



# Bernardino Fantini

## Le rivoluzioni nelle scienze della vita Dalla biologia molecolare alle questioni attuali

9 novembre 2012

Ciclo di lezioni

Scienza

Forme di conoscenza e di costruzione del mondo  
ottobre - dicembre 2012

**diapositive**



Fondazione Collegio San Carlo di Modena

**La Fondazione Collegio San Carlo ricorda che le seguenti diapositive costituiscono materiale sottoposto alla normativa vigente in materia di diritto d'autore.**

**Le diapositive non possono essere né modificate, né commercializzate.**

**Possono invece essere condivise gratuitamente, ma solo citando la fonte e l'autore.**

**Scienza**

**Forme di conoscenza e di costruzione del mondo**

Modena, 9 novembre 2012

**Le rivoluzioni nelle scienze della vita**  
Dalla biologia molecolare alle questioni attuali

Bernardino Fantini

*Institut d'histoire de la médecine et de la santé*

Th. S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*,  
Einaudi, Torino, 1978

“Ogni rivoluzione scientifica ha trasformato la immaginazione scientifica in un modo che dovremo descrivere in ultima istanza come una trasformazione del mondo entro il quale veniva fatto il lavoro scientifico”.



Th. S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*  
Einaudi, Torino, 1978

La nuova teoria implica un mutamento delle regole che governano la precedente prassi della scienza normale .... Questa è la ragione per la quale una nuova teoria, per quanto specifica sia la sua sfera di applicazione, è raramente, o non è mai, soltanto un'aggiunta a ciò che è già noto. La sua assimilazione richiede la ricostruzione della teoria precedente e una nuova valutazione dei fatti precedentemente osservati, processo intrinsecamente rivoluzionario che raramente è condotto a termine da un unico uomo e che non può realizzarsi da un giorno all'altro.

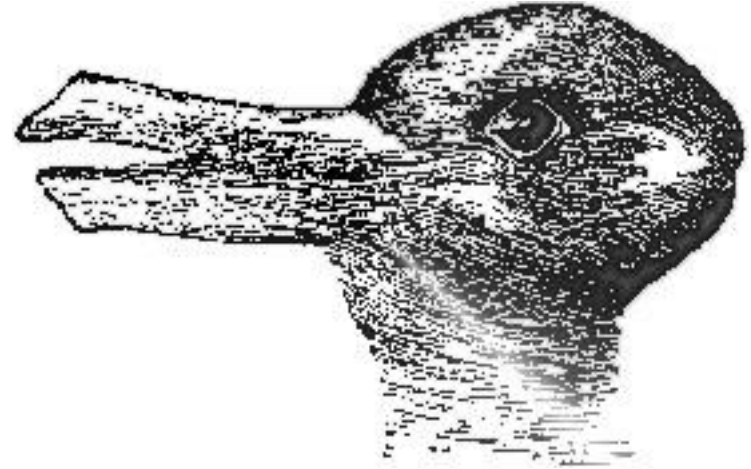
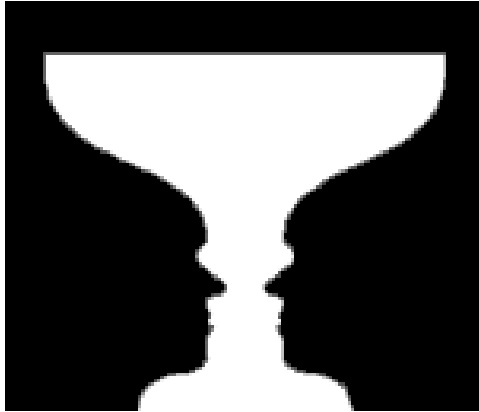
# Cambiamenti di paradigma

Paradigma :

« " conquiste scientifiche universalmente riconosciute, le quali, per un certo periodo, forniscono un *modello* di problemi e di soluzioni accettabili a coloro che praticano un certo campo di ricerche “  
(T. Kuhn, p. 12)

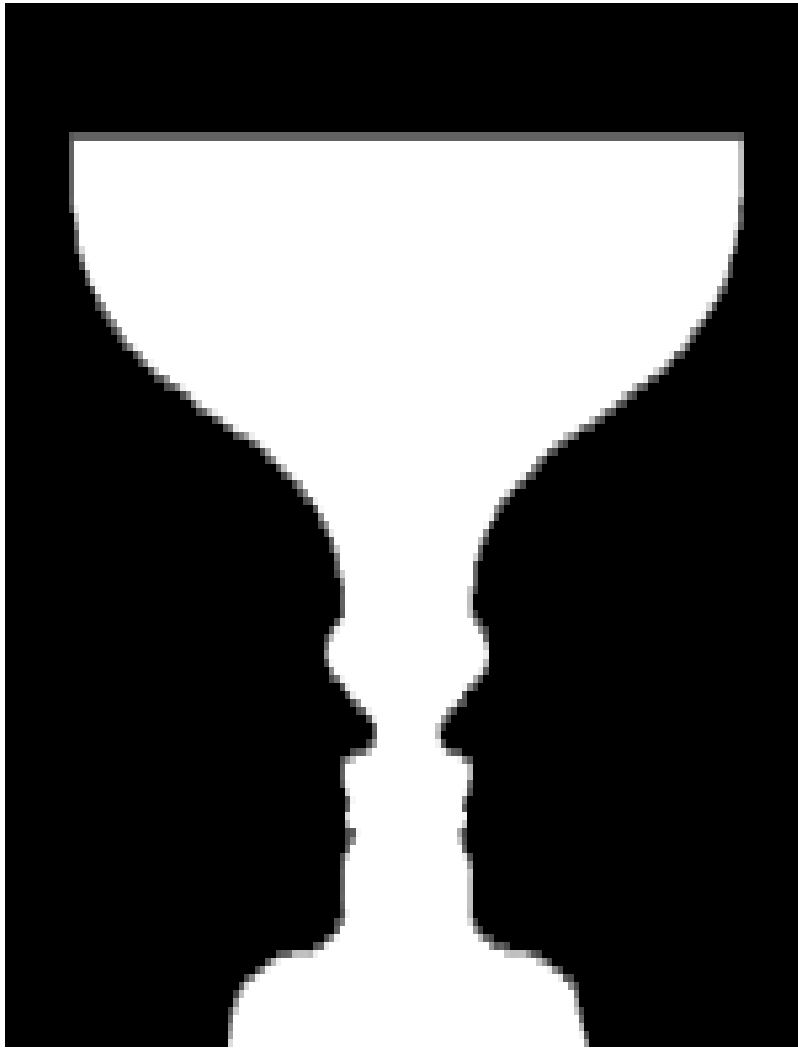
Una rivoluzione scientifica è un cambiamento di paradigma, cioè dell'insieme delle teorie, dei metodi e delle pratiche di una scienza, un cambiamento dell'immagine della scienza

# Gestalt Switch





# Gestalt Switch





# Le rivoluzioni nella scienza della vita





# Le rivoluzioni nella scienza della vita

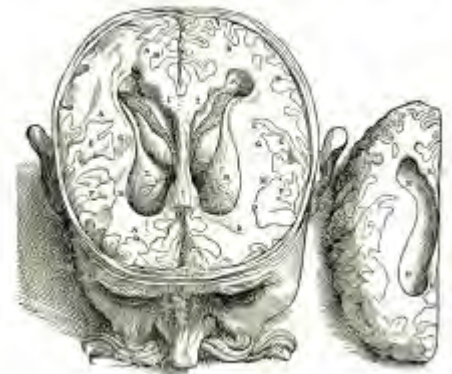
Andrea Vesalio

*De Humani Corporis Fabrica*

Basileae : ex officina Joannis Oporini,  
1543



QVARTA SEPTIMI LIBRI FIGVRA.



# Le rivoluzioni nella scienza della vita

Dürer *Il campo*



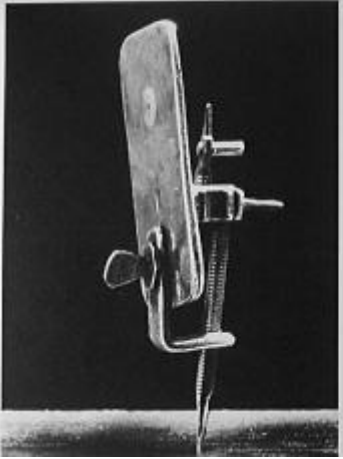
Dürer *Il coniglio*



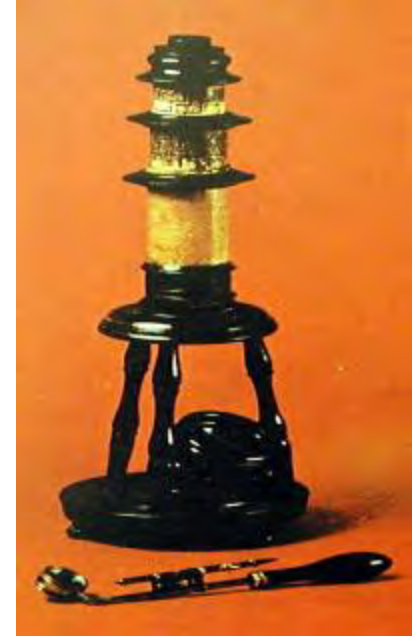
Aldrovandi *Il picchio*



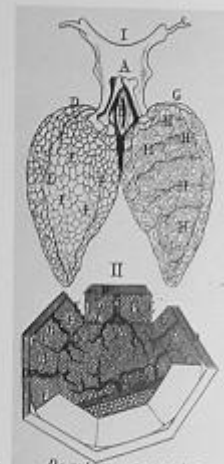
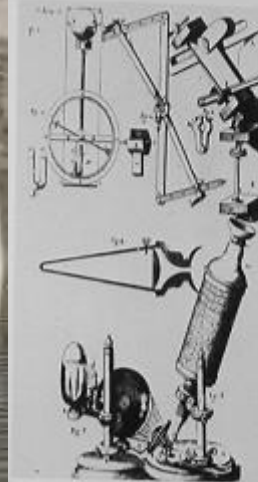
# Le rivoluzioni nella scienza della vita



Anton van Leeuwenhoek (1632-1723)



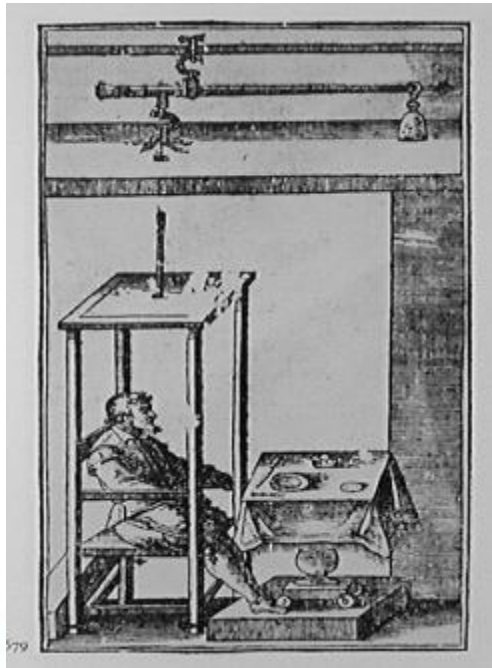
Marcello Malpighi (1628-1694)



# Le rivoluzioni nella scienza della vita



William Harvey (1578-1657)  
*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis* (1628)



Santorio Santorio (1561-1636)





# Le rivoluzioni nella scienza della vita

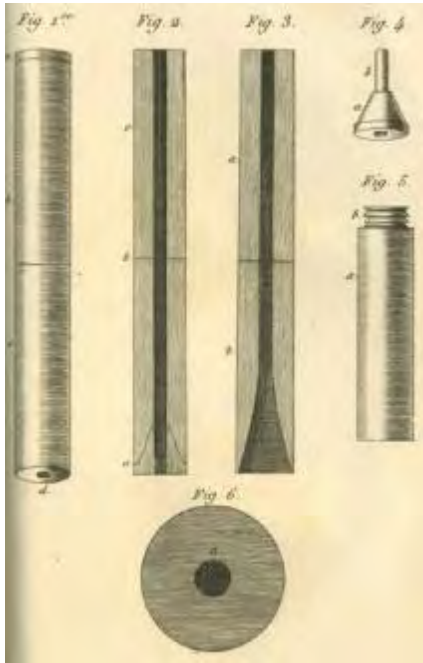


« C'est à ces corps singuliers et vraiment admirables qu'on a donné le nom de *corps vivans*; et la vie qu'ils possèdent, ainsi que les facultés qu'ils en obtiennent, les distinguent essentiellement des autres corps de la nature. Ils offrent en eux et dans les phénomènes divers qu'ils présentent, les matériaux d'une science particulière qui n'est pas encore fondée, qui n'a pas même de nom, dont j'ai proposé quelques bases dans ma *Philosophie zoologique*, et que je nommerai **biologie** ».

Lamarck Ms. 742-2 p. 17-52-9, Discours de l'an 1809, in *Inédits de Lamarck*, d'après les manuscrits conservés à la Bibliothèque centrale du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, présentés par M. Vachon, Paris, Masson, 1972.

# Le rivoluzioni nella scienza della vita

Laennec René-Théophile-Hyacinthe, 1819, *De l'auscultation médiate ou Traité du diagnostic des maladies des poumons et du coeur, fondé principalement sur ce nouveau moyen d'exploration*, Paris: chez J.-A. Brosson et J.-S. Chaudé.



Philippe Pinel, *La médecine clinique rendue plus précise et plus exacte par l'application de l'analyse, ou recueil et résultat d'observations sur les maladies aiguës, faites à la Salpêtrière*, Paris: Brosson, Gabon & Cie., 1802 ; 2ème éd. 1804; 3ème éd. revue, corrigée et augmentée, 1815.

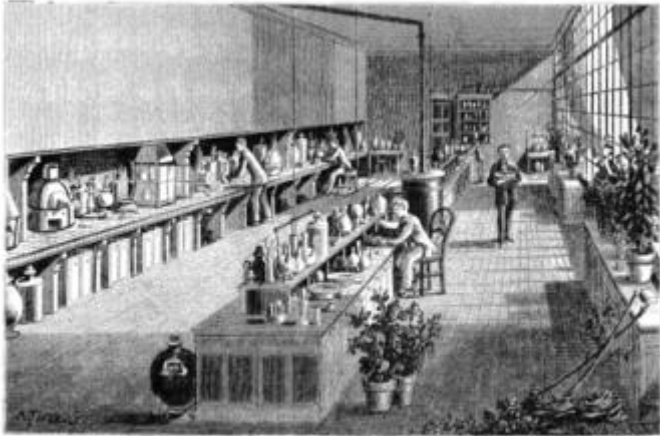


Corvisart Jean-Nicolas, 1806, *Essai sur les maladies et les lésions organiques du coeur et des gros vaisseaux*, Paris, (Seconde édition, Paris 1811; 3ème éd. Corrigée et augm., Paris, 1818.).



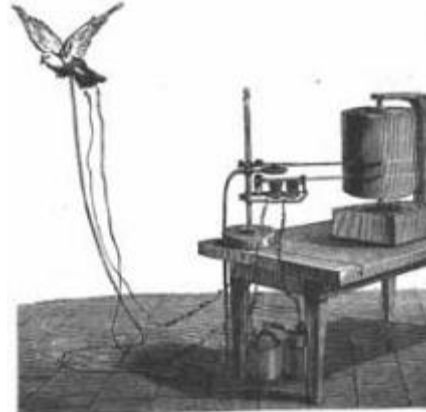


# Le rivoluzioni nella scienza della vita



Laboratoire de physiologie végétale au Muséum d'histoire naturelle.

François MAGENDIE  
1783-1855



Claude BERNARD  
1801-1858



Johannes MULLER  
1801-1858



INTRODUCTION  
à L'ÉTUDE DE LA  
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE

PAR

M. CLAUDE BERNARD

Membre de l'Institut de France (académie des sciences),  
et de l'Académie impériale de médecine,  
Professeur de médecine au Collège de France,  
Professeur de physiologie générale à la Faculté des sciences,  
Membre de la Société royale de Londres,  
de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg  
et de l'Académie des sciences de Berlin.

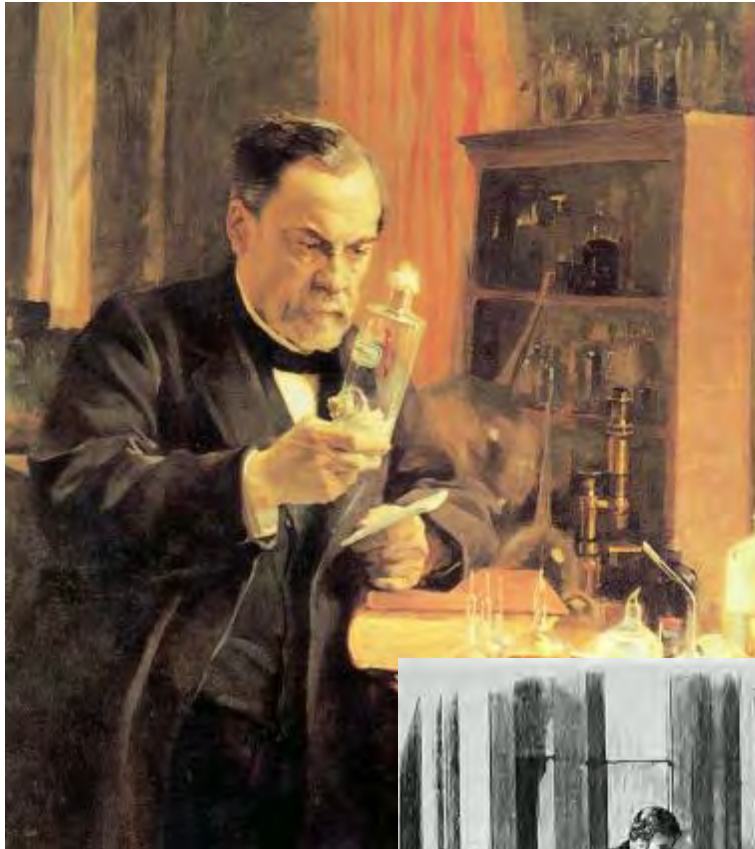
PARIS

J. B. BAILLIÈRE et FILS,  
ÉDITEURS DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,  
Rue Cassette, 15.

Londres | Madrid | New-York  
MILAN | G. BELLONI-SCARLETTI | BRUXELLES-LEOPOLD  
LONDRES, 4, FINE-ROYAL, QUAI-MARSH, 10

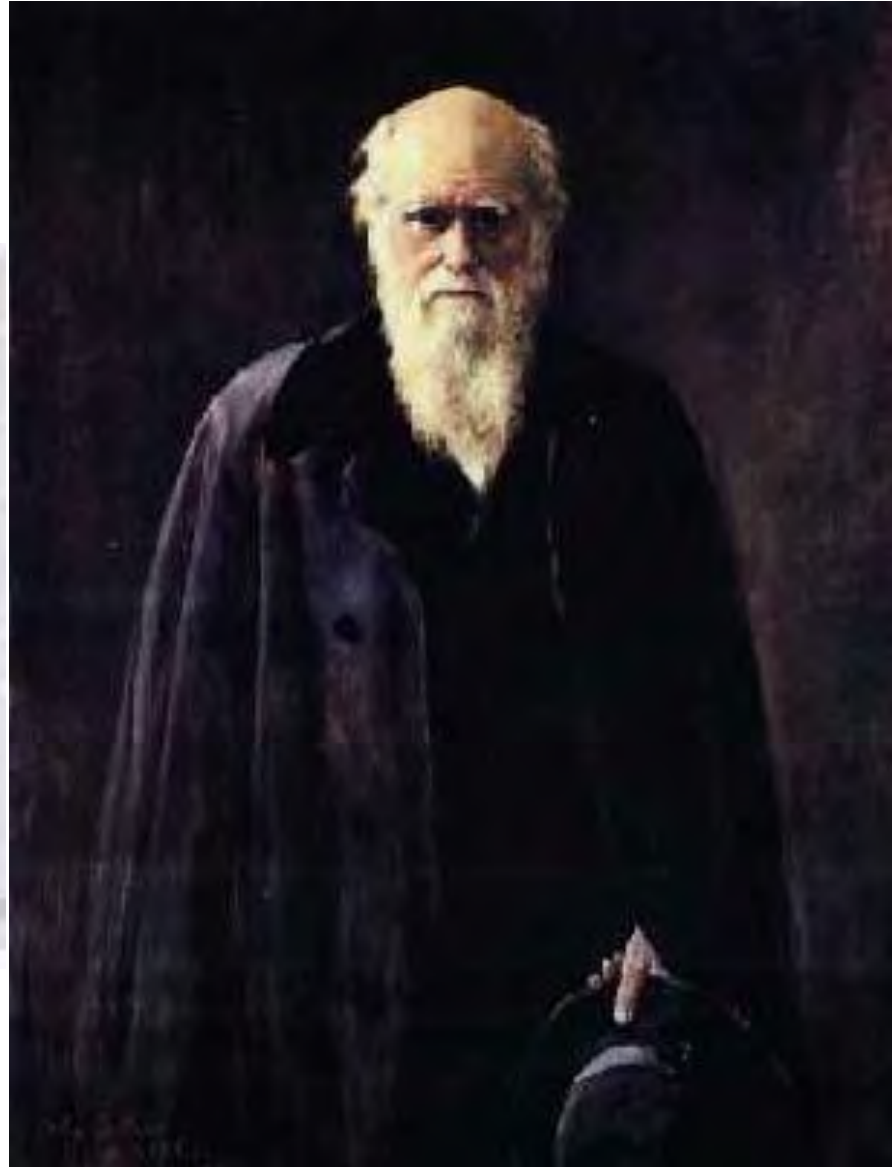
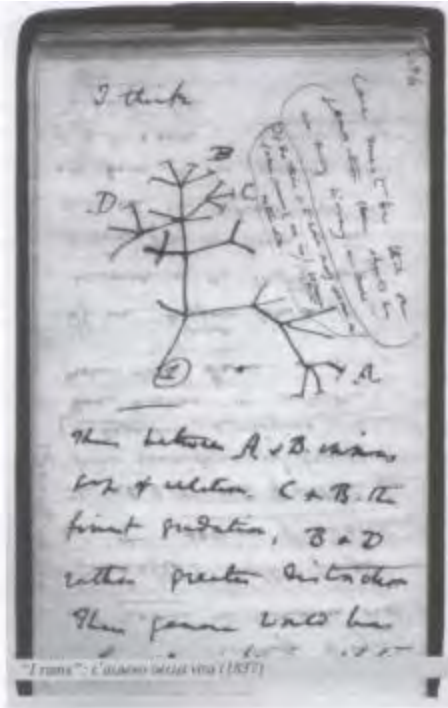
1855  
Trois tomes.

# Le rivoluzioni nella scienza della vita





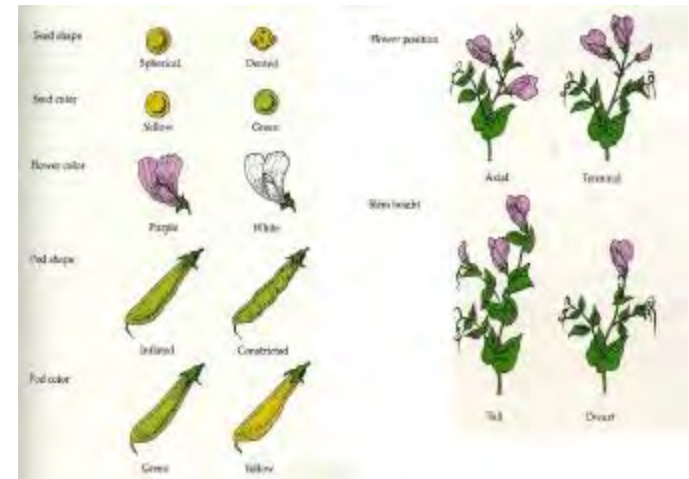
# Le rivoluzioni nella scienza della vita



# Le rivoluzioni nella scienza della vita

Mendel Gregor, 1866, 'Versuche über Pflanzenhybriden', *Vehr. Naturf. Vereins Brünn*, 4: 3-47.

Morgan T.H., Sturtevant A.H., Muller H.J., Bridges C.B. , 1915  
*The Mechanism of Mendelian Heredity* New York: Holt



# La rivoluzione molecolare

Cambiamento di paradigma:

- Da una spiegazione chimico-fisica a una spiegazione informazionale dei processi fondamentali della vita:
  - Funzioni/Struttura
  - Riproduzione
  - Sviluppo
  - Eredità
  - Evoluzione

# I due paradigmi

	Chimica	Informazionale
Struttura/funzione	Proteine strutturali ed enzimi (funzioni). La cellula come una fabbrica chimica	Dogma entrale: il trasferimento di informazione controlla la sintesi delle proteine
Riproduzione	Il vortice e il cristallo (particelle chimiche autoriproducentesi)	Replicazione dell'informazione genetica
Sviluppo	Accumulazione di prodotti chimici, controllo chimico	Sviluppo ordinato degli organi controllato da un programma (informazione genetica)
Eredità	Riproduzione di particelle ereditarie (pangeni)	Trasferimento del programma genetico
Evoluzione	Adattamento	Mutazioni del programme + Selezione

# Il primo segreto della vita

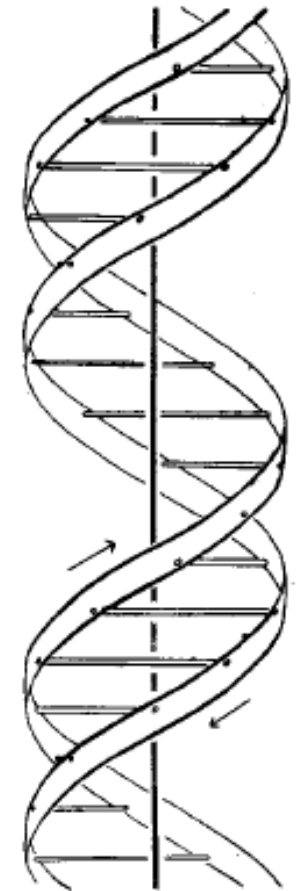




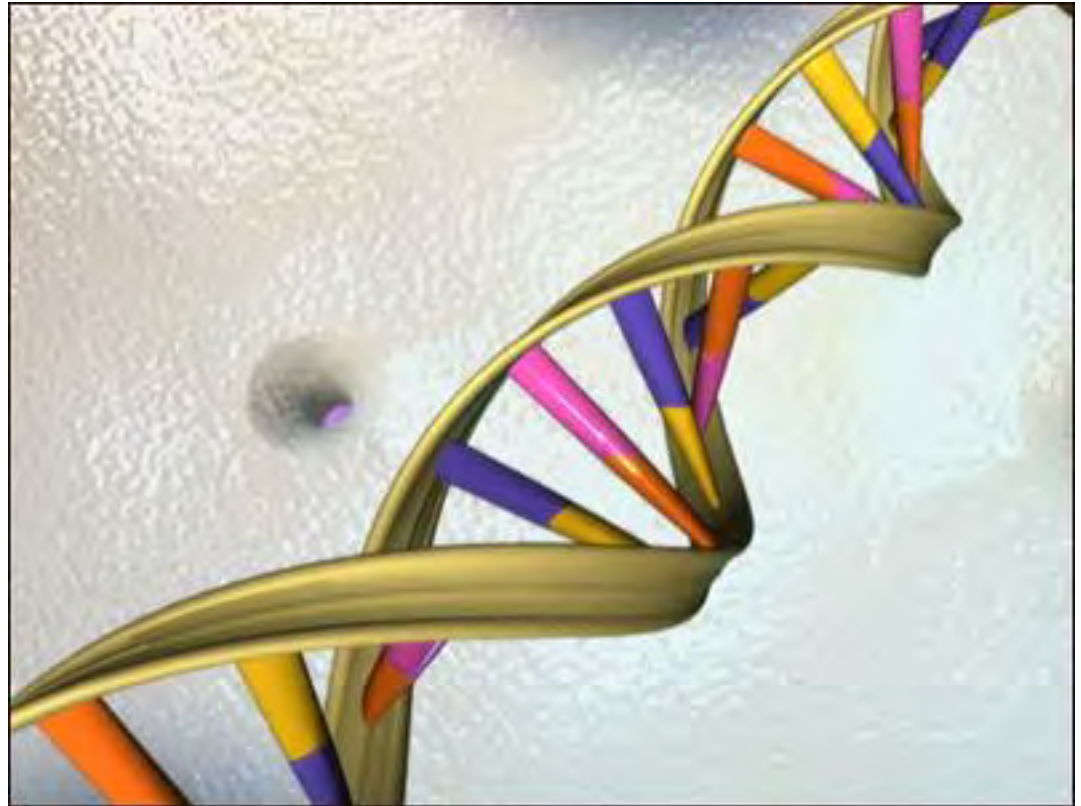
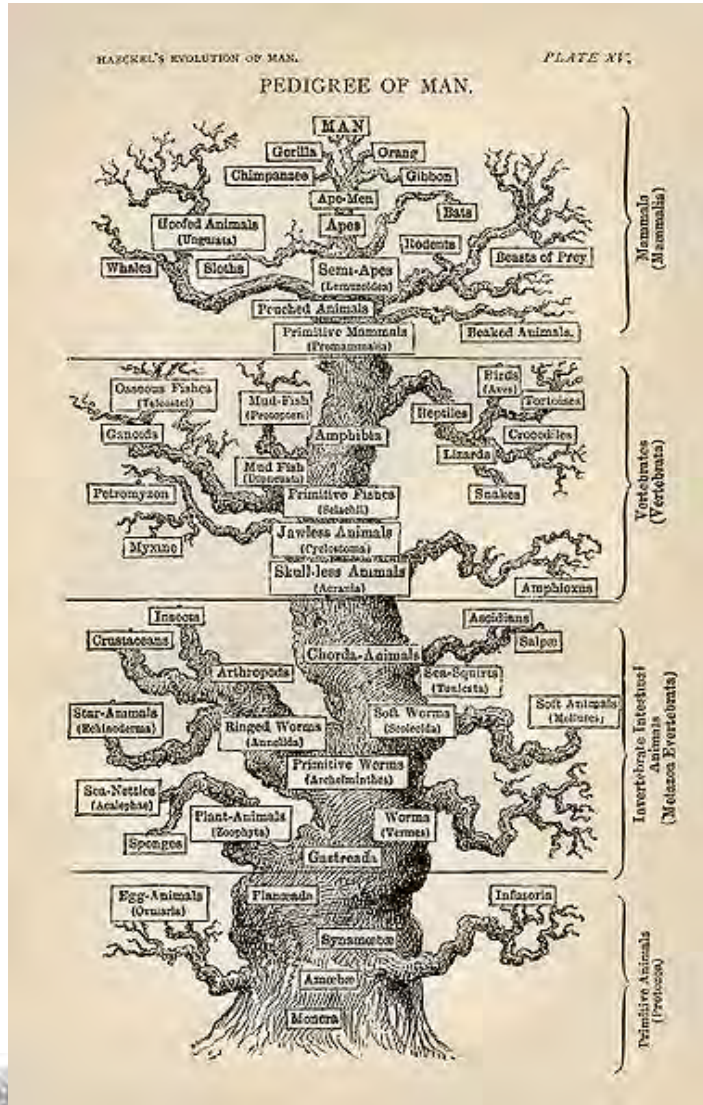
# La forza delle metafore

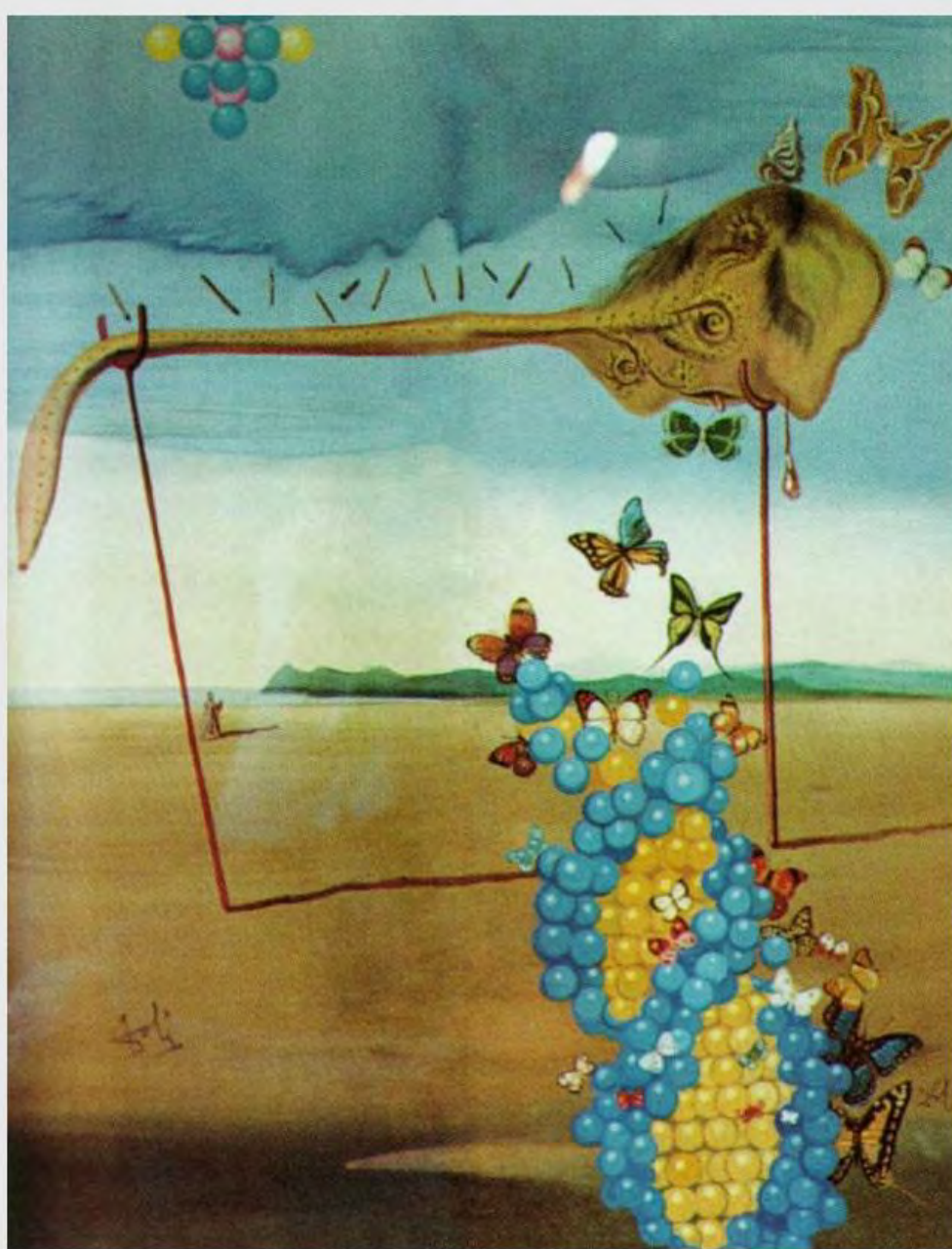
Il potere simbolico della Double Helix

Il DNA come metonimia della vita stessa



# Immagini, metafore e concetti





"Butterfly Landscape (The Great Masturbator in a Surrealist Landscape with D.N.A.),  
1957-58"

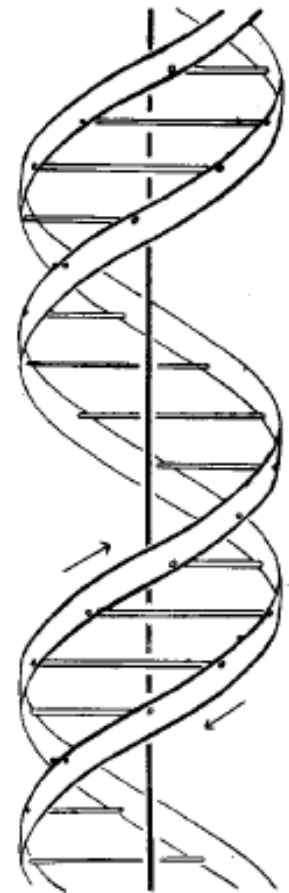
---

# MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

## A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

**W**E wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.





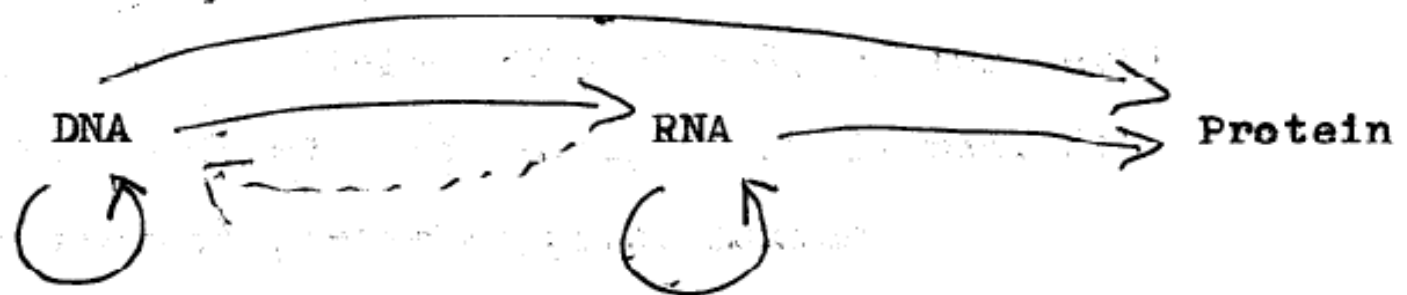
“ A genetic material must ... duplicate itself, and it must exert a highly specific influence on the cell. Our model for DNA suggests a simple mechanism for the first process, but at the moment we cannot see how it carries out the second one. We believe, however, that **its specificity is expressed by the precise sequence** of the pairs of bases. The backbone of our model is highly regular, and the sequence is the only feature which can carry the **genetic information**”.

## Ideas on Protein Synthesis (Oct. 1956)

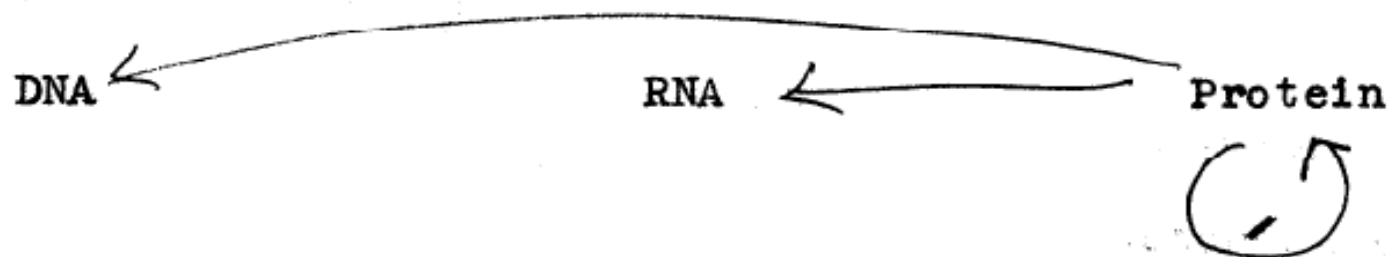
The Doctrine of the Triad.

The Central Dogma: "Once information has got into a protein it can't get out again". Information here means the sequence of the amino acid residues, or other sequences related to it.

That is, we may be able to have



but never



where the arrows show the transfer of information.

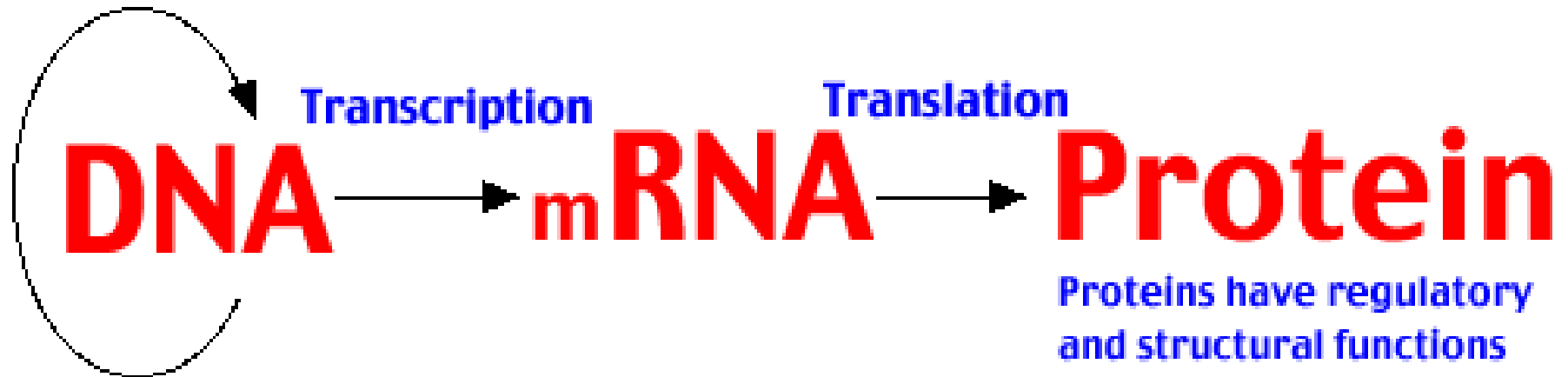
# Information and life

A systematic discussion of our present knowledge of protein synthesis could usefully be set out under three headings, each dealing with a flux: **the flow of energy, the flow of matter, and the flow of information.** I shall not discuss the first of these here. I shall have something to say about the second, but I shall particularly emphasize the third - **the flow of information.**

F.H.C. Crick, *On Protein Synthesis*, in *Symposium of the Society for Experimental Biology*, 12 (1958), 138-167.



## Central Dogma



### Duplication

Genes are passed on to next generation of cells

Proteins have regulatory and structural functions

# Francis Crick & information

By **information** I mean the specification of the amino acid sequence of the protein.

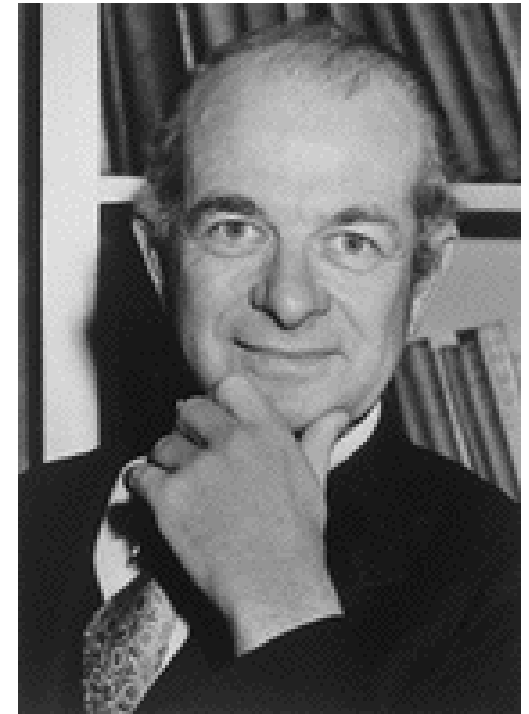
The **coding problem** is regarded as being **independent** of the biochemical steps involved, and deals only with the **transfer of information** ... Most biochemists, in spite of being rather fascinated by the problem, dislike arguments of this kind.

F.H.C. Crick, *On Protein Synthesis*, in *Symposium of the Society for Experimental Biology*, 12 (1958), 138-167.: 156.

# Il codice genetico

		Second letter				
		U	C	A	G	
U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U C A G	
	UUC } Leu	UCC } Ser	UAC } Tyr	UGC } Cys		
	UUA } Leu	UCA } Ser	UAA Stop	UGA Stop		
	UUG } Leu	UCG } Ser	UAG Stop	UGG Trp		
C	CUU } Leu	CCU } Pro	CAU } His	CGU } Arg	U C A G	
	CUC } Leu	CCC } Pro	CAC } His	CGC } Arg		
	CUA } Leu	CCA } Pro	CAA } Gln	CGA } Arg		
	CUG } Leu	CCG } Pro	CAG } Gln	CGG } Arg		
A	AUU } Ile	ACU } Thr	AAU } Asn	AGU } Ser	U C A G	
	AUC } Ile	ACC } Thr	AAC } Asn	AGC } Ser		
	AUA } Ile	ACA } Thr	AAA } Lys	AGA } Arg		
	AUG Met	ACG } Thr	AAG } Lys	AGG } Arg		
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U C A G	
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly		
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Glu	GGA } Gly		
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Glu	GGG } Gly		

# Linus Pauling



November 25, 1949, Vol. 110

SCIENCE

543

## Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease<sup>1</sup>

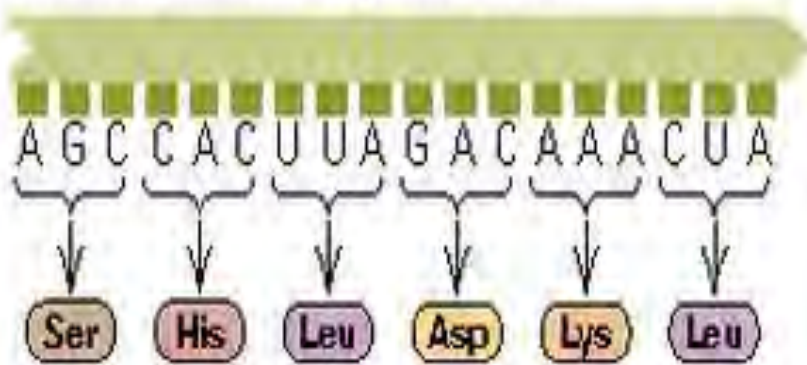
Linus Pauling, Harvey A. Itano,<sup>2</sup> S. J. Singer,<sup>2</sup> and Ibert C. Wells<sup>3</sup>

*Gates and Crellin Laboratories of Chemistry,  
California Institute of Technology, Pasadena, California<sup>4</sup>*

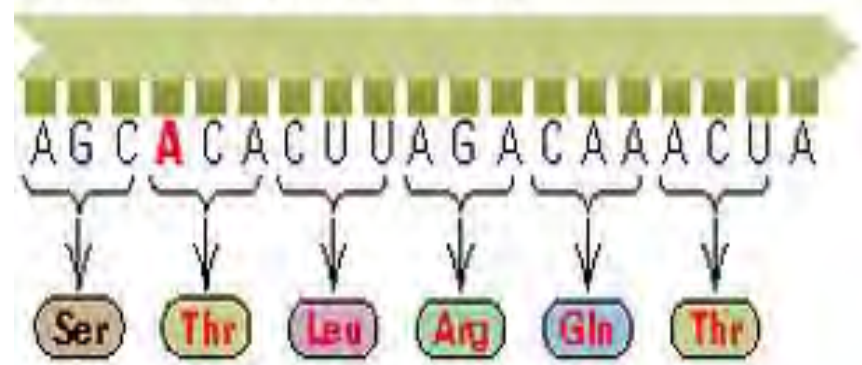


# Sequences and mutations

mRNA from original DNA



mRNA from DNA in which a base has been added

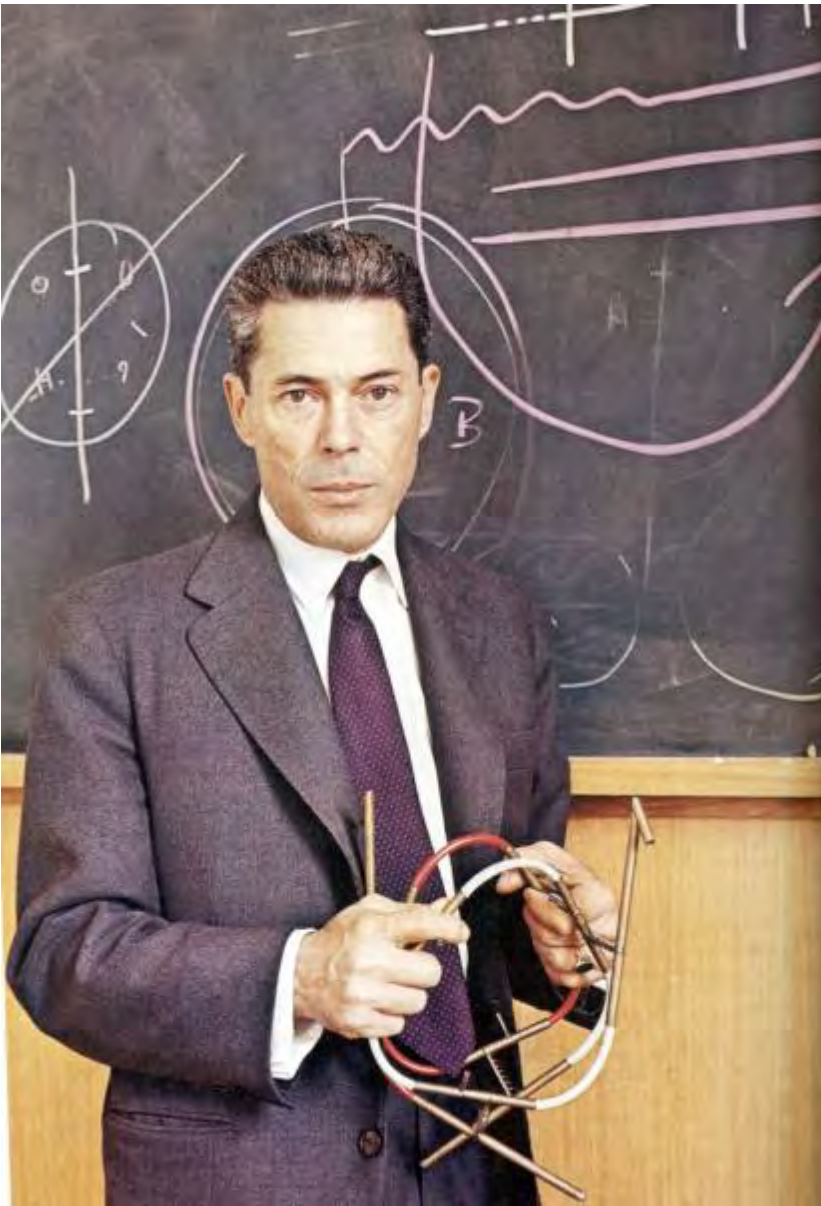




# Jacques Monod

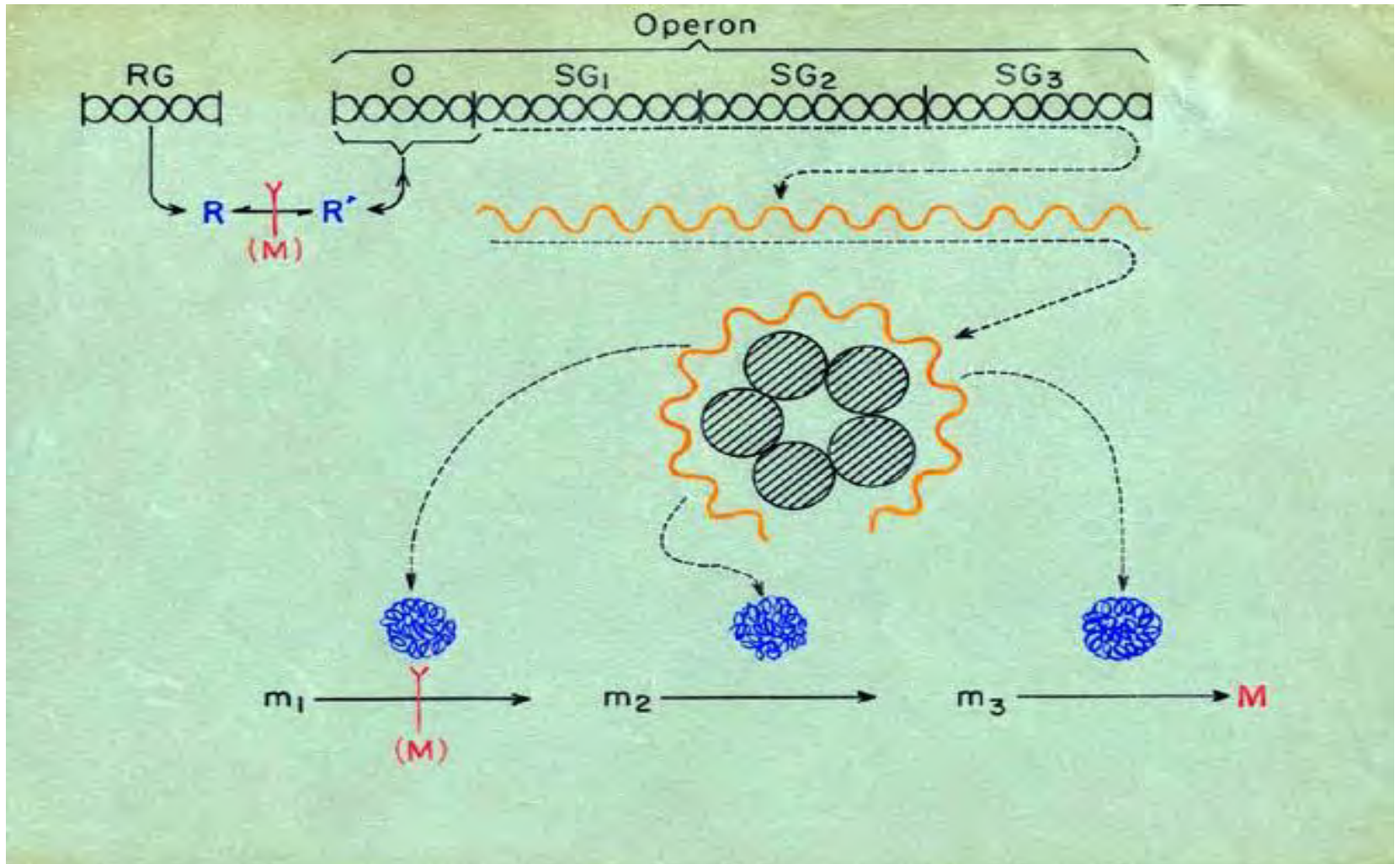
1963

Il secondo segreto  
della vita:  
le regolazioni  
allosteriche





# Il modello della regolazione genica



# Il concetto di informazione

Un linguaggio scientifico modellato **sulla** conservazione e trasmissione di *informazione*.

Uso pervasivo di metafore informazionali

- Programma
- Messaggio
- Traduzione
- Codice
- Istruzione
- ....

# L'onnipresenza dell'informazione

Per la biologia contemporanea , i processi fondamentali degli oggetti viventi (organismi) possono essere spiegati nei termini di :

- **Trasmissione** di informazione
- **Espressione** di informazione
- **Esecuzione** di programmi, scritti in messaggi codificati in un codice universale

# Una spiegazione dualistica

Un sistema biologico è un oggetto fisicamente e causalmente chiuso, deterministico

E

Un oggetto storico, on oggetto dotato di un progetto

Distinzione fra  
Materia-Energia e Forma

# Informazione e progetto

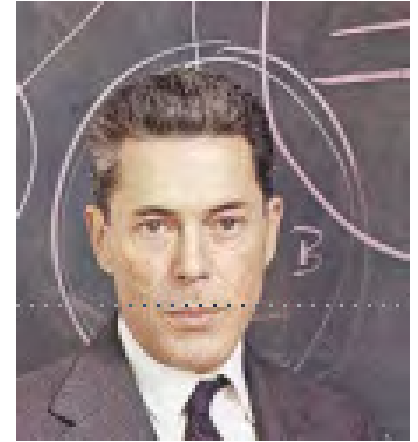
Gli oggetti biologici sono dotati di un rigoroso programma interno, della informazione e dei controlli necessari alla propria costruzione e realizzazione ed i sistemi viventi sono i soli ad avere questa proprietà di morfogenesi autonoma.

*"Su tali basi, e non su quella di una vaga 'teoria generale dei sistemi', diventa possibile comprendere in quale senso, molto reale, l'organismo trascende effettivamente, pur osservandole, le leggi fisiche, per essere solo promozione e realizzazione del proprio progetto".*

Jacques Monod, *Il caso e la necessità*.

# Jacques Monod

*le leggi e il progetto*



L'organisme transcende en effet, tout en les observant, les lois physiques pour n'être plus que poursuite et accomplissement de son propre projet.

J. Monod, *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris: Le Seuil, 1970, p. 107.



# Francis Crick

“Every living object can be explained with the ordinary laws of physics and chemistry”.

Crick F. H. C., 1966, *Of Molecules and Men*, Seattle and London: University of Washington Press (trad. italiana, 'molecole e uomini. E' morto il vitalismo?' Bologna, Zanichelli, 1970).



# Francis Crick

“Every living object can be explained with the ordinary laws of physics and chemistry, except the extraordinary quality of its **project**”.

Crick F. H. C., 1966, *Of Molecules and Men*, Seattle and London: University of Washington Press (trad. italiana, 'Molecole e uomini. E' morto il vitalismo?' Bologna, Zanichelli, 1970).

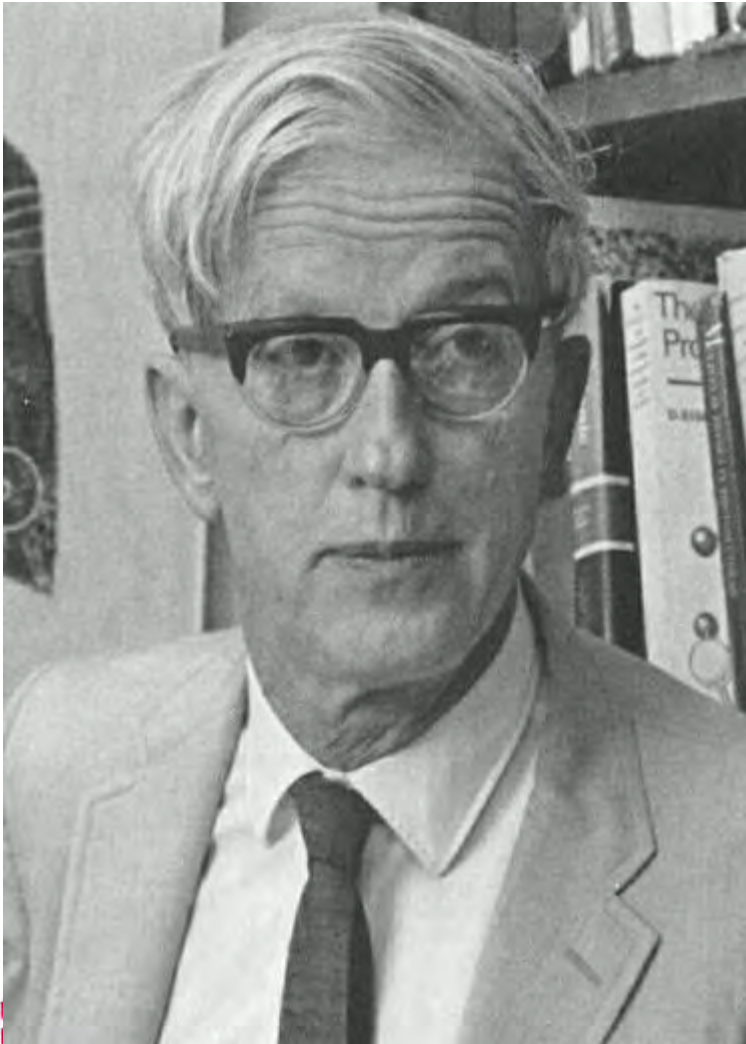


# Back to Aristotle

" Dire que l'hérédité biologique est une communication d'information c'est, en un certain sens, revenir à l'aristotélisme, c'est admettre qu'il y a dans le vivant un logos, inscrit, conservé et transmis".

G. Canguilhem, *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1968, p. 362-363.

# Delbrück: Back to Aristotle



*Aristotle-totle-totle*



M. DELBRÜCK

THE LOGICIAN: *Let us take another example. All cats are mortal.  
Socrates is mortal. Therefore, Socrates is a cat.*

THE OLD GENTLEMAN: *And has four feet. Indeed, I do have a cat  
named Socrates.*

THE LOGICIAN: *There, you see. . . .*

THE OLD GENTLEMAN: *Then Socrates really was a cat!*

THE LOGICIAN: *That is what Logic reveals to us!*

E. IONESCO, *The Rhinoceros*



## Delbrück: Back to Aristotle

54

M. DELBRÜCK

Quite a few quotations in a similar vein could be added. Put into modern language, what all of these quotations say is this: The form principle is the information which is stored in the semen. After fertilization it is read out in a preprogrammed way; the readout alters the matter upon which it acts, but it does not alter the stored information, which is not, properly speaking, part of the finished product. In other words, if that committee in Stockholm, which has the unenviable task each year of pointing out the most creative scientists, had the liberty of giving awards posthumously, I think they should consider Aristotle for the discovery of the principle implied in DNA. It is my contention that Aristotle's principle of the "unmoved mover" originated with his biological studies, and that it was grafted, from here, first onto physics, then onto astronomy, and finally onto his cosmological theology.

yet, "unmoved mover" perfectly describes DNA: it acts, creates form and development, and is not changed in the process.

# « The library of life »

What are genes and chromosomes? How does DNA tell cells how to make a human? Read on to decipher the intricate three billion-letter code that goes into making you or me ...

James Randerson

*The Observer*,

Sunday 27 April 2008





### Hemoglobin, Alpha Chain

atg ttc ctg tcc ttc ccc acc acc aag acc tac ttc ccg cac ttc gac ctg  
agc cac ggc tct gcc caa gtt aag ggc cac ggc aag aag gtg gcc gac gcg  
ctg acc aac gcc gtg gcg cac gtg gac gac atg ccc aac gcg ctg tcc gcc  
ctg agc gac ctg cac gcg cac aag ctt cgg gtg gac ccg gtc aac ttc aag  
gtg agc ggc ggg ccg gga gcg atc tgg gtc gag ggg cga gat ggc gcc ttc  
ctc tca ggg cag agg atc acg cgg gtt gcg gga ggt gta gcg cag gcg gcg  
gcg cgg ctt ggg cct cac tga

### Hemoglobin, Beta Chain

atg gtg cac ctg act cct gag gag aag tct gcc gtt act gcc ctg tgg ggc  
aag gtg aac gtg gat gaa gtt ggt ggt gag gcc ctg ggc agg ctg ctg gtg  
gtc tac cct tgg acc cag agg ttc ttt gag tcc ttt ggg gat ctg tcc act  
cct gat gat gct gtt atg ggc aac cct aag gtg aag gct cat ggc aag aaa  
gtg ctc ggt gcc ttt agt gat gat ggc ctg gct cac ctg gac aac ctc aag  
ggc acc ttt gcc aca ctg agt gag ctg cac tgt gac aag ctg cac gtg gat  
cct gag aac ttc agg ctc ctg ggc aac gtg ctg gtc tgt gtg ctg gcc cat  
cac ttt ggc aaa gaa ttc acc cca cca gtg cag gct gcc tat cag aaa gtg  
gtg gct ggt gtg gct aat gcc ctg gcc cac aag tat cac taa

### Heme Synthetase

atg ttc cat atg gct tgc ccc ctt tgc tca aat gtg tat aag gcc ttt gct  
cga atg tgt gag act ctg acc cac ctg ctt caa att gca tta gtc cct tcc  
ccc acc cta ccc cat ctc ttt tac ctt gct tca ttc ttc ttt tgt cct gag  
agg gaa aaa gaa gag ggg agg ccg tgg aag ggc tcc atc att caa agt att  
aca tgt tgt gat tat ttt ctg tgt ctc ccc taa atg gtg gtg ggg agc ggg  
ctt cta gct cag ccc ccg ggc cca ttt tca cgc agg gag ccg cgc cca gct  
ggg gcg ggc tct ccg cga ggg gcg tgt ctc tgc ctg gcc tcg ccc gcc ccg  
gcc ccg cag cga atg agc ggg cgc ccg gag ggc gcg agg tca ggg ggc tgg  
gga cgc gcg tgg gga tcg cta ccc ggc tcg gcc act gct ggg ccg aca cct  
ggg cgc gcc gcc gcg gga gga gcc ccg act ccg gcc gag gct gcc cag gca  
tga

# Il Progetto Genoma Umano

## IL GENOMA = II LIBRO DELLA VITA

*Science* 30 June 2000:  
Vol. 288, no. 5475, pp. 2304 – 2307  
DOI: 10.1126/science.288.5475.2304

[< Prev](#) | [Table of Contents](#) | [Next >](#)

### NEWS FOCUS

#### HUMAN GENOME:

### Finally, the Book of Life and Instructions for Navigating It

Elizabeth Pennisi

The race is over. On 26 June, to much fanfare, two rival teams announced that they had each completed a version of the "book of life";--a rough draft of the complete human genetic code. So what, exactly, is in these two different volumes, and how will they fine-tune it so that everyone from workaday biologists to pharmaceutical giants can mine its gold?

# Le metafore del materiale ereditario

- Un cristallo
- Una macchina
- Una fabbrica chimica
- Un germe
- Il programma di un calcolatore elettronico

# La metafora centrale

## Il libro della vita



# Il libro della vita

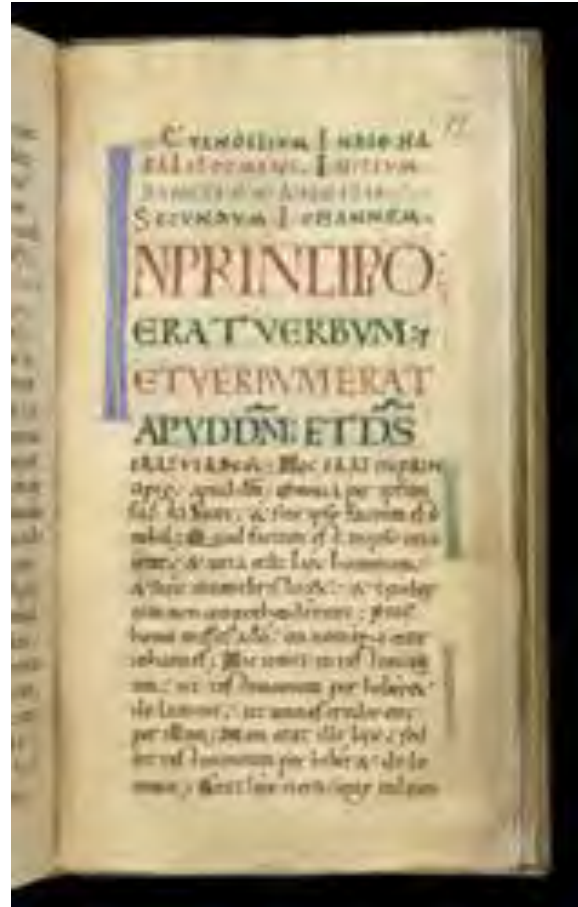
La sequenza codificata nel DNA è

- Il **destino** di ogni individuo
- Le **istruzioni** per la costruzione dell'individuo
- Un **catalogo** di parti
- La **storia** delle nostre vite scritta nel genoma
- Il **dizionario** di specifiche forme di vita





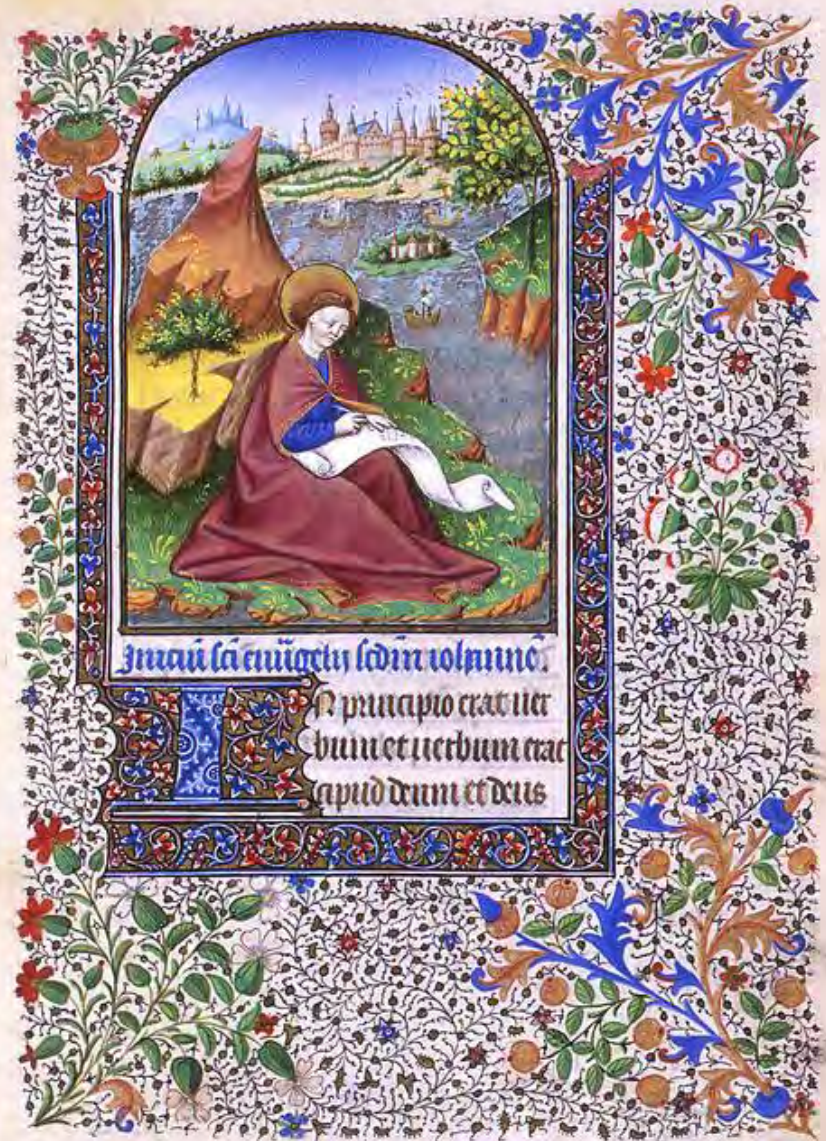
# IN PRINCIPIO ERAT VERBUM (Vangelo secondo Giovanni)





Initium sancti Evangelii  
secundum Johannem.

In principio erat Verbum  
et Verbum erat apud  
Deum et Deus // erat  
Verbum.



# Il ruolo culturale e conoscitivo delle metafore

Le metafore sono strumenti essenziali per la

1. Comunicazione
2. Interpretazione
3. Comprensione
4. Spiegazione
5. Persuasione

Ed anche uno strumento creativo importante nell'arte come  
nella scienza



# Una metafora classica : Il tempo è denaro

Tempo e denaro condividono molte proprietà

- la loro quantità è limitata
- entrambi possono essere usati
- possono essere persi
- possono essere rubati



# Le metafore come proiezione del nostro corpo

Ai piedi della collina

Il ventre della terra

La testa di ponte

Un braccio di mare

# Galileo Galilei (1564-1642)

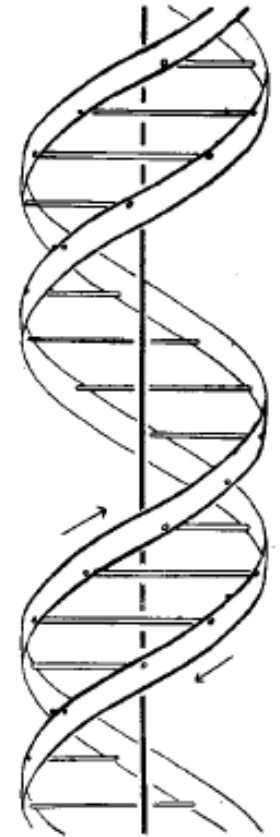
## *Il Saggiatore*

"La filosofia naturale 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 intender la lingua e conoscer i caratteri nei 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 a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto."

# Il genoma è come un libro

## Il DNA è un libro

- contengono entrambi informazioni, istruzioni o narrazioni
- che sono scritte in sequenze usando un alfabeto simbolico
- e sono organizzate in una struttura gerarchica.



Il genoma è un libro



# La base della metafora

Ci sono solo due sistemi capaci di eredità illimitata, capaci cioè di trasmettere un numero indefinitamente grande di messaggi differenti:

- la trasmissione ereditaria basata sul codice genetico
- e il linguaggio simbolico sviluppato dalla specie umana.

# Esempi di informazione

- Giornali e televisioni
- Manuali di istruzioni
- Orario ferroviario
- Libri di testo
- Pubblicazioni scientifiche
- Atti notarili
- Dichiarazione di guerra
- Dichiarazione d'amore
- ...
- Informazione genetica e genomica

# La storia della vita come testo

Il genoma è il condensato della storia evolutiva, è un testo scritto da milioni di anni di selezione naturale, che viene copiato (con eventuali errori di trascrizione, come per gli amanuensi del Medio Evo)

Si può ricostruire la storia del testo (evoluzione) a partire dalla trasmissione degli errori di scrittura o di copia

# J.S.Bach

*Matthaus-Passion*

Chor I

Kommt, ihr Töchter, helft  
mir klagen

## CORO I. II.

Soprano ripieno.

Flauto traverso I.

Flauto traverso II.

Oboe I.

Oboe II.

Violino I.

Violino II.

Viola.

Soprano.

Alto.

Tenore.

Basso.

Organo e Continuo.

Flauto traverso I.

Flauto traverso II.

Oboe I.

Oboe II.

Violino I.

Violino II.

Viola.

Soprano.

Alto.

Tenore.

Basso.

Organo e Continuo.

# Genoma e destino

L'informazione contenuta nel genoma definisce il nostro destino individuale e di specie

James Watson

"We used to think that our fate was in our stars, but now we know that, in large measure, our fate is in our genes, ”

(citato in Jaroff, L. 1989. The Gene Hunt. Time 20 March: 62-67)



# Una *coupure* epistemologica

Dall'azione del gene...

... al programma genetico

Dall'azione .....

..... al controllo

---

I geni non **producono** nulla, ma **controllano** le funzioni, la struttura degli essere viventi e la loro formazione

# I tre fattori del determinismo genetico

La continuità e la permanenza di un individuo biologico è basata sulla permanenza del suo genoma, ma la sua esistenza funzionale risulta dall'interazione fra tale individualità (il **programma genetico**) e le **attività funzionali** dell'organismo in un dato **ambiente**.

Tali attività sono completamente **prodotte** da cause fisico-chimiche, ma sono **controllate** dal programma genetico

# DNA is doing ... nothing !

DNA is a dead molecule ... it has no power to reproduce itself. Rather it is produced out of elementary material by a complex cellular machinery of proteins.

While it is often said that DNA produces proteins, in fact proteins (enzymes) produce DNA. ...

Not only is DNA incapable of making copies of itself ...but it is incapable of 'making' anything else.

R. Lewontin, 1992

# François Jacob

« Le programme contient ainsi les plans de toutes les pièces nécessaires pour faire une bactérie ... Mais ce n'est qu'un programme. ... Hors de la cellule, sans les moyens d'exécuter les plans, sans l'appareillage de copie ou de traduction, il reste inerte, tout comme reste inerte une bande magnétique hors de son magnétophone. Pas plus que la mémoire d'une calculatrice, celle de l'hérédité n'agit pas par elle-même. **Fonctionnel seulement au sein de la cellule, le message génétique ne fait rien tout seul. Il peut seulement guider ce qui fait.** Pour que soient produites les machines à partir des plans, il faut les machines ».

F. Jacob, *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Paris, Gallimard, 1970, p. 298.

Jacob F., Wollman E. L., 1961,  
'Viruses and genes'

*Sci. Amer.*, 204, 92-107.

Viruses are the simplest things that exhibit the fundamental properties of living systems. They have the capacity to produce copies of themselves (although they require the help of a living cell) and they are able to undergo changes in their hereditary properties. ... When a virus penetrates a cell, it introduces into the cell a new genetic structure that interferes with the genetic information already contained within the cell.

The study of viruses has thus become a branch of cellular genetics, a view that has upset many old notions, including the traditional distinction between heredity and infection.



# Il gene come una particella infettiva

Virus e Geni.

Rovesciamento epistemologico:

non sono i geni ad essere virus, ma i virus sono geni !

# Funzione dell'informazione

Informazione = *in-formare*  
dare una forma, specificare

L'informazione cambia lo stato (la forma) del ricevente, ne determina, ne specifica e indirizza il futuro comportamento.

# What's a gene ?

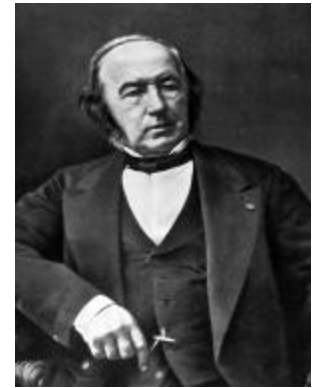
Un gene è un oggetto fisico e la tempo stesso un oggetto informazionale, un 'testo' scritto storicamente durante l'evoluzione per selezione naturale.

Un gene non produce un fenotipo, perciò non ne è la causa *strictu sensu*. Esso invece lo 'informa', lo specifica, lo rende distinto dagli altri componenti del sistema.

# Due diversi tipi di spiegazione causale

1. Le forze chimico-fisiche producono tutti i processi e tutte le strutture degli organismi
2. L'informazione determina la loro specificità. L'informazione è lo “specific difference maker” or ‘determinante’.

## *Claude Bernard*



« La vie est un conflit. Ses manifestations résultent de l'intervention de deux facteurs :

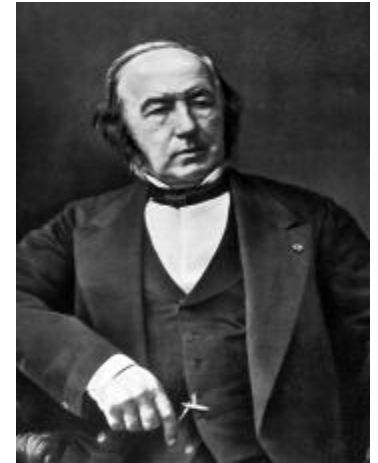
- 1° Les lois préétablies qui règlent les phénomènes dans leur succession, leur concert, leur harmonie;
- 2° Les conditions physico-chimiques déterminées qui sont nécessaires à l'apparition des phénomènes ».

\* \* \*

- « 1° Les conditions physico-chimiques déterminées, extérieures, qui gouvernent l'apparition des phénomènes;
- 2° Les conditions organiques ou lois préétablies qui règlent la succession, le concert, l'harmonie de ces phénomènes. »



# *Claude Bernard*



« La force vitale *dirige* des phénomènes qu'elle ne *produit* pas; les agents physiques produisent des phénomènes qu'ils ne dirigent pas ».

(La forza vitale dirige dei fenomeni che essa non produce; gli agenti fisici producono fenomeni che essi non dirigono).

# Come *fare* con le parole

- Teoria degli ‘speech-act’ proposta nel 1962 da J.L. Austin (1)
- La funzione del linguaggio è talvolta performativa, efficace (ad esempio editti, voti, dichiarazione di guerra, atti pubblici, regolamenti, dichiarazioni di matrimonio, ecc.)
- Questi atti sono necessariamente sociali, in quanto dipendono da convenzioni ‘concordate’ in costruzioni verbali particolari, rispondenti a determinate regole, le quali vengono interpretate da ‘agenti’ che sono autorizzati a realizzare gli effetti.
- Così, la costruzione verbale dell’informazione genetica (programma), ‘concordata’ dalla selezione naturale, produce i suoi effetti nel ‘mondo molecolare’ della cellula, grazie all’apparato chimico-fisico della cellula stessa.

(1) Austin J.L., 1962, *How to Do Things With Words*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

# Conclusioni

- Le metafore linguistiche e letterarie in biologia (“The book of Life”) sono al tempo stesso entità culturali e realtà biologiche
- Termini come 'information', 'code', 'messages', 'sequences' non sono pure immagini metaforiche, ma ‘oggetti scientifici’ utilizzati come strumenti esplicativi e che acquisiscono una valenza pratica nelle biotecnologie
- L’informazione è l’equivalente moderno del classico concetto di ‘specificità biologica’
- L’informazione in biologia è una particolare ed autonoma forma di causalità basata su
  - La produzione della specificità biologica (difference making)
  - La distinzione fra forma/struttura e controllo, fra azione e controllo
  - La distinzione fra causazione e determinazione (o specificazione)

# Conclusioni

- L'informazione in biologia è una particolare ed autonoma **forma di causalità** basata su
  - La produzione della specificità biologica ('difference making')
  - La distinzione fra forma/struttura e controllo, fra azione e controllo
  - La distinzione fra causazione e determinazione (o 'specificazione')