che successe dal momento dello squarcio in poi, però solo in maniera puramente teorica, poiché in fondo non esiste nessun testimone oculare dell'accaduto (anzi, uno ci

sarebbe: *Qfwfq*, il protagonista delle «Cosmicomiche» di Italo Calvino, ma di ciò parleremo in seguito) e la certezza è pur sempre molto relativa...

Ancora non esisteva un sole né un punto di riferimento né un sopra né un sotto né un levante né un ponente e non esisteva ancora neanche l'idea di tempo.



Circa 15 miliardi di anni terrestri addietro esisteva solamente un qualcosa di infinitamente piccolo, con infinita pressione e temperature di miliardi e miliardi di gradi centigradi, l'*uovo cosmico*, energia allo stato puro, che, senza un motivo apparente, si squarciò e provocò una violentissima esplosione che in un tempo di 10^{-32} secondi permise all'universo di nascere e di appropriarsi di uno spazio migliaia di volte superiore

rispetto a quello dell'*uovo cosmico*. Tutta la pressione fornì una spinta decisiva per l'energia fuoriuscita che riuscì a liberarsi da quel minuscolo puntino e, mentre si allontanava, la temperatura scemò dalle incredibili cifre di prima dell'esplosione ad un valore vicino allo *zero assoluto* e si generò la "*sfera di fuoco*" che iniziò ad espandersi ad un ritmo un po' più lento. Frattanto l'energia dispersa iniziò a raggrupparsi, nei primi 3 minuti dell'universo, in particelle atomiche elementari come i *quark* (che ispirarono Piero Angela) e gli *elettroni*, seguiti poi dai *protoni* e dai *neutroni*, che si unirono fra loro solo dopo che la temperatura scese ad un miliardo *Kelvin*, e così rimase per circa 300.000 anni, con qualche atomo di elio sparso fra le innumerevoli radiazioni, quando la temperatura scese a 3.000K ed iniziò a formarsi l'idrogeno, il padre della vita e della combustione stellare.

Terminò quindi la fase della *sfera di fuoco* e, lentamente, gli atomi si avvicinarono e si condensarono e, attraverso vari fenomeni di tipo elettromagnetico, iniziò a nascere la materia, e da lì, dopo il primo miliardo di anni dal *Big Bang*, l'universo iniziò a conformarsi nella maniera in cui lo conosciamo oggi: nebulose, pianeti, stelle e gruppi di galassie più o meno distanti fra loro, *masse oscure*, *buchi neri*, *quasar* e quanto si può oggi rilevare grazie a sofisticatissimi telescopi spaziali.

Quando questa teoria fu descritta da Gamow negli anni Quaranta del XX secolo, l'astronomo F. Hoyle conìò *ironicamente* il nome "*Big Bang*" per scherno alla "stravagante" teoria del collega: il nome infatti sta a significare *grande BANG*, e «BANG» è il termine onomatopico dell'esplosione utilizzato dai fumettisti come Carl Barks. In pratica, secondo Hoyle, la teoria dell'universo in espansione era errata.

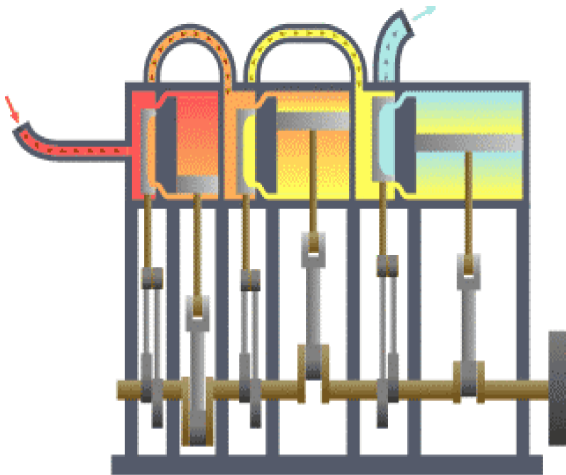
Questa dell'*universo in espansione* fu anche fonte di ispirazione di *Italo Calvino*.

L'autore, come dichiarò in un'intervista del 22 dicembre 1965, scrisse una raccolta di "*comiche*" chiamata appunto «Le Cosmicomiche», nel quale fanno da sfondo ai vari racconti comici (e la comicità è quella di Calvino) le varie leggi della fisica, dell'astronomia - tra le quali la fa da regina la teoria dell'*universo in espansione* capace

di battere quella dell'*universo stazionario* nella novella «*Quanto scommettiamo?*» ed in tante altre - e le teorie scientifiche evolucionistiche. Ma di questo parleremo dopo.

La teoria del *Big Bang* introduce ora una delle questioni fisiche ad oggi della maggior importanza: la *termodinamica*!

Il termine indica letteralmente la "*dinamica del calore*" e denomina quella branca della chimica-fisica che si occupa di descrivere le trasformazioni subite da un sistema in seguito a processi di trasformazione del calore in lavoro e viceversa.



A Sadi Carnot si deve, nel 1824, la prima dimostrazione dei come sia possibile ottenere lavoro da uno scambio di calore avvenuto fra due sorgenti a temperature differenti. Grazie alle sue teorizzazioni, e tramite la sua *macchina ideale*, Carnot quantificò questo lavoro, e quindi introdusse il concetto di *rendimento termodinamico*.

Il 1848 fu l'anno in cui Lord Kelvin, grazie alla macchina di Carnot, introdusse il concetto di *temperatura termodinamica assoluta*, ed anche un enunciato del secondo principio della termodinamica.

Nel 1850 Joule dimostrò quindi la diretta relazione esistente fra energia e calore (allora si credeva esistesse ancora il fluido calorico).

L'argomento di studio principale di questa disciplina sono i gas e le loro trasformazioni, in quanto queste stanno alla base delle cosiddette *macchine termiche*, ovvero apparati costruiti per convertire calore in movimento, energia in lavoro.

Sorse quindi il problema di come ristabilire la condizione di base: era possibile ottenere calore dal lavoro in modo totale, non era possibile ottenere l'inverso. La questione venne risolta da Clausius nel 1855, introducendo una *disuguaglianza* per distinguere i processi *reversibili* da quelli *irreversibili* e la funzione di stato *entropia*.

La differenza fra una **trasformazione reversibile** ed una **irreversibile** di un sistema termodinamico consiste nel fatto che, dopo aver avuto luogo, una *reversibile* può essere invertita riportando il sistema nelle condizioni iniziali senza che ciò comporti alcun cambiamento nel sistema stesso, una perdita di energia, mentre una *irreversibile* non può essere invertita senza una qualsivoglia dispendio di energia e, quindi, senza la conseguente modifica del sistema termodinamico preso in esame. In particolare, in una *trasformazione reversibile* è richiesto non solo che non avvenga una dissipazione di energia, ma che la trasformazione termodinamica sia essere quasi *statica*, ovvero effettuata con delle variazioni infinitesime delle condizioni del sistema in modo che questo possa essere considerato in *equilibrio termodinamico* in ogni istante.

Proprio perché caratterizzata da variazioni infinitamente minute, la trasformazione reversibile è irrealizzabile nella pratica, in quanto richiederebbe un tempo infinito per compiersi; essa rappresenta tuttavia un modello ideale, cui è possibile approssimare molte trasformazioni reali.

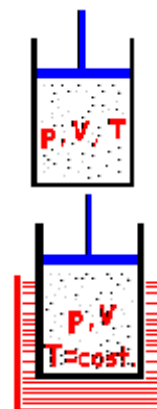
Per quanto riguarda l'entropia, il termine venne coniato da Rudolf Clausius nel 1864, e deriva dai termini greci $\epsilon\nu$, "dentro", e $\tau\rho\omicron\pi\eta$, "cambiamento". Il termine indicava infatti dove era convogliata l'energia fornita da un sistema, e, più precisamente, il legame esistente fra calore e meccanica (il calore è infatti determinato dalla somma degli incrementi di moto di particelle meccaniche). L'entropia dev'essere quindi definita come il rapporto tra le somme dei piccoli incrementi di calore ("infinitesimi"), divisa per la temperatura assoluta (temperatura espressa in *gradi kelvin*, di cui già ci siamo occupati nella sezione della nascita dell'universo) che ha il corpo preso in esame durante il processo di assorbimento del calore.

Ovviamente adesso si tratta di un argomento non facilmente comprensibile solo in linea puramente teorica, e quindi vi fornisco un esempio pratico.

Immaginiamo un recipiente chiuso sulla sommità da un pistone che si può muovere liberamente verticalmente (su e giù). Dentro questo pistone c'è un gas, che consideriamo *perfetto*, ma dei gas perfetti parlerò dopo.

Possiamo descrivere lo stato del sistema utilizzando tre grandezze caratteristiche dei gas:

- **pressione** (p);
- **volume** (V);
- **temperatura** (T).



A questo punto è possibile riscaldare il gas, oppure comprimerlo (o espanderlo) muovendo il pistone, cosicché lo **stato** complessivo del sistema debba variare. Questo semplice esperimento è una **trasformazione termodinamica**.

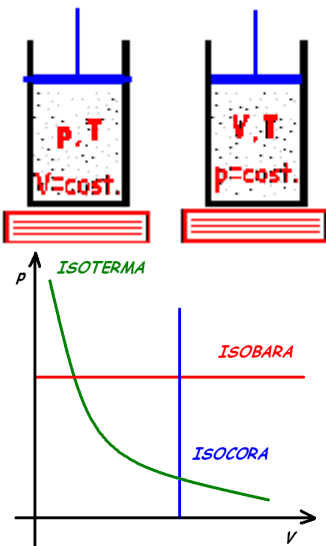
Non è però possibile modificare a piacimento lo stato del gas, in quanto vi sono delle relazioni tra le varie grandezze: ad esempio non possiamo riscaldare il gas facendo restare costante sia la sua pressione che il suo volume. Bisogna quindi individuare le caratteristiche di un *gas perfetto* e le leggi che ne regolano le trasformazioni di stato.

Un gas perfetto è un modello innaturale di gas ideale, e ci si avvicinano solo i gas le cui molecole raggiungono l'ottetto nello stato di valenza. Un gas perfetto è, per definizione, un gas dove varrebbero le tre *leggi fisiche dei gas perfetti* (la *legge di Boyle-Mariotte*, la *prima* e la *seconda legge di Gay-Lussac*), ovvero dovrebbe essere un gas che rispetti l'univoca *Legge dei gas perfetti* ($pV = nRT$) in qualsiasi condizione.

Per *gas ideale* si intende un gas che possieda le seguenti proprietà:

1. presenta molecole puntiformi;

2. vi sono interazioni delle molecole fra di loro e con le pareti del recipiente, interazioni caratterizzate da urti perfettamente elastici (ovvero quando non vi è dispersione di energia durante gli urti);
3. sono annullate le forze di interazione a distanza tra le molecole del gas;
4. identità ed indistinguibilità fra le molecole del gas;
5. impossibilità di liquefazione del gas per sola compressione.



In un gas ideale l'energia cinetica media delle molecole del gas è direttamente proporzionale alla temperatura:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \propto T$$

I gas reali vengono descritti dalla legge dei gas perfetti con buona approssimazione solo quando la pressione è sufficientemente bassa e la temperatura sufficientemente alta. In caso contrario si usa la Legge dei gas reali.

Passiamo quindi ad esporre i vari tipi di trasformazioni termodinamiche tipiche dei gas ideali o perfetti.

Mi sembra giusto riportare l'egregia spiegazione del professor Francesco Zumbo:

Trasformazione isoterma. Immaginiamo di immergere il pistone in un bagno di acqua a temperatura costante, che così mantiene anche il gas in equilibrio a quella temperatura. Possiamo quindi comprimere oppure far espandere il gas muovendo il pistone. Sperimentalmente si vede che vale la seguente relazione:

$$p \cdot V = \text{costante}$$

Quindi pressione e volume sono, quando la temperatura resta costante, *inversamente proporzionali*, secondo una costante che dipende dalla quantità di gas contenuta nel cilindro.

Trasformazione isocora. Se blocchiamo il pistone in modo che questo non si possa muovere, e quindi riscaldiamo o raffreddiamo il gas fornendo o assorbendo calore, vediamo che la pressione all'interno del recipiente varia secondo questa relazione empirica:

$$p/T = \text{costante}$$

Quindi pressione e temperatura assoluta sono *direttamente proporzionali*. Si utilizza la temperatura assoluta, che si misura in kelvin, e non quella normalmente utilizzata,

ovvero i gradi centigradi. La relazione che permette di convertire gradi centigradi in kelvin è:

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273,15$$

Trasformazione isobara. Se manteniamo costante la pressione del gas, ovvero se manteniamo libero il pistone di muoversi, vediamo che fornendo o assorbendo calore dal gas la sua temperatura varia e proporzionalmente anche il volume, secondo la relazione:

$$V/T = \text{costante}$$

Da queste tre relazioni si può ricavare un'espressione più generale, che tenga anche conto della quantità di gas contenuta nel cilindro. La **legge di stato dei gas perfetti** è quindi:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

dove n è il numero di moli di gas nel cilindro, R è una costante caratteristica e vale:

$$R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

È consuetudine rappresentare le trasformazioni e i vari stati di un gas in un grafico che riporta in ascissa il volume e in ordinata la pressione, detto per questo **diagramma p-V**. Le trasformazioni prima considerate si rappresentano quindi facilmente:

- l'isoterma è un ramo di iperbole equilatera;
- l'isobara è un segmento orizzontale;
- l'isocora è un segmento verticale.

Ovviamente queste non sono le sole trasformazioni possibili, perché è possibile qualsiasi percorso nel grafico p-V, purché rispetti la legge di stato. In ogni caso queste tre trasformazioni sono quelle più semplici da descrivere e anche le più utili.

Intanto però conviene che discostiamo la nostra attenzione e passiamo a parlare dei quattro *principi della termodinamica*. I principi sono dei veri e propri assiomi, indimostrabili ma fondati sulla tangibile esperienza e base di tutti gli studi termodinamici. Vennero enunciati durante il corso del XIX secolo, e si suddividono in tre principi di base ed uno in loro insito, detto "*principio zero della termodinamica*".

Principio Zero

L'esperienza insegna e la scienza conferma che quando due sistemi interagenti sono in equilibrio termico con un terzo sistema, i primi due sistemi sono in equilibrio tra loro. In pratica, se un corpo A è in equilibrio termico con un corpo B e B è in equilibrio termico con un corpo C , A e C sono in equilibrio tra loro.

$$A=B ; B=C ; C=A$$

Tale principio spiega (anche se questo concetto non è presente nel *principio zero*) il fatto che due corpi, a temperature diverse, tra cui si scambia calore, finiscono per raggiungere la stessa temperatura: il punto d'incontro fra A e B è un terzo compreso fra i due, sarà C. Così A e B si vengono a trovare in equilibrio con un ideale C, come conseguenza degli urti delle particelle del corpo più caldo (mediamente più veloci), con le particelle del corpo più freddo (mediamente più lente), e si avrà allora un passaggio di energia dalle prime alle seconde. Da questa considerazione possiamo ora muoverci per la definizione del *primo principio della termodinamica*.

Primo Principio

Quando un corpo viene posto a contatto con un altro corpo relativamente più freddo, avviene una trasformazione che porta a uno stato di equilibrio, in cui sono uguali le temperature dei due corpi.

Il primo principio della termodinamica identifica il calore come una forma di energia convertibile in lavoro meccanico ed immagazzinabile, ma non come una sostanza materiale. Il calore, misurato originariamente in *calorie*, ed il lavoro o l'energia, misurati in *joule*, sono assolutamente equivalenti. *Ogni caloria equivale a 4,186 joule.*

Il primo principio può essere definito, quindi, come un principio di conservazione dell'energia: in ogni macchina termica una certa quantità di energia viene trasformata in lavoro, ma non può esistere nessuna macchina che produca lavoro senza consumare energia.

Tradizionalmente il primo principio viene enunciato così: *«In un sistema chiuso si ha che $\Delta U = \Delta q - \Delta w$ dove U è l'energia interna del sistema. Per Energia Interna si intende la somma delle energie cinetiche e di interazione delle diverse particelle di un sistema. Δq è il calore scambiato tra ambiente e sistema (positivo se fornito al sistema, negativo se invece ceduto dal sistema) e Δw il lavoro compiuto (positivo se compiuto dal sistema sull'ambiente, negativo invece se compiuto dall'ambiente sul sistema). La convenzione dei segni risente del legame con lo studio dei motori termici, nei quali il calore viene trasformato (parzialmente) in lavoro».*

Questo principio può anche essere formulato diversamente:

- *«Per un sistema aperto, $q-w=\Delta E$, ove per ΔE si intende la variazione di energia totale, che altro non è che la somma delle variazioni dell'energia interna, dell'energia cinetica e dell'energia potenziale possedute da quel sistema. Si vede che per un sistema chiuso le variazioni di energia cinetica e potenziale sono nulle per cui ci si riconduce alla relazione precedente»*
- *«Per un ciclo termodinamico, $q=w$, dal momento che la variazione di energia totale è nulla, dovendo il sistema, al termine di ogni ciclo, ritornare nelle stesse condizioni di partenza».*

Secondo Principio

Esistono diversi enunciati del secondo principio. Esso afferma che è impossibile realizzare una *macchina ciclica* che abbia come unico risultato il trasferimento di calore da un corpo freddo ad uno caldo (enunciato di Clausius), e che è anche impossibile costruire una *macchina ciclica* che operi producendo lavoro a spese del calore sottratto a una sola sorgente (enunciato di Kelvin). Quest'ultima limitazione nega la possibilità di realizzare il *moto perpetuo di seconda specie*. L'entropia totale di un sistema isolato rimane invariata quando si svolge una trasformazione reversibile ed aumenta quando si svolge una trasformazione irreversibile.

TERZO Principio

È così legato al secondo che se ne può vedere un filo di continuità interno, quasi un'evoluzione, una conseguenza di quest'ultimo. Il terzo principio denuncia l'impossibilità di raggiungere lo zero assoluto con un numero finito di trasformazioni, e fornisce anche la definizione dell'*entropia*. Esso afferma inoltre che l'*entropia* per un solido perfettamente cristallino, alla temperatura di 0°K , è pari a 0.

Questo enunciato può essere dimostrato tramite la *termodinamica molecolare*: un solido perfettamente cristallino composto da un solo complessioma, trovandosi a 0 Kelvin, l'energia vibrazionale, traslazionale e rotazionale delle particelle che lo compongono è nulla. Dalla legge di Boltzmann $S = k \ln(1) = 0$ dove 1 è il numero dei complessiomi.

Spero che queste dimostrazioni vi siano bastate per comprendere quanti numeri vi siano all'interno della realtà, e quanti di questi sono così sotto gli occhi di tutti da essere per molti aspetti invisibili.

Come? Ancora non siete soddisfatti?

Allora andiamo avanti, tanto gli esempi di numeri nascosti non mancano di sicuro, perché, in fondo, i numeri si sono veramente impadroniti del mondo!

ARTE

(i numeri, l'arte, l'edilizia, la letteratura)

<<Dovunque ci sono numeri c'è bellezza e siamo nelle immediate vicinanze dell'arte>>

(Andreas Speiser)

Vi ricordate la sfida che era stata proposta relativa alla presenza dei numeri nascosti? Avete frattanto iniziato a riflettere su cosa vi sta intorno e su quanti numeri nascosti vi siano?

Il più lampante tipo di numero che è possibile osservare è quello "geometrico" e quindi, successivamente, per traslazione pratica, quello "artistico"...

Ogni aspetto della geometria, della volumetria e della fisicità è numerabile e calcolabile, quindi non dovete stupirvi se il totale dei "numeri nascosti" attorno a voi inizia subito a salire vertiginosamente.

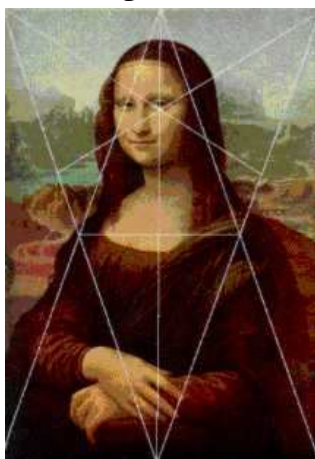
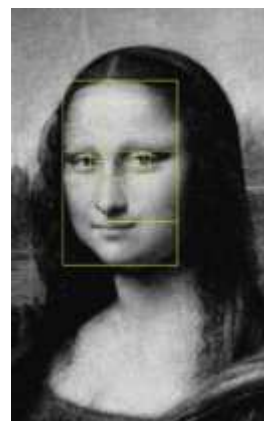
Magari starete pensando: *<<Ma che tipo di numeri possiamo trovare nell'arte? Sì, magari un po' la prospettiva, ma poi che altro? Cosa c'è di geometrico, che ne so, nella Gioconda?>>*

Osservatela con i vostri occhi e dite se, secondo voi, non vi sono geometria, numerologia e simbolismo in quest'opera d'arte, girate pagina e giudicate voi.

Per prima cosa inizia qui a delinarsi un concetto molto importante nella logica della fisionomia matematica della realtà, portata ad una certa notorietà dal romanzo di Dan Brown *<<Il Codice Da Vinci>>*: si tratta della *proporzione aurea*, o *numero ϕ (phi)*, ma di ciò parleremo meglio fra un po'.

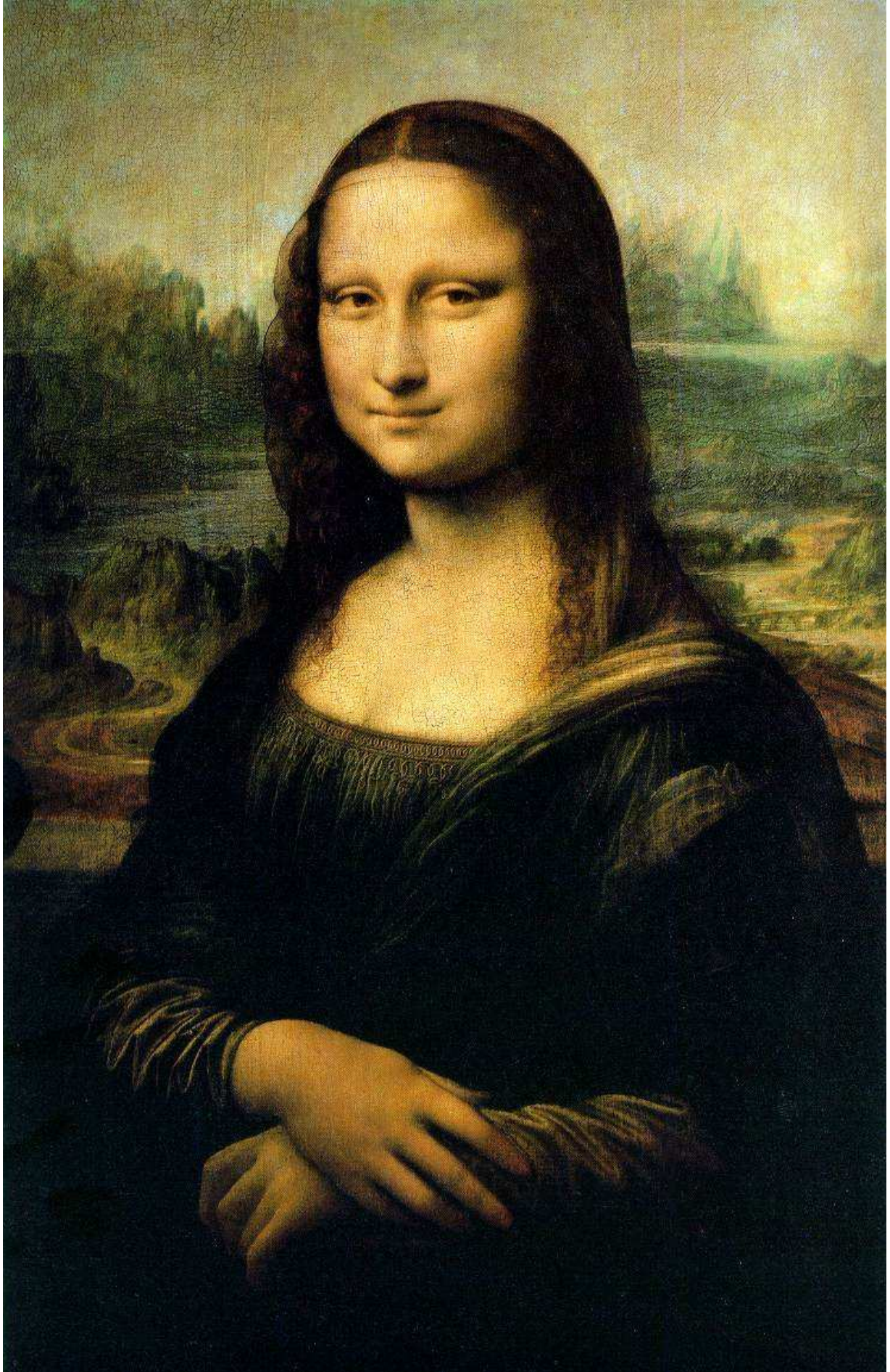
Torniamo all'opera leonardesca di cui si stava accennando prima.

Ne *<<La geometria segreta dei pittori>>*, Charles Bouleau sostenne la tesi secondo la quale un pittore maniacalmente affascinato dalla sezione aurea sarebbe stato Leonardo da Vinci e le prove sarebbero all'interno di alcuni dei suoi dipinti più famosi quali il *San Gerolamo*, *La Vergine delle Rocce*, la *Testa di vecchio* e la *Monna Lisa*.



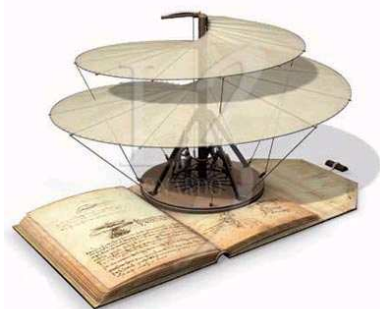
In quest'ultima opera in particolare è presente un "rettangolo aureo" sebbene l'autore stesso del saggio pare essere piuttosto scettico riguardo questa tesi.

Nel momento in cui la si guarda, in più, la donna raffigurata (anche se secondo alcuni non si tratta di una donna) sembra sempre che stia puntando lo sguardo sull'osservatore, qualsiasi posizione esso assuma, come se cercasse un contatto visivo con lo spettatore, un dialogo senza parole ma fatto di sole emozioni, intimo e personale. Un simile effetto di sicuro non può dipendere



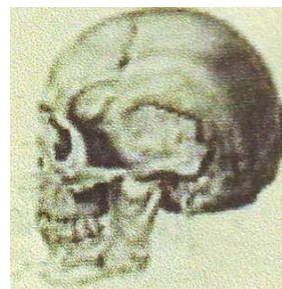
solamente dalla tecnica dello "sfumato", in cui Leonardo eccelle e continua ad eccellere, ma anche, e soprattutto, per via di un complesso studio della geometria e della proporzione aurea. Guardate la pupilla sinistra della Gioconda, con occhi attenti e desiderosi di apprendere sarà facile notare quanto sia centrale la posizione dell'occhio. Infatti la linea che passa verticalmente per il centro del quadro tange perfettamente la pupilla sinistra della Monna Lisa. Nella costruzione del *rettangolo aureo* applicato all'intera struttura del dipinto si avrà la linea divisoria passante per la bocca della donna!

Una cosa è certa: Leonardo non dipinse nulla per caso o senza prima aver studiato a fondo ciò che doveva ritrarre. Il suo fu un genio polivalente, elaborò diversi progetti di macchine da guerra e macchine volanti, progetti dotati di una tale inventiva e genialità da potere fornire la prova sicura di una predisposizione e, soprattutto, la consapevolezza per l'apprendimento di conoscenze fisico-matematiche e la capacità di saperle applicare alle varie fasi progettuali.



Leonardo fu senza dubbio un genio polivalente, non si dedicò solo alla pittura, agli studi geometrico-fisico-matematici ed alla progettazione di diverse opere sia belliche che civili, ma anche allo studio anatomico.

Sappiamo infatti, anche se questa informazione è molto discussa, che fu tra i primi a praticare delle specie di "autopsie post mortem" ante diem, grazie alle quali effettuò i suoi studi approfonditi sulle volumetrie umane, studiando il corpo dall'interno. Tutte le nozioni di questo tipo vennero puntualmente appuntate (scusate il gioco di parole) e disegnate con degli schizzi che divennero famosi per la loro perizia e precisione nella descrizione dei particolari.



Tutto il sapere che Leonardo acquisì venne dunque convogliato all'interno di un'altra delle sue opere universalmente conosciute, l'«Uomo vitruviano», perfetta sintesi di sapere anatomico e geometrico-matematico.

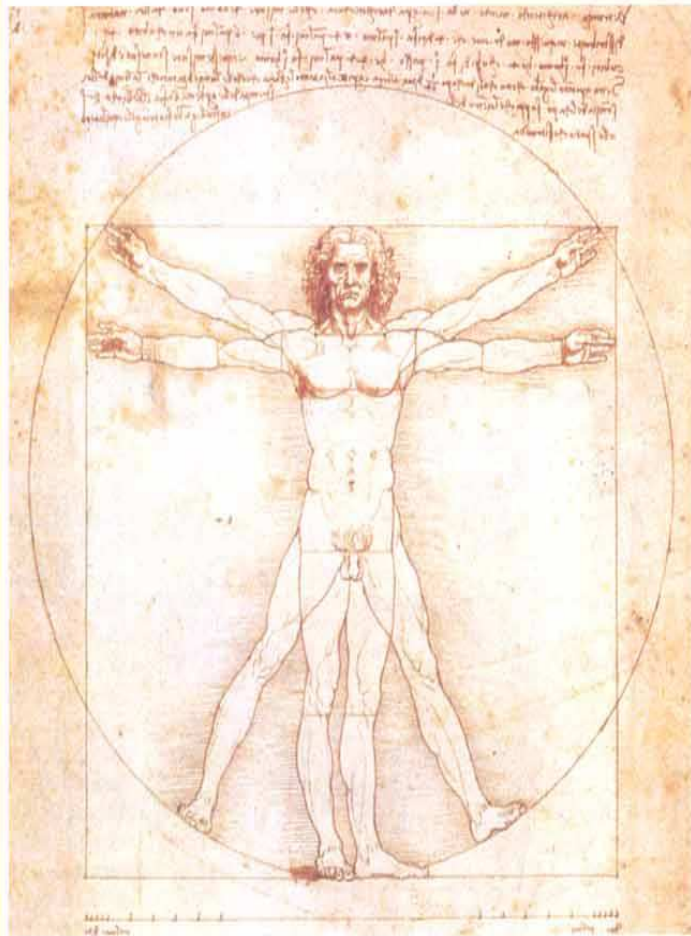
Certamente qualcuno poco attento non si ricorderà subito di cosa stiamo parlando; si tratta della figura incisa anche sul retro delle nostre monete da un euro. In pratica basta frugare un po' in tasca per avere un esempio tangibile del *numero ϕ* all'interno del corpo umano!



Ma, precisamente, che cos'è la *proporzione aurea*?

Essa era conosciuta come *divina proporzione* e veniva considerata quasi la chiave mistica dell'armonia nelle arti e nelle scienze.

Il concetto non è precisamente fra i più comuni soggetti di discussione quotidiana, quindi può risultarne difficile la comprensione immediata.



Ne *L'Uomo* Leonardo studia le proporzioni della sezione aurea secondo i dettami del *De architectura* di Vitruvio, che obbediscono ai rapporti del *numero aureo* ϕ . Leonardo stabilì che le proporzioni umane sono perfette quando l'ombelico divide l'uomo in modo aureo.

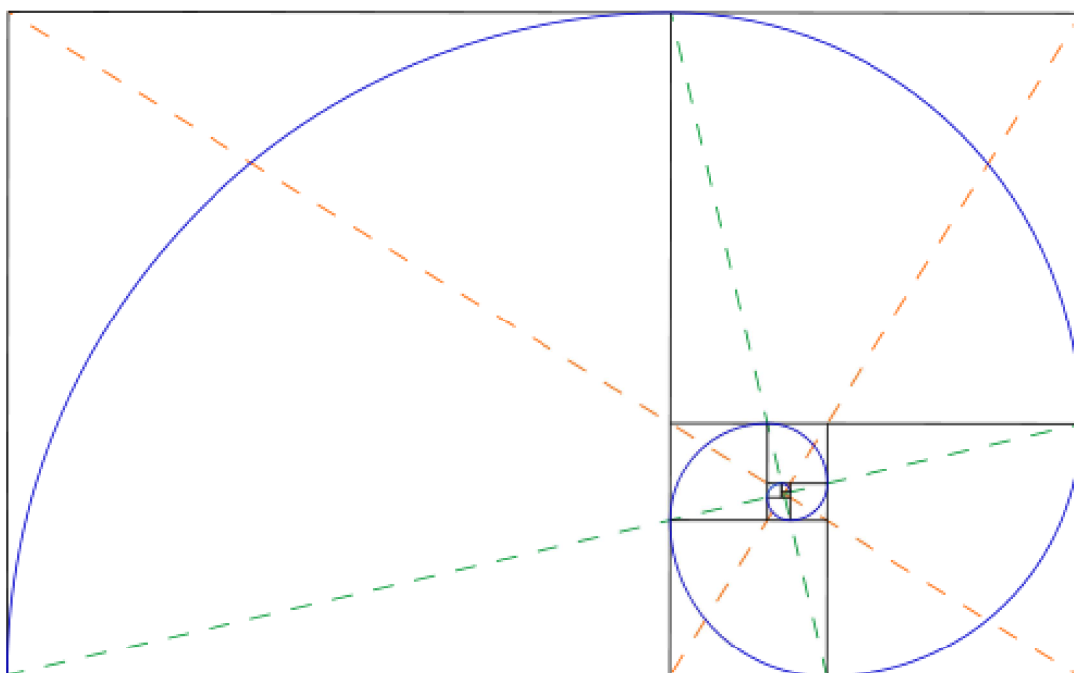
Vitruvio (Marcus Vitruvius Pollio, 70-25ca. a.C.) nel *De Architectura* scrive:

«Il centro del corpo umano è inoltre per natura l'ombelico; infatti, se si sdraia un uomo sul dorso, mani e piedi allargati, e si punta un compasso sul suo ombelico, si toccherà tangenzialmente, descrivendo un cerchio, l'estremità delle dita delle sue mani e dei suoi piedi. Misurando la distanza dalle piante dei piedi alla sommità del capo e poi misurando allo stesso modo la distanza fra le estremità delle braccia estese, si constaterà che la larghezza è uguale all'altezza come accade ad una figura piana che sia perfettamente quadrata.»

Preliminarmente si fornisce di seguito una coordinata essenziale: il suo valore approssimativo. Si aggira intorno a 1,618 e si tratta di un numero irrazionale esprimibile in termini frazionari come

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,6180339887...$$

Per via delle sue proprietà geometriche e matematiche, frequentemente riproposte in svariati contesti naturali, apparentemente slegati tra loro, la proporzione aurea ha impressionato nei secoli la mente dell'uomo, che è arrivato a cogliervi, col tempo, un ideale di bellezza e **armonia**, spingendosi a ricercarlo e, in alcuni casi, a ricrearlo nell'ambiente antropico quale canone di bellezza. Su questa proporzione sono stati fatti studi artistici di altissimo livello, e una delle migliori creazioni è la *spirale aurea*.



Il concetto di *sezione aurea* è strettamente legato all'arte, in quanto è la riproposizione grafica del *numero ϕ* , il quale è a sua volta legato alla *sequenza di Fibonacci*, anch'essa resa nota al grande pubblico dal sopraccitato romanzo di Dan Brown. La sequenza segue uno schema fisso ed infinito, che riporto di seguito:

- 1° elemento: m
- 2° elemento: n
- 3° elemento: $m + n$
- 4° elemento: $m + 2n$
- 5° elemento: $2m + 3n$
- 6° elemento: $3m + 5n$
- 7° elemento: $5m + 8n$
- 8° elemento: $8m + 13n$
- 9° elemento: $13m + 21n$
- 10° elemento: $21m + 34n$

Sommando tutti i dieci elementi, si otterrà $55m + 88n$ che è proprio uguale a 11 volte il settimo elemento... e ritorna pure il fatidico *sette* di prima, la firma di Dio.

Vaneggiamenti sul sette a parte, la relazione fra *numero ϕ* e *sequenza di Fibonacci* potrebbe ancora risultare oscura. Si pongono allora "a sistema".

Il rapporto F_n / F_{n-1} al tendere di n all'infinito tende al numero irrazionale ϕ . Quindi:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n}{F_{n-1}} = \phi$$

Il rapporto tra un numero di Fibonacci e il suo successivo tende al reciproco di ϕ :

$$1/\phi = 0,6180339887\dots$$

Questa relazione non rimane soltanto a livello puramente teorico, bensì riveste un'incredibile importanza nell'arte di tutti i tempi, soprattutto in quella più moderna.

I numeri di Fibonacci sono stati usati in alcune opere d'arte; ad esempio Mario Merz li ha usati nell'installazione luminosa denominata *Il volo dei numeri* su una delle fiancate della Mole Antonelliana di Torino.

Anche a Barcellona e a Napoli è stata creata un'installazione luminosa: nella città spagnola si trova nell'area della Barceloneta, all'interno dell'area pedonale, dove i numeri sono posti a distanze proporzionali alla loro differenza, mentre a Napoli sono disposti a spirale all'interno della stazione "Vanvitelli" della Linea 1 della Metropolitana e, più precisamente, sul soffitto che sovrasta le scale mobili quando, superate le obliteratrici, si scende all'interno della stazione vera e propria.

Ma ciò che più interessa in questo istante è l'apporto fornito all'operato dell'architetto svizzero Le Corbusier.

Le Corbusier aveva individuato nella *proporzione aurea* la *proporzione dell'uomo*, la "misura d'uomo" e, quindi, per la sua "architettura a misura d'uomo", non poteva che scegliere l'enigmatico *numero ϕ* come base e fondamento delle sue opere.

In questa sede non ci si può dilungare sull'aspetto architettonico delle opere dello svizzero sebbene vi sarebbe tanto da dire in proposito; basti pensare alle sue varie *Unités d'Habitation* ed alla *cattedrale di Notre Dame du Haute* per trovare riscontro diretto dell'*architettura a misura d'uomo*. Ma qui preme di più la questione che ne sta alla base, cioè la *misura d'uomo*.

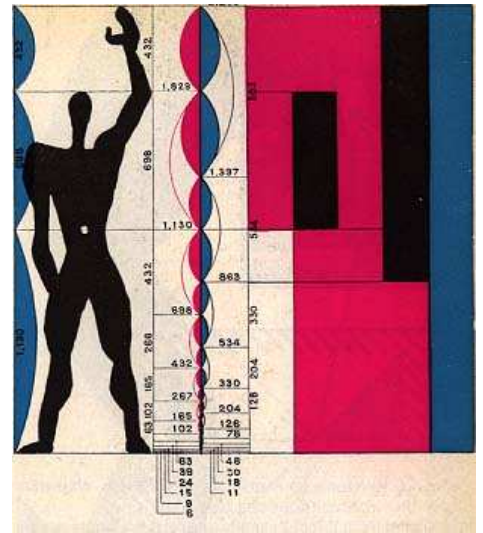
Il termine usato dallo stesso Le Corbusier è «*modulor*» e così si intitola anche la sua opera dove espone le sue idee sulla proporzione aurea.

Il *numero ϕ* è presente all'interno della stessa costituzione fisica dell'uomo, è un suo costante denominatore, è un qualcosa di insito in lui, e quindi deve essere anche la base sulla quale costruire ciò che sta al di fuori dell'uomo, ciò che è la realtà esterna.

Ovviamente sorgerà spontanea una domanda del tipo «*Come può il nostro corpo essere costituito e regolato secondo un numero, per giunta irrazionale?*».

Sarà lo stesso Le Corbusier a fornire la risposta, mediante il suo celebre disegno (peraltro copertina del suo scritto sopraccitato), denominato ovviamente *modulor*, raffigurante la proporzione aurea su un soggetto che si potrebbe descrivere come un uomo di media statura di circa 1,81 m e corporatura media.

Guardando attentamente si nota come l'immagine sia tripartita: al centro troviamo la scala che segue contemporaneamente la *sequenza di Fibonacci* e la *proporzione aurea*, sulla sinistra vi è impressa l'immagine dell'uomo medio con un braccio alzato e, sulla destra, vi è già una riproposizione geometrica che ricorda vagamente il progetto di una casa.



Probabilmente a questo punto le volumetrie geometriche dei dipinti leonardeschi saranno per il pubblico di maggior gradimento rispetto alle espressioni più moderne de *Le modulor* o della *sequenza di Fibonacci* e quindi della *proporzione aurea* e delle sue applicazioni e, magari, si riconoscerà anche una maggior vicinanza a quelle che sono le reali volumetrie del nostro corpo umano. Bisogna darne atto, Le Corbusier era molto più dotato nel disegno tecnico e strutturale che in quello fisionomico. Però ciò non toglie che i due artisti siano pienamente d'accordo per quanto riguarda la questione del numero nella realtà: stili dissimili per fini simili.

Ma non è solo nell'arte pittorica o in quella architettonica che è possibile ritrovare un impianto stilistico sì vicino alla matematica: ne è impregnata anche la letteratura.

Spesso si immagina che la matematica non possa realmente permeare un capolavoro della letteratura, perché da sempre la mente matematica è sembrata essere "altro" dalla mente letteraria. E invece due discipline così apparentemente distanti, trovano a volte un punto di unione, un qualcosa di criptico, nascosto, a volte esplicito ma che, in genere, va ricercato fra le righe con occhi attenti e desiderosi di apprendere.

Sin dall'età di Cesare, infatti, abbiamo testimonianza di importanti autori che utilizzano anche dei numeri per esprimere al meglio le loro idee. Non sto parlando solo di "tecnici" delle scienze che possono scrivere trattati matematici. Sto parlando anche di poeti: per esempio un carne impregnato di numeri è il carne 5 di Catullo

Vivamus, mea Lesbia, atque amemus,
rumoresque senum severiorum
omnes unūus aestimemus assis.
Soles occidere et redire possunt:
nobis, cum semel occidit brevis lux,
nox est perpetua una dormienda.
Da mi basia mille, deinde centum,
dein mille altera, dein secunda centum,

Viviamo, mia Lesbia, ed amiamo(ci),
e le chiacchiere dei vecchi troppo arcigni
consideriamole tutte un soldo (bucato).
I giorni [i soli] possono tramontare e
ritornare;
noi, una volta che la breve luce è
tramontata,
dobbiamo dormire un'unica notte eterna.
Dammi mille baci, (e) poi cento,

deinde usque altera mille, deinde centum.
 Dein, cum milia multa fecerimus,
 conturbabimus illa, ne sciamus,
 aut nequis malus invidere possit,
 cum tantum sciat esse basiorum.

poi mille altri, poi ancora cento,
 poi di seguito altri mille, (e) poi cento.
 Poi, quando ne avremo totalizzate
 [avremo fatto] molte migliaia,
 li rimescoleremo, per non conoscere il
 totale,
 o perché nessun maligno possa gettar(ci)
 il malocchio,
 sapendo che è così grande il numero dei baci
 [che c'è tanto di baci].

Cosa si può notare in quest'opera? L'approccio numerico non è scientifico e non è neanche molto esoterico, è solo espressione di un sentimento che non saprebbe come altro trascinare dalle parole del poeta se non grazie a un paragone matematico, a un'iperbole numerica.

Il numero dei baci infatti è 100 e 1000, baci che simboleggiano l'enorme e quindi l'infinito e che, sommati e mescolati, acquistano un significato così potente da mettere l'autore e l'amata quasi in una condizione di forza anche verso chiunque volesse creare ostacoli al loro amore.

Continuando a trattare il nostro tema fondamentale, "ovvero come i numeri si sono impadroniti del mondo", all'interno della produzione letteraria, non è possibile fermarsi al "semplice" esempio catulliano, (dove per altro i numeri non sono "numeri nascosti" ma palesemente utilizzati dall'autore).



Si tratta quindi di fare un balzo nel tempo, si tratta di arrivare all'età vittoriana inglese, e prendiamo ad esempio il capolavoro di Lewis Carroll, "Alice's adventures in wonderland", volgarmente detto "Alice nel paese delle meraviglie": ad occhi poco scrupolosi potrebbe anche presentarsi come una semplice favola per bambini, ma forse questa è una delle poche cose che non è. È vero, generazioni di bambini hanno potuto vivere e vedere con gli occhi della fantasia le avventure di questa bimbetta un po' folle, a sprazzi saggia, un po' furbetta e, talvolta, un po' leziosetta; ma Alice va ben oltre le apparenze!

Negli anni tanti si sono prodigati nel tentativo di capire cosa volesse realmente comunicare l'autore. Carroll era più che un semplice letterato: era un matematico ed un religioso ed aveva, quindi, una visione complessa e forse un po' contorta della vita, caratterizzata da un approccio nei confronti della realtà di tipo speculativo-filosofico-materialistico-visionario, approccio che spesso trasfondeva nella fotografia, una delle sue molteplici passioni.

Si prenda, per esempio, una delle prime scene descritte nel I capitolo, quello della caduta di Alice nella tana del Coniglio:

<p><i>The rabbit-hole went straight on like a tunnel for some way, and then dipped suddenly down, so suddenly that Alice had not a moment to think about stopping herself before she found herself falling down a very deep well.</i></p> <p><i>Either the well was very deep, or she fell very slowly, for she had plenty of time as she went down to look about her and to wonder what was going to happen next. First, she tried to look down and make out what she was coming to, but it was too dark to see anything; then she looked at the sides of the well, and noticed that they were filled with cupboards and bookshelves; here and there she saw maps and pictures hung upon pegs. She took down a jar from one of the shelves as she passed; it was labelled 'ORANGE MARMALADE', but to her great disappointment it was empty: she did not like to drop the jar for fear of killing somebody, so managed to put it into one of the cupboards as she fell past it.</i></p> <p><i>'Well!' thought Alice to herself, 'after such a fall as this, I shall think nothing of tumbling down stairs! How brave they'll all think me at home!</i></p> <p><i>Why, I wouldn't say anything about it, even if I fell off the top of the house!' (Which was very likely true.)</i></p> <p><i>Down, down, down. Would the fall NEVER come to an end! 'I wonder how many miles I've fallen by this time?' she said aloud. 'I must be getting somewhere near the centre of the earth. Let me see: that would be four thousand miles down, I think-' ... '-yes, that's about the right distance-but then I wonder what Latitude or Longitude I've got to?' (Alice had no idea what Latitude was, or Longitude either, but thought they were nice grand words to say.)</i></p> <p><i>Presently she began again. 'I wonder if I</i></p>	<p>La buca della conigliera filava dritta come una galleria, e poi si sprofondava così improvvisamente che Alice non ebbe un solo istante l'idea di fermarsi: si sentì cader giù rotoloni in una specie di precipizio che rassomigliava a un pozzo profondissimo.</p> <p>Una delle due: o il pozzo era straordinariamente profondo o ella ruzzolava giù con grande lentezza, perchè ebbe tempo, cadendo, di guardarsi intorno e di pensar meravigliata alle conseguenze. Aguzzò gli occhi, e cercò di fissare il fondo, per scoprire qualche cosa; ma in fondo era buio pesto e non si scopriva nulla. Guardò le pareti del pozzo e s'accorse che erano rivestite di scaffali di biblioteche; e sparse qua e là di mappe e quadri, sospesi a chiodi. Mentre continuava a scivolare, afferrò un barattolo con un'etichetta, lesse l'etichetta: "Marmellata d'Arance" ma, ohimè! con sua gran delusione, era vuoto; non volle lasciar cadere il barattolo per non ammazzare chi si fosse trovato in fondo, e quando arrivò più giù, lo depose su un altro scaffale.</p> <p>"Bene, — pensava Alice, — dopo una caduta come questa, se mai mi avviene di ruzzolare per le scale, mi sembrerà meno che nulla; a casa poi come mi crederanno coraggiosa! Anche a cader dal tetto non mi farebbe nessun effetto!" (E probabilmente diceva la verità).</p> <p>E giù, e giù, e giù! Non finiva mai quella caduta? — Chi sa quante miglia ho fatte a quest'ora? — esclamò Alice. — Forse sto per toccare il centro della terra. Già saranno più di quattrocento miglia di profondità. — ... Sì, sarà questa la vera distanza, o pressappoco, ma vorrei sapere a qual grado di latitudine o di longitudine sono arrivata. (Alice veramente, non sapeva che fosse la latitudine o la longitudine, ma le piaceva molto pronunziare quelle parole altisonanti!)</p>
--	---

<p><i>shall fall right THROUGH the earth! How funny it'll seem to come out among the people that walk with their heads downward! The Antipathies, I think-' (she was rather glad there WAS no one listening, this time, as it didn't sound at all the right word) '-but I shall have to ask them what the name of the country is, you know.</i></p> <p><i>... She felt that she was dozing off, and had just begun to dream that she was walking hand in hand with Dinah, and saying to her very earnestly, 'Now, Dinah, tell me the truth: did you ever eat a bat?' when suddenly, thump! thump! down she came upon a heap of sticks and dry leaves, and the fall was over.</i></p>	<p>Passò qualche minuto e poi ricominciò: — Forse traverso la terra! E se dovessi uscire fra quelli che camminano a capo in giù! Credo che si chiamino gli Antitodi. — Fu lieta che in quel momento non la sentisse nessuno, perchè quella parola non le sonava bene... — Domanderei subito come si chiama il loro paese...</p> <p>Sonnecchiava di già e sognava di andare a braccetto con Dina dicendole con faccia grave: "Dina, dimmi la verità, hai mangiato mai un pipistrello?" quando, patapunfete! si trovò a un tratto su un mucchio di frasche e la caduta cessò.</p>
--	---

Risulta interessante l'approccio di Piergiorgio Odifreddi allo sfondo matematico della novella; si riporta di seguito un passo del suo saggio *"Meraviglie nel paese di Alice"* nel quale, tra le altre cose, si evidenzia bene che già Galilei, nel suo *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, aveva dato una soluzione al problema che Alice si trova a fronteggiare nel suo avventuroso incidente: la caduta libera verso il ... centro della Terra...

Dice testualmente Odifreddi, seguendo pedissequamente il ragionamento di Galilei:

« ... da un punto di vista puramente dinamico, e ignorando attriti e rotazione (ad esempio, supponendo che il buco colleghi i due poli), Alice cadrebbe con accelerazione decrescente ma velocità crescente fino al centro della terra, dove raggiungerebbe accelerazione zero, continuando poi a cadere con velocità decrescente fino agli antipodi, che raggiungerebbe a velocità zero dopo circa 42 minuti! Una volta dall'altra parte, poi, riprenderebbe a cadere "all'insù", con un moto oscillatorio che la farebbe salire e scendere in eterno, come se fosse attaccata ad un elastico. In presenza di attrito l'oscillazione sarebbe invece smorzata, e prima o poi ci si fermerebbe al centro della terra...»

È alquanto curioso entrare nel ragionamento di Carroll e seguire questo approccio scherzoso ma anche estremamente interessante su cosa dovrebbe essere e non è la realtà che si immagina. Si guardi, ad esempio, questo continuo allungarsi e accorciarsi, espandersi e contrarsi, che sperimenta il corpo di Alice (con riflessi alquanto destabilizzanti, peraltro, sulla sua psiche):

...She found a little bottle on it, (which certainly was not here before,' said Alice,) and round the neck of the bottle was a paper label, with the words 'DRINK ME' beautifully printed on it in large letters.

It was all very well to say 'Drink me,' but the wise little Alice was not going to do THAT in a hurry....

Alice ventured to taste it, and finding it very nice, (it had, in fact, a sort of mixed flavour of cherrytart, custard, pine-apple, roast turkey, toffee, and hot buttered toast,) she very soon finished it off.

'What a curious feeling!' said Alice; 'I must be shutting up like a telescope.' And so it was indeed: she was now only ten inches high, and her face brightened up at the thought that she was now the right size for going through the little door into that lovely garden. First, however, she waited for a few minutes to see if she was going to shrink any further: she felt a little nervous about this; 'for it might end, you know,' said Alice to herself, 'in my going out altogether, like a candle. I wonder what I should be like then?' And she tried to fancy what the flame of a candle is like after the candle is blown out, for she could not remember ever having seen such a thing.

... Soon her eye fell on a little glass box that was lying under the table: she opened it, and found in it a very small cake, on which the words 'EAT ME' were beautifully marked in currants. 'Well, I'll eat it,' said Alice, 'and if it makes me grow larger, I can reach the key; and if it makes me grow smaller, I can creep under the door; so either way I'll get into the garden, and I don't care which happens!'

'Curiouser and curiouser!' cried Alice (she was so much surprised, that for the moment she quite forgot how to speak good English): 'now I'm opening out like the largest telescope that ever was! Good-bye, feet!' (for when she looked down at her feet, they seemed to be almost out of sight, they were getting so far off)...

Just then her head struck against the roof of the hall: in fact she was now more than nine feet high, and she at once took up the little golden key and hurried off to the garden door.

... vi trovò invece un'ampolla, (e certo prima non c'era, - disse Alice), con un cartello sul quale era stampato a lettere di scatola: "Bevi."

- È una parola, bevi! - Alice che era una bambina prudente, non volle bere. - ...

...Alice si arrischiò a berne un sorso. Era una bevanda deliziosa (aveva un sapore misto di torta di ciliegie, di crema, d'ananaso, di gallinaccio arrosto, di torrone, e di crostini imburrati) e la tracannò d'un fiato.

- Che curiosa impressione! - disse Alice, - mi sembra di contrarmi come un cannocchiale!

Proprio così. Ella non era più che d'una ventina di centimetri d'altezza, e il suo grazioso visino s'irradiò tutto pensando che finalmente ella era ridotta alla giusta statura per passar per quell'uscio, ed uscire in giardino. Prima attese qualche minuto per vedere se mai diventasse più piccola ancora. È vero che provò un certo sgomento di quella riduzione: - perchè, chi sa, potrei rimpicciolire tanto da sparire come una candela, - si disse Alice. - E allora a chi somiglierei? - E cercò di farsi un'idea dell'apparenza della fiamma d'una candela spenta, perchè non poteva nemmeno ricordarsi di non aver mai veduto niente di simile!

... Ecco che vide sotto il tavolo una cassetina di cristallo. L'aprì e vi trovò un piccolo pasticcino, sul quale con uva di Corinto era scritto in bei caratteri "Mangia". - Bene! mangerò, - si disse Alice, - e se mi farà crescere molto, giungerò ad afferrare la chiave, e se mi farà rimpicciolire mi insinuerò sotto l'uscio: in un modo o nell'altro arriverò nel giardino, e poi sarà quel che sarà!

...- Stranissimo, e sempre più stranissimo! esclamò Alice (era tanta la sua meraviglia che non sapeva più parlare correttamente) - mi allungo come un cannocchiale, come il più grande cannocchiale del mondo! Addio piedi! (perchè appena si guardò i piedi le sembrò di perderli di vista, tanto s'allontanavano.)

... In quel momento la testa le urtò contro la volta della sala: aveva più di due metri e settanta di altezza! Subito afferrò la chiavettina d'oro e via verso la porta del giardino.

Questo continuo gioco di anormalità, dentro e fuori dalla normalità, viene commentato da Odifreddi in senso assolutamente improbabile, prendendo a sua volta spunto da Galileo che trattò tale argomento nei *Discorsi intorno a due nuove scienze*:

«... le leggi della fisica non sono affatto invarianti rispetto a cambiamenti di scala: ad esempio, se un cane aumentasse anche solo di tre volte le sue dimensioni, le sue ossa dovrebbero essere completamente riprogettate (cosa che Galileo fa diligentemente), e non potrebbero soltanto essere aumentate proporzionalmente al resto del corpo. La povera Alice sarebbe dunque dovuta collassare sotto il suo peso, uscendo malconcia dalle sue avventure (o, più semplicemente, avrebbe potuto dedurre che stava solo sognando) ... >>

Ecco quindi - come già si diceva nella premessa di questo *excursus* - che la scienza matematica riesce a entrare dentro qualunque cosa, anche in un innocente gioco di bimba.

In questo racconto l'insensatezza sembra essere il *leitmotiv* della storia, il filo conduttore dell'intera vicenda, ma, in verità, tutto è razionalmente e logicamente impostato in modo da trasmettere, a chi legge, un'immagine apparentemente "sconvolgente" dell'uso delle teorie fisiche e matematiche. Solo un grande conoscitore di tali teorie poteva fare ciò.

In "Alice" tutto ciò che è noto, lecito e riconosciuto viene reso irreali, irriconoscibile, impossibile; Lewis Carroll sembra stravolgere anche le stesse leggi della fisica, della geografia e della matematica. La realtà, per noi unica ed immutabile, proprio con questi artifici, qui diviene caleidoscopica, aperta a più vie che nel quotidiano non possono manifestarsi. Tutto ciò che a noi appare sicuro ed ovvio, nella realtà "altra" perde la sua affidabilità, e non sfugge a questo destino persino l'identità umana; infatti Alice cambia vistosamente statura così spesso da non riuscire a rispondere alla domanda del bruco parlante «E chi sei tu?».

"Alice" riflette in pratica le reali insensatezze che dominano il mondo reale trattando l'estrema arbitrarietà delle leggi umane, le regole della società vigente. Esse vengono trattate con gli occhi, col cuore, con le parole, con i pensieri di un bimbo, quasi per rendere meno crudo e meno ingeneroso nei confronti dell'umanità il suo pensiero disfattista.

Un altro esempio che si riporta è quello di uno scrittore di cui si è già accennato nella sezione dedicata alla realtà: Italo Calvino.

In un'intervista del 1965 l'autore affermò di aver incominciato ad interessarsi di argomenti scientifici, non per trovare ispirazione letteraria, ma per semplice interesse.

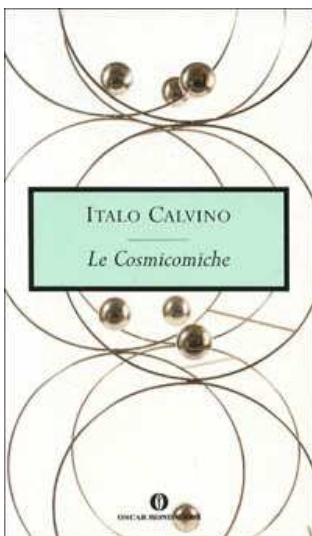
La sua ispirazione fu semplice conseguenza delle materie trattate dai testi che leggeva.

Nascono così *Le Cosmicomiche*, 12 racconti brevi con un protagonista percorre le varie ere cosmiche e della realtà terrestre utilizzando differenti forme fisiche. Si va dal puntino di "Tutto in un punto", al giovinetto di "Un segno nello spazio" o "Senza colori", o ancora, ad un rettile ne "Lo zio acquatico" o ad un dinosauro ne "I dinosauri", ad una conchiglia ne "La spirale", fino alle fattezze più umane di racconti quali "La distanza della Luna".

In questa sede prenderemo ad esempio un testo soprattutto, il cui titolo è Quanto scommettiamo. All'interno di questo racconto Calvino mostra come l'onnipotente Qfwfq ed il Decano (k)yK si intrattengano con scommesse alquanto bizzarre sugli avvenimenti dell'evoluzione del Cosmo.

Viene qui riportata una teoria quasi democritea, di un cosmo costituito da atomi che nel loro girovagare non possono che seguire delle traiettorie specifiche e calcolabili matematicamente.

Qfwfq, infatti, calcolando lo spostamento delle particelle atomiche, riesce quasi sempre a prevedere esattamente il futuro delle galassie ed anche delle persone, in un contesto vicino a quello del mondo normale. Se ne riporta un esempio tratto dal racconto:



«L'8 febbraio 1926, a Santhià, provincia di Vercelli, d'accordo?, in Via Garibaldi al numero 18, mi segui?, la signorina Giuseppina Pensotti, d'anni 22, esce di casa alle 5 e tre quarti del pomeriggio: prende a destra o a sinistra?»

"Eeh..." faceva (k)yK.

"Dai, veloce. Io dico che va a destra".

E attraverso le nebulose di pulviscolo solcate dalle orbite delle costellazioni già vedevo salire la nebbietta della sera per le vie di Santhià, accendersi fioco un lampione che arrivava appena a segnare la linea del marciapiede nella neve, e illuminava per un momento l'ombra snella di Giuseppina Pensotti, mentre voltava l'angolo dopo la pesa del Dazio, e si perdeva».

Questo breve excursus sull'arte e la letteratura dovrebbe avervi fornito ormai un numero sufficiente di prove di quanto i numeri si siano ormai impadroniti del mondo.

Ancora non ne siete convinti? Va bene, allora proseguiamo.

STORIA

(i numeri, la crittografia, la storia)

<< *L'impero Romano era inesorabilmente destinato al tramonto.
Perché? Perché i latini ignoravano il numero zero...>>*

(A. La Rosa)

Come fa la matematica ad entrare nei meccanismi della storia? In quali termini potrebbe essere ravvisata all'interno dell'evoluzione dell'uomo?

È facilissimo trovarne esempi, a tutte le ere del mondo, tramite migliaia di interpreti e sotto altrettante forme distinte e separate.

La matematica è un ingranaggio indispensabile per la storia.

In questa sede ci limiteremo a trattare un importante argomento molto delicato, dove la matematica diventa anche misura del linguaggio: si tratta della crittografia.

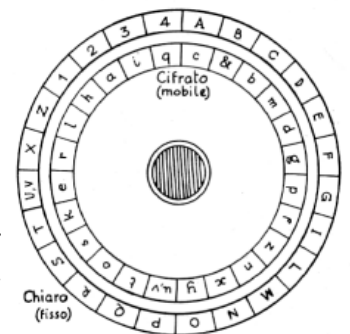
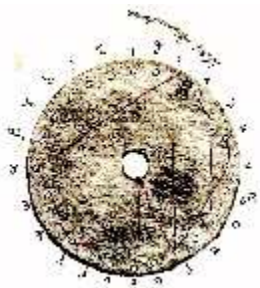
La crittografia è una scienza che permette di rendere delle comunicazioni riservate difficilmente comprensibili da chi non viene dotato della chiave di decrittaggio.

La procedura consta di diverse fasi. Serve che:

- il mittente ed il destinatario decidano di utilizzare una data chiave per il criptaggio ed un'altra (o anche la stessa) per la successiva decrittazione;
- il mittente scriva il messaggio "in chiaro" da criptare in seguito;
- il mittente segua le regole predefinite per il criptaggio del messaggio;
- il messaggio venga trasmesso il più rapidamente possibile cercando di evitare intercettazioni (anche se i messaggi via etere sono intercettabili da chiunque);
- decrittazione del messaggio da parte del destinatario secondo le regole prestabilite;
- scelta di una nuova chiave in caso la chiave sia già stata violata.

Ovviamente con il tempo gli stili di criptaggio si sono raffinati rispetto al momento in cui furono ideati diversi secoli addietro.

Uno dei metodi di criptaggio più antichi di cui si è a conoscenza è quello del "cifrario Atbash". Il libro di Geremia nella Bibbia presenta un semplicissimo codice monoalfabetico per cifrare la parola Babele; la prima lettera dell'alfabeto ebraico (Aleph) viene cifrata con l'ultima (Taw), la seconda (Beth) viene cifrata con la penultima (Shin) e così via; da queste quattro lettere è derivato il nome di Atbash (A con T, B con SH) per questo codice.



Usando il moderno alfabeto internazionale, l'*Atbash* può essere riassunto con la seguente tabella di cifratura:

CHIARO	a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
CIFRATO	z y x w v u t s r q p o n m l k j i h g f e d c b a

Utilizzando la frase

Viva la matematica

come frase chiara da cifrare il risultato sarà:

Erezoznzgvnzgrxz

Il codice Atbash è quindi simile ma meno complesso di quello di Cesare, poiché, al contrario di quest'ultimo, prevede solo una possibile sostituzione.

Del "cifrario di Cesare" si parlerà fra poco. La cronologia vuole che si esponga ora la "scacchiera di Polibio".

Lo storico greco Polibio (~200-118AC), nelle sue Storie (Libro X) descrive il più antico esempio di codice poligrafico attribuito ai contemporanei Cleoxeno e Democleito; l'idea è quella di cifrare una lettera con una coppia di numeri, compresi tra 1 e 5, in base ad una scacchiera 5x5. In tal modo il messaggio può essere trasmesso con due gruppi di cinque torce. In effetti più di un codice segreto, si tratta di un sistema di telecomunicazione, di fatto un telegrafo ottico.

Telegrafi a torce esistevano da molti secoli ed erano stati descritti da Enea il tattico intorno al 350AC, ma erano basati su un limitato elenco di messaggi possibili; quello di Polibio si basa invece sulla scomposizione del messaggio nelle singole lettere ed quindi in grado di trasmettere qualsiasi messaggio.

Nell'alfabeto greco vi sono 24 lettere ed avanza quindi un carattere che Polibio proponeva di usare come segnale di sincronizzazione (inizio e fine trasmissione). Nell'esempio seguente si utilizzerà, al posto di quello greco, l'alfabeto internazionale il quale ha viceversa il difetto di essere formato da 26 caratteri; così per poter costruire il quadrato necessario per la cifratura bisognerà "fondere" due lettere rare ma non foneticamente differenti nella stessa casella, in questo caso la *k* e la *q*.

#	1	2	3	4	5
1	α	β	γ	δ	ε
2	ζ	η	θ	ι	κ
3	λ	μ	ν	ξ	ο
4	π	ρ	ς/σ	τ	υ
5	φ	χ	ψ	ω	#

In questo modo si otterrà la tabella a lato a sinistra.

#	1	2	3	4	5
1	a	b	c	d	e
2	f	g	h	i	j
3	k/q	l	m	n	o
4	p	r	s	t	u
5	v	w	x	y	z

Ogni lettera può essere quindi rappresentata da due numeri, guardando la riga e la colonna in cui la lettera si trova. Per esempio, a=11 e r=42. Quindi il testo da cifrare "**Viva la matematica**", dopo la cifratura risulterà:

51245111321133114415331144241311

La scacchiera di Polibio ha alcune importanti caratteristiche, e cioè la riduzione nel numero di caratteri utilizzati, la conversione in numeri e la riduzione di un simbolo in due parti che sono utilizzabili separatamente.

Si tratterà ora la questione del "cifrario di Cesare". È Svetonio, nella *Vita dei dodici Cesari*, che narra il fatto che Giulio Cesare usasse per le sue corrispondenze riservate un codice di sostituzione (molto semplice), nel quale la lettera chiara veniva sostituita dalla lettera che la segue di tre posti nell'alfabeto: la lettera A è sostituita dalla D, la B dalla E, e così via fino alle ultime lettere che sono cifrate con le prime come nella tabella che segue (che fa riferimento all'odierno alfabeto internazionale).

Chiario	a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
Cifrato	D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C

Prendendo come esempio la frase *Viva la matematica* si otterrà il seguente messaggio cifrato:

Chiario	vivalamatematica
Cifrato	YLYDODPDWHPDWLFD

Più in generale, si intende *codice di Cesare* un codice nel quale la lettera del messaggio chiaro viene spostata di un numero fisso di posti, non necessariamente tre; un esempio è il codice che, sempre secondo Svetonio, era usato da Augusto, la lettera cifrata era uguale alla lettera chiara spostata di una posizione, quindi la A era sostituita dalla B, la B dalla C e così via.

Poiché l'alfabeto internazionale è composto da 26 caratteri, sono possibili 26 codici di Cesare diversi, dei quali uno (quello che comporta uno spostamento di zero posizioni) darà un cifrato uguale al messaggio chiaro iniziale.

Ovviamente la crittografia si sviluppò passo passo assieme all'umanità, e, come essa, andò erudendosi e raffinandosi per diversi secoli. Vi era un denominatore comune in tutti i messaggi crittografici, cioè la sicurezza che l'intercettazione del corriere da parte di un nemico era difficilissima e la cifratura del messaggio lo rendeva praticamente sicuro in ogni evenienza. Questo suo punto di forza, cioè l'essere consegnato da un corriere designato, era anche un suo grande svantaggio, poiché conferiva una certa lentezza alla comunicazione. Dalle scoperte di Marconi fino alle prime comunicazioni telefoniche e radiofoniche iniziò a diffondersi uno scambio di notizie e messaggi caratterizzato dall'assenza della preoccupazione di poter essere intercettati. I messaggi, quindi, erano senza cifrature protettive. La Grande Guerra fu la prima grande guerra dopo l'invenzione del telefono e della radio; questi mezzi di comunicazione, se da una parte consentono una velocità di trasmissione dei messaggi praticamente istantanea, dall'altra sono irrimediabilmente esposti all'intercettazione da parte del nemico, e questo vale soprattutto per le comunicazioni radio. E non tutte le nazioni erano consapevoli di ciò.

Furono i **Francesi** che per primi allo scoppio della Grande Guerra avevano già a disposizione un efficiente ufficio cifra presso il gran quartier generale dell'esercito.

Gli strateghi militari francesi infatti si erano resi conto con larghissimo anticipo di quanto fosse indispensabile proteggere ed intercettare informazioni riservate su strategie militari nel nuovo contesto che si era venuto a creare. Già nell'ottobre 1914 sotto la guida del Col. Cartier e del Cap. Olivari i crittanalisti francesi erano in grado di decrittare i messaggi radio tedeschi. Il migliore crittanalista francese, però, era 'esterno' all'esercito, era un paleontologo, il professor Georges Painvin, che riuscì a decrittare la cifra campale germanica nel 1918.

Preparati dal punto di vista crittografico tanto da non invidiare i francesi erano gli **Austriaci**: sin dall'agosto 1914 i crittanalisti asburgici riuscivano a decrittare i radiomessaggi russi. Va comunque considerato che inizialmente i messaggi russi erano solo parzialmente cifrati, ma anche quando i russi cominciarono a cifrare i loro messaggi radio, il cap. Pokorny riuscì nel giro di pochi giorni a decrittarli nuovamente.

Negli altri paesi veri e propri uffici cifra furono organizzati solo dopo l'entrata in guerra.

Assolutamente impreparati, come si è già potuto vedere in precedenza, erano soprattutto i **Russi**, che agli esordi della Grande Guerra non si provavano neppure a cifrare i loro messaggi radio, come per esempio durante la battaglia di Tannenberg dell'agosto 1914, nella quale occasione persino gli ordini operativi vennero trasmessi in chiaro; ed ovviamente i Tedeschi intercettarono tutto ringraziando i loro gentilissimi avversari.

I **Tedeschi** furono comunque in grado, come anche si è visto che lo furono gli Austriaci, di decrittare le comunicazioni russe anche dopo che questi ultimi iniziarono a cifrare i loro messaggi radio. Il crittanalista tedesco più importante fu il prof. Deubner. Successivamente i Tedeschi ottennero qualche successo anche nei confronti dei Francesi, nonostante la maggiore competenza di questi ultimi.

Per quanto riguarda il **Regno Unito**, Sir Alfred Ewing, capo dell'ufficio crittologico della Marina Britannica, organizzò la famosa '**Room 40**' (che prende il nome dal numero della stanza negli uffici dell'ammiragliato di Sir Ewing), dove vennero decrittati migliaia di radiomessaggi della marina tedesca. Fra questi messaggi il più noto fu il "telegramma Zimmermann", con il quale i Tedeschi offrivano un'alleanza di stampo prettamente 'anti-USA' ai Messicani. Una volta trasmesso al Congresso degli Stati Uniti, questo messaggio fu uno dei fattori scatenanti che spinsero la potenza nordamericana ad entrare finalmente in guerra nel 1917.

Gli **USA** riceverono questa 'dritta' dall'Inghilterra poiché non esisteva un ufficio cifra federale statunitense, la cui figura era in realtà soppressa dal reparto crittologico dei laboratori Riverbanks di Chicago, fondazione privata di ricerca nella quale lavorava anche William Friedman (destinato a divenire il massimo crittologo e crittanalista USA).

Totalmente impreparati dal punto di vista crittologico all'avvento del primo conflitto mondiale erano gli **Italiani**, che dovettero appoggiarsi in un primo momento all'ufficio cifra francese finché, solo in un secondo momento, fu finalmente costituito un ufficio cifra del tutto autonomo, sotto la guida di Luigi Sacco.

Fu quindi la Grande Guerra a far prendere coscienza a molti Stati dell'importanza strategica e militare della crittografia e del decrittaggio, il cui ruolo diventerà assolutamente fondamentale nel ben più complesso contesto della Seconda Guerra Mondiale. Al tempo della Prima Guerra però i metodi di criptaggio erano ancora basati su schemi preordinati dotati di una data lunghezza, che si ripetevano periodicamente, ai quali si sarebbero dovuti adattare i testi-chiave.

Il più importante metodo di cifra utilizzato era il metodo di Vigenere, basato su un processo di sovrapposizione e somma di un testo chiaro ed un testo-chiave: alla lettera 'chiaro' andava sommata la lettera corrispondente nel testo-chiave, che era fisso e di una data lunghezza, ed una volta terminato veniva ripreso daccapo senza variazioni, in modo tale da essere riutilizzabile fin quando non fosse stato forzato. Ovviamente in fin dei conti la speranza era sempre quella che la chiave non venisse mai forzata, ma ciò era altamente improbabile, quindi comunque i testi-chiave andavano spesso modificati ed aggiornati. La forzatura era infatti assai semplice, e questo era un enorme punto di debolezza del metodo crittografico di Vigenere: infatti, una volta risolta la prima parte del criptaggio, il resto sarebbe stato solubile senza alcuna difficoltà.

Assai diversa sarebbe stata invece la situazione nel caso in cui la chiave avesse avuto lunghezza infinita oppure nel caso fosse stata lunga almeno quanto il testo chiaro da trasmettere (o meglio come la somma di tutti i testi chiari da trasmettere). Questa è proprio l'idea proposta nel 1926 da G. S. Vernam per il cifrario che porta il suo nome: si tratta di generare una chiave del tutto casuale, quindi imprevedibile, che sia lunga come il testo chiaro; a questo punto il chiaro e la chiave vengono "sommati" proprio come nel cifrario di Vigenere. L'unica, vera differenza sta nel fatto che per il cifrario Vernam non sono tanto gli ordinali delle lettere dei due testi che vengono cifrati, quanto proprio i bit che codificano la lettera nel codice Baudot, il codice usato nelle telecomunicazioni (quello che allora era il codice Baudot oggi corrisponde al codice ASCII) con l'operazione logica XOR. Questa operazione è simile alla semplice addizione, ma è reversibile, e quindi può essere usata anche per decifrare.

Così la debolezza del Vigenere è superata. Infatti se la chiave è totalmente casuale e lunga come il testo allora il testo cifrato non contiene alcuna informazione sul testo chiaro, ed è del tutto al sicuro dagli attacchi della *crittanalisi statistica*, uno dei metodi risolutivi più usati fino a quel momento.

Per avere una sicurezza assoluta non si dovrebbe mai riutilizzare la stessa chiave; se si utilizza più volte la stessa chiave infatti questa torna ad essere più breve del messaggio (o, meglio, della somma di tutti i messaggi) e il cifrario non è più perfetto. Per questo motivo questo tipo di cifrario viene detto *a chiave non riutilizzabile*. Ed è proprio questo l'unico punto debole dei cifrari che utilizzano il metodo di Vernam: solo aggiornando periodicamente i codici si può evitare di scadere nelle ripetizioni che sono universalmente il punto debole di tutti i codici cifrati. I due corrispondenti dovrebbero incontrarsi periodicamente in luogo sicuro e generare una sequenza casuale lunghissima, sufficiente per un gran numero di messaggi, da utilizzare un po' alla volta. Una volta esaurita la chiave dovranno incontrarsi di nuovo, rigenerare la chiave etc. etc. Per semplificare le cose si potrebbe tentare di generare la chiave in modo pseudo-casuale, secondo una qualche regola nota e riproducibile dal destinatario secondo un algoritmo prestabilito, come quello dei croupier automatici presenti in alcuni casinò, che simulano casualità nella distribuzione delle carte da gioco in maniera molto realistica, così come molto realistica deve sembrare la casualità del testo chiave del criptaggio.

Nonostante queste difficoltà il cifrario di Vernam sembra sia stato usato effettivamente negli anni della guerra fredda dai servizi segreti dell'Est e per il telefono rosso tra Washington e Mosca. Un cifrario di Vernam era anche quello trovato addosso al Che Guevara dopo la sua uccisione nel 1967.

Forse in nessun'altra guerra come nella II guerra mondiale la Crittografia ha svolto un ruolo di primo piano.



Gli storici potranno discutere a lungo su quanto sia stata importante per la vittoria finale la superiorità alleata in questo campo; non c'è comunque dubbio che questa superiorità sia stata schiacciante fin dai primi anni di guerra.

La laboriosità del processo di cifratura/decifratura o criptazione/ decriptazione che dir si voglia e la necessità di rendere sicuri una sempre maggiore mole di messaggi rese necessario sin dalla prima metà del XX secolo l'utilizzo di macchine (agli inizi meccaniche ed oggi elettroniche) per velocizzare tali operazioni.

Nella prima metà del XX secolo cominciarono infatti a diffondersi macchine cifranti a rotori, il cui prodotto più noto è certo quello della macchina Enigma, inventata nel 1918 dal tedesco Arthur Scherbius e basata sul modello del cilindro di Jefferson reinventato da Beziers, adottata dall'esercito e dalla marina tedesca fino alla seconda guerra mondiale e considerata a torto inattaccabile.



Essa era costituita un certo numero di rotori (nella prima versione erano 3) collegati elettricamente e liberi di ruotare e connessi l'uno agli altri in modo che il segnale corrispondente ad una determinata lettera dell'alfabeto, al passaggio da un rotore all'altro, venisse cambiato nel segnale di un'altra lettera che costituiva il carattere cifrato e veniva mostrato illuminato. Essendo la macchina *simmetrica* permetteva l'inversione del processo e quindi anche la decifrazione dei messaggi ricevuti che venivano poi scritti a mano dagli operatori.

Solo molti anni dopo la fine della guerra si seppe che in effetti già nel 1932, prima ancora che Hitler arrivasse al potere, l'ufficio cifra polacco aveva trovato il modo di forzare l'Enigma così come il servizio crittografico inglese al quale partecipava anche il famoso matematico Alan Turing. E durante la guerra gli inglesi del progetto ULTRA continuarono a forzare sistematicamente i messaggi cifrati con l'Enigma e dal 1941 anche quelli cifrati con la più sofisticata macchina Lorenz.

Quante vittorie alleate avevano alla base questa superiorità crittografica?

Difficile dare una risposta precisa, ma è assolutamente evidente che data l'ampiezza mondiale dello scacchiere bellico le comunicazioni radio assunsero un'enorme importanza per la condotta delle operazioni in ogni parte del globo; importanza che va di pari passo con quella assunta dai servizi crittografici delle nazioni in lotta, tanto che più di una volta il successo o l'insuccesso della "guerra crittografica" si rifletterono con il successo o l'insuccesso delle operazioni belliche.

Esempi illuminanti di tale tesi possiamo trovarli nello scacchiere europeo con:

- **Battaglia di capo Matapan:** terminata con la disfatta della flotta italiana (marzo 1941)
- **Sbarco in Normandia:** quando Eisenhower e Montgomery, saputo che Hitler aveva creduto alla falsa notizia di un imminente sbarco alleato nei pressi di Calais, e

aveva concentrato le sue migliori truppe in quella zona, poterono ordinare lo sbarco in Normandia sicuri che avrebbe incontrato ben poca resistenza.

Anche sul fronte del Pacifico, sin dal 1940, gli Americani, un anno prima di Pearl Harbour, avevano realizzato **Magic**, una macchina in grado di decrittare i messaggi giapponesi, cifrati con la macchina **Purple**. Ricordiamo due episodi certi:

- **Battaglia delle Midway:** in essa gli Americani intercettarono i piani di Yamamoto e l'Ammiraglio Nimitz, comandante della flotta USA, fu in grado di preparare la battaglia conoscendo già fin nei dettagli i piani del nemico; egli fece inoltre trasmettere falsi piani americani usando un cifrario che sapeva essere stato forzato dai giapponesi. L'effetto sorpresa si trasformò in un boomerang e la vittoria USA alle Midway fu quindi in buona parte dovuta alla superiorità crittologica.
- **Morte dell'Amm. Yamamoto:** il 14 Apr 1943 fu decrittato un messaggio che comunicava la data e specificava persino le ore di partenza e di arrivo e il tipo di aerei usati dall'ammiraglio Yamamoto per la visita all'isola di Bougainville. L'ammiraglio Nimitz, subito informato, dopo aver sentito il Presidente Roosevelt, organizzò una squadra di aerei P-38 che il 18 puntualmente intercettò e abbattè l'aereo di Yamamoto; i giapponesi persero così il loro uomo più prezioso.

Per quanto riguarda l'Italia non si ripeterono i successi avvenuti nella seconda parte della Grande Guerra: il gen. Sacco, protagonista di quei successi, aveva per la verità progettato una macchina cifrante piuttosto complessa, un prototipo della quale era stato costruito dalle officine Nistri, ma per motivi non ben chiariti la macchina andò distrutta e non venne quindi mai usata. Un episodio questo che ben si inserisce nella disastrosa gestione della guerra da parte dell'Italia.

Nel quadro più ampio di una singola operazione militare un successo sia pur temporaneo, lo si ebbe nel 1941, quando il servizio segreto italiano riuscì a trafugare dall'ambasciata americana a Roma il cifrario "Black". Grazie a questa impresa italiani e tedeschi riuscirono per qualche tempo a decrittare i messaggi americani nel Nord Africa; e sembra che molti dei successi di Rommel fossero dovuti a queste intercettazioni; quando nel 1942 gli alleati scoprirono che i loro messaggi venivano forzati, il cifrario "Black" fu abbandonato e sostituito con la ben più sicura macchina M-138. E, che sia stato un caso o no, finirono anche i successi di Rommel in Africa a dimostrazione dell'importanza assunta dalle operazioni di decodifica dei messaggi del nemico.

E alla fine della guerra il gen. Marshall ammise che in molti casi di importanza "non vitale" gli alleati dovettero fingere di non conoscere i messaggi cifrati nemici, anche al costo di perdite umane, tale era il timore che tedeschi e giapponesi si accorgessero che i loro cifrari venivano sistematicamente decrittati.

Anche l'attacco di Pearl Harbour dove non c'era nemmeno una portaerei americana e in definitiva furono affondate solo alcune navi vecchie e di importanza non fondamentale per la guerra va dunque annoverato tra questi casi? Se è così, è però ben difficile che la cosa possa mai essere confermata ufficialmente, considerato che in quell'occasione morirono circa 3000 cittadini americani.

La guerra crittografica, come parte integrante della *ELINT* - sigla che sta per "electronic intelligence" "spionaggio elettronico", in italiano - non si è certo fermata con la fine della II Guerra mondiale; al contrario, con l'instaurarsi della "Guerra fredda" fra le due superpotenze e, soprattutto, grazie allo sviluppo di calcolatori elettronici sempre più potenti, si è enormemente sviluppata tanto da assorbire fette sempre più consistenti di quella parte del bilancio americano destinata allo spionaggio militare, ad ulteriore dimostrazione dell'importanza fondamentale delle procedure di protezione dei dati da una parte, e di forzatura di tali protezioni dall'altra.

NUMERI

(le lingue dei numeri e le loro evoluzioni)

*<<L'universo non potrà essere letto finché non avremo imparato il linguaggio ed avremo familiarizzato con i caratteri con cui è scritto. E' scritto in linguaggio matematico, e le lettere sono triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza le quali è umanamente impossibile comprendere una singola parola.>>
(Galileo Galilei)*

Come sarebbe il mondo senza matematica? Dei numeri, e quindi della matematica, non si può fare proprio a meno. Mentalmente, è impossibile non seguire schemi logici, calcolare la lunghezza di un passo, cercare il modo più veloce per giungere a scuola/lavoro, soprattutto per evitare un rimprovero che al 99,9% arriverà dal professore/direttore, decidere cosa mangiare a pranzo, che frequenza sintonizzare la sera alla televisione, il programma del sabato sera o cose del genere.

Il nostro cervello ragiona secondo una sequenza di impulsi e raggruppa i suoi pensieri secondo classificazioni e schemi che sono matematicamente calcolabili, in quanto matematicamente creati, perché l'attività cerebrale è inscindibile dalla stringente logica (matematica). Esistono diversi libri che parlano di schemi mentali applicati alla quotidianità, ma non è questo l'oggetto che viene preso in considerazione in questa trattazione, quindi torniamo al tema principale, "ovvero come i numeri si sono impadroniti del mondo".

Solitamente si parla tramite un linguaggio matematico specifico, quello "decimale" arabo portato in Europa dopo le crociate, insieme a scoperte tecniche di natura igienico-sanitarie non meno importanti dei numeri per la vita pratica occidentale.

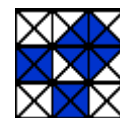
Questo tipo di "linguaggio matematico" non è, tuttavia, l'unico al mondo: i computer, per esempio, parlano un'altra lingua, il cosiddetto "codice binario", basato sui numeri 0 ed 1 (a differenza di quello arabo dove i numeri vanno da 0 a 9).

Ma sarebbe sbagliato dire che si parla una sola "lingua" solo perché non "parliamo" correntemente in *binario*: se ne conosce almeno un'altra.

Questa terza lingua è come quella del tempo, che si esprime in base "sessagesimale", la stessa che è utilizzata anche per le misurazioni goniometriche/angolari e, non a caso, il quadrante di un orologio - modello classico - è solitamente tondo. E, anche dove non fosse così, sono le lancette a disegnare inequivocabilmente una circonferenza.

E' necessario ricordare che le lingue parlate e quelle matematiche sono creazioni arbitrarie dell'uomo; non è così per la scienza matematica. Infatti qualunque sia la lingua parlata, inglese, francese, tedesco, italiano, russo, giapponese, greco, latino, essa nasce sempre da uomini. Così anche per la matematica, qualunque ne sia la base, decimale, sessagesimale, sistema binario, le regole matematiche rimangono sempre identiche a sé stesse e spetta solo all'uomo trovare le adeguate modalità espressive.

Ovviamente, come le lingue del mondo si sono sviluppate separatamente ed evolute a volte interagendo fra loro ed altre volte no, così le varie popolazioni hanno iniziato a sviluppare singolarmente le loro conoscenze matematiche ed etniche.



Però, mentre nel caso delle lingue parlate e scritte si è arrivati a risultati palesemente diversi fra loro (basti pensare, per esempio, alla differenza sia fonica sia grafica fra italiano e cinese), il sapere matematico si è sviluppato con caratteristiche molto simili fra le varie popolazioni.

Dello studio di queste evoluzioni si occupa una speciale branca della scienza non molto dissimile dalla filologia: si tratta dell'*etnomatematica*.



Per maggior precisione, gli argomenti di studio e ricerca dell'*etnomatematica* comprendono i sistemi di numerazione, i metodi di conteggio, i sistemi di misura, i sistemi simbolici, le rappresentazioni dello spazio e del tempo, i metodi di disegno, le tecniche di raffigurazione, i metodi di costruzione, le procedure di calcolo, gli algoritmi per operazioni, le regole

(esplicite o meno) di ragionamento, inferenza e deduzione, tutte le attività cognitive e materiali che possono essere tradotte in rappresentazioni della matematica formale, l'architettura, la tessitura, i giochi di matematica ricreativa, d'abilità e d'azzardo.

All'interno della scienza etnomatematica esistono inoltre due correnti di pensiero.

La prima si concentra su piccoli gruppi etnici che, a dispetto dei pregiudizi europei sulla semplicità e, a volte, anche sull'ignoranza di tali popolazioni, presentano conoscenze matematiche di alto livello, raffinatezza e complessità. Infatti tutti i popoli hanno delle necessità comuni che li spingono a far uso delle matematiche e, quindi, ad uno sviluppo di tali conoscenze.

Invece, per la seconda corrente di pensiero, retta e sostenuta dall'*etnomatematico* D'Ambrosio, il prefisso «etno-» si può riferire a qualsiasi gruppo di persone e riguarda veramente tutti a trecentosessanta gradi.

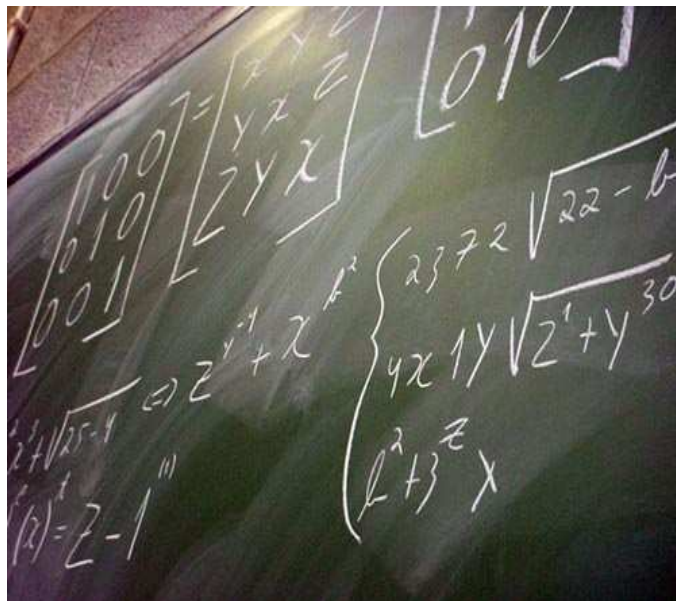
Ovviamente, come ogni scienza che si rispetti, presenta filoni di pensiero più o meno critici al suo interno, più o meno legittimi e di cui è giusto prendere nota.

Vengono infatti promosse due forti critiche nei confronti degli studi etnomatematici:

Alcuni critici fra gli stessi etnomatematici affermano che la maggioranza dei libri sull'argomento sottolinea le differenze tra culture, piuttosto che le somiglianze. Questi critici vorrebbero, ad esempio, che si mettesse in risalto il fatto che i *numeri negativi* furono scoperti in tre occasioni diverse, in Cina, in India e in Europa, ed in ciascuna di queste culture i matematici scoprirono le medesime regole per moltiplicarli. Quello che noi chiamiamo *triangolo di Tartaglia* fu scoperto in Cina molto prima che in Europa, eppure lo si riconosce come la stessa struttura matematica,

dotata delle medesime proprietà. Questi critici vorrebbero sottolineare, in modo marcato, gli aspetti unificanti della matematica.

A questa critica altri etnomatematici rispondono che il loro campo di studio è quello della matematica vista come *pratica sociale*. Come in tutte le pratiche nate per rispondere a precisi bisogni universali dell'essere umano (sopravvivere nel suo contesto e trascendere la propria morte), è ovvio che si riscontrano molte ricorrenze. Così come nessuno si stupisce di trovare in società lontane situate a latitudini assai diverse forme di governo analoghe od espressioni artistiche simili, così dovrebbe essere per le strategie ed i risultati della matematica.



Il punto è che questa è considerata semplicemente come un'attività umana, lungi da ogni determinazione ontologica.

Altri critici affermano che i corsi centrati sull'etnomatematica dedichino troppo poco tempo all'insegnamento della matematica vera e propria, e si occupino piuttosto di multiculturalismo e di pseudoscienza.

A quest'altra critica si può opporre che gli studi di etnomatematica nascono proprio nell'ambito di riflessioni di tipo didattico, motivate innanzi tutto dalle grandi differenze nei risultati scolastici ottenuti da studenti appartenenti a gruppi socioculturali minoritari (indios in Brasile, latinos e neri negli Stati Uniti, immigrati in Europa, abitanti delle campagne nei Paesi in decolonizzazione) o marginali (ceti subalterni, favelados, banlieusards). Il nucleo centrale delle ricerche che hanno portato all'istituzionalizzazione di questa branca del sapere è diretto a comprendere il ruolo che le conoscenze matematiche hanno nella selezione dei gruppi dirigenti e nella determinazione dell'uso sociale che di queste conoscenze si fa nel mondo extrascolastico.

Detto questo, è importante notare come in ogni popolazione esista un dato numero di differenze ma anche un rilevante numero di similitudini. Una cosa è certa: l'evoluzione della matematica non è stata pseudo-arbitraria come quella della linguistica; questa è la prova di come il numero e la matematica siano significanti universali dell'armonia e dell'ordine - quasi divino - insito all'interno delle *idee*, della *realtà*, dell'*arte*, della *storia*, della *VITA*.

BIBLIOGRAFIA e...

- M. Emmer, *Visibili armonie* - Torino, 2006
R. Bersani, E. Peres, *Matematica - corso di sopravvivenza* - Milano, 1998
K. Sabiers, *Nuove Straordinarie Scoperte* - Ediz. ERA
F. Ciuffi, G. Luppi, A. Vigorelli A., *Testo filosofico*, vol. I. - Milano, 2004
B. Mondadori, *Lezioni di arte*, vol. I, III - Milano, 2004
G.B. Conte, E. Pianezzola - *Corso integrato di letteratura latina*, vol II

... e WEBOGRAFIA

http://www.francescozumbo.it/lavori-stu/2006/5F/ricerche/fisica_termodinamica.pdf

P. Odifreddi, *Meraviglie nel paese di Alice*, da <http://www2.polito.it/didattica/polymath/htmlS/Interventi/Articoli/Alice/Alice.htm#ale201002>

7 in condotta

*« L'impero Romano era inesorabilmente destinato al tramonto.
Perché? Perché i latini ignoravano il numero zero...»
(A. La Rosa)*

Questo volumetto è rivolto a tutti quegli studenti che non riescono a comprendere quanto i numeri siano parte della nostra quotidianità, e quanto sia in fondo naturale comprendere i meccanismi di quella materia "astrusa e difficile" che "solo i geni o le persone che non hanno tutte le rotelle a posto possono capire", quella disciplina "per pazzi o pazzoidi" che è la matematica, splendida ed intramontabile come poche altre.

17	16	15	14	13
18	5	4	3	12
19	6	1	2	11
20	7	8	9	10
21	22	23	24	25

*«La Natura è un libro scritto
in caratteri matematici»
(Galileo Galilei)*

*«Ho affermato che le matematiche sono molto utili
per abituare la mente a un raziocinio esatto e ordinato;
con ciò non è che io creda necessario che tutti gli uomini diventino dei matematici,
ma quando con questo studio hanno acquisito il buon metodo di ragionare,
essi lo possono usare in tutte le altre parti delle nostre conoscenze»
(John Locke)*