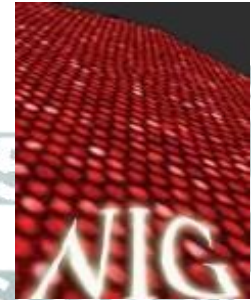




Facoltà di Scienze e Tecnologie  
Dipartimento di Chimica



Nanomaterials and  
Interfaces Group

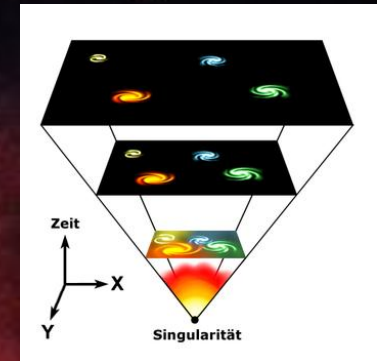
# Elementi, numeri e forme. Dall'antichità ad oggi

*Prof. Giuseppe Cappelletti*

**I.T.C.S. "Primo Levi" Bollate, 17 Febbraio 2016**

# LA NASCITA DELLA MATERIA

Big Bang che segna la nascita dell'Universo, o meglio, l'inizio della sua espansione



## Conoscenze attuali:

## Età (anni):

Universo:

da 13 700 000 000 a ...

Terra:

4 500 000 000

Vita:

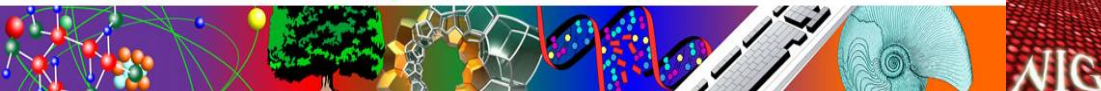
3 600 000 000

Ominidi:

5 000 000

Homo sapiens sapiens:

150 000



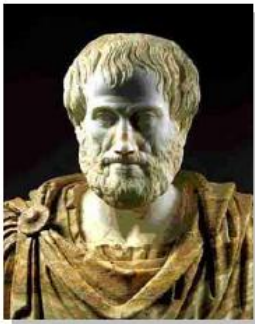
# LO STUDIO DELLA MATERIA TRA ...

## FILOSOFIA

« Gli uomini hanno cominciato a filosofare, ora come in origine, a causa della meraviglia: mentre da principio restavano meravigliati di fronte alle difficoltà più semplici, in seguito progredendo a poco a poco, giunsero a porsi problemi sempre maggiori: per esempio i problemi riguardanti i fenomeni della luna e quelli del sole e degli astri, o i problemi riguardanti la generazione dell'intero universo.

Ora, chi prova un senso di dubbio o di meraviglia riconosce di non sapere; ed è per questo che anche colui che ama il mito è, in certo qual modo, filosofo: il mito, infatti, è costituito da un insieme di cose destano meraviglia. »

Aristotele (384-322 a.C.)  
*Metafisica. I. 2*



## RELIGIONE

« In principio Dio creò il cielo e la terra.  
Ora la terra era informe e deserta e le tenebre ricoprivano l'abisso e lo spirito di Dio aleggiava sulle acque.  
Dio disse: "Sia luce!". E la luce fu. »

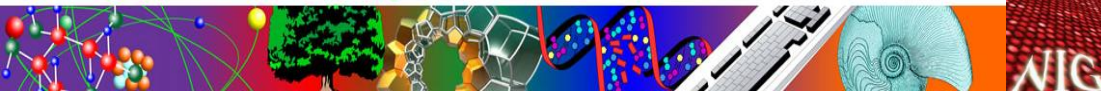
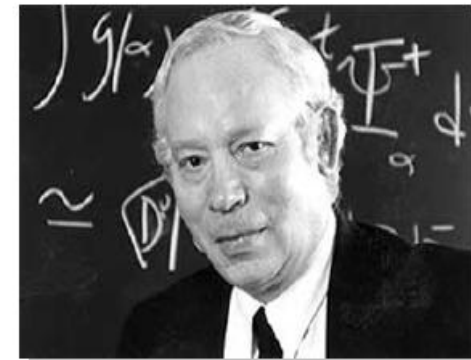
*Genesi 1*



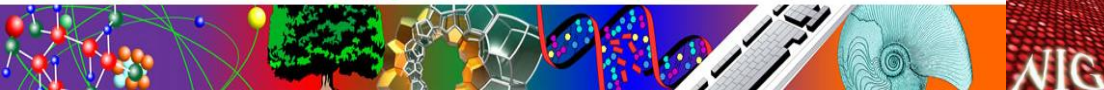
## SCIENZA

« In principio ci fu un'esplosione. [...] Dopo circa un centesimo di secondo [...] la temperatura dell'universo si aggirava intorno a cento miliardi di gradi centigradi [...] La materia scagliata in ogni direzione da quest'esplosione primordiale era [...] formata da vari tipi delle cosiddette "particelle elementari", oggetto della moderna fisica nucleare delle alte energie. »

Steven Weinberg  
*I primi tre minuti (1977)*



## Elementi, numeri e forme ... ... nel mondo antico



# IL CONCETTO DI MATERIA E GLI ELEMENTI PRIMORDIALI ...

NEL MONDO GRECO (VII - VI SECOLO A.C.)

**Aristotele** [384–322 a.C.]

I corpi celesti essendo di **QUINTA ESSENZA O ETERE**, sono rotondi, puri e incorruttibili

**Eraclito** [544-483 a.C.]

Il mondo era un **FUOCO** semprevivo, e quindi, era un incessante processo di flusso (*panta rei*)

**Empedocle** [V sec. a.C.]

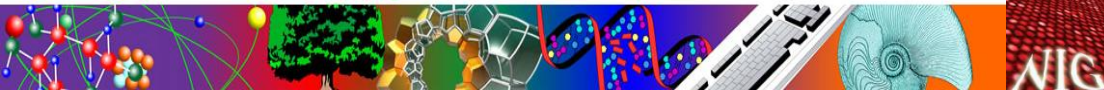
Aggiunse la **TERRA**. dottrina dei quattro elementi: dall'aggregarsi e dal liberarsi di queste particelle avevano origine tutti i fenomeni

**Anassimene** [585–528 a.C.]

riteneva l'**ARIA** l'origine di tutte le cose sostanza: principio (*archè*) che persisteva attraverso le trasformazioni (condensazione e rarefazione) della materia. "nulla viene fuori dal nulla",  
**Idea filosofica quanto scientifica**

**Talete** [624-546 a.C.]

la sostanza originale era una sola:  
**l'ACQUA**



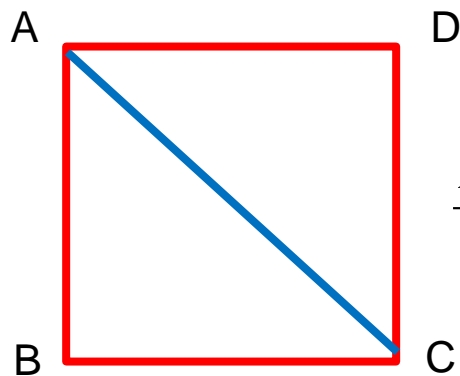
## Pitagora [~ 570-490 a.C.]

**Tutto è numero...**

La tesi fondamentale della dottrina pitagorica è che **“tutte le cose sono numeri”**; l'idea è che le essenze e le strutture di tutte le cose possono essere determinate trovando le relazioni numeriche tra di loro

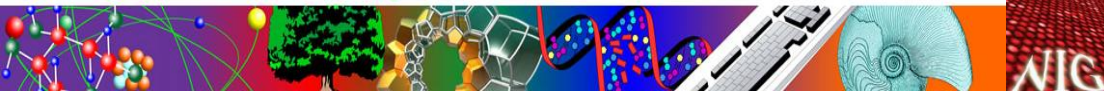
L'influenza della matematica sulla filosofia **tanto profonda quanto incompresa**

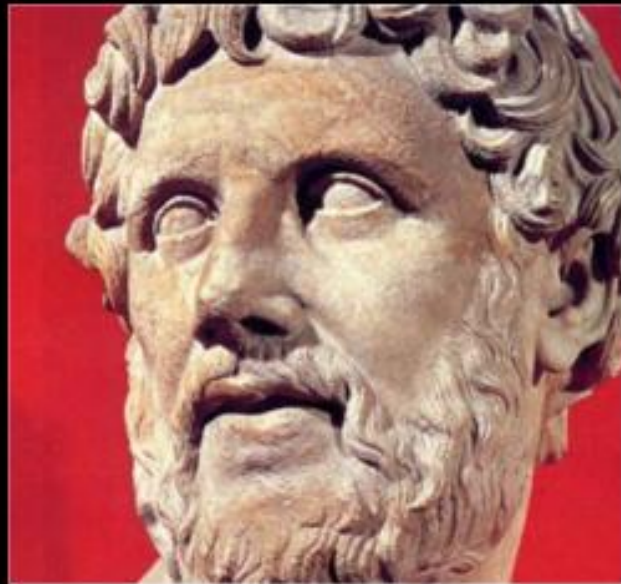
La “fede” di Pitagora nei numeri viene quasi subito drammaticamente smentita dalla scoperta che la diagonale e il lato del quadrato sono **“incommensurabili”**:



$$\frac{AC}{AB} = \sqrt{2} = 1,4142\dots$$

... occorrerà arrivare alla fine del nostro discorso per “rivalutare l'importanza fondamentale dei numeri interi”, con i **“NUMERI QUANTICI”** della Meccanica Quantistica





## LEUCIPPO

*Leucippo (Mileto, inizio prima metà del VI secolo a.C , terzo quarto del V secolo a.C) è stato un filosofo greco antico.*

**PRIMA TEORIA ATOMICA:** *la materia è costituita da elementi microscopici indivisibili impercettibili, qualificati da forma, posizione, contenuti nello spazio infinito considerato vuoto. Nel vuoto essi si muovono casualmente e rapidamente, e il loro movimento determina le loro combinazioni e la formazione dei corpi materiali.*

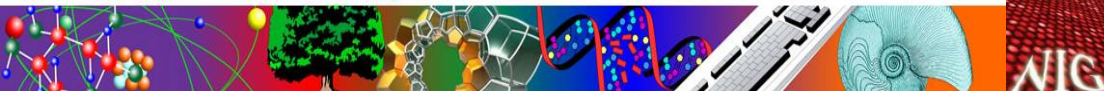




## DEMOCRITO

*Democrito è stato un filosofo greco antico. Allievo di Leucippo, fu cofondatore dell'atomismo. È praticamente impossibile distinguere le idee attribuibili di Democrito da quelle del suo maestro. Nel V e IV secolo a.C Democrito fece una prima descrizione dell'atomo. Secondo il filosofo l'atomo (l'essere) è indivisibile ed è immerso nel vuoto (il non essere), ed è grazie al movimento di questi che tutto è ed esiste. Per Democrito gli atomi sono il principio primo di ogni realtà e sono eterni ed immutabili: non possono essere distrutti ed esistono da sempre e sempre esisteranno.*

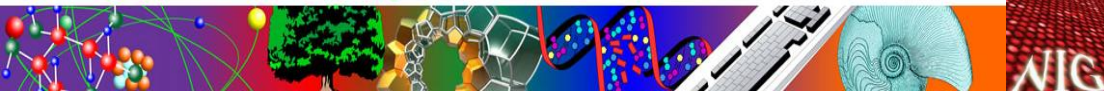
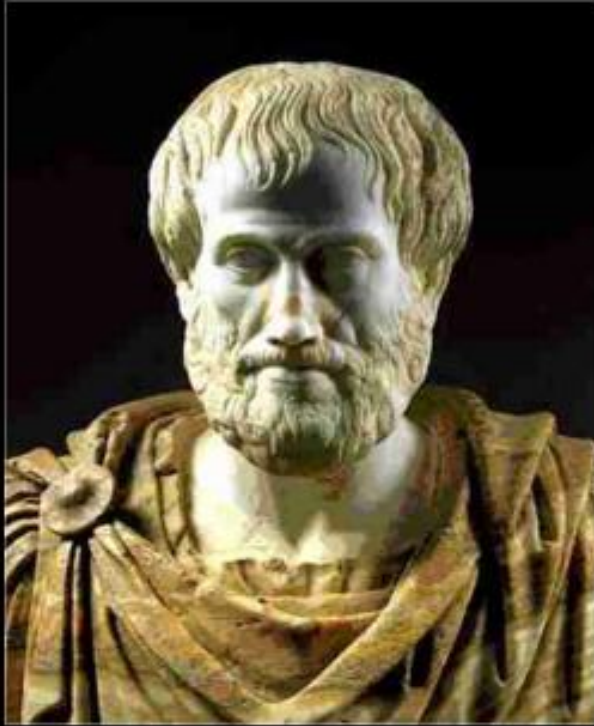
*Per Democrito, nel processo di aggregazione, gli atomi non perdevano la loro identità; essi restavano in contatto, giustapposti. L'impenetrabilità e l'eternità degli atomi democritei rendono perciò **la visione odierna delle molecole impossibile***





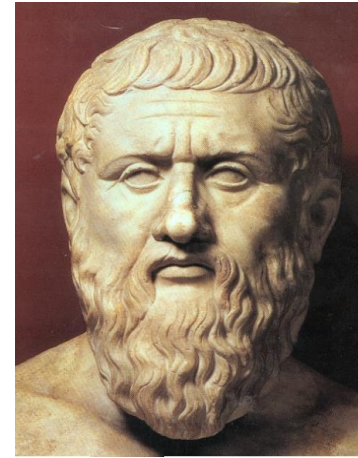
## ARISTOTELE

*Aristotele (IV secolo a.C.), nella teoria della continuità della materia, sostenne che una sostanza può essere suddivisa all'infinito in particelle sempre più piccole e uguali tra loro. Queste ipotesi rimasero tali in quanto non suffragate da un approccio scientifico e non verificate con metodologie basate sull'osservazione e sull'esperimento.*



# IL CONCETTO DI SOSTANZA IN PLATONE [427–343 a.C.]

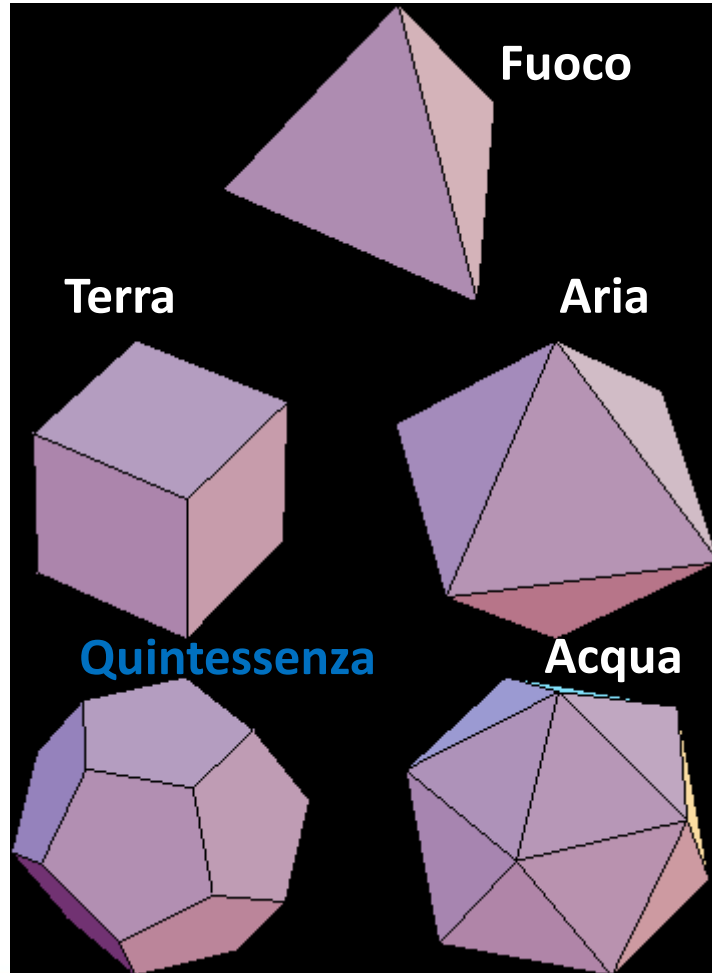
- ❑ La realtà è idealizzabile in **forme perfette**;
- ❑ i veri elementi erano due specie di **triangoli rettangoli**, uno che era la metà di un quadrato, l'altro che era la metà di un triangolo equilatero;
- ❑ per mezzo di questi due triangoli era possibile costruire **quattro dei cinque solidi regolari**, e ciascun atomo di uno dei quattro elementi (*fuoco, aria, acqua e terra*) era un solido regolare. **Questi poliedri alla base di tutto**;
- ❑ Gli atomi della terra erano cubi; del fuoco, tetraedri; dell'aria, ottaedri; dell'acqua icosaedri. Quanto al dodecaedro, Platone diceva solo: "C'era tuttavia una quinta combinazione che Dio usò nel disegnare l'universo". Possono esistere solo **cinque poliedri perfetti**, cioè con tutte le facce uguali



# IL CONCETTO DI SOSTANZA IN PLATONE [427–343 a.C.]

Le forme geometriche al posto dei numeri interi...

## I poliedri regolari “platonici”

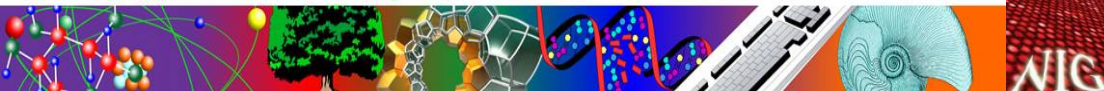


Secondo il **mito del Timeo** era il Demiurgo che, mosso dal desiderio di plasmare la materia amorfa e inerte a somiglianza del mondo ideale, aveva creato il mondo corporeo. Egli aveva, per così dire, frantumata la materia in atomi, dividendo poi questi in quattro gruppi:

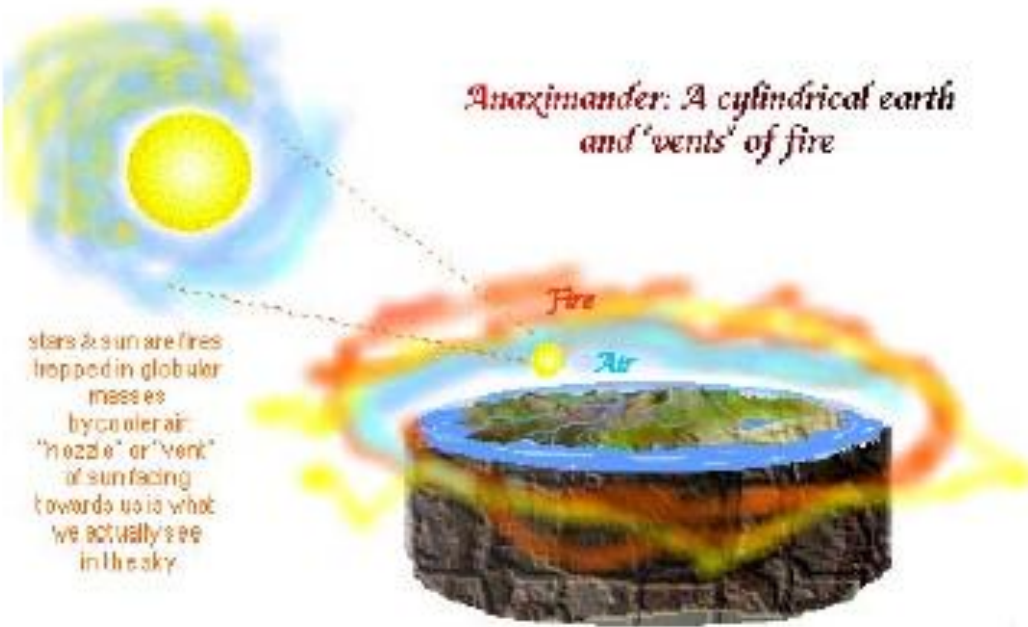
**Fuoco, Aria, Acqua:** superficie composta da triangoli equilateri, possono reagire tra di loro

**Terra:** superficie composta da quadrati o triangoli rettangoli, non può reagire con gli altri tre elementi del mondo

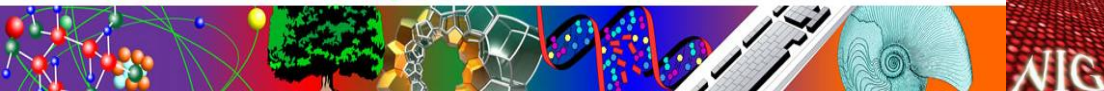
superficie composta da pentagoni.  
**Aristotele: Quintessenza o Etere, materia supralunare**



# LA TERRA E IL COSMO SECONDO ANASSIMANDRO [610–547 a.C.]



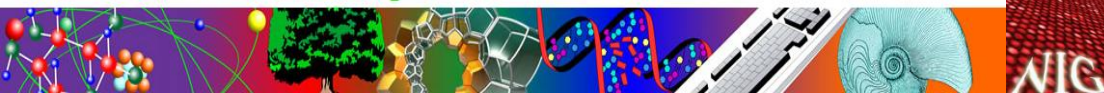
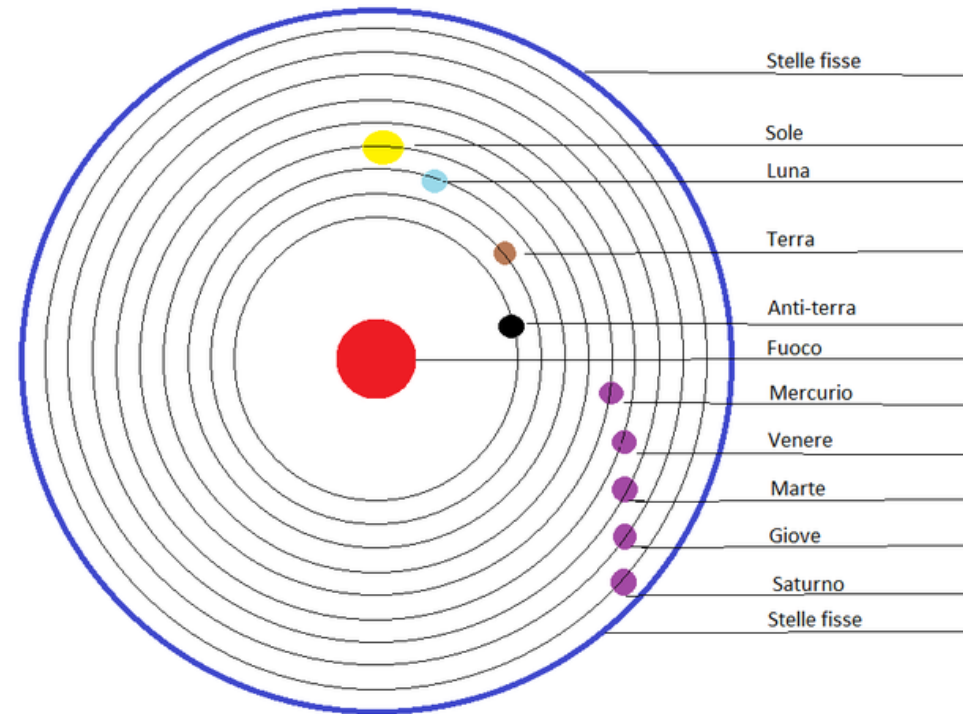
« La [forma della Terra] è simile a quella di un cilindro [...] Noi camminiamo su una delle sue facce piate, mentre l'altra si trova dalla parte opposta. »



# LA TERRA E IL COSMO SECONDO PITAGORA [570-490 a.C]

**Pitagora** fu il primo:

- a concepire la **Terra** come una sfera ruotante con gli altri pianeti attorno ad un fuoco centrale, detto "**HESTIA**" (= focolare o altare dell'universo) che ordina e plasma la materia dando origine al mondo;
- intorno ad esso, si muovono, da occidente ad oriente, dieci corpi celesti: il cielo delle stelle fisse, Saturno, Giove, Mercurio, Venere, Marte, la Luna, il Sole, la Terra e l'Antiterra, pianeta ipotetico che completava il sacro numero del dieci;
- a riconoscere la **rotazione della Terra** intorno al proprio asse;



# LA TERRA E IL COSMO SECONDO PITAGORA [570-490 a.C]

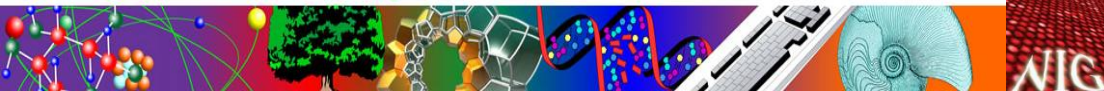
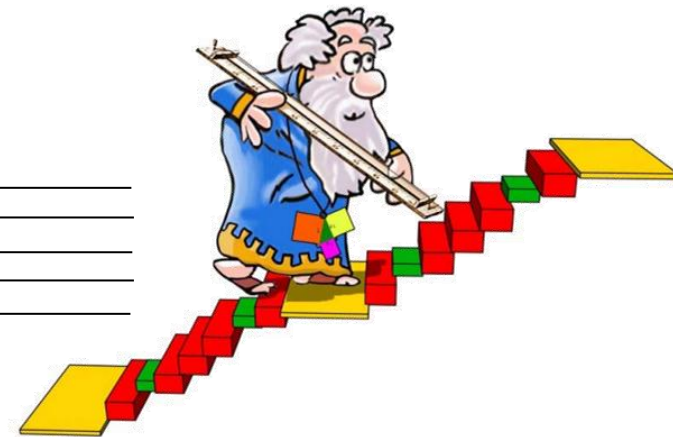
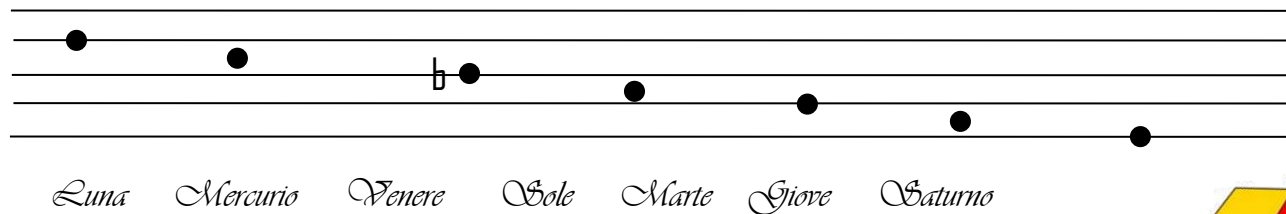
Tutto è numero ... e tutto è **musica**

“**Armonia delle sfere**”, detta anche musica universale celestiale: l'universo come un enorme sistema di proporzioni numeriche;

I movimenti dei corpi celesti (Sole, Luna e pianeti), inoltre, avrebbero prodotto una sorta di musica, non udibile dall'orecchio umano, ma consistente in concetti armonico-matematici;

**il mondo è armonia e numero**, e tutto è ordinato secondo proporzioni che corrispondono ai tre intervalli fondamentali della musica: 2:1 (ottava), 3:2 (quinta) e 4:3 (quarta)

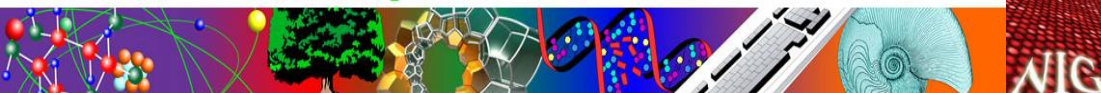
“Scala galattica”  
della Scuola Pitagorica:  
**Nascono le Musiche Celesti**



# LA TERRA E IL COSMO SECONDO COPERNICO [1473-1543]

Con **Copernico** cambia il modello dell'Universo ...

- Il **Sole sta immobile** vicino al centro del sistema solare e dell'universo;
  - Tutti i **planeti ruotano** intorno al Sole su orbite circolari;
  - il centro della **Terra non è il centro dell'universo**, ma solamente dell'orbita della Luna;
  - La Terra ha inoltre un moto di rotazione giornaliera da Ovest a Est attorno al proprio asse;
- L'universo ha dimensioni finite, ed è delimitato della sfera delle stelle fisse (volta celeste)



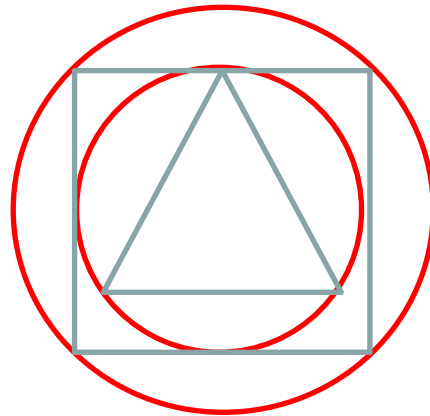
# LA TERRA E IL COSMO SECONDO KEPLERO [1571-1630]

**Keplero** (copernicano) (1571-1630) cerca ancora di spiegare le orbite planetarie mediante **“FORME GEOMETRICHE”**:

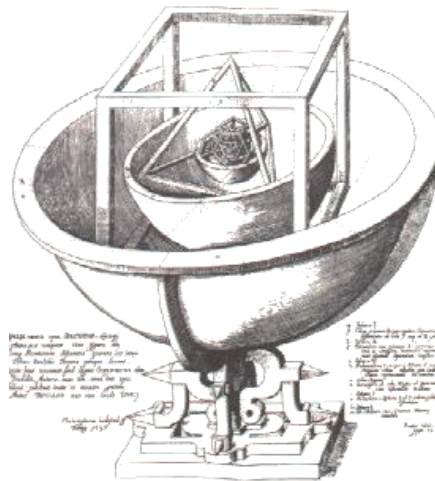
... e tornano anche le  
“musiche celesti” di Pitagora:

*“I moti celesti altro dunque non sono che un perenne concerto (razionale, non vocale)... per cui non è più meraviglia che la regola del canto polifonico, ignota agli antichi, sia stata infine inventata dall’Uomo...”*

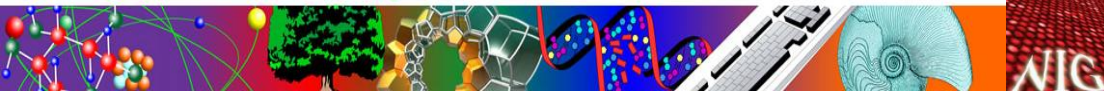
**(Keplero)**



Orbite planetarie **piane**



... poi **tridimensionali**:  
6 orbite distanziate  
dai 5 poliedri regolari “platonici”!



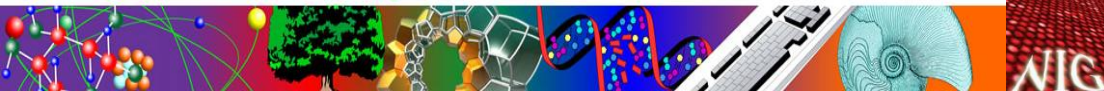




Galileo  
fonda il nuovo metodo scientifico  
sperimentale...

“provando e riprovando...”

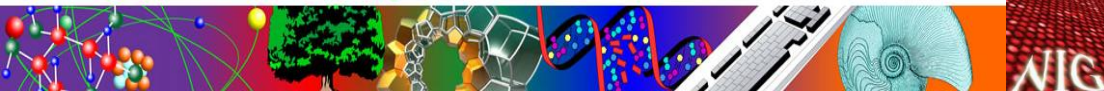
**E' nata la “laicità” della scienza**



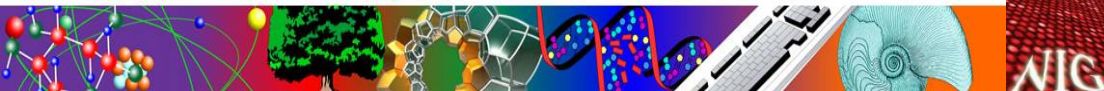
*La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere, se prima non s'impara a intendere la lingua e conoscer i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.*

*E' forza confessare che il voler trattar le questioni naturali senza geometria è un tentar di fare quello che è impossibile ad esser fatto.*

*"Frammenti e Lettere", II<sup>a</sup> ed. , Sansoni, Firenze 1939, frammento VI, 231-2, p. 6.  
e "Il Dialogo sui Massimi Sistemi", giornata II (1632)*



dopo Galileo continua a crescere una  
**scienza “laica”** :  
fenomeni naturali spiegati **ESCLUSIVAMENTE** con  
**PRINCIPI verificabili**  
e  
**LEGGI dimostrabili rigorosamente**,  
validi sia nell’Universo che sulla Terra,  
**senza** ipotesi esterne alla scienza,  
come “**musiche celesti**” o speciali **interventi divini**



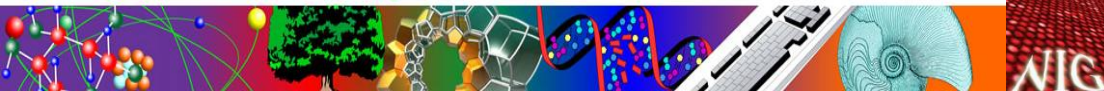
# ISAAC NEWTON [1643 – 1727]



Newton

*Molte cose mi inducono a credere che tutti i fenomeni dipendono da certe forze per opera delle quali le particelle dei corpi per cause non ancora note o si attraggono a vicenda e stanno unite secondo **figure regolari** oppure si respingono e si allontanano a vicenda.*

*“Principi matematici di filosofia naturale” (1687)*



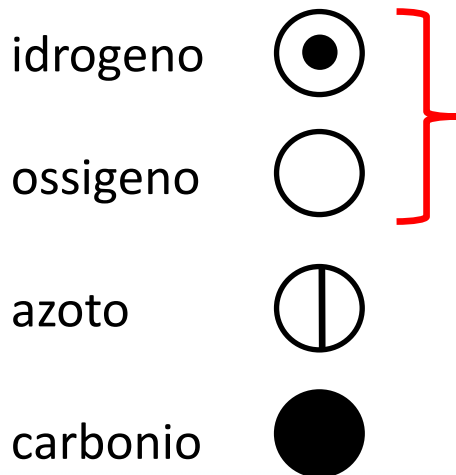
# JOHN DALTON [1776 – 1848]



Materia: **atomi** piccolissimi, indivisibili e indistruttibili.

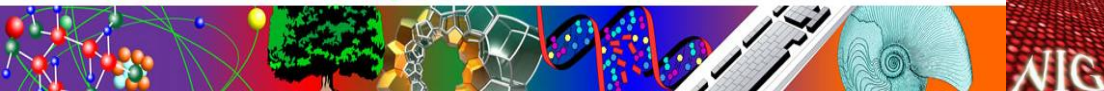
Atomi di un elemento:

- (a) tutti **identici e sferici**;
- (b) non diventano mai atomi di un altro elemento;
- (c) possono combinarsi con **numeri interi** di atomi di altri elementi;
- (d) non possono essere né creati né distrutti, ma si trasferiscono **interi** da un composto ad un altro.



**acqua** (composto HO, non molecola H<sub>2</sub>O!)

- i gas non solidificano perché avvolti da un **involucro sferico** di **calorico** 1000-2000 volte più grande dell'atomo stesso;
- quando due o più gas, che non reagiscono fra loro, sono contenuti in un recipiente, **la pressione totale del loro miscuglio è uguale alla somma delle pressioni** che ogni gas eserciterebbe se occupasse da solo tutto il recipiente



## A. AVOGADRO [1776 – 1856]



**1811:**

“Volumi uguali di gas, a uguale T e p, contengono lo **stesso numero** di **MOLECOLE**”

## S. CANNIZZARO [1826 – 1910]

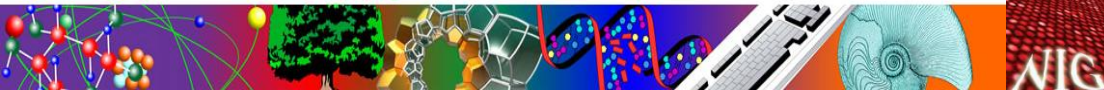


**1858:**

- Ripropone la teoria molecolare di Avogadro, rimasta fino allora quasi sconosciuta;
- “Il peso atomico di un elemento si identifica con il **numero** che rappresenta la più piccola quantità in peso di tale elemento contenuta in una quantità in peso pari al peso molecolare di ognuno dei suoi composti”



# Elementi, numeri e forme ... ... nella chimica-fisica moderna



## FORME spiegate da **meccanica quantistica**

Elettroni: “particelle – **onde stazionarie**” sono particelle descritte matematicamente come da onde stazionarie

- “onde stazionarie” più ampie dove è più probabile che si trovi l’elettrone.
- due “onde stazionarie” possono rinforzarsi tra loro formando un legame chimico ...

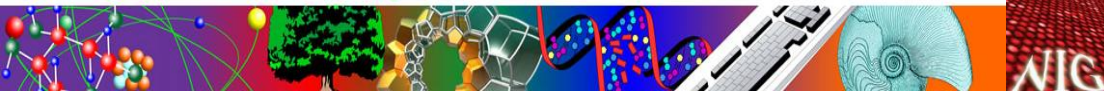
## ELEMENTI CHIMICI



caratterizzati da **NUMERI INTERI**  
(**Numeri Quantici**)



che determinano delle **FORME**  
(gli **orbitali elettronici**, dai quali derivano le forme delle molecole e la struttura dei cristalli, etc.)



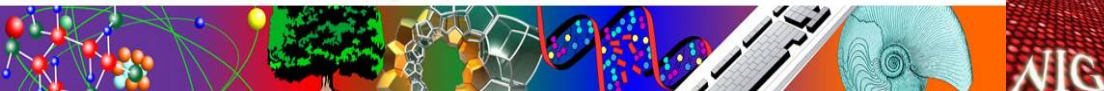
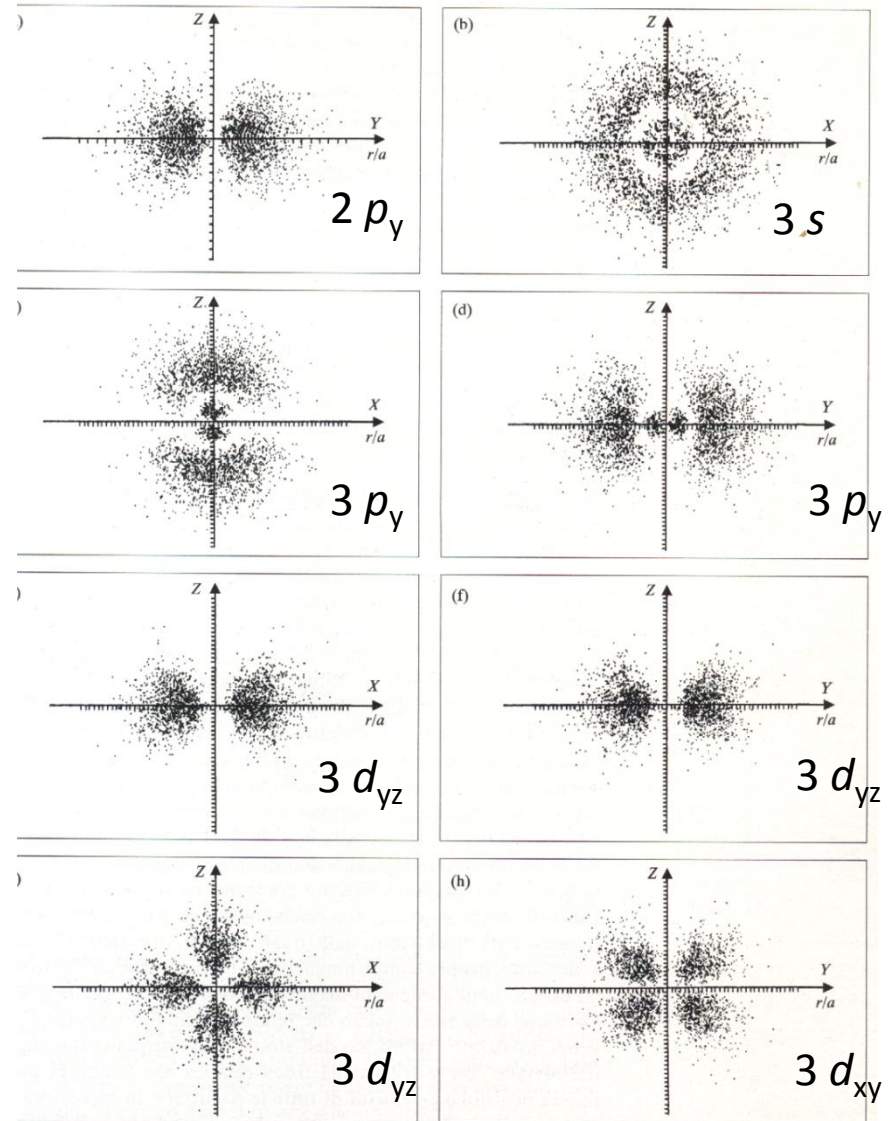


I numeri quantici permettono di quantificare le proprietà di una particella, ovvero le OSSERVABILI che la caratterizzano

## "FORME" DEGLI ATOMI

Sezioni piane di orbitali atomici dell'elettrone di H

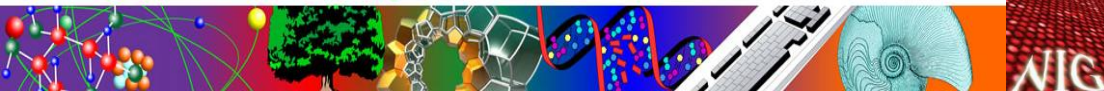
## CHIMICA E NUMERI



*What we are finding, in a whole torrent of surprising new knowledge, is that the way which explains them more clearly, more fully and more naturally than any other is the **mathematical way**, the explanation in terms of mathematical concepts.*



**James Jeans (1877-1946)** in:  
“The Mysterious Universe”, Cambridge  
University press **(1930)**



*To those who **do not know mathematics** it is difficult to get across a real feeling as to the beauty, the deepest beauty, of nature.*

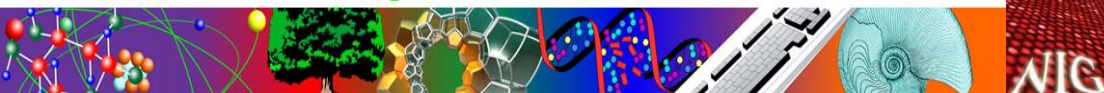
*All the intellectual arguments that you can make will not communicate to deaf ears what the experience of **music** really is.*

*You can recognize truth by its beauty and simplicity.*



**Richard Feynman (1918-1988)**

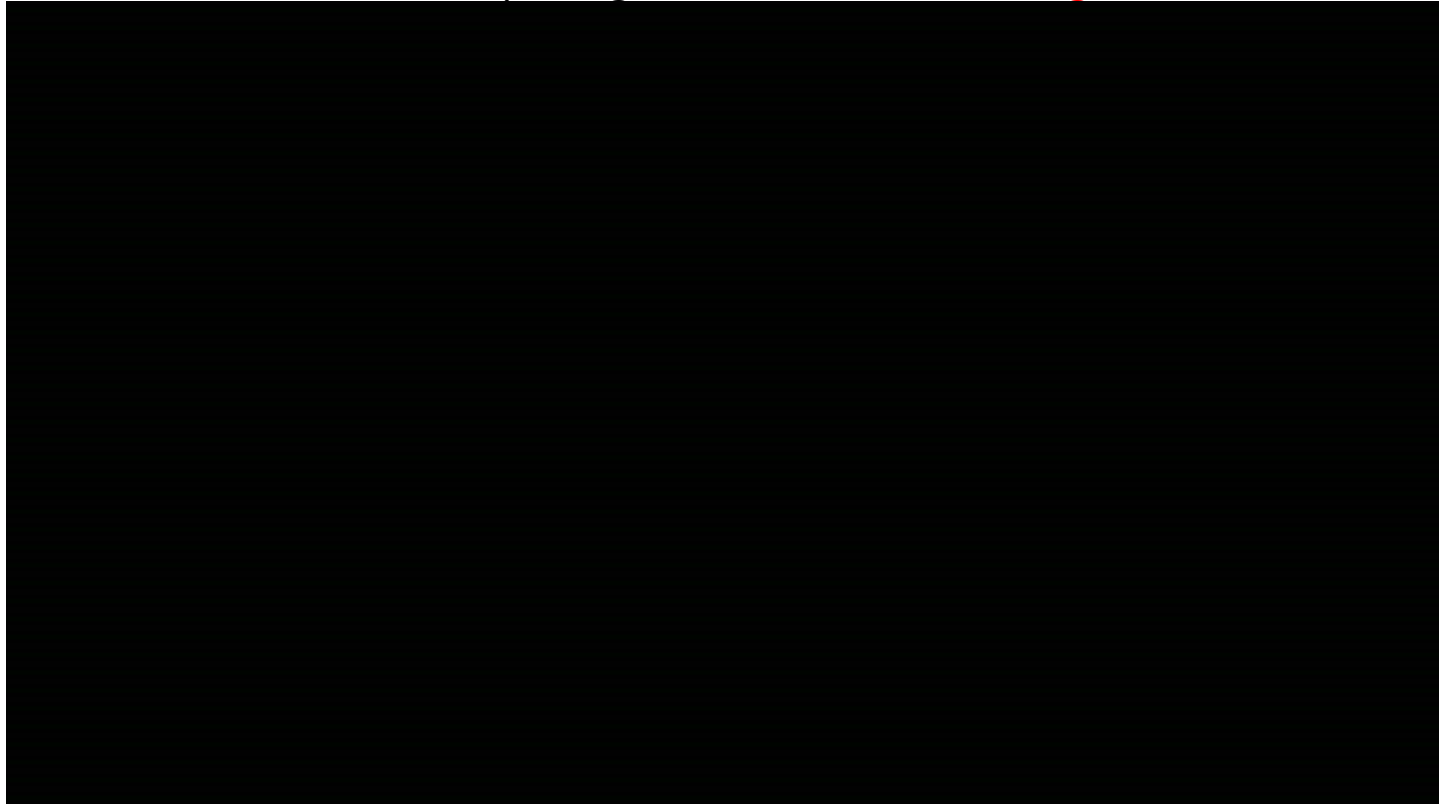
Nobel per la Fisica nel 1965, in:  
"The Character of Physical Law", The  
M.I.T. Press **(1983)** pp.58; 171



## ERNST CHLADNI [1756-1827]



Chladni dimostrò una volta per tutte che il **suono** di fatto influisce sulla materia fisica e che ha la prerogativa di creare **schemi geometrici**

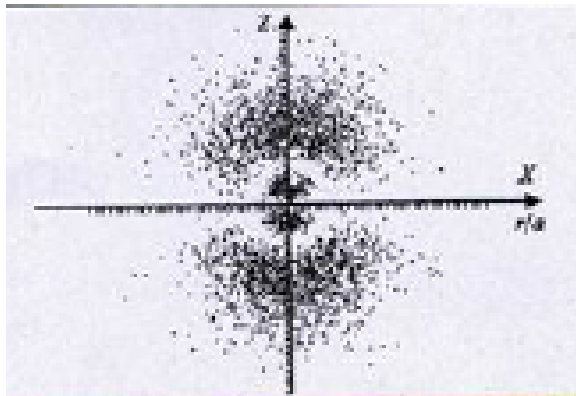
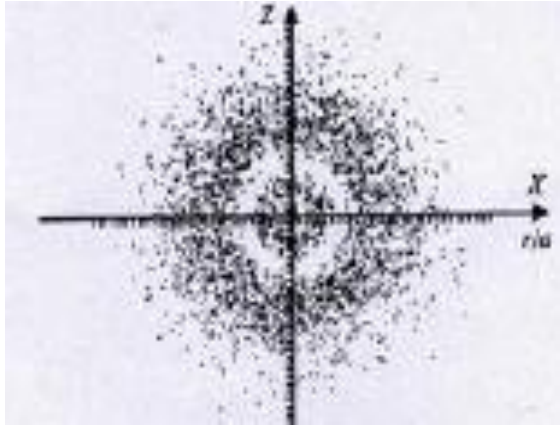


La piastra è cosparsa di **granelli di sabbia** e, una volta fatta vibrare a varie frequenze entra in risonanza ed i granelli si dispongono dove la piastra non vibra (nei punti nodali)

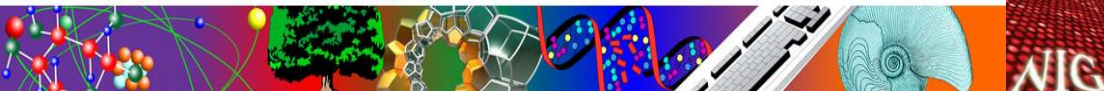
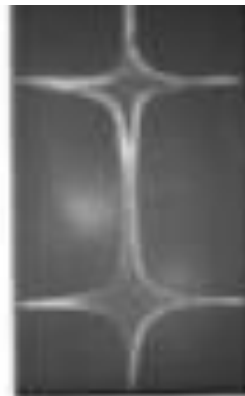


# ANALOGIA TRA CHIMICA E MUSICA

massima "densità elettronica"



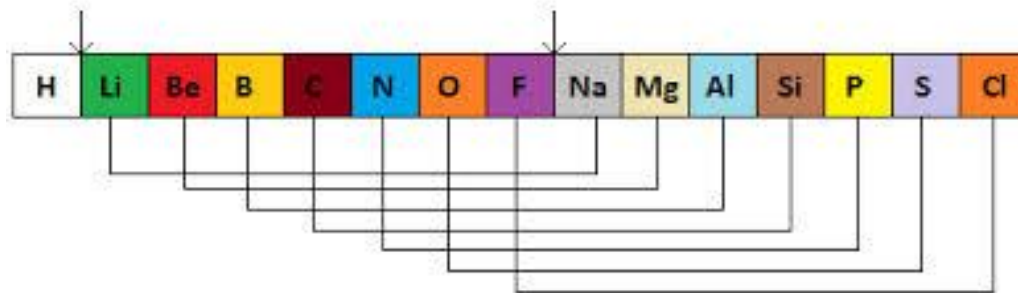
massima "densità di sabbia"



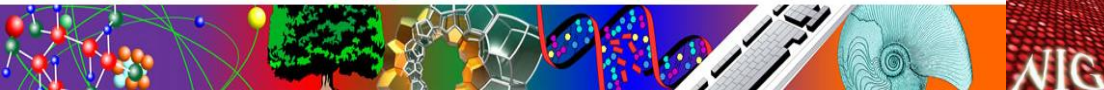
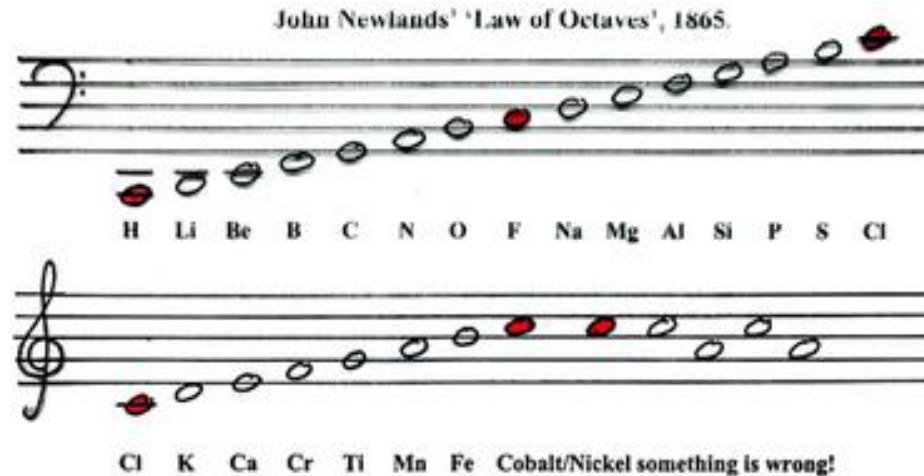
# TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

## JOHN NEWLANDS [1864]

disposti gli elementi in ordine crescente di pesi atomici in gruppi di otto elementi. Il primo e l'ottavo elemento condividono proprietà simili (**legge delle ottave musicali**)



Periodicità 7 come le note!



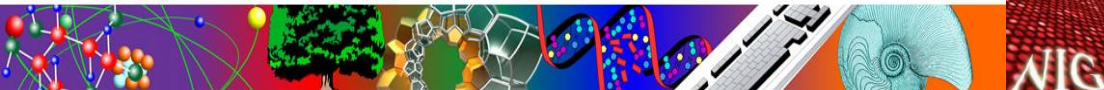
# TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

## DMITRI MENDELEEV [1869]

disposti gli elementi in ordine crescente di massa atomica, lasciando una serie di lacune riservate per scoprirne altri. Il padre della moderna tavola periodica



I										
H 1.01										
Li 6.94	Be 9.01	B 10.8	C 12.0	N 14.0	O 16.0	F 19.0				
Na 23.0	Mg 24.3	Al 27.0	Si 28.1	P 31.0	S 32.1	Cl 35.5				
K 39.1	Ca 40.1		Ti 47.9	V 50.9	Cr 52.0	Mn 54.9	Fe 55.9	Co 58.9	Ni 58.7	
Cu 63.5	Zn 65.4			As 74.9	Se 79.0	Br 79.9				
Rb 85.5	Sr 87.6	Y 88.9	Zr 91.2	Nb 92.9	Mo 95.9		Ru 101	Rh 103	Pd 106	
Ag 108	Cd 112	In 115	Sn 119	Sb 122	Te 128	I 127				
Ce 133	Ba 137	La 139		Ta 181	W 184		Os 194	Ir 192	Pt 195	
Au 197	Hg 201	Tl 204	Pb 207	Bi 209						
			Th 232			U 238				

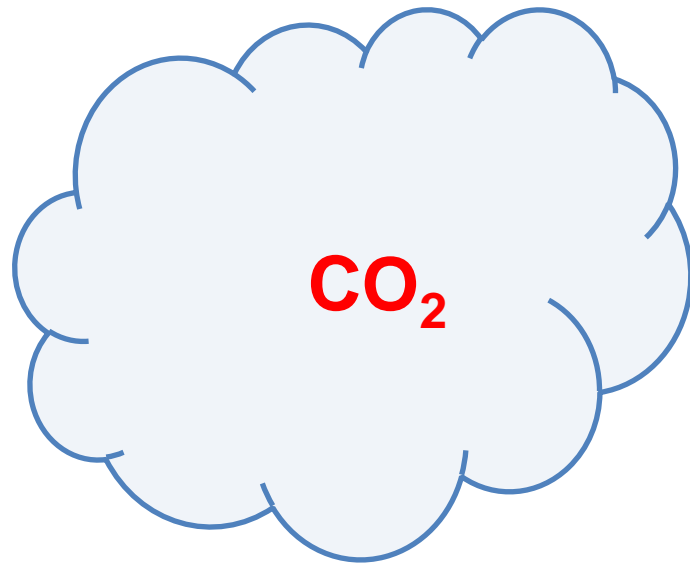


# PROPRIETA' DEGLI ELEMENTI

## confronto tra C e Si

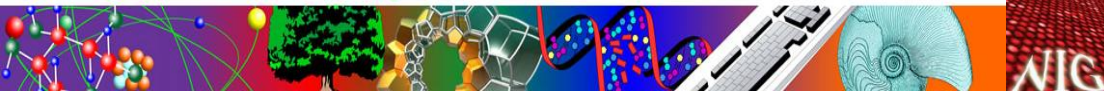
n	1	<b>2</b>
l	0	<b>0,1</b>
n. el.	2	<b>2,2</b>

n	1	2	<b>3</b>
l	0	0,1	<b>0,1</b>
n. el.	2	2,6	<b>2,2</b>



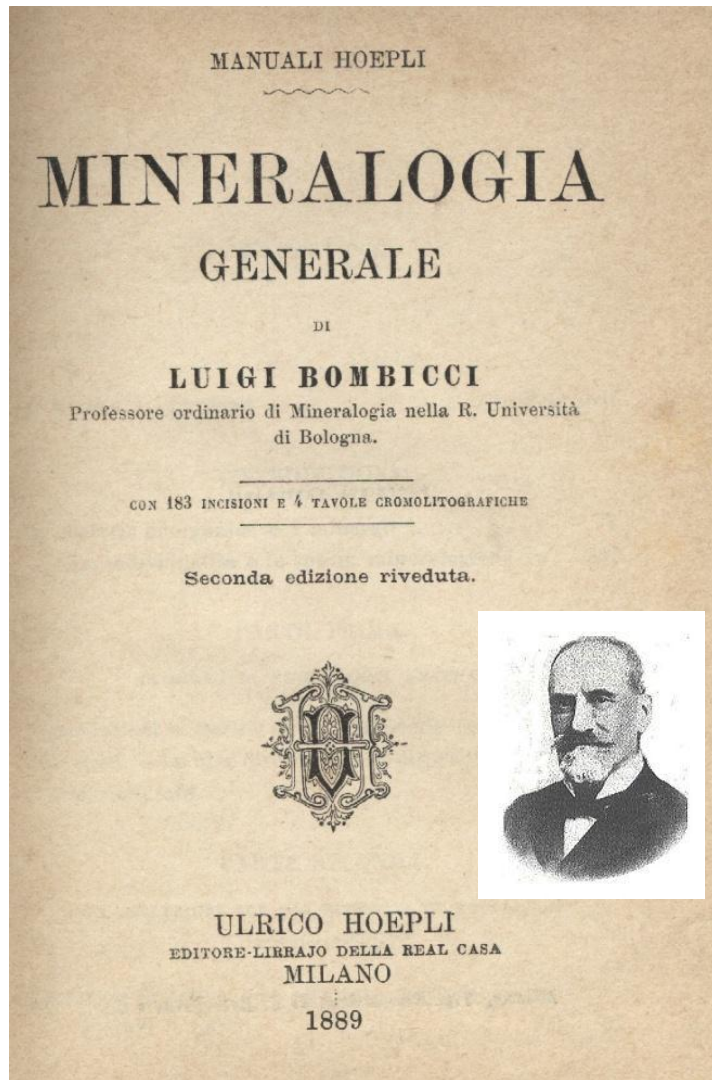
cristallino privo di  
impurezze e difetti:  
QUARZO incolore

**SiO<sub>2</sub>**

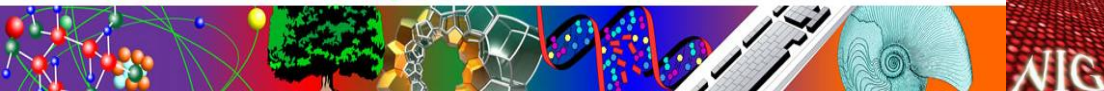




# NASCITA DELLA MINERALOGIA



***“armonia di forme”***  
***dei cristalli e delle pietre preziose, e la  
suggestività dei fenomeni fisici che in  
essi avvengono, come la scomposizione  
della luce nei suoi colori...***



# NASCITA DELLA MINERALOGIA

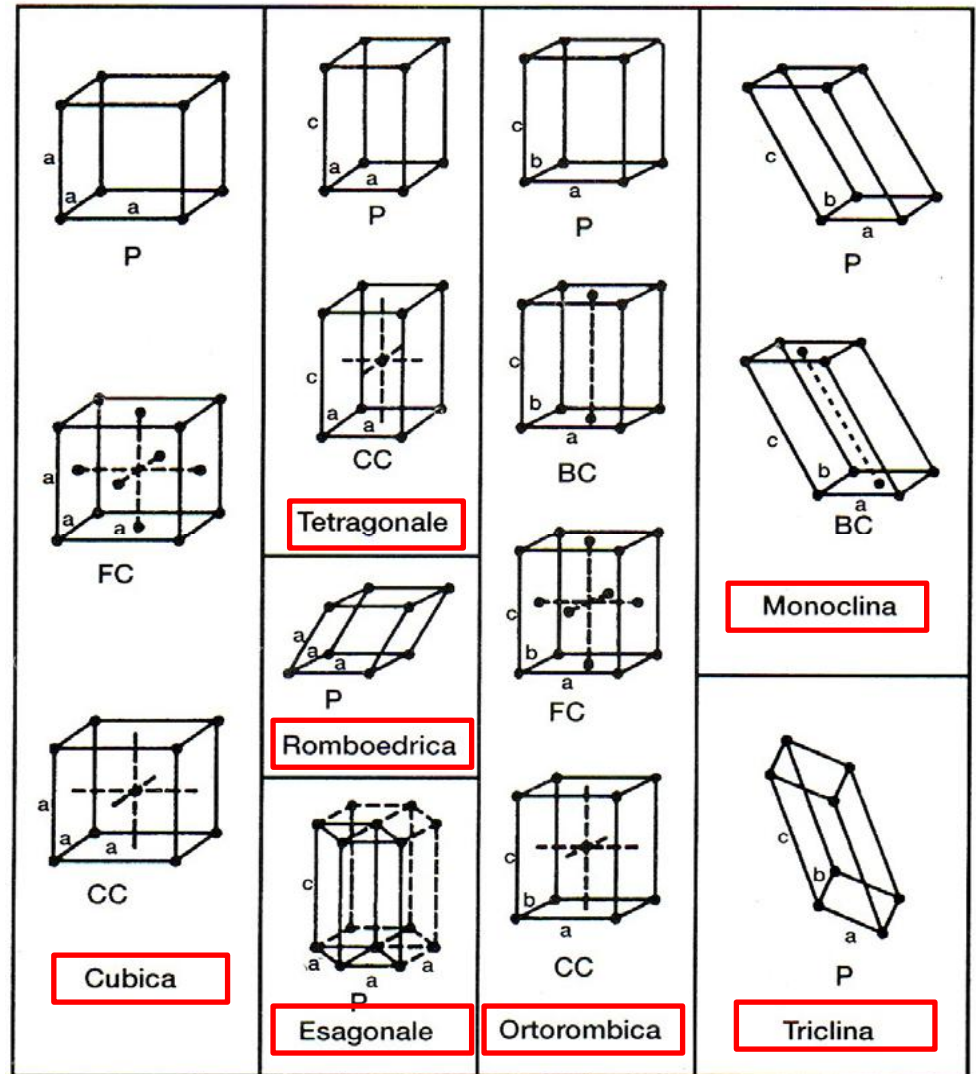


**BRAVAIS [1811-1863]**

Tutte le **“forme”**  
cristalline sono  
raggruppate in

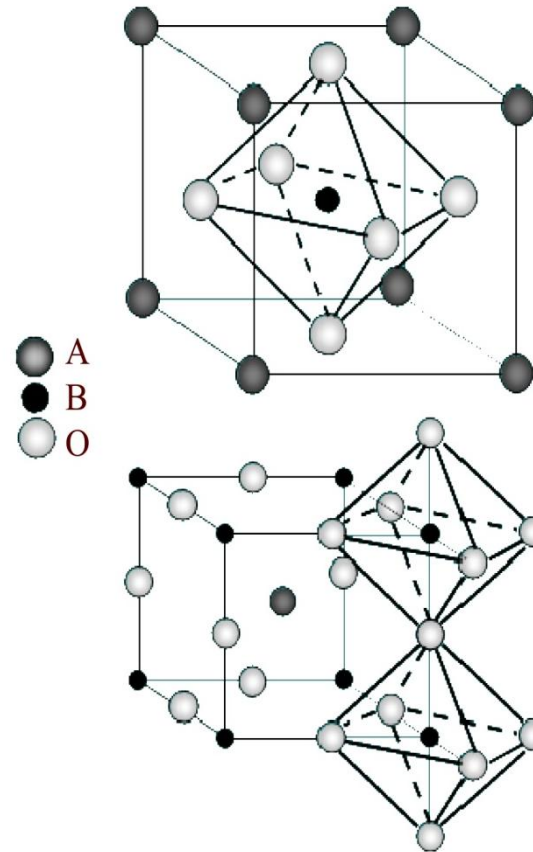
**7 (!) gruppi**  
**Cristallografici**

**14 “reticoli di**  
**Bravais”**

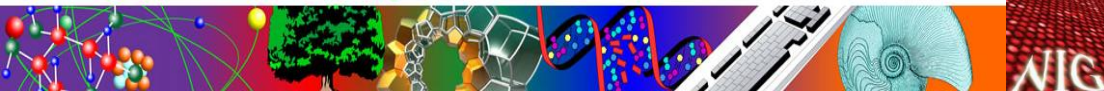


# ESEMPIO DI STUDIO DEI CRISTALLI

dove sono finiti i **poligoni regolari di Platone?**

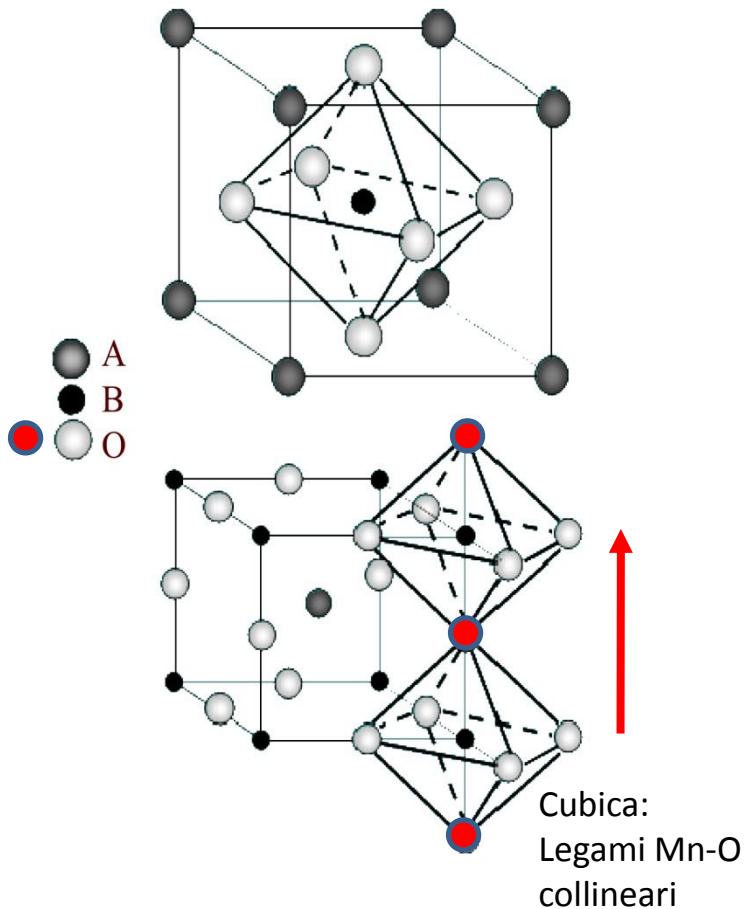


Es.: **Perovskiti** (tipo  $\text{CaTiO}_3$ ): la natura riserva infinite sorprese, ma quello che più interessa qui sono proprio i “difetti”, le “distorsioni”, le “deviazioni dall’idealità”...

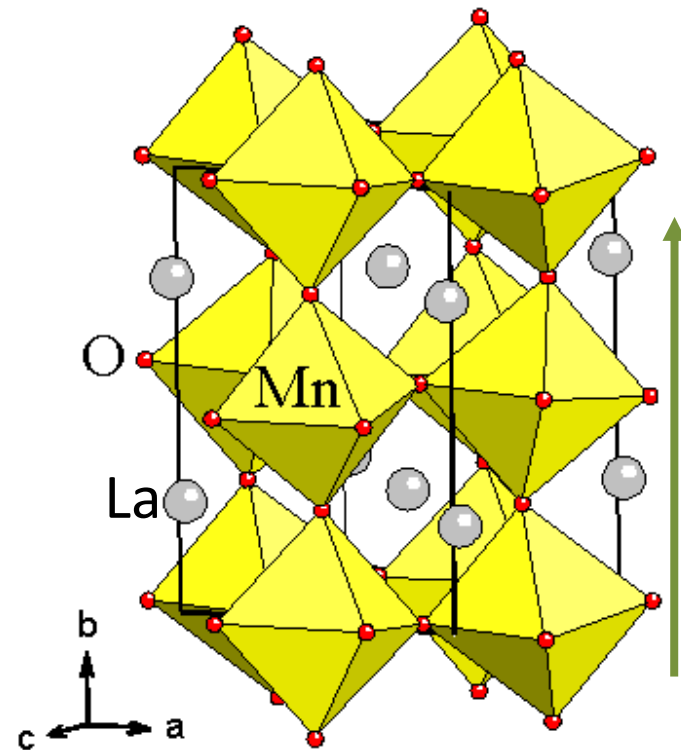


# ESEMPIO DI STUDIO DEI CRISTALLI: PEROVSKITI

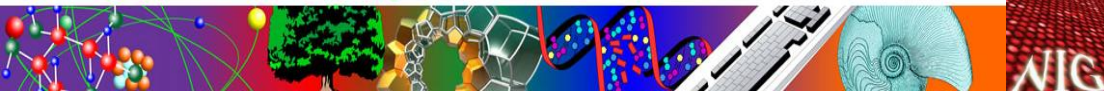
La struttura ideale delle perovskiti  
è **CUBICA**:



La struttura delle perovskiti  $\text{LaMnO}_3$  è poi  
veramente così “perfetta”? ...

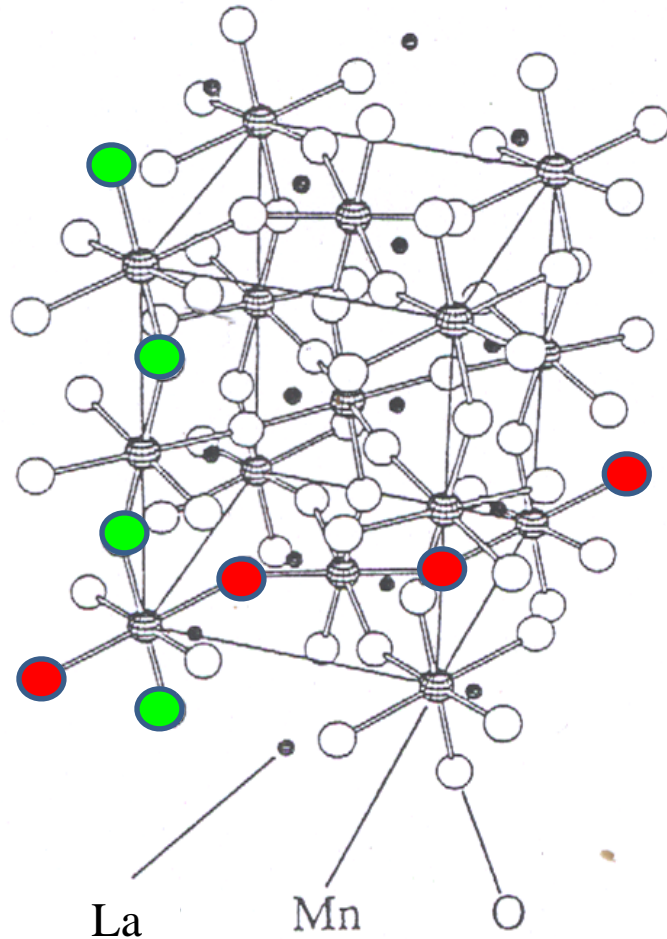


No: appena preparate sono  
**ORTOROMBICHE** perché distorte



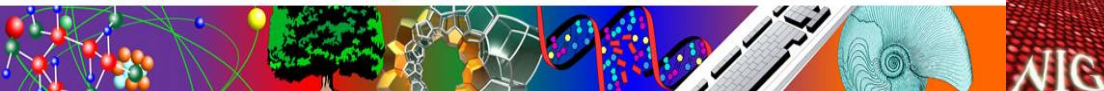
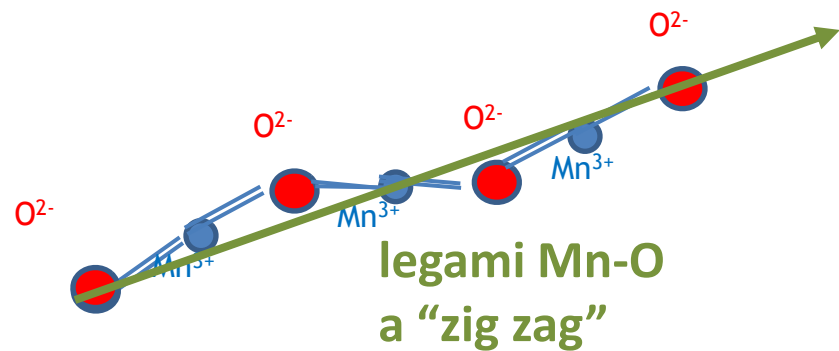
# ESEMPIO DI STUDIO DEI CRISTALLI: PEROVSKITI

## Struttura ORTOROMBICA



un asse degli ottaedri  $\text{MnO}_6$  è allungato.

Conseguenza:



# ESEMPIO DI STUDIO DEI CRISTALLI: PEROVSKITI

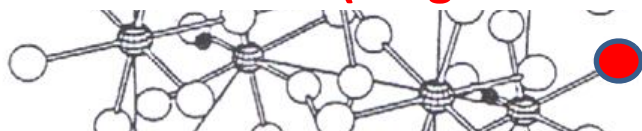
ORTOROMBICA

ROMBOEDRICA

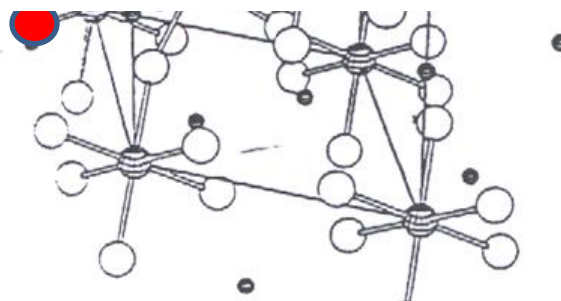
A questi fenomeni sono correlabili le fantastiche proprietà chimico-fisiche di questi materiali quali:



**Resistenza elettrica dipendente dal campo magnetico  
(Magnetoresistività Gigante)**

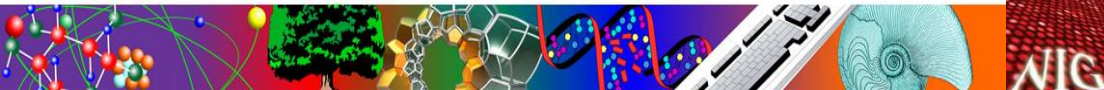


**Capacità di far avvenire la combustione del metano senza produrre gli inquinanti NOx**



si riducono queste distorsioni...

e si ha anche:  $Mn^{3+} \rightarrow Mn^{4+} + e^{-}$

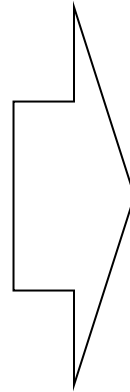


# DIFETTIVITA' vs. PERFEZIONE NEI CRISTALLI

**Quarzo**  
**(struttura perfetta)**



$\text{SiO}_2$



**granito**



$72\% \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \dots$



# DIFETTIVITA' vs. PERFEZIONE NEI CRISTALLI

Giallo

Limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + n\text{H}_2\text{O}$ )

Rosso

Ematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Grigio  
Blu  
Bruno

Particelle carboniose

Violetto

Ossidi di Mn or Fe

Rosa

Ossidi di Ti, materiali organici

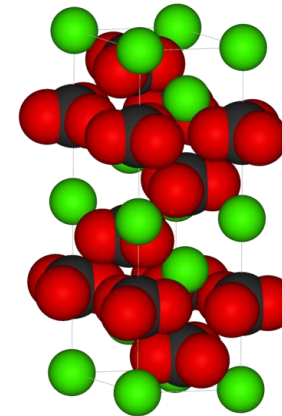
Nero

Idrocarburi fossili

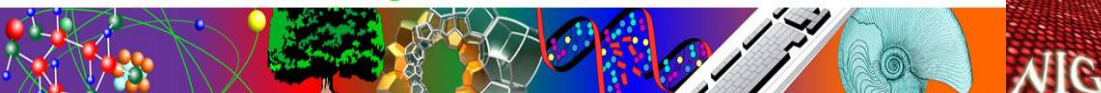
Il più antico in Belgio: 375-328 milioni di anni

## MARMI (Carbonato di calcio)

Rocce "metamorfiche"



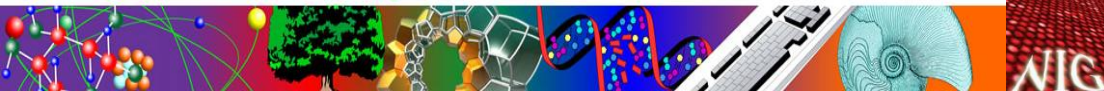
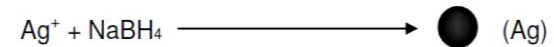
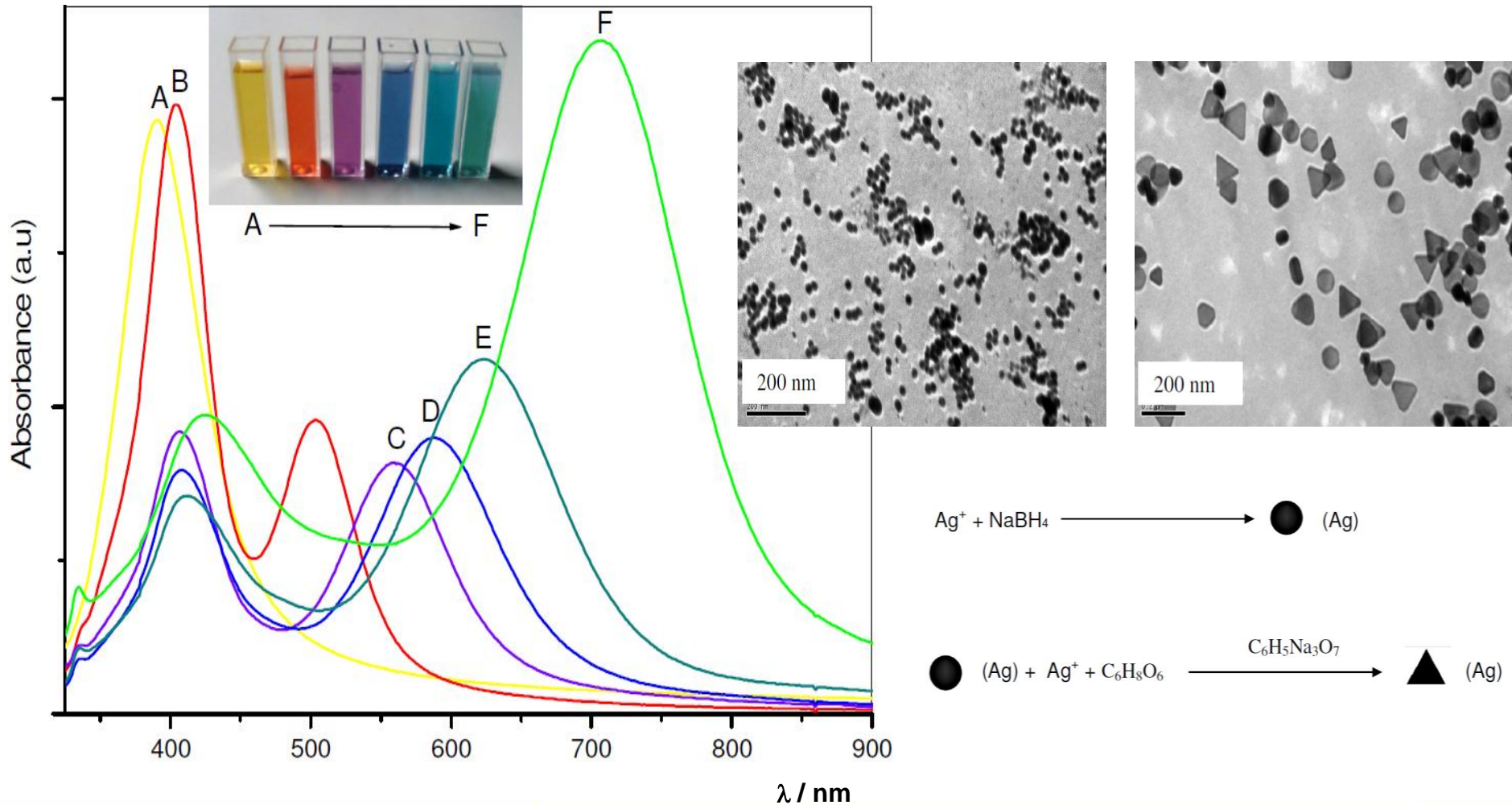
Bianco se puro. Colorato da impurezze, tracce di argilla (plasmabile), di limo (non plasmabile), sabbia, gusci o scheletri fossili...



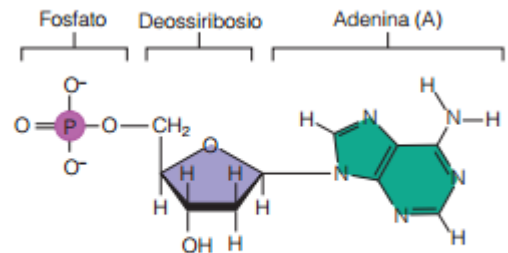


# DA CRISTALLI VISIBILI A NANOPARTICELLE INVISIBILI

Relazione tra forma e colore : **sol di nanoparticelle di argento**



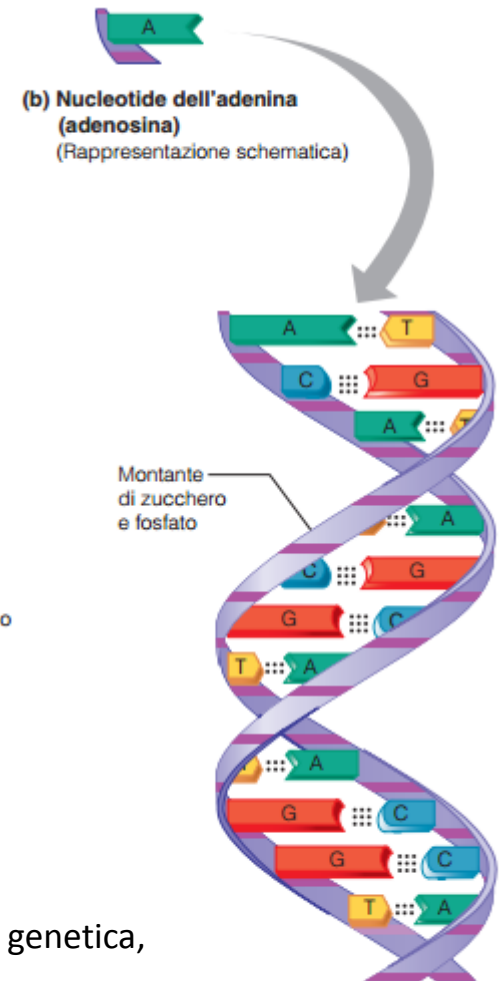
# FORME ALL'ORIGINE DELLA VITA



(a) Nucleotide dell'adenina (adenosina)  
(Struttura chimica)

## LEGENDA:

	Timina (T)		Deossiribosio
	Adenina (A)		Fosfato
	Citosina (C)		Legame a idrogeno
	Guanina (G)		

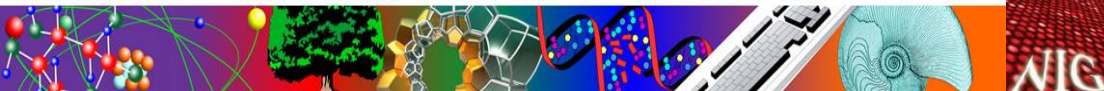


(c) Molecola del DNA

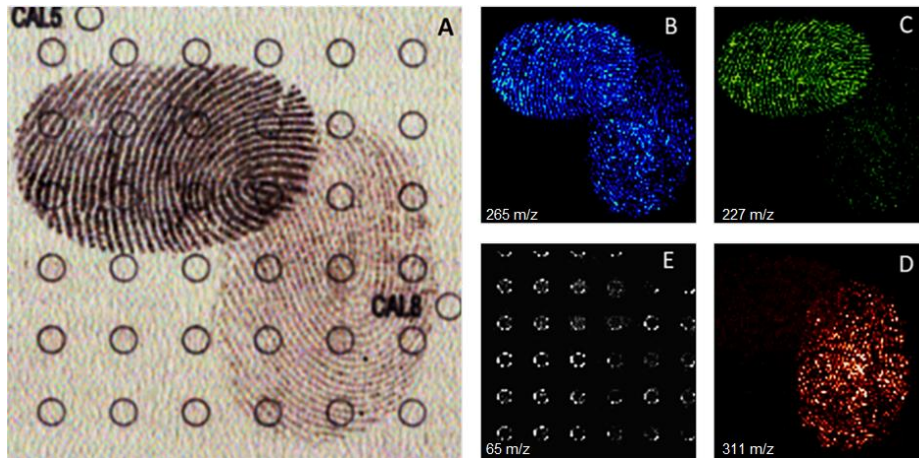
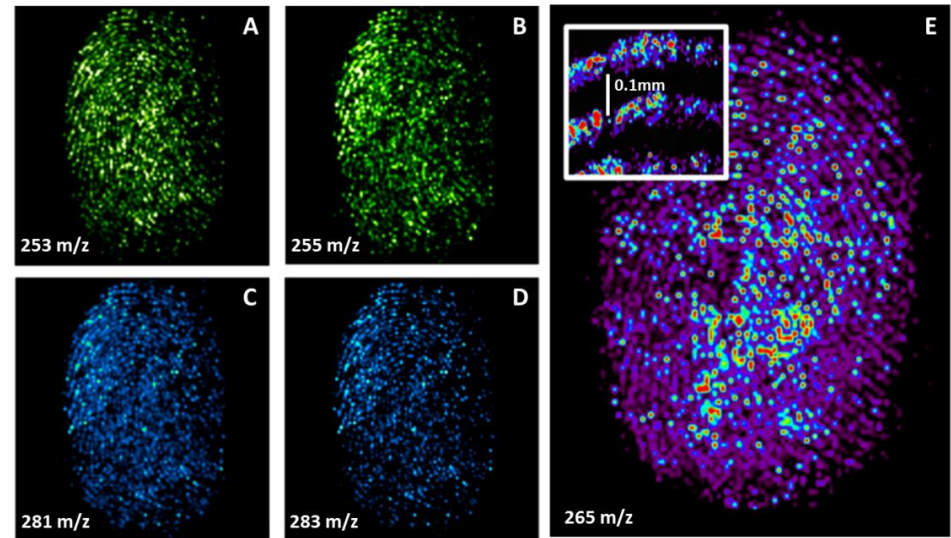
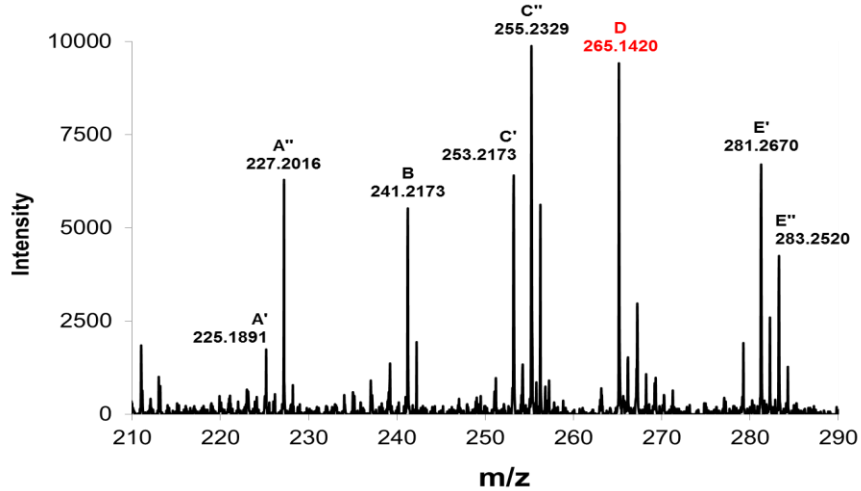
## DNA (Acido DesossiriboNucleico)

James D. Watson e Francis Crick  
Nobel per la Medicina nel 1962

L'ordine nella disposizione sequenziale dei **nucleotidi** costituisce l'informazione genetica, la quale è tradotta con il codice genetico negli **amminoacidi** corrispondenti. Tali basi azotate che possono essere utilizzate nella formazione dei nucleotidi da incorporare nella molecola di DNA sono quattro: adenina, guanina, citosina e timina.

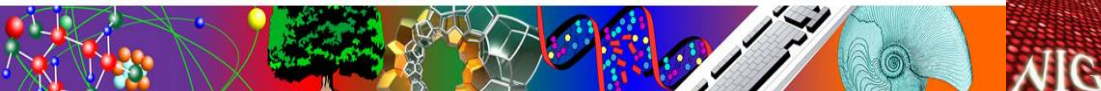


# MEDICINA FORENSE (IMAGING)

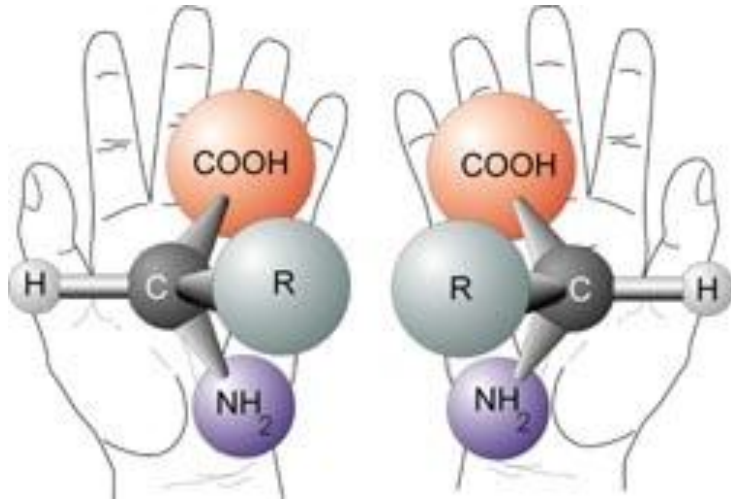


fingerprinting genetico

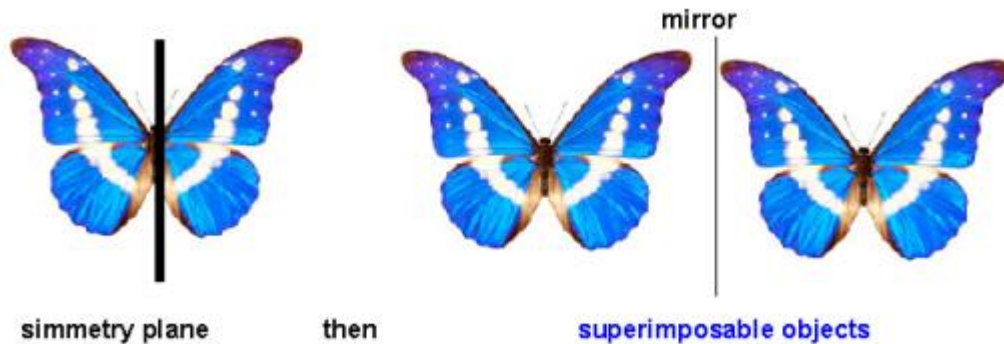
distinzione due impronte differenti



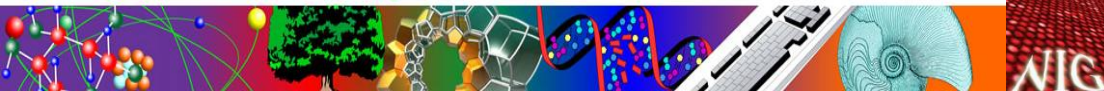
# FORME E CHIRALITA'



**MOLECOLE CHIRALI:** sono molecole speculari, non sovrapponibili.

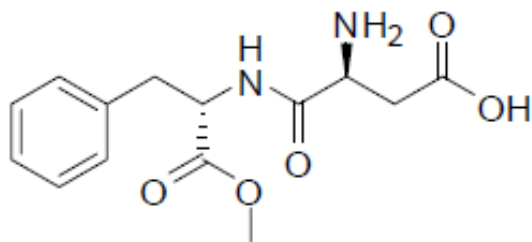


Molecole speculari, sovrapponibili, non sono chiralì

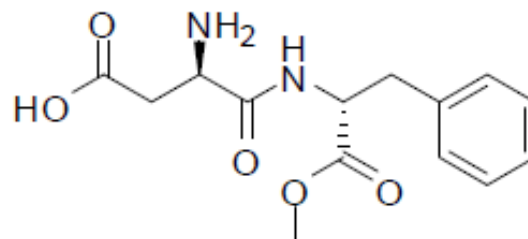


# CHIRALITA' IN CUCINA E IN MEDICINA

## Aspartame

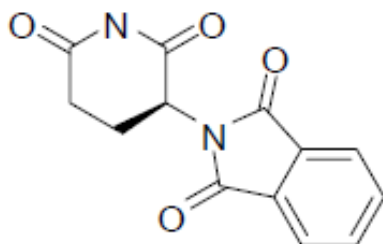


160 volte più dolce dello zucchero

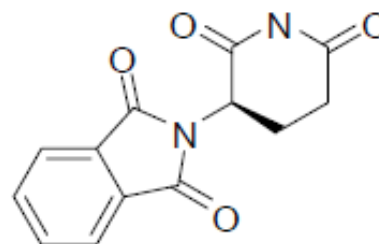


amaro

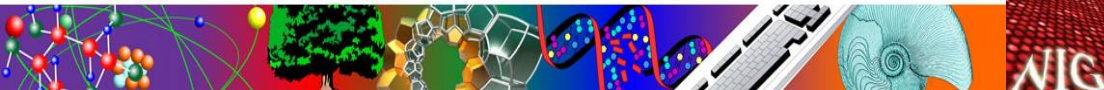
## Talidomide



teratogeno



sedativo

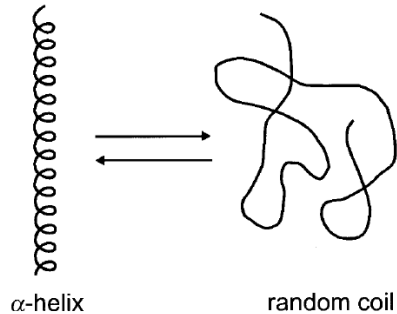


# FORME IN CUCINA

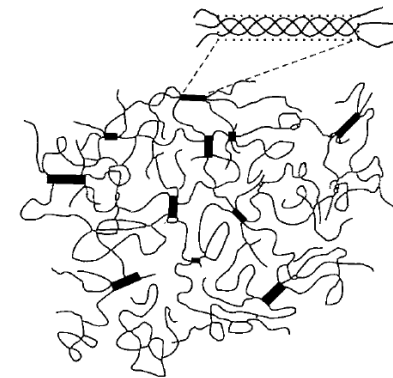
**collagene:** prodotto di partenza per formare la gelatina tre filamenti intrecciati



struttura a superelica distrutta in soluzioni  
scaldate a 40°C

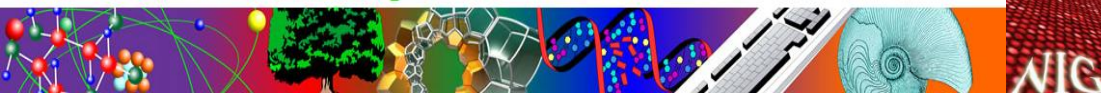


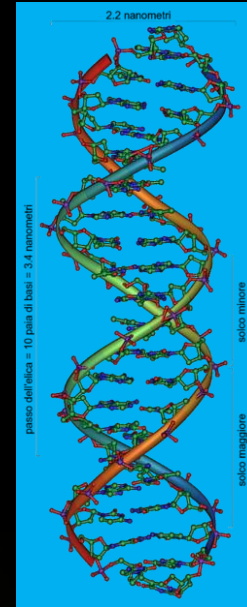
sotto raffreddamento libertà di  
movimento limitata



La **gelatina** è utilizzata nell'industria alimentare per aumentare la consistenza o la viscosità di diversi alimenti; nella preparazione di dolci, l'acqua molto calda si aggiunge per gonfiare e sciogliere la gelatina in polvere; poi la gelatina viene poi raffreddata, per ottenere la consistenza voluta.

La gelatina è un componente essenziale delle caramelle gommose





Grazie  
dell'attenzione



**Spesso la CHIMICA  
risulta indigesta ...**

**... la si può rendere  
più dolce e gustosa?**

**... magari associandola  
a queste forme ...**

