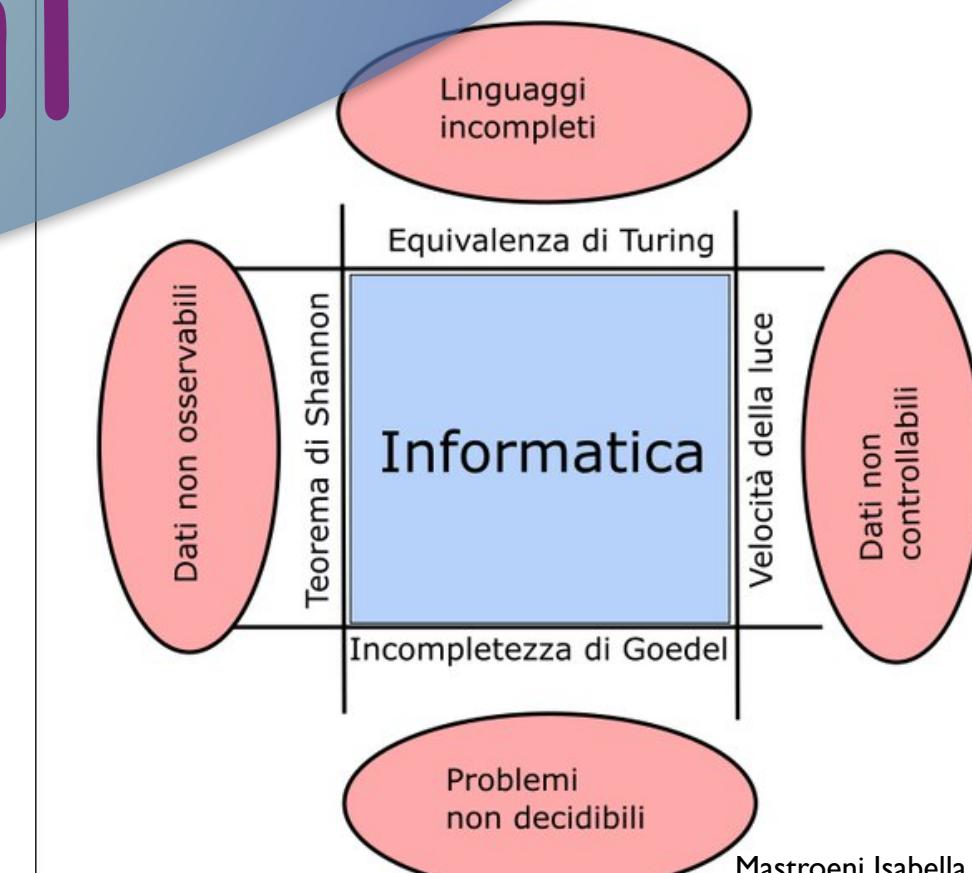
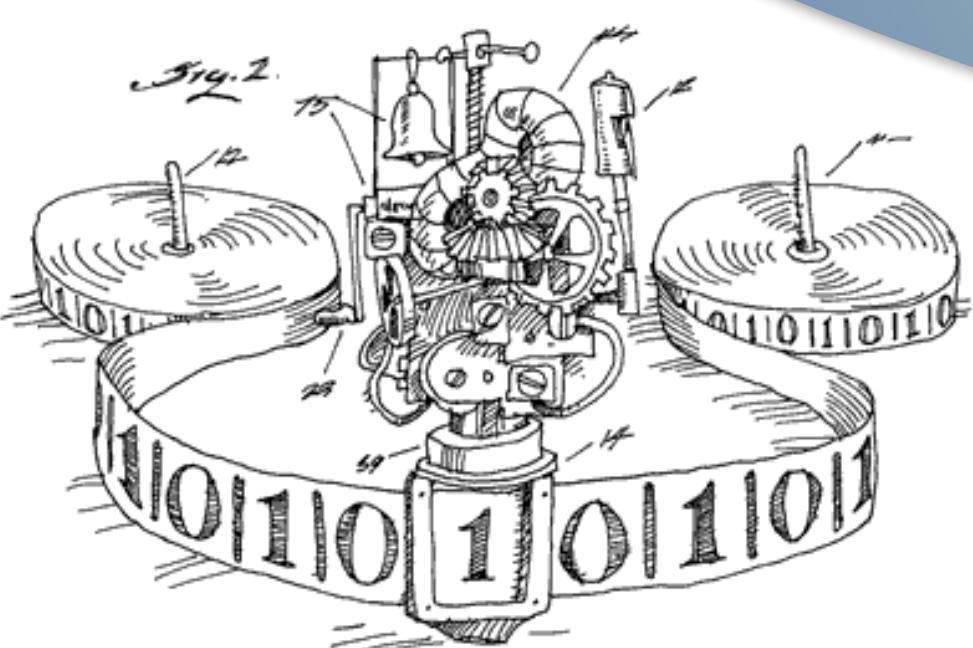




FONDAMENTI DELL'INFORMATICA

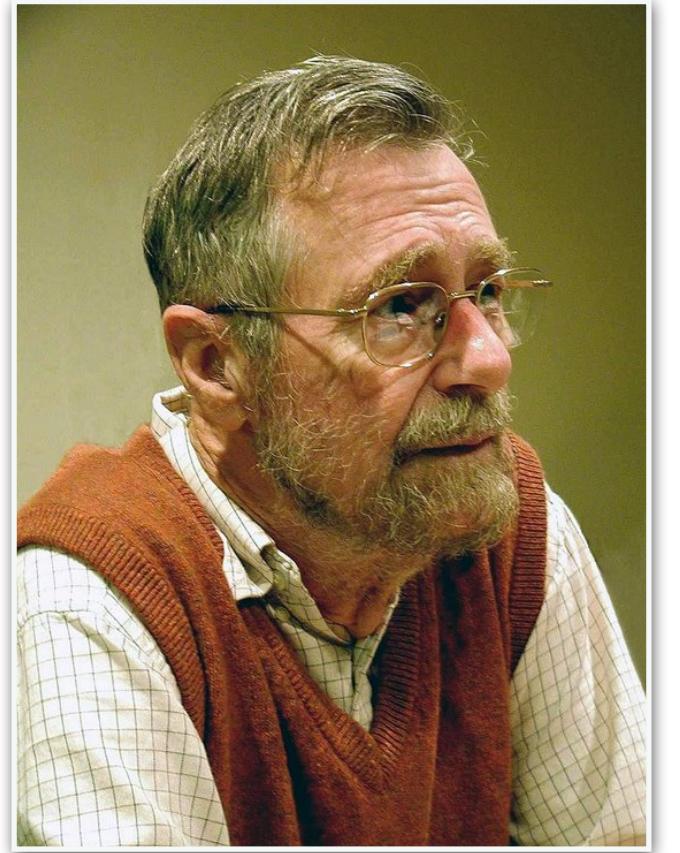
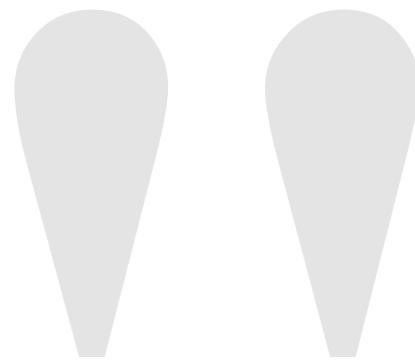
Prof.ssa Isabella Mastroeni
Dip. Informatica





INTRODUZIONE

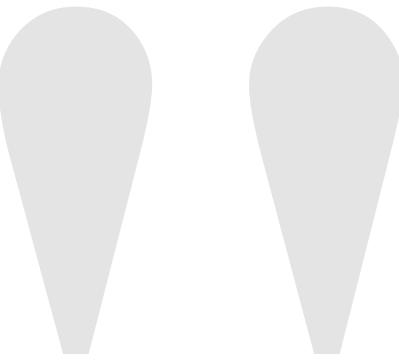
2025/2026



L'informatica non riguarda i computer più di quanto l'astronomia riguardi i telescopi.



– E. W. Dijkstra



Tutti dovrebbero imparare a programmare un computer perché è una attività che insegna a pensare.

– *Steve Jobs*

COSA È
L'INFORMATICA?

COMPUTER SCIENCE

INFORMAzione AutomaTICA

PROGETTAZIONE

COLLABORAZIONE

CONDIVISIONE

CREATIVITÀ

INFORMATICA

MATEMATICA

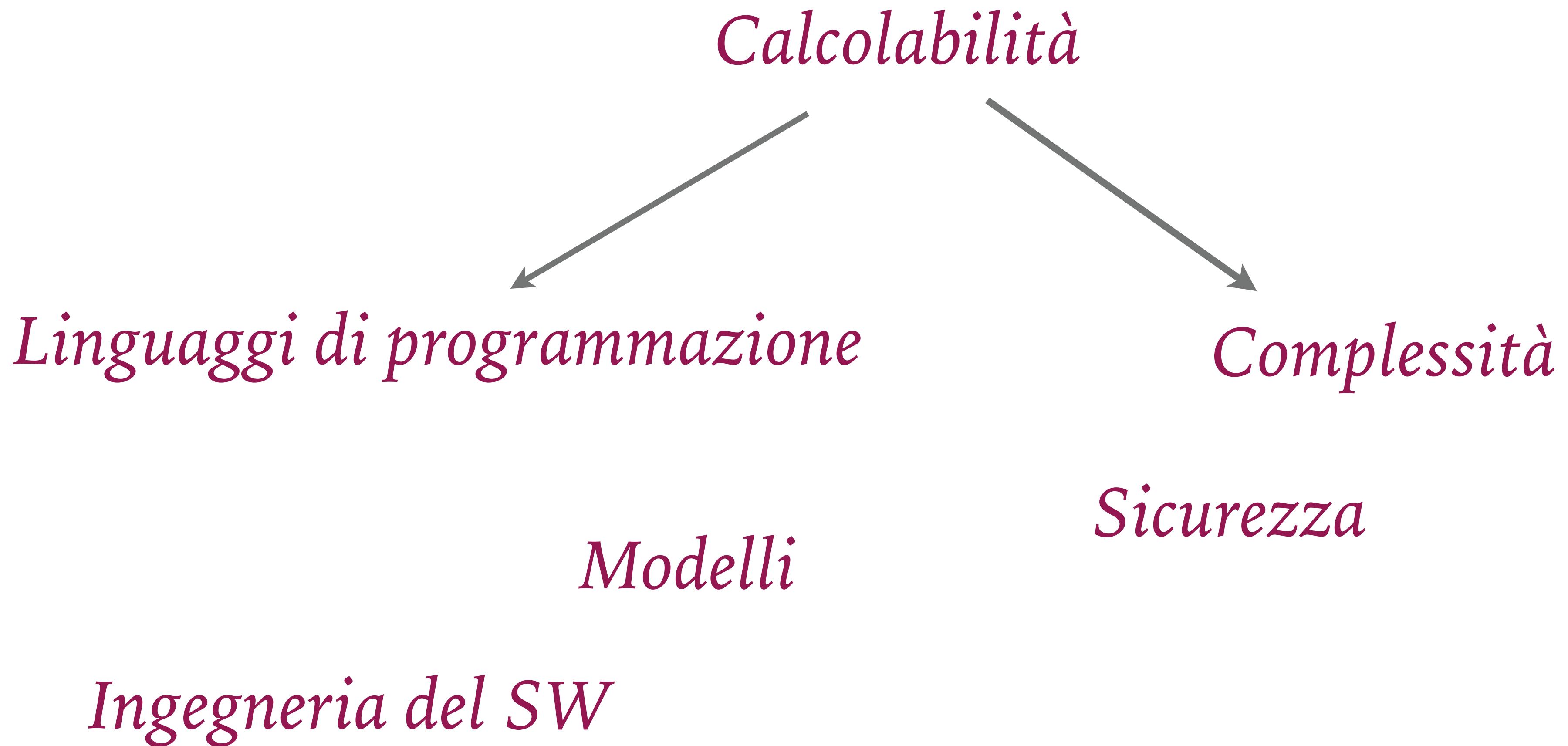
ACCETTAZIONE

SFIDA

PROBLEM SOLVING



PERCHÉ LA CALCOLABILITÀ



ORIGINI DELL'INFORMATICA

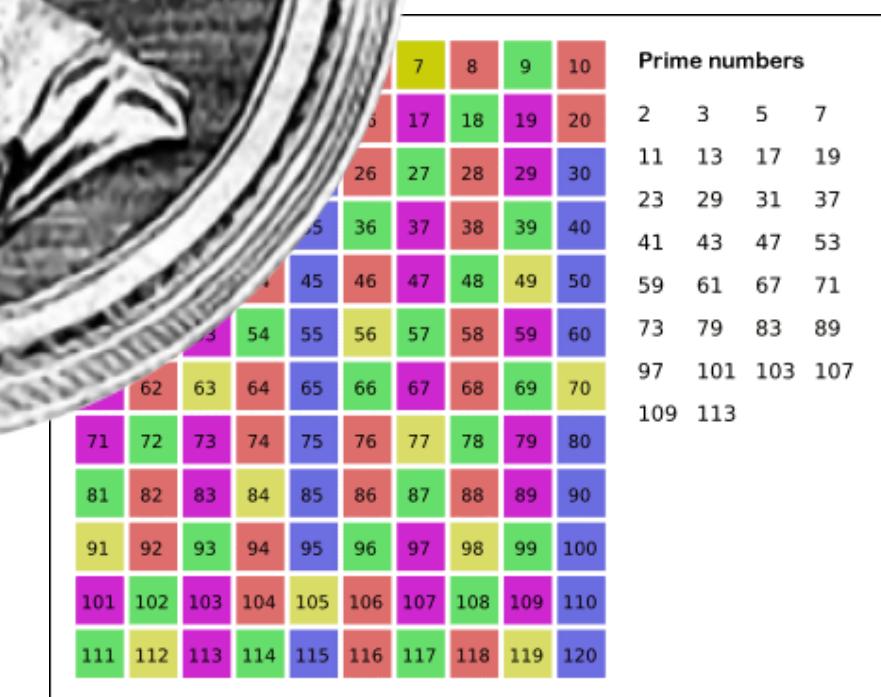
MATEMATICHE

Tecnologiche

CALCOLARE: MANIPOLAZIONE DI SIMBOLI

È una necessità umana da quando la natura si rappresenta attraverso misure!

$$\begin{array}{r} 11 \\ 789 + \\ 34 = \\ 823 \end{array}$$



...e il Crivello di Eratostene?

Ἐρατοσθένης
Cirene, c. 275 a.C. – Alessandria d'Egitto, c. 195 a.C.

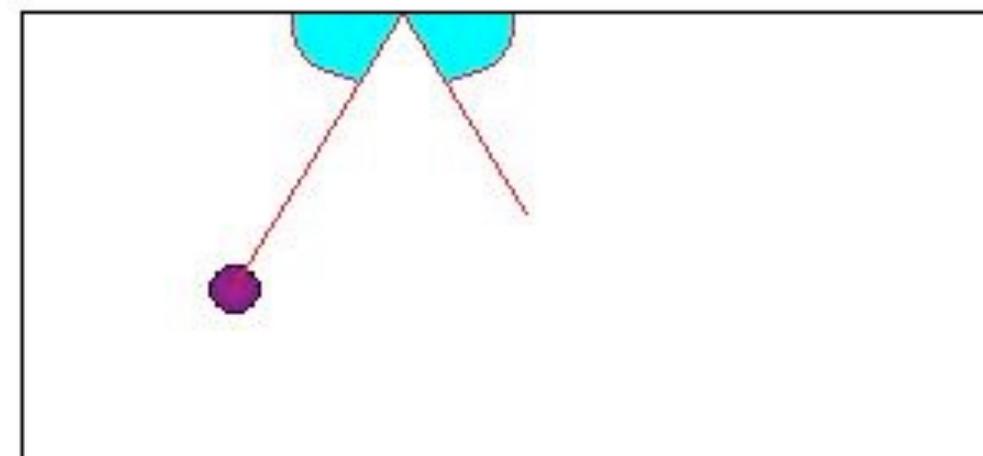
STRUMENTI DI CALCOLO

- Meccanismo di Antikythera (per osservare il cielo) - 100/150 ac
- Regolo calcolatore - attorno 1500-1600
- Pascalina - 1700

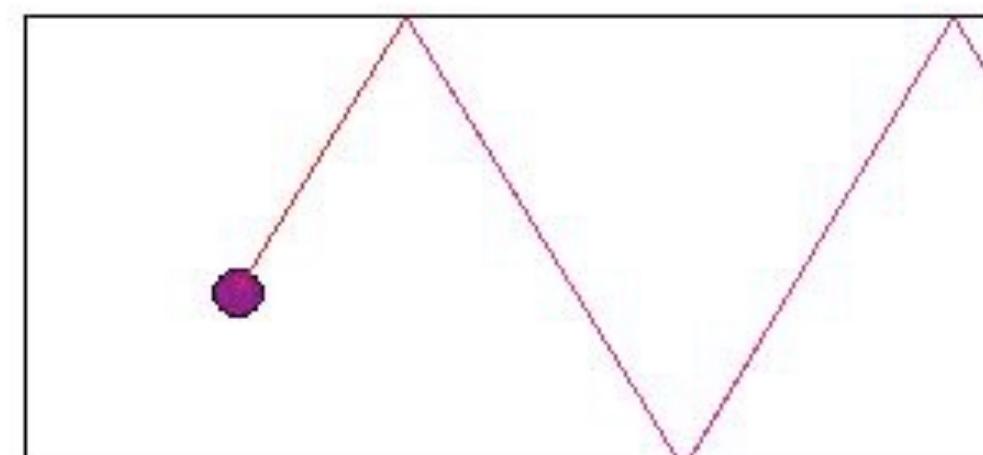
MECCANIZZARE IL CALCOLO

PROGETTAZIONE

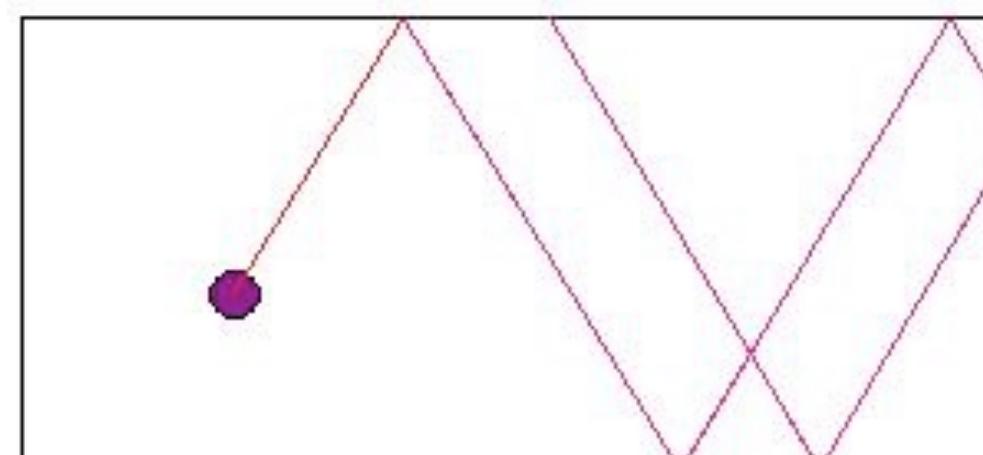
‘700



dopo una collisione

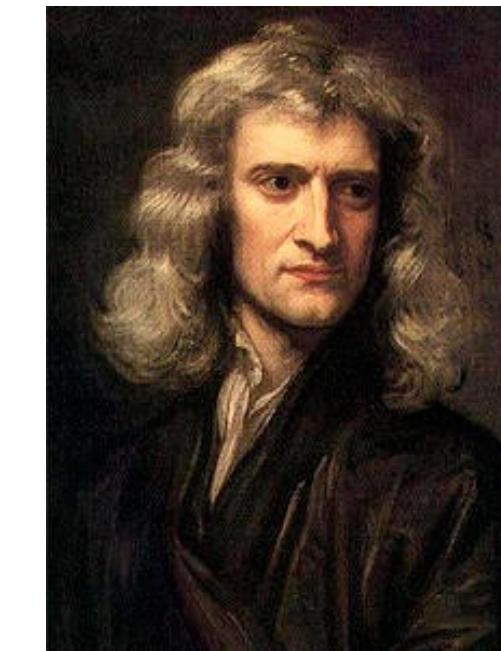


alla quarta collisione



alla sesta collisione

Determinismo



$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$$

È possibile predirre la posizione
di un oggetto attraverso la
soluzione di un sistema che
dipende (solo) dalle condizioni
iniziali?



Laplace 1749 – 1827

MECCANIZZARE IL CALCOLO

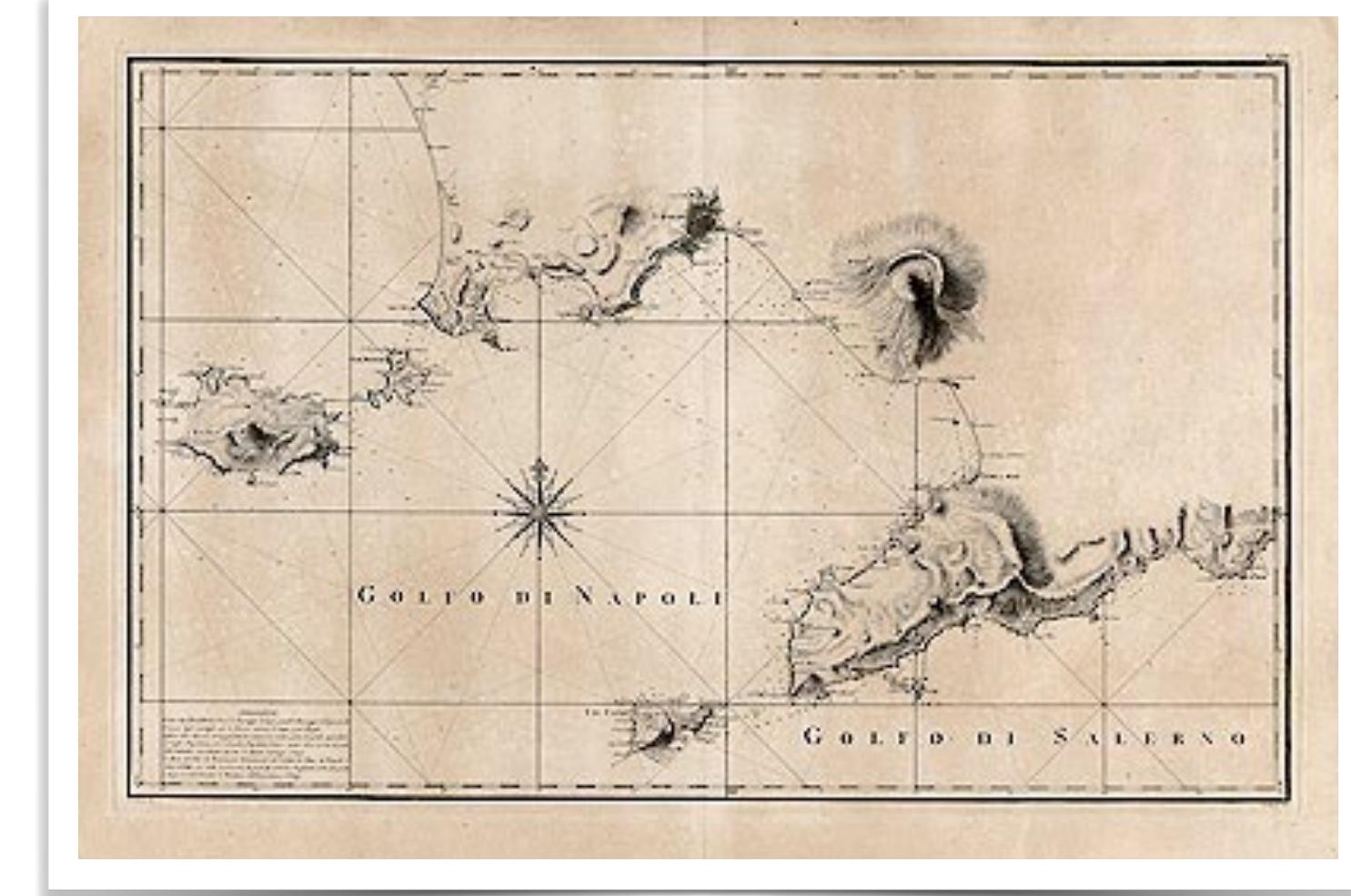
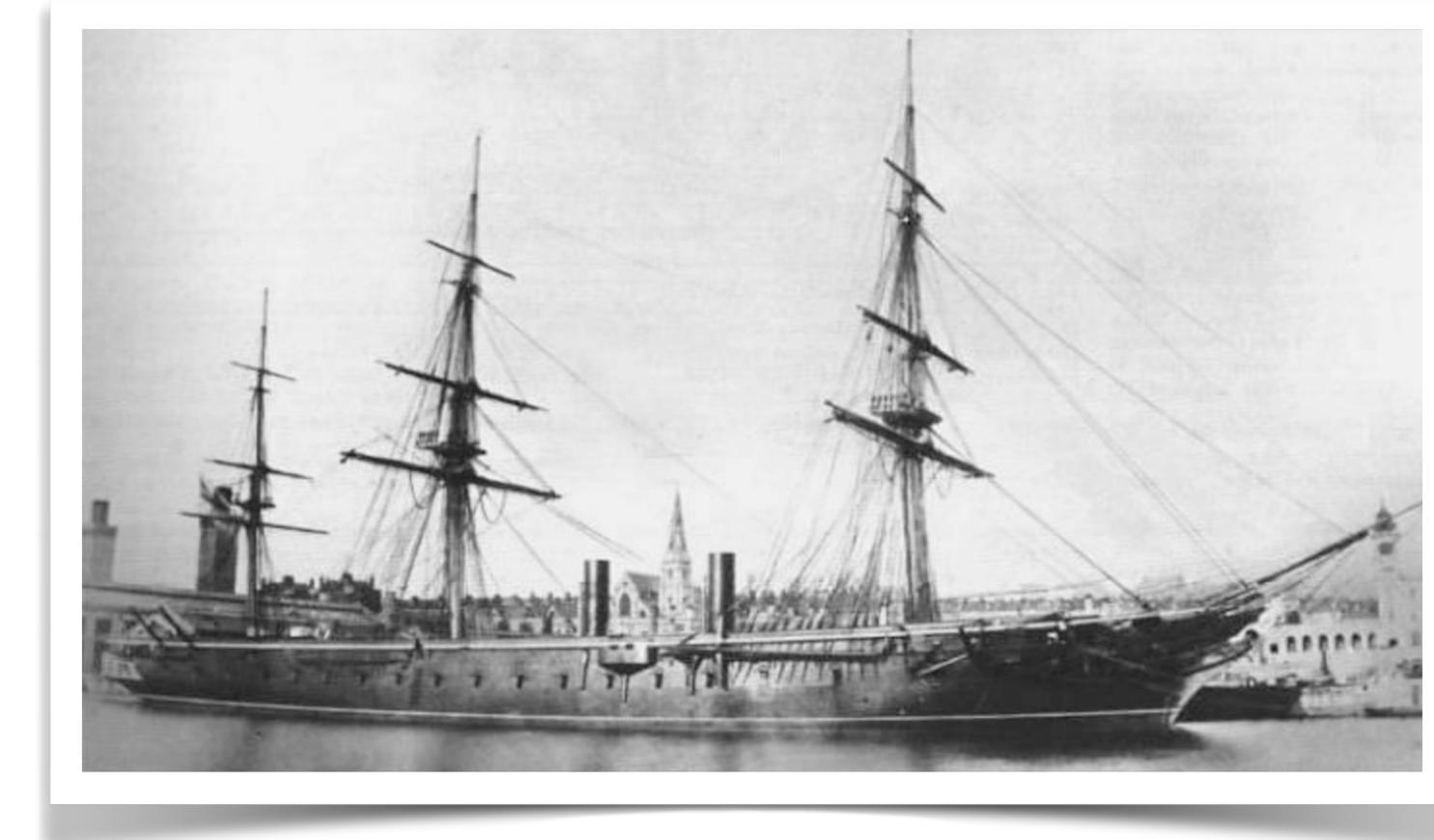
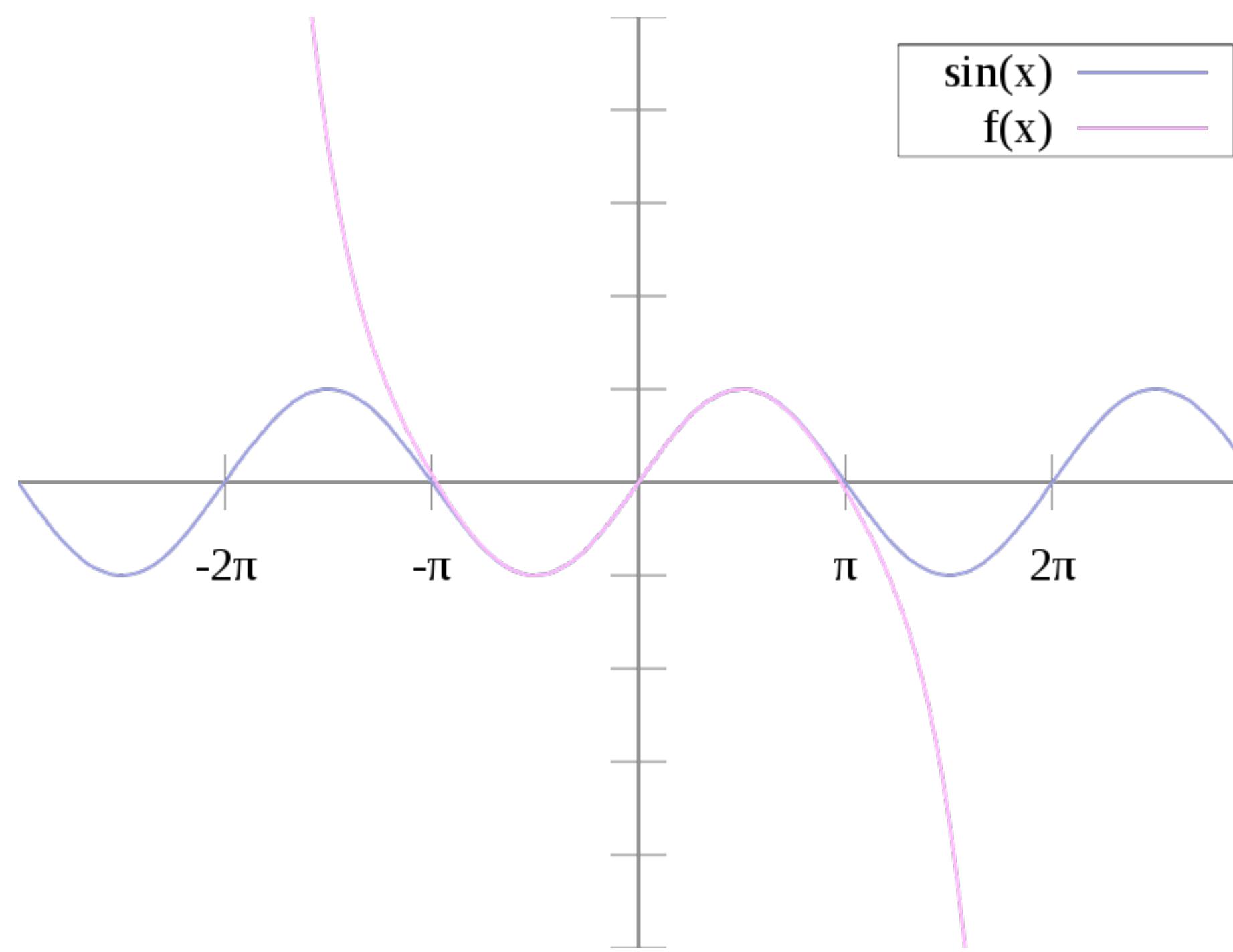
Con quale fine?

Approssimare logaritmi e
funzioni trigonometriche
mediante polinomi

‘800

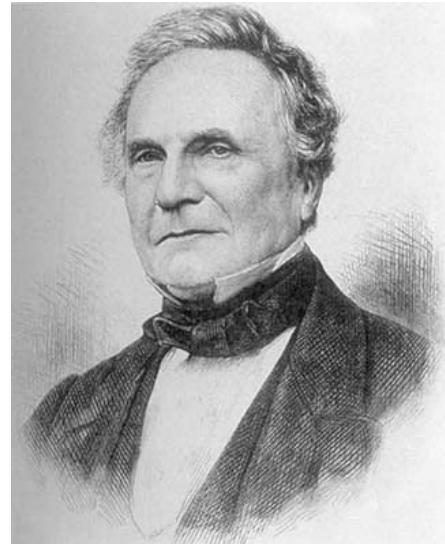
PROGETTAZIONE

...per la flotta di Sua Maestà!



MECCANIZZARE IL CALCOLO

PROGETTAZIONE

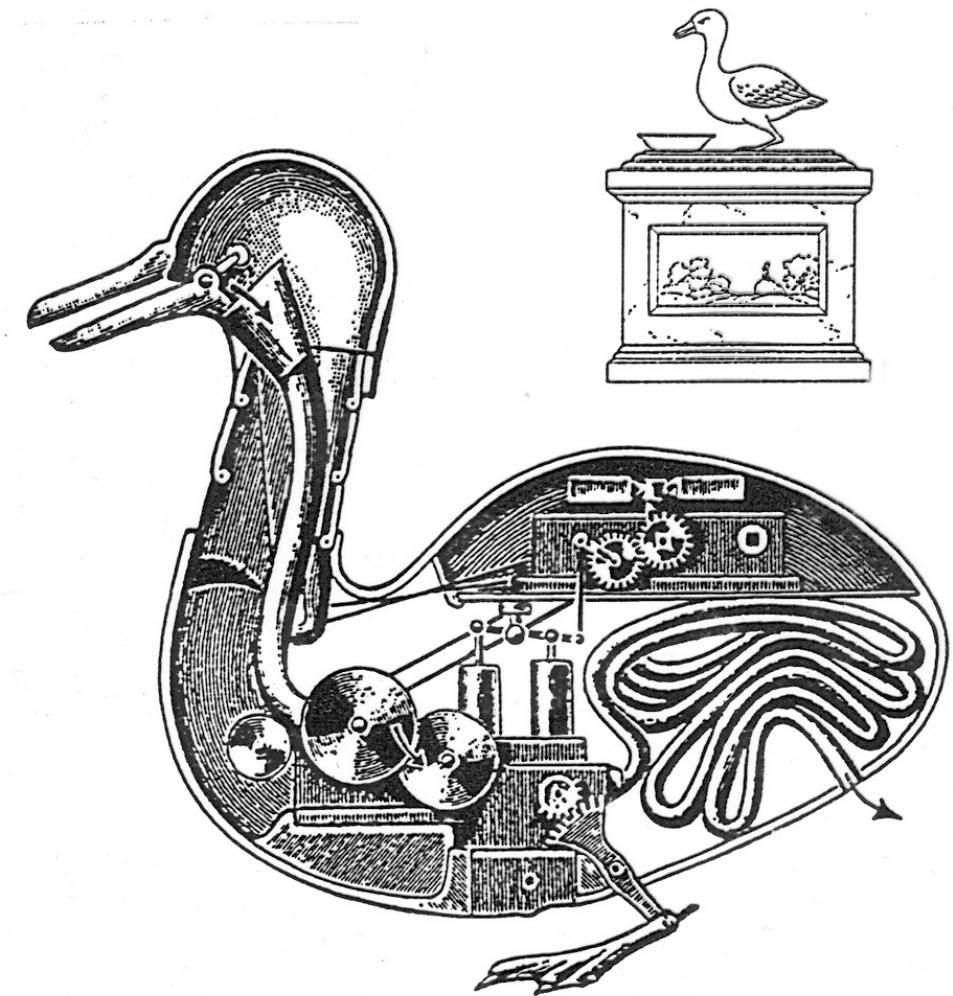
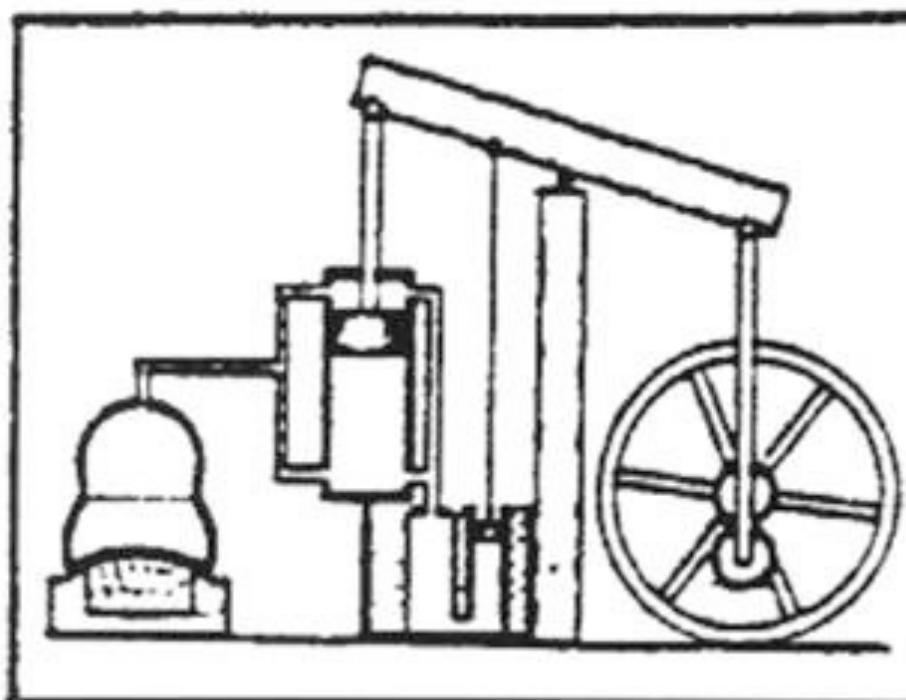


Charles Babbage,
1791 – 1871

‘800

Con quale tecnologia?

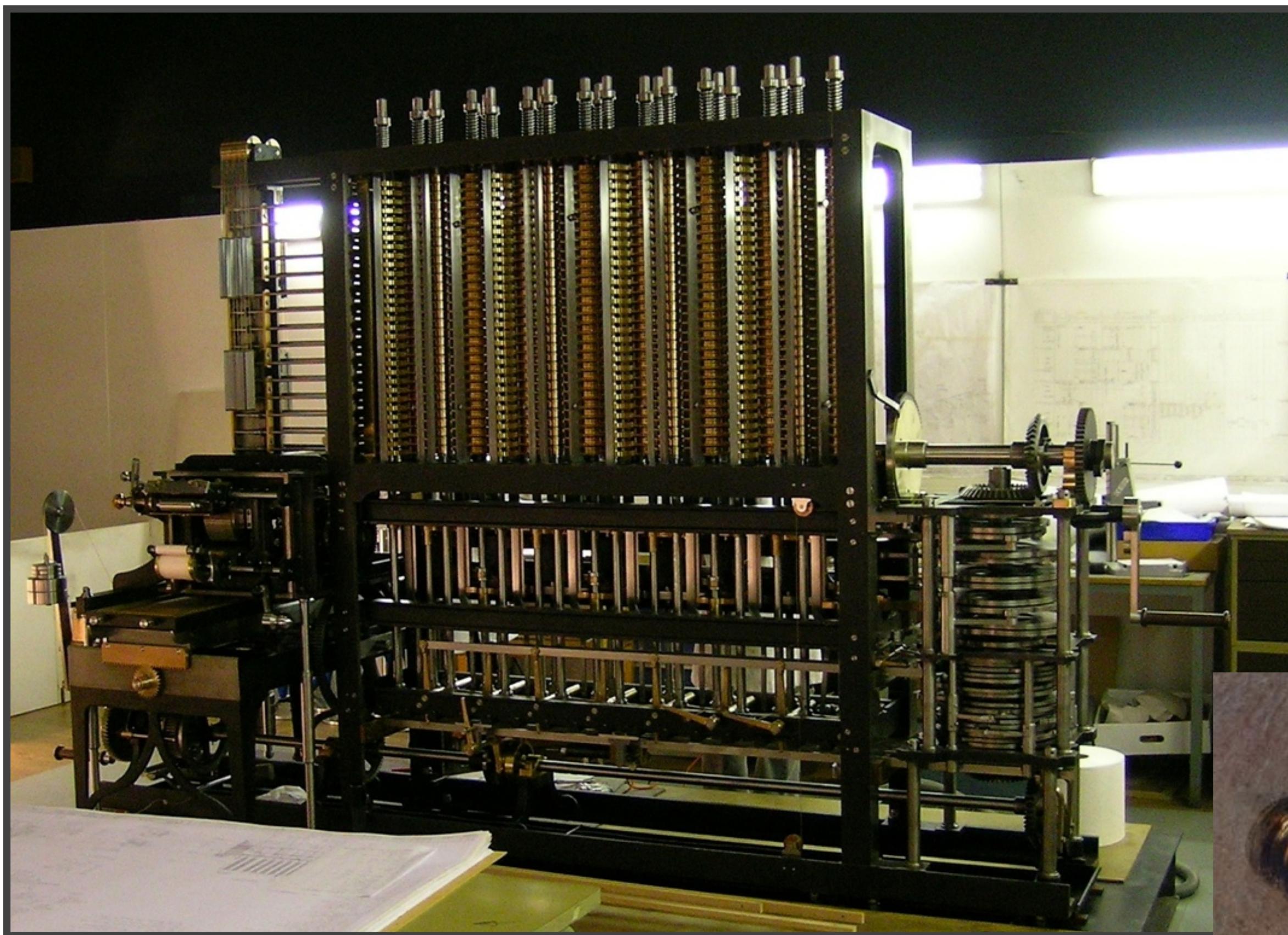
- Macchine a vapore
- Orologi
- Meccanica
- Automi



Telaio di Jacquard

MECCANIZZARE IL CALCOLO

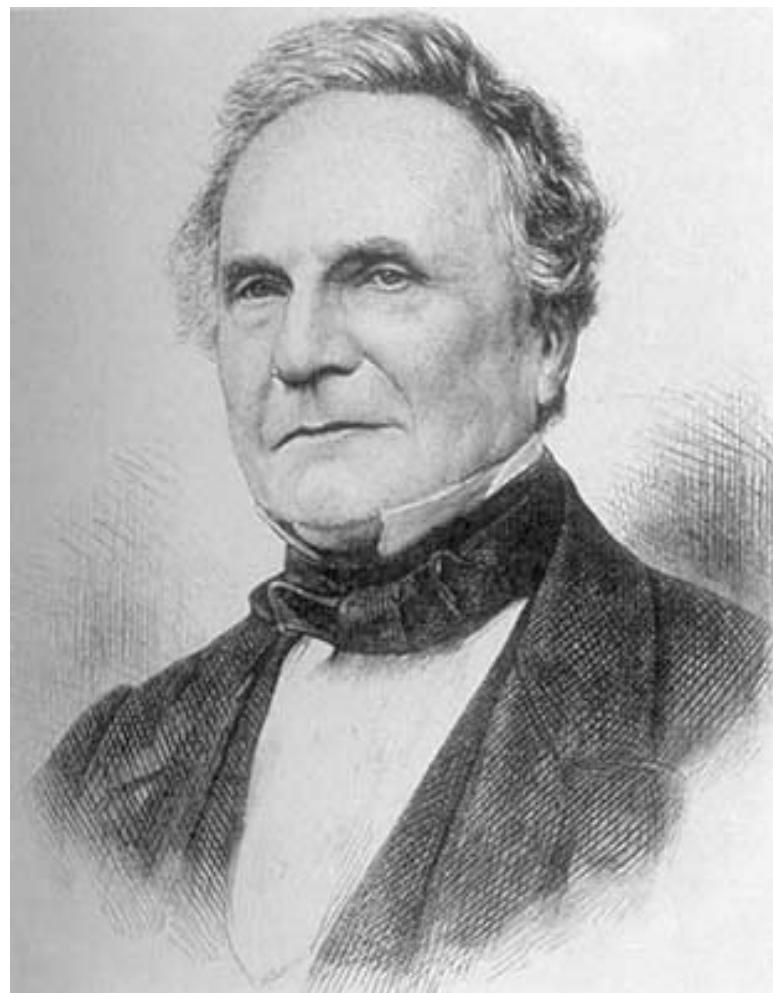
‘800



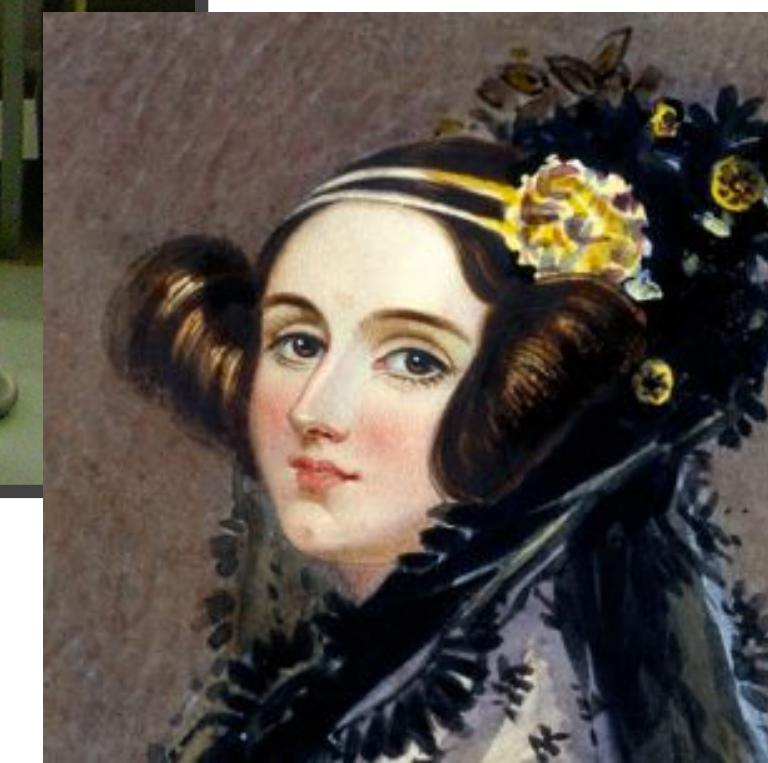
Macchina Analitica, ~30mt x ~10mt
(1823-1842, ~17.000 sterline)

PROGETTAZIONE

CREATIVITÀ



Charles Babbage, 1791 – 1871



Ada Lovelace, 1815-1852

CONDIVISIONE

PRIMO INTERPRETE: ADA LOVELACE



- la Macchina Analitica (MA) può essere usata per sviluppare qualsiasi funzione, di generalità e complessità arbitrarie ripetendo operazioni sugli stessi elementi (Turing completa).
- Alla MA si possono fornire sia un **programma**, cioè una sequenza ordinata di istruzioni operative, sia i **dati**, cioè le grandezze in *input* su cui eseguire le istruzioni per ottenere gli *output*.

ORIGINI DELL'INFORMATICA

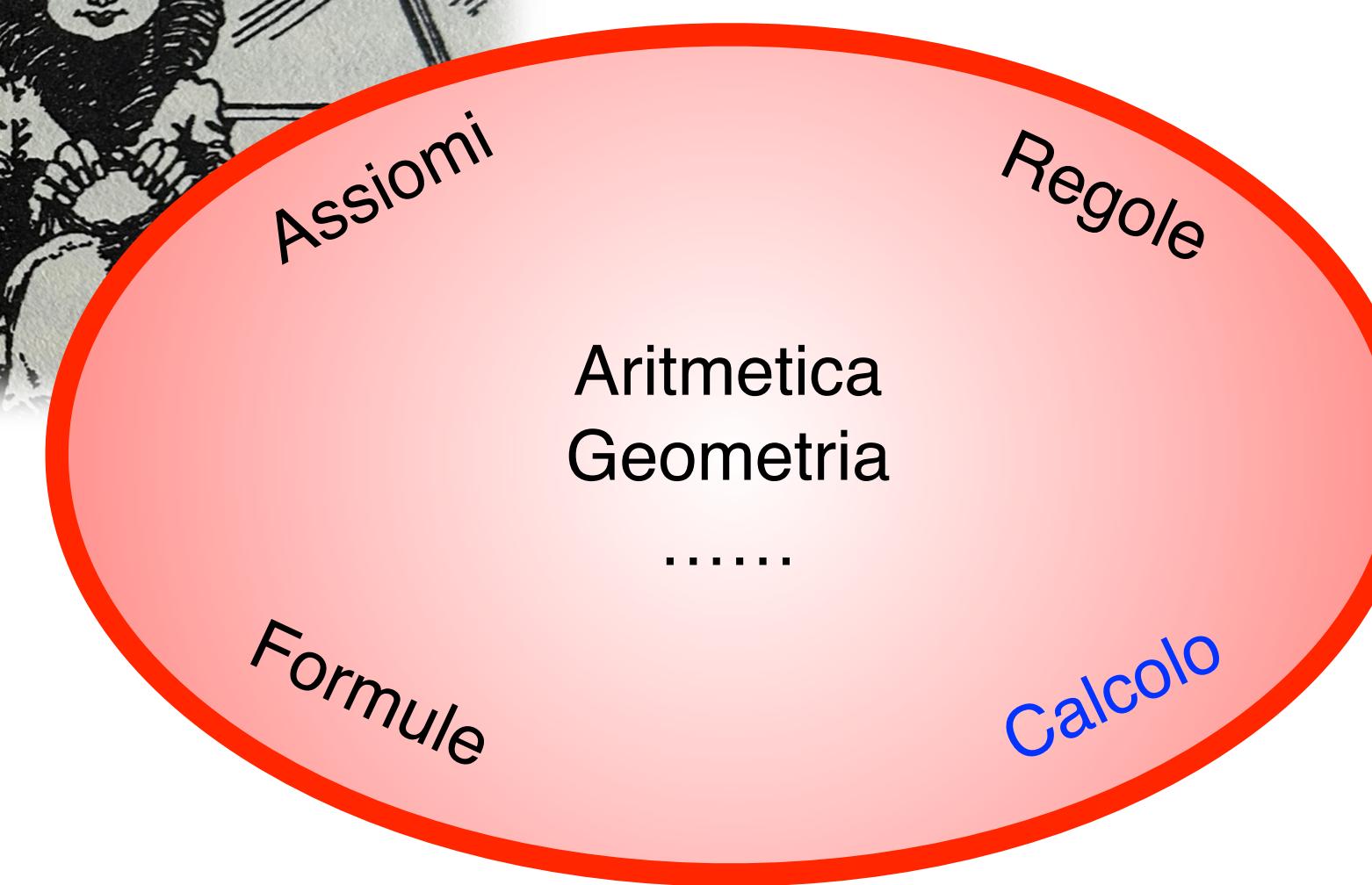
MATEMATICHE

Tecnologiche

CALCOLABILITÀ DELLA MATEMATICA

La matematica è *formalizzabile* come insieme finito (non contraddittorio) di assiomi?

Programma Hilbertiano 1900!

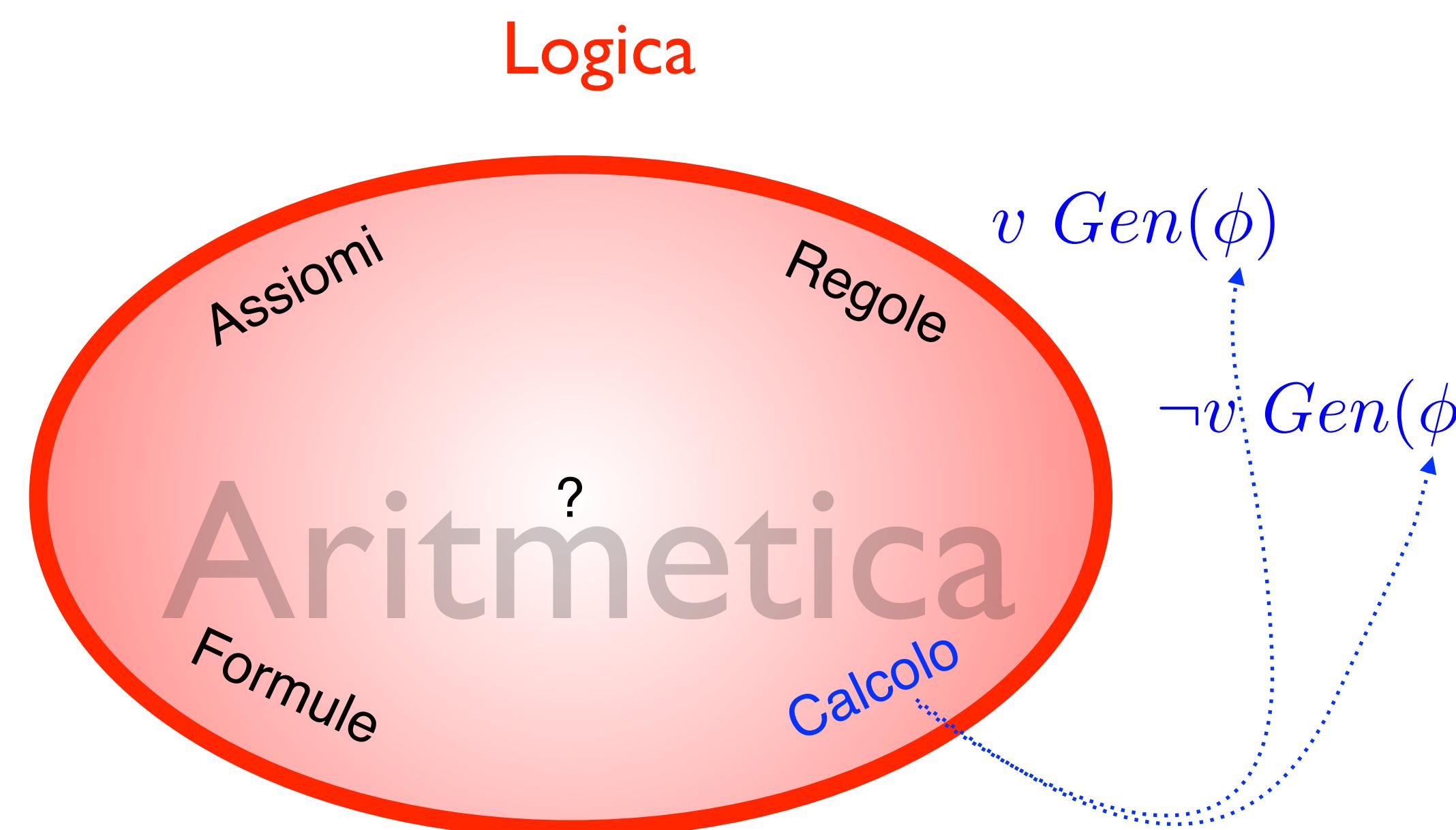


...sinfonia dell'infinito

CALCOLABILITÀ DELLA MATEMATICA

La matematica è *calcolabile* come manipolazione (automatica) di simboli privati dal loro significato?

Incompletezza 1931



Kurt Gödel 1862 – 1943

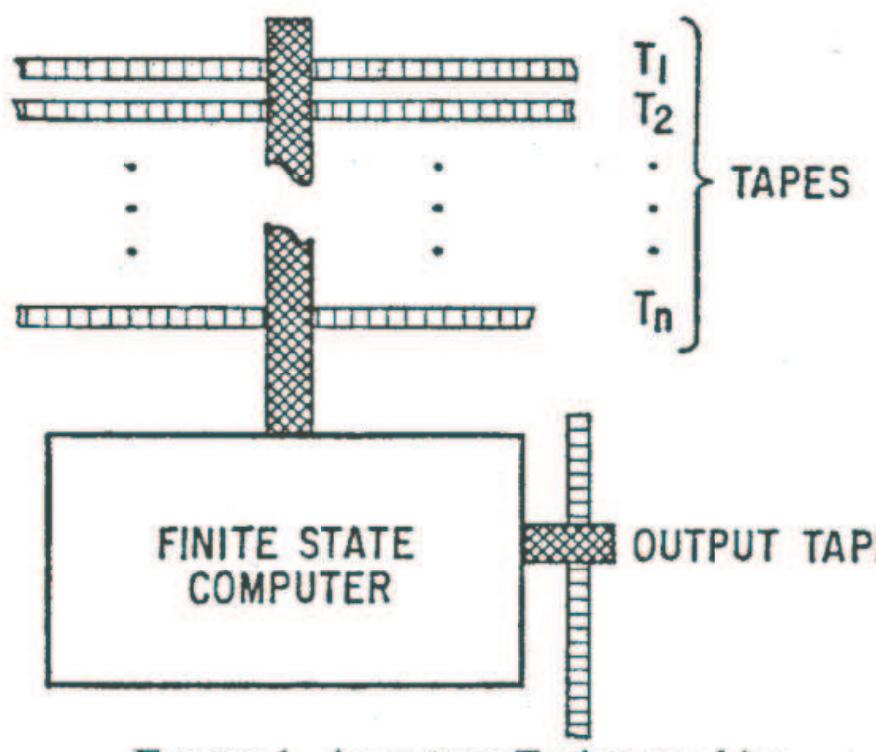
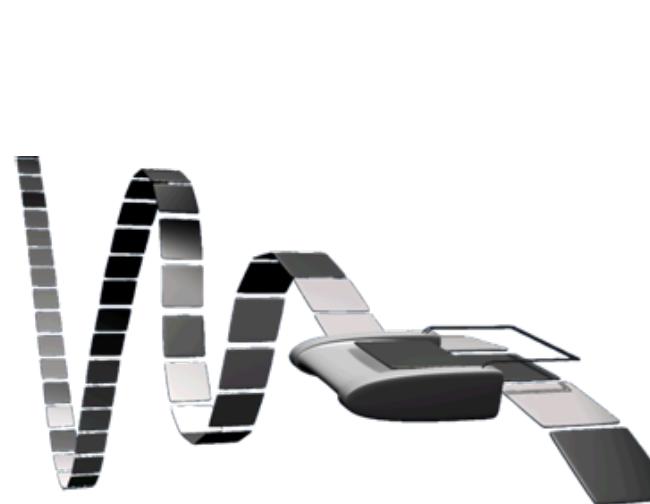
QUI NASCE L'INFORMATICA?

- Il riconoscimento di limiti è da sempre lo stimolo per nuove idee: Informatica
- Nasce da un problema matematico...
 - È possibile calcolare mediante una macchina qualunque cosa?
 - È possibile costruire un modello che rappresenta il modo con cui l'uomo calcola?

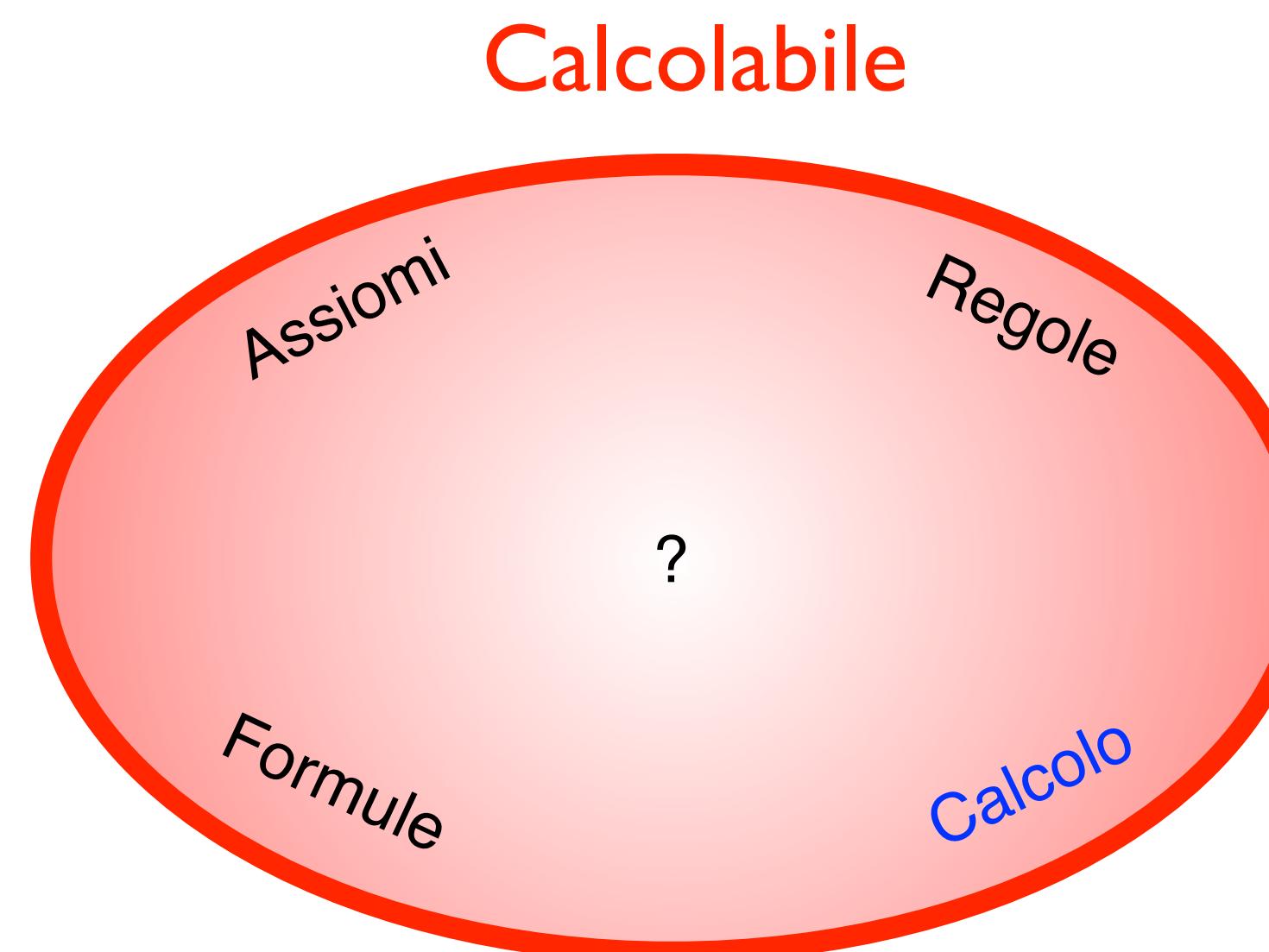
Nel tentativo di rispondere a queste (ed altre) domande si è costruito un modello che permette di comprendere profondamente il ragionamento computazionale, permettendo di applicarlo ad ogni disciplina..

COSA SIGNIFICA CALCOLARE

CREATIVITÀ



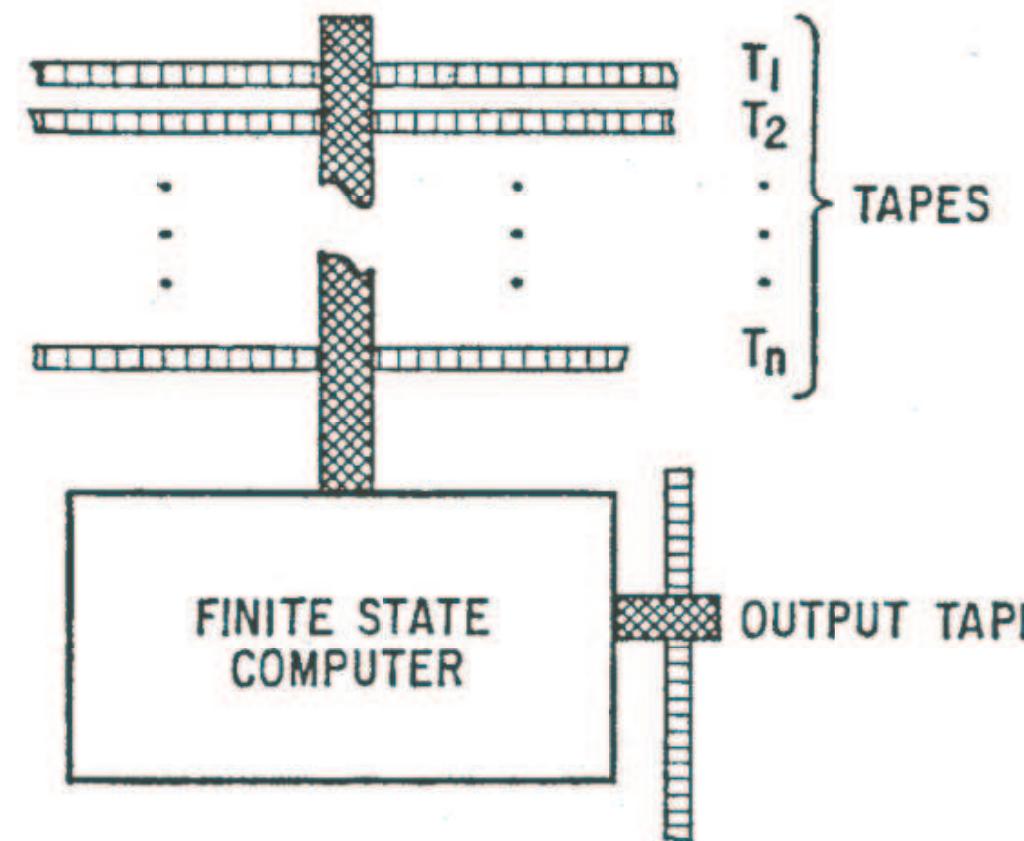
Macchina di Turing 1936



Idea:

- Calcolare come sequenza (anche ∞) di sostituzioni di simboli
- Programma finito
- Ogni passo dipende da informazione finita
- Separazione Controllo e Memoria

UNIVERSALITÀ: INTERPRETARE PROGRAMMI



Una **sola** Macchina
(programmabile) per tutti i
problemi

Input

Programma

Programma = Dato

La macchina è universale (interprete):

$\text{Int}(P, x) = \begin{cases} P(x) & \text{se } P(x) \text{ termina} \\ \uparrow & \text{altrimenti} \end{cases}$

Calcolabile
=
*può dare almeno alcune risposte
in tempo finito ma...*

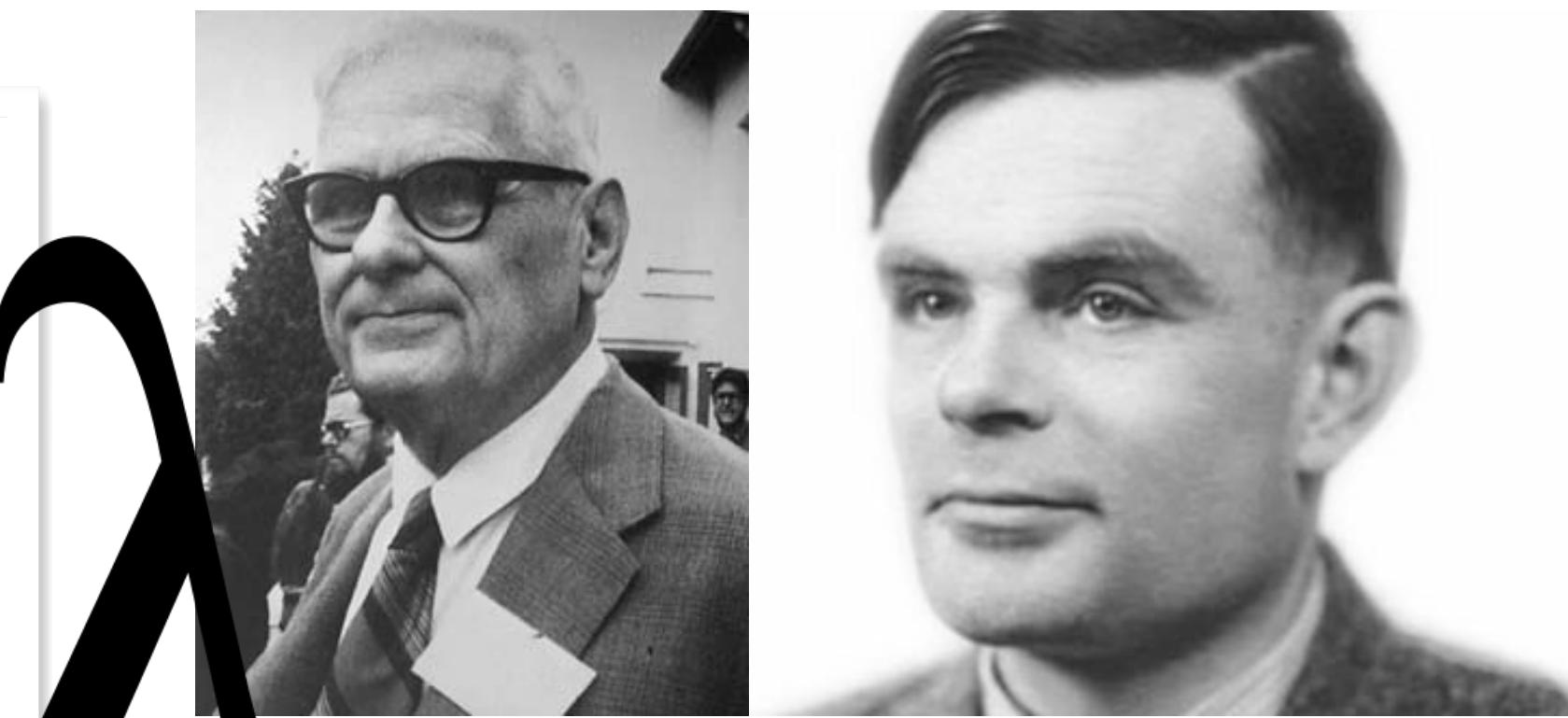
$\text{termina}(P(x)) = \text{vera}$ se $P(x) \downarrow$
è un programma?



$P = \text{while } \text{termina}(P(x))$
{null}

TESI DI CHURCH-TURING

Se un problema è intuitivamente calcolabile, allora esisterà una macchina di Turing (o un dispositivo equivalente, come il computer) in grado di risolverlo (cioè di calcolarlo)



1936

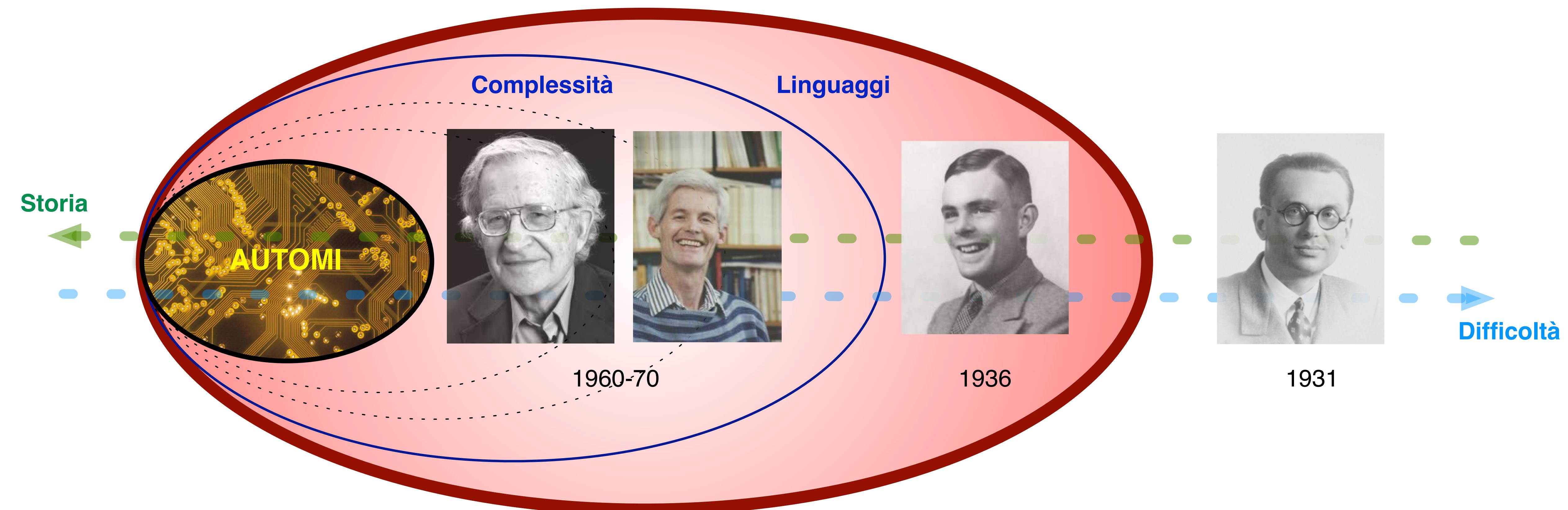
- Modelli equivalenti
 - Macchina di Turing
 - Lambda-calcolo
 - Funzioni ricorsive
 - Linguaggi di programmazione (Turing completi)
 - ...

SCIENZA DEL CALCOLARE

ACCETTAZIONE

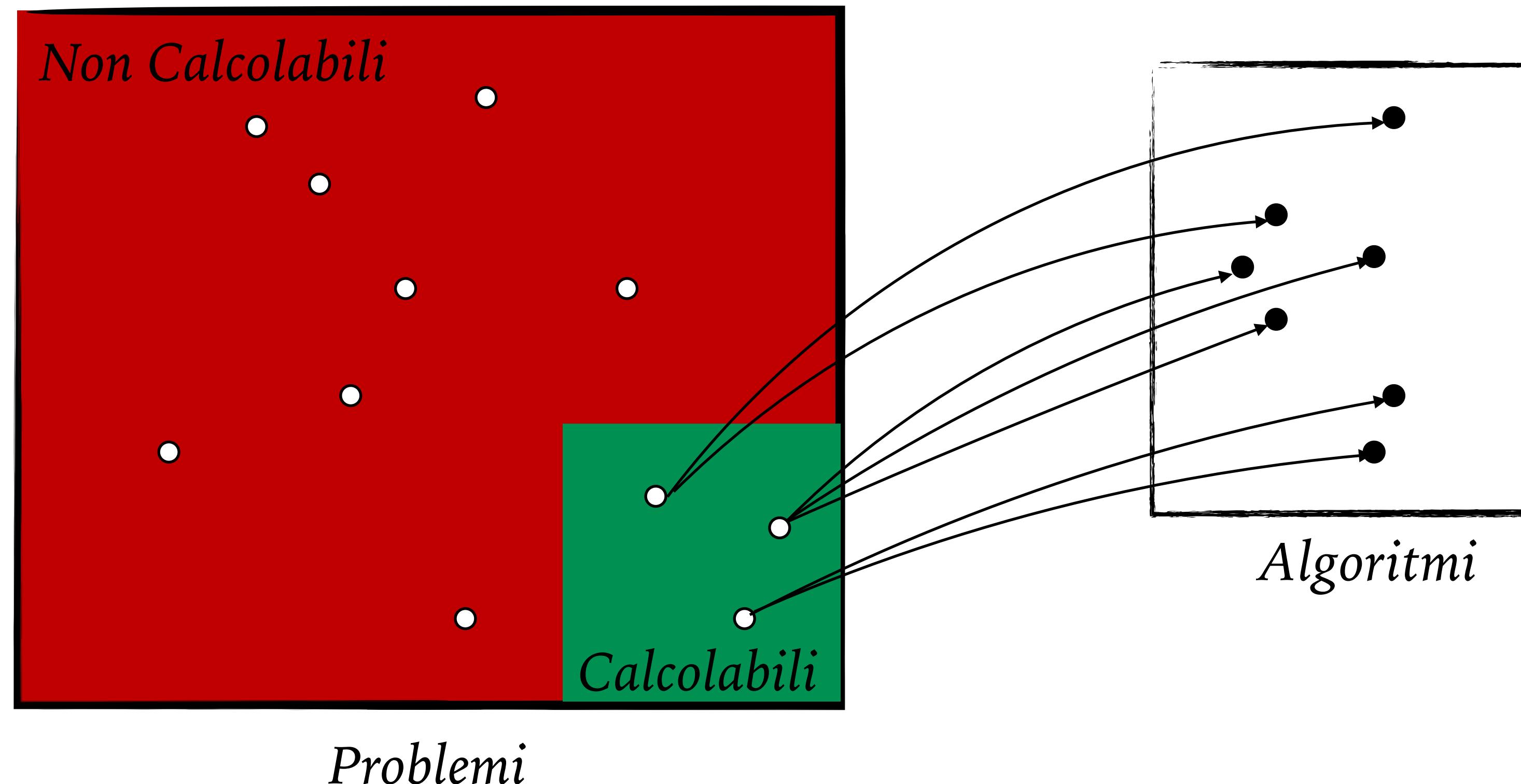
CREATIVITÀ

Calcolabile



SCIENZA DEL CALCOLARE

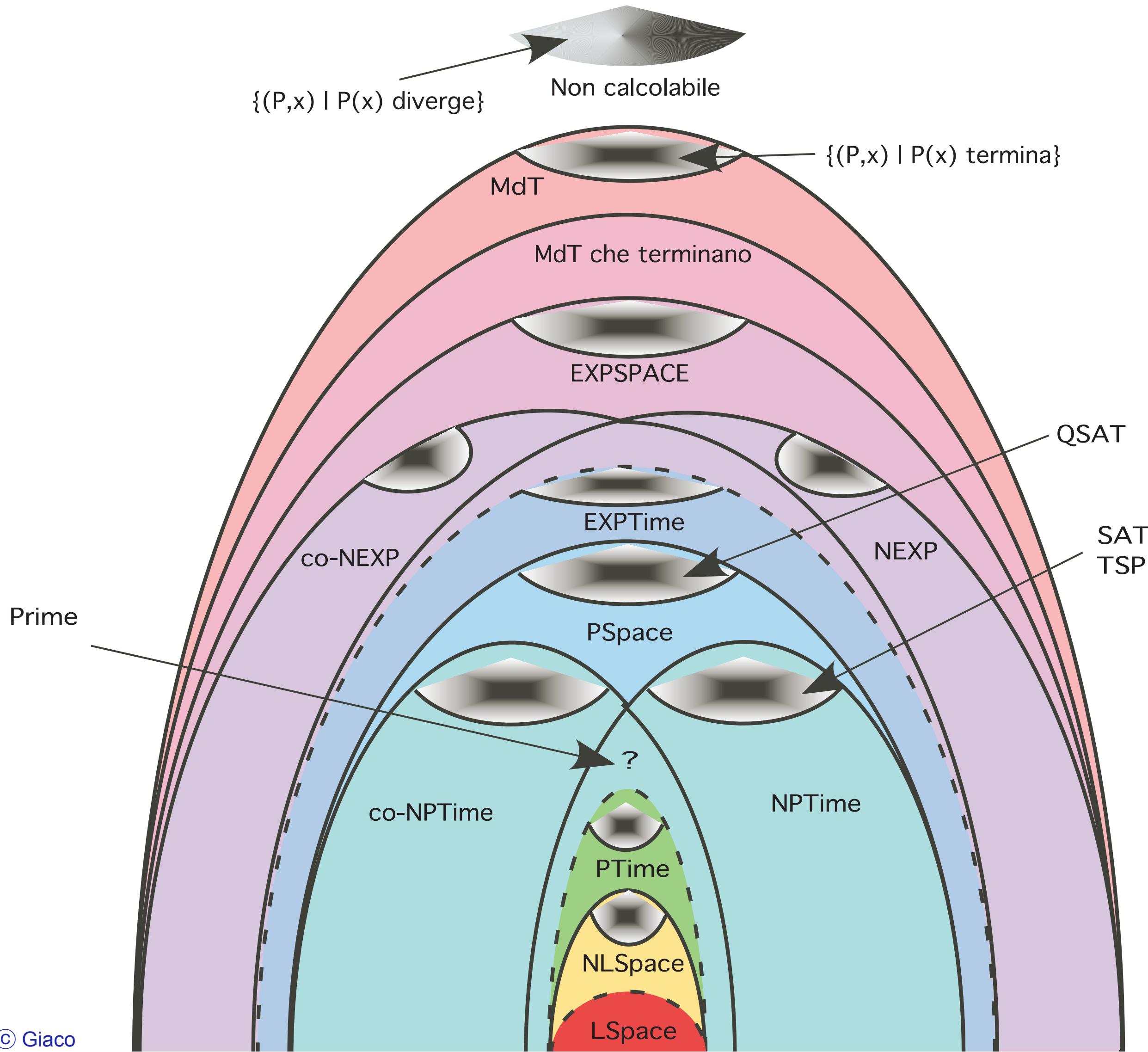
- Problemi = Funzioni
- Problemi calcolabili = Algoritmi



SCIENZA DEL CALCOLARE

ACCETTAZIONE

CREATIVITÀ

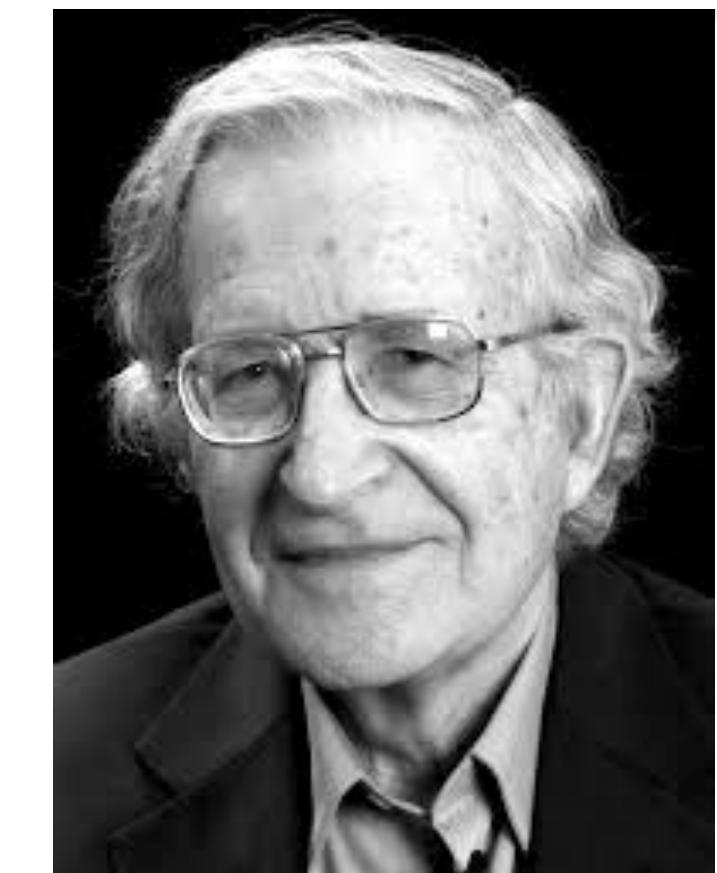
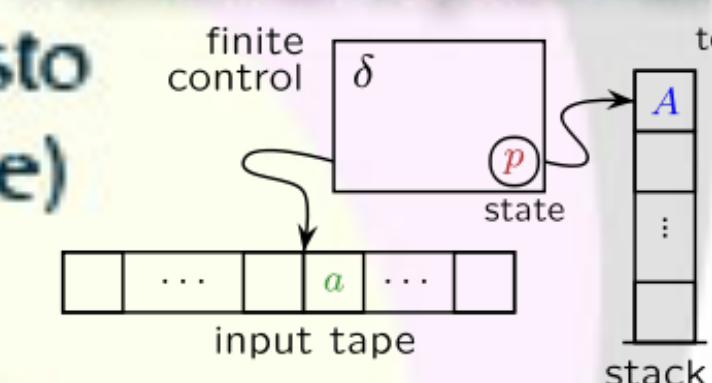
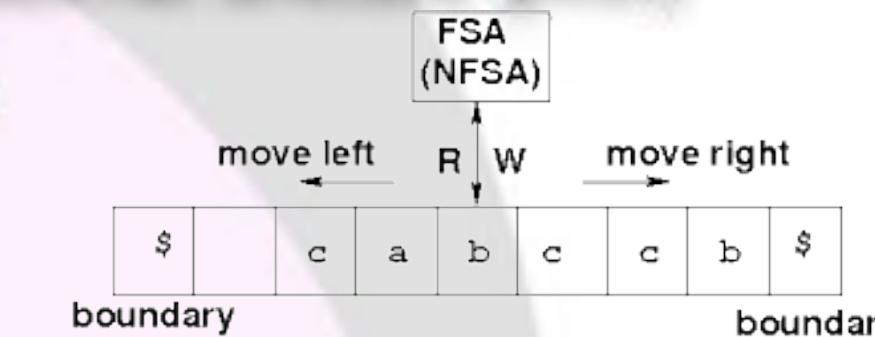
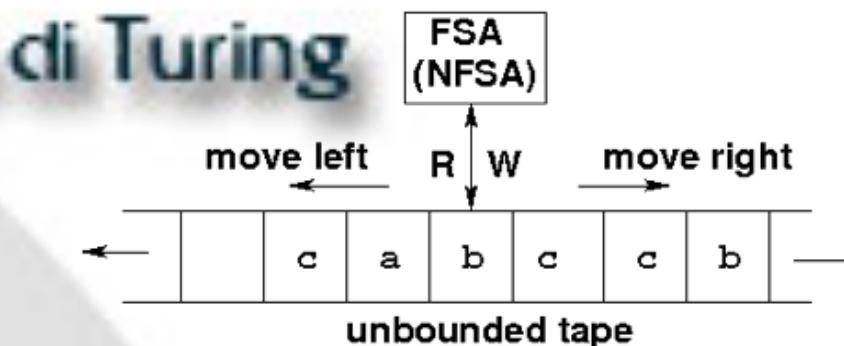
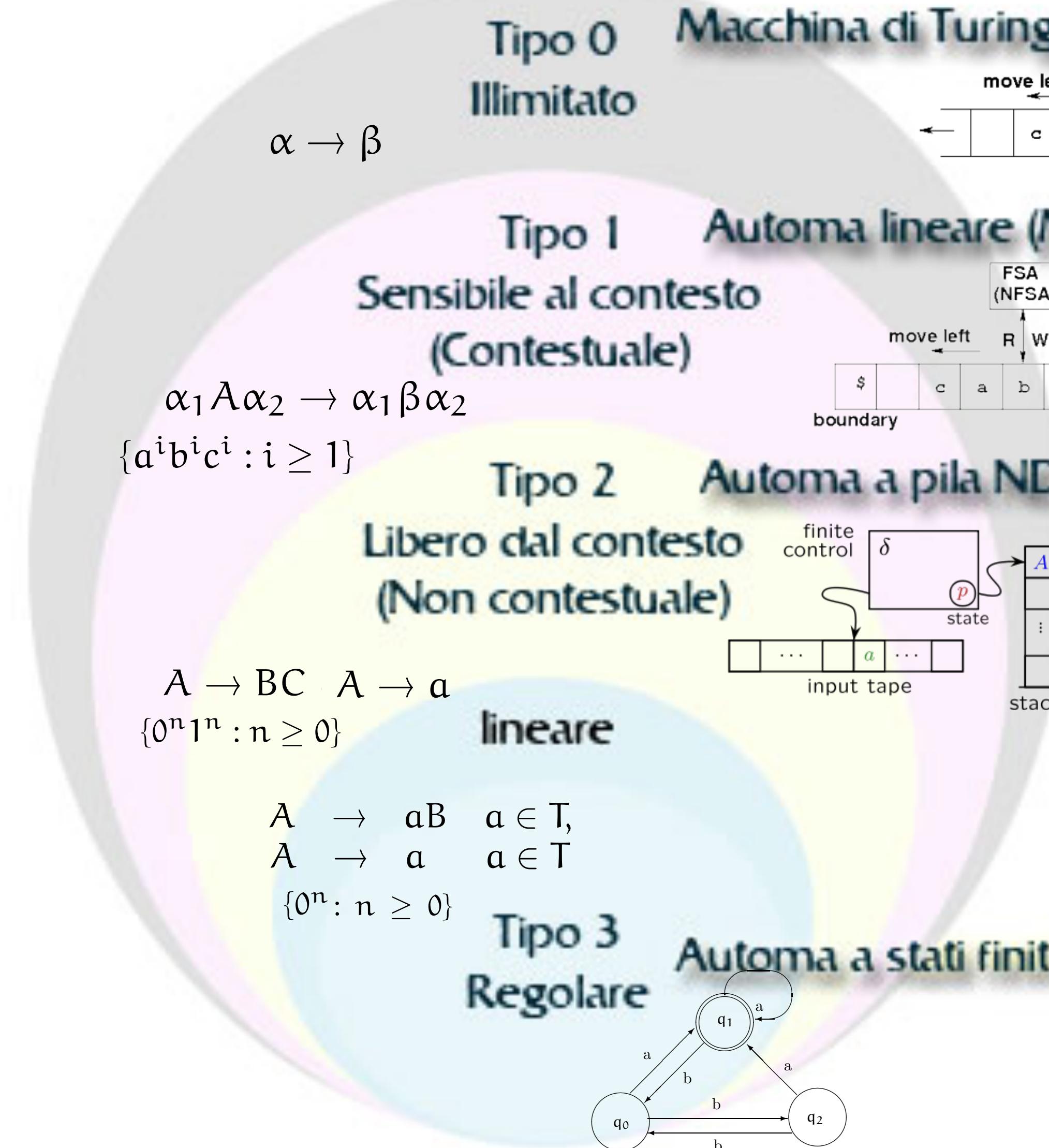


Stephen Cook 1939 –

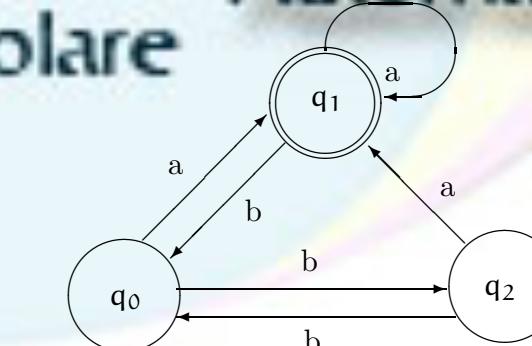
MODELLI DEFINIBILI DI CALCOLO

ACCETTAZIONE

CREATIVITÀ



Noam Chomsky 1928 -

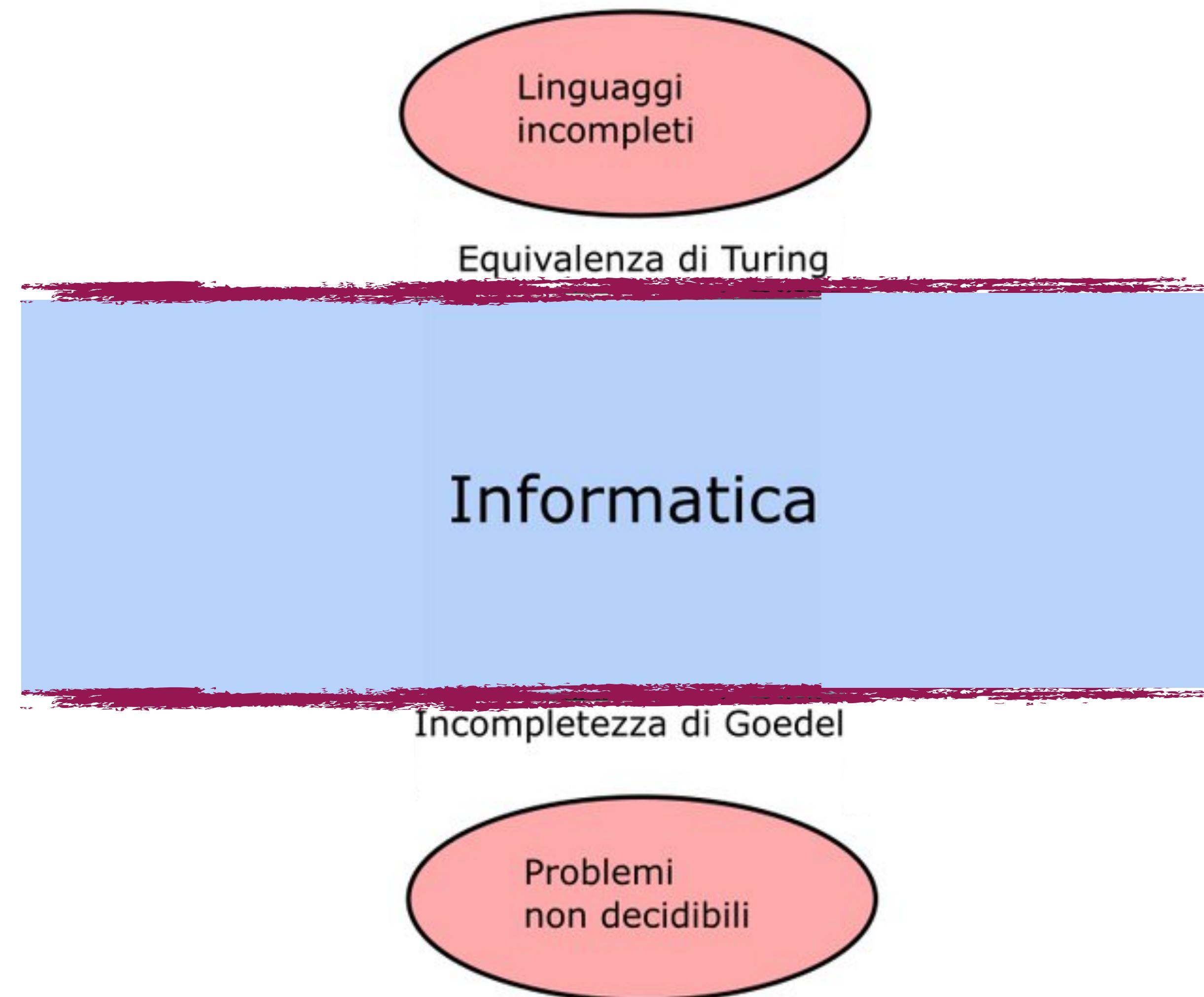


L'INFORMATICA
HA QUINDI DEI
LIMITI?

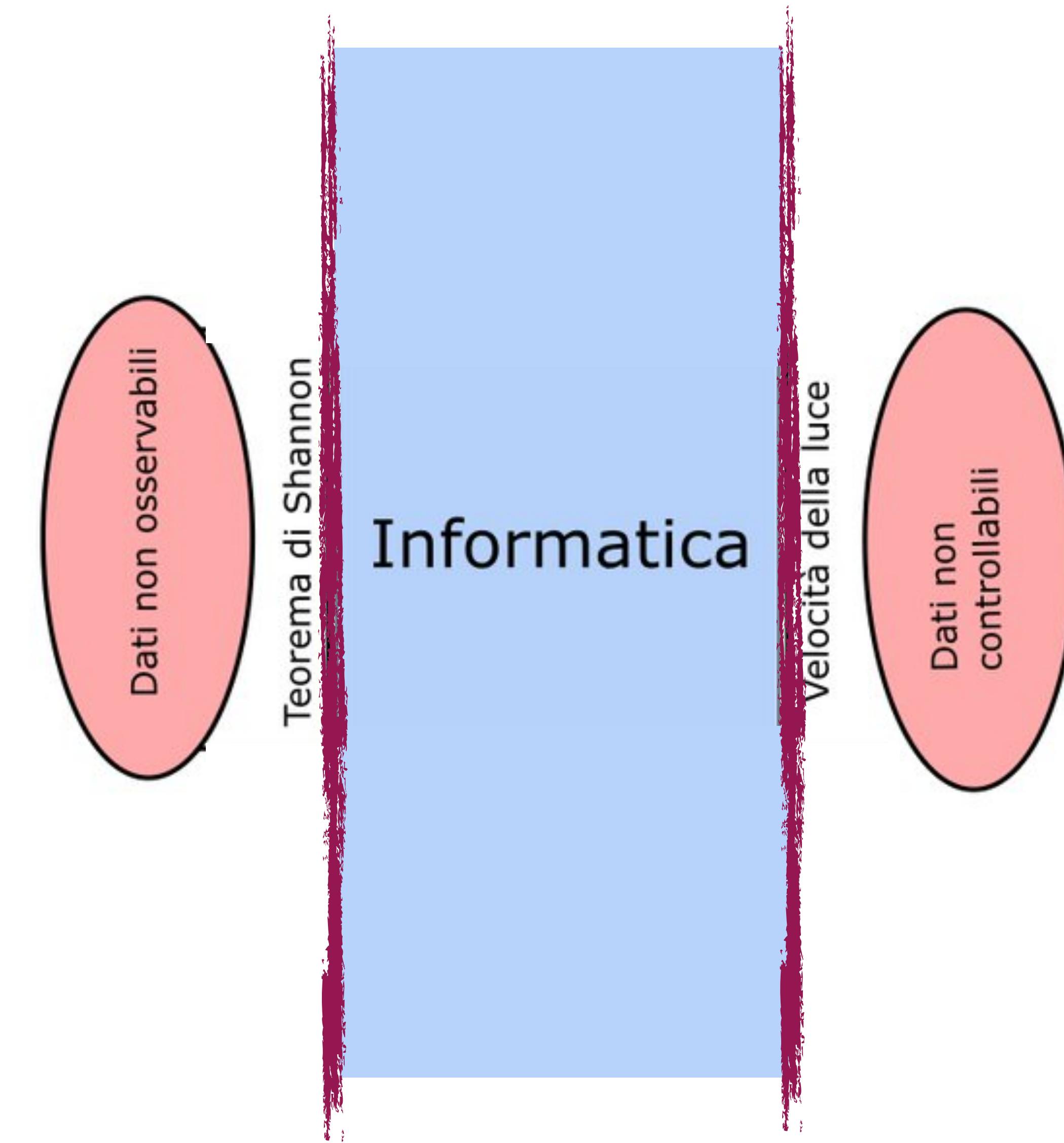
Si! Vediamo quali..



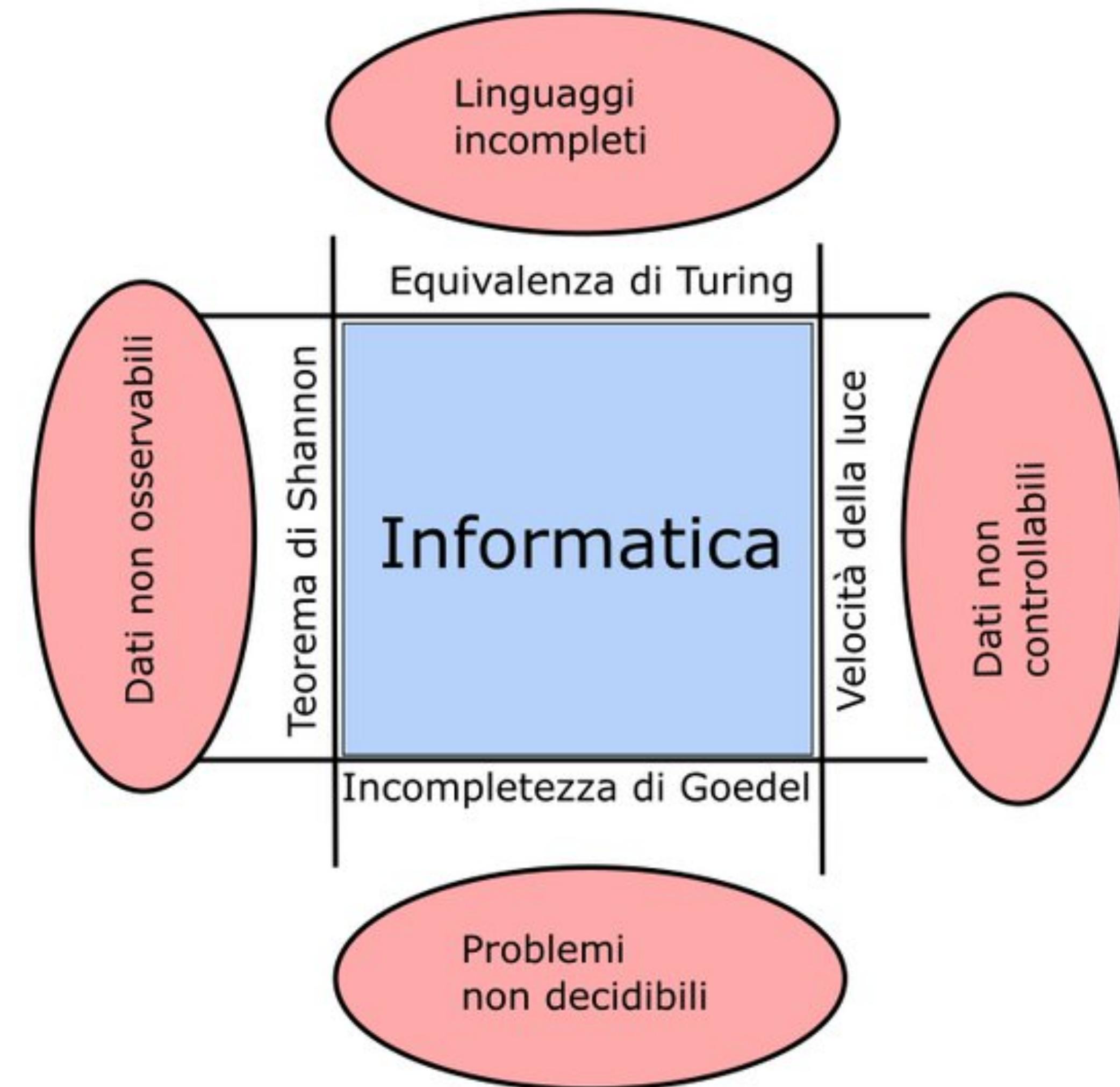
LIMITI DALLA MATEMATICA (COMPONENTE TEORICA)



LIMITI DALLA FISICA (COMPONENTE TECNOLOGICA)



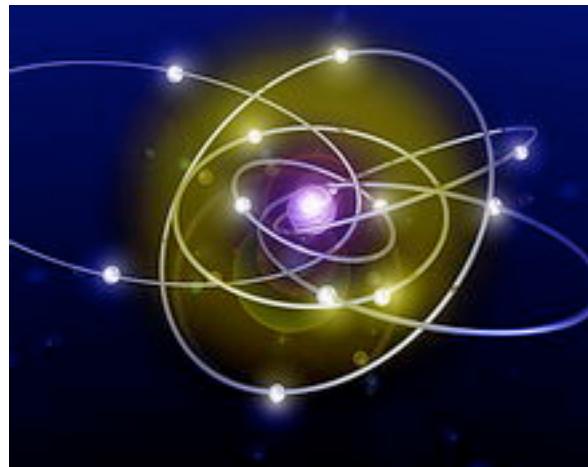
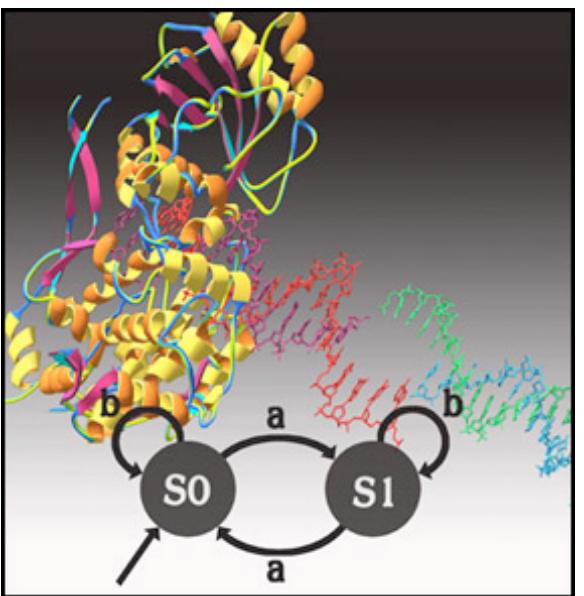
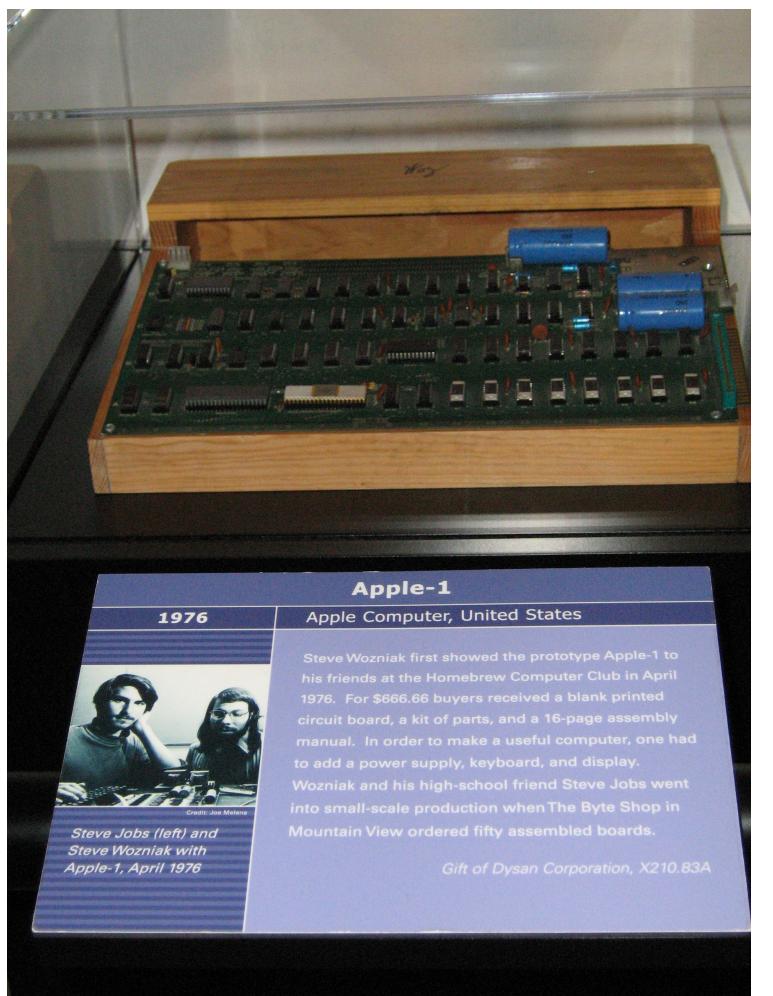
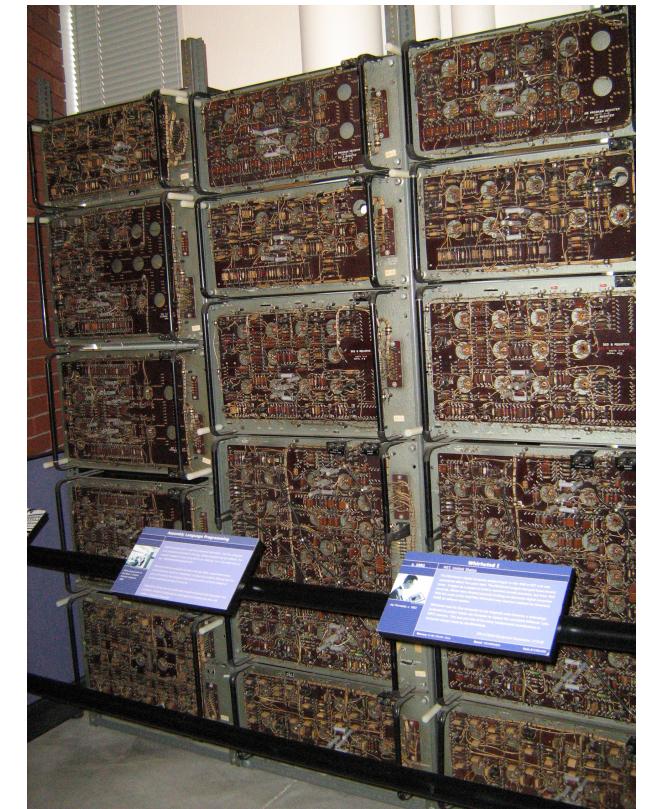
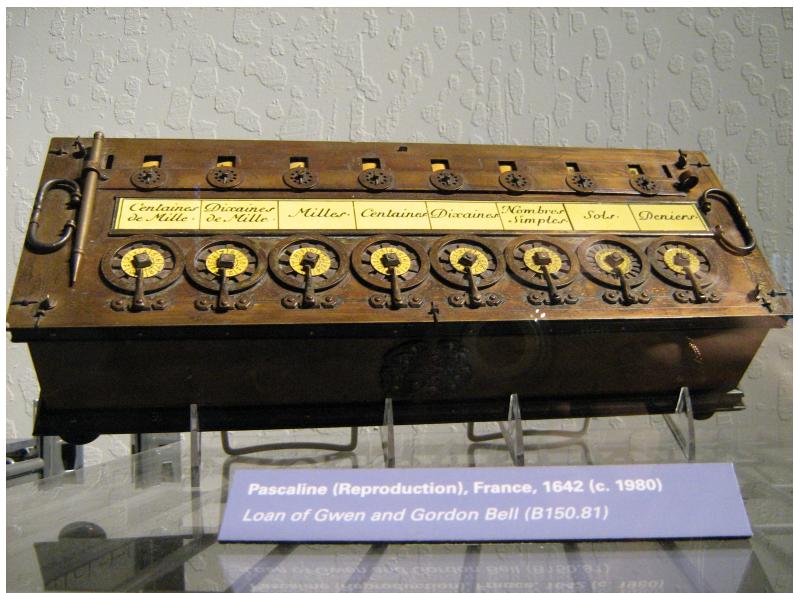
LIMITI



INFORMATICA COME
"LOGICA" DEI
COMPUTER

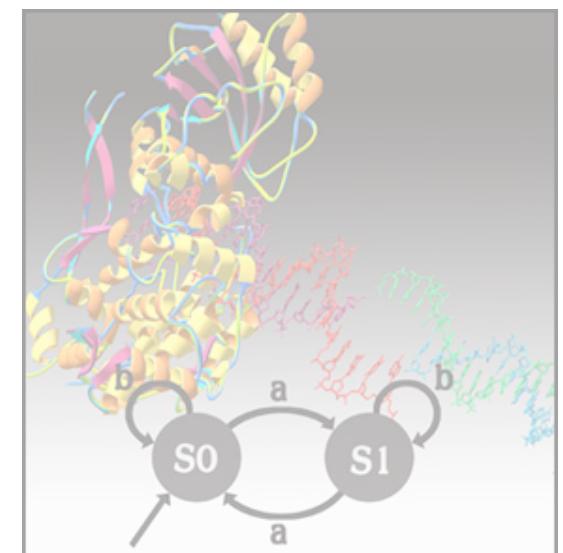
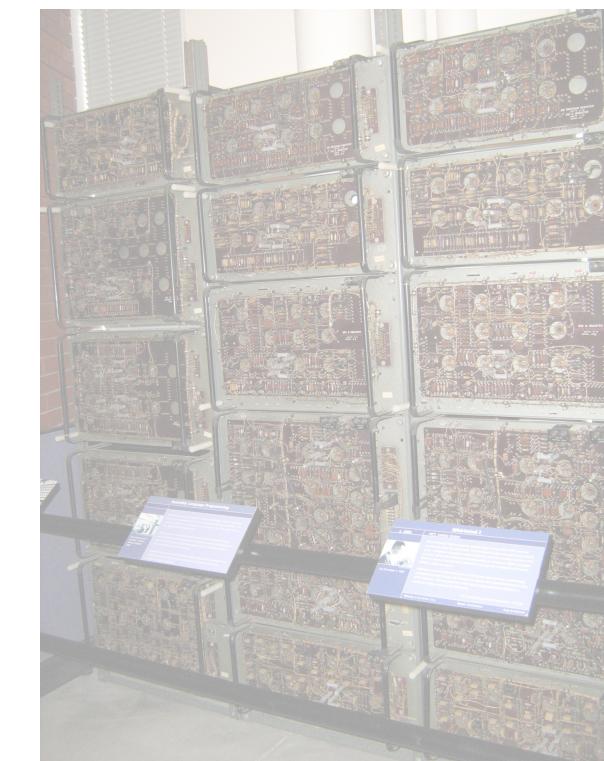
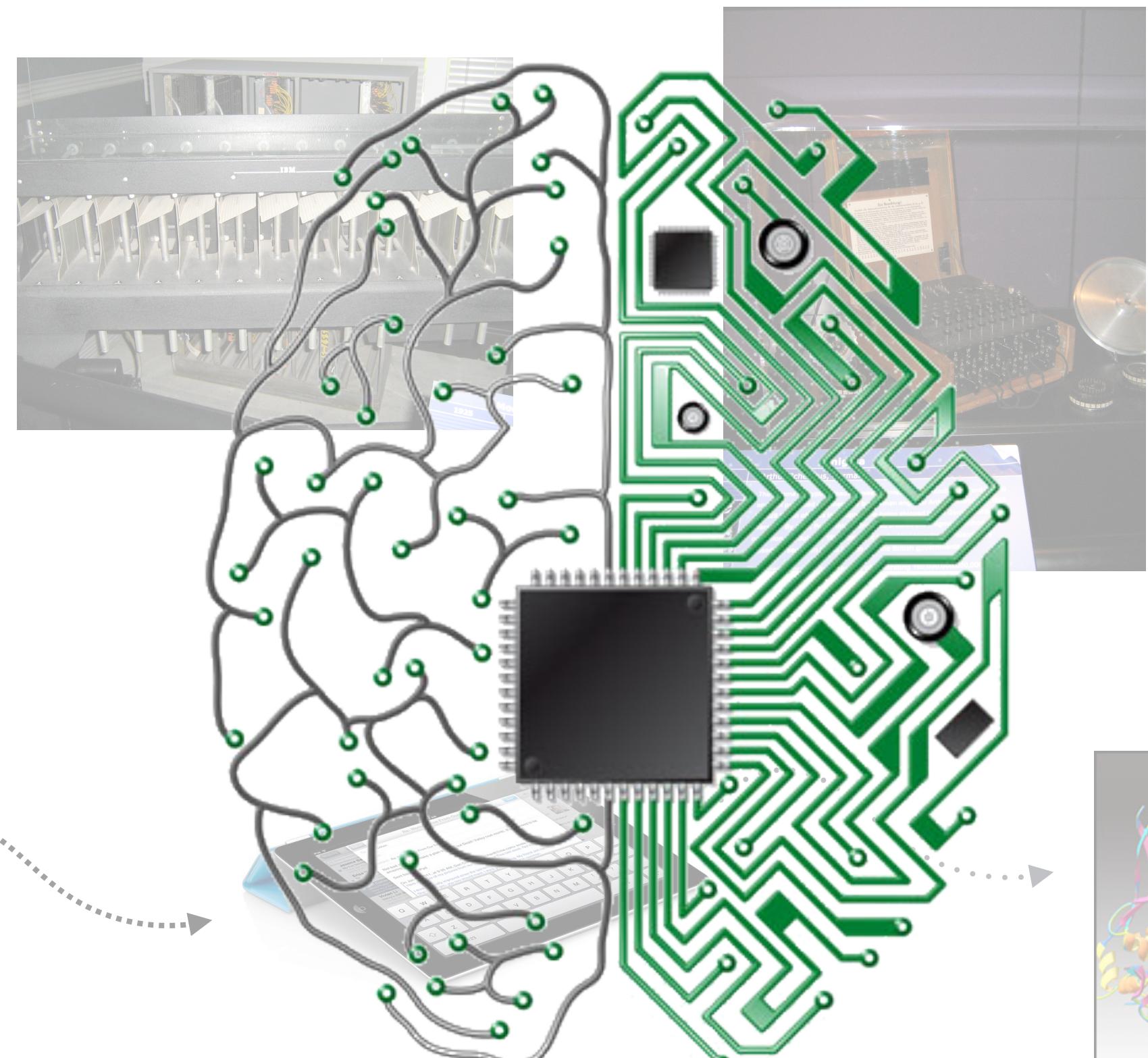
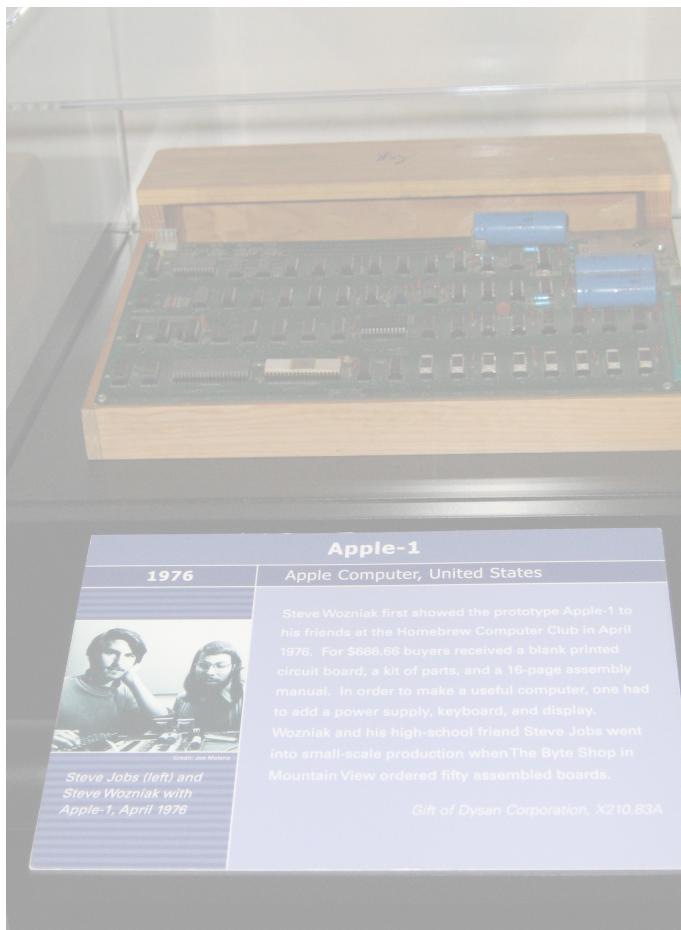
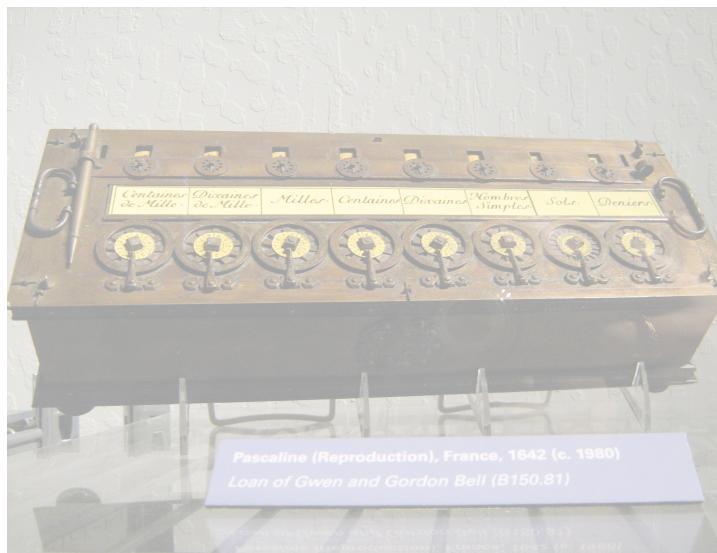
L'INFORMATICA

Nasce da un problema matematico...
ma evolve con la tecnologia e la conoscenza!

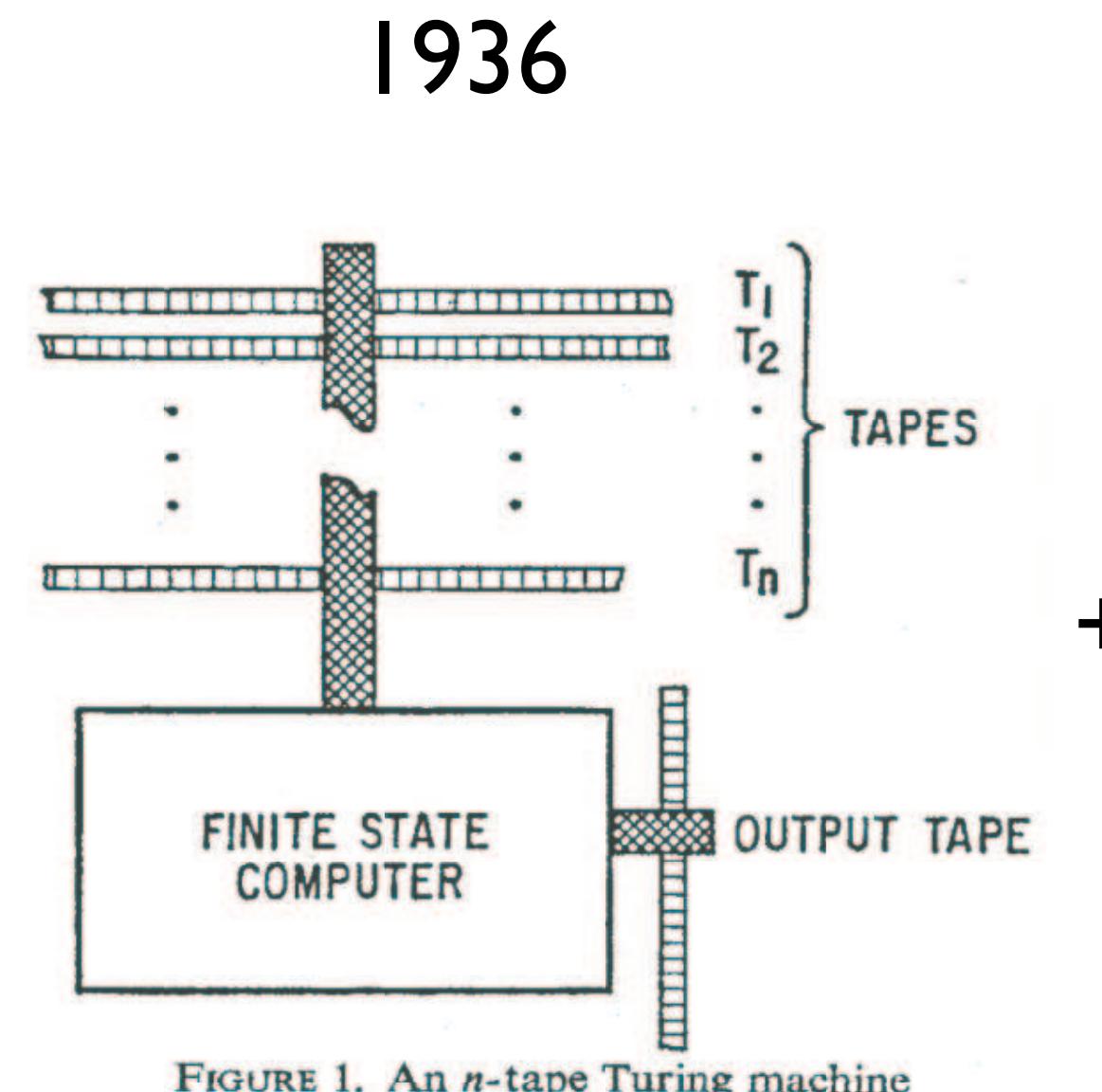


L'INFORMATICA QUINDI COSA È?

Il problema matematico ha portato a quello che oggi è il cervello logico programmabile delle macchine indipendentemente dalla loro tecnologia.



ASSOLUTEZZA

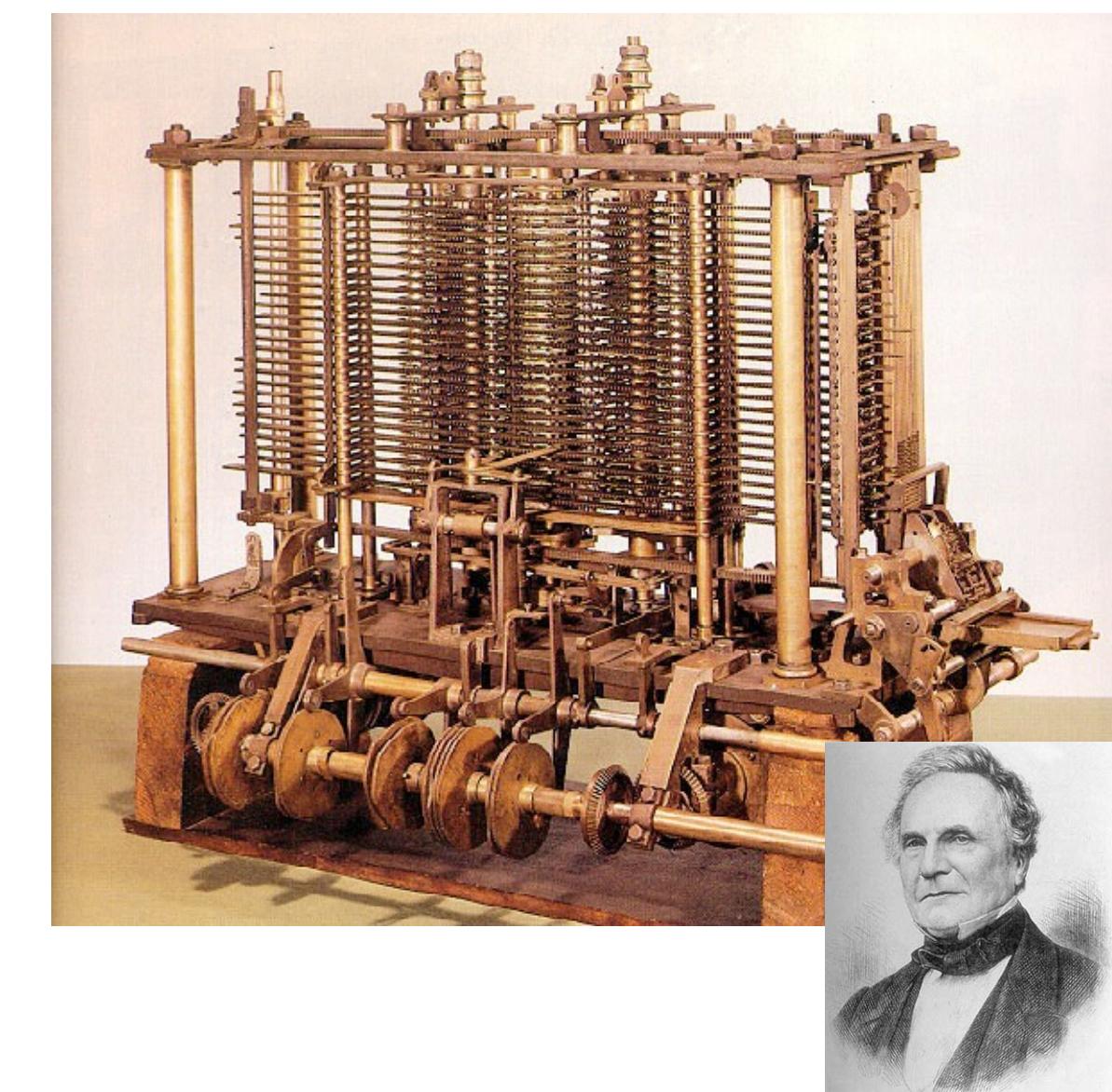


Tecnologia

Fisica quantistica
.....?
Meccanica-orologi
Elettronica-valvole
Elettronica-processori
Biologia-molecole

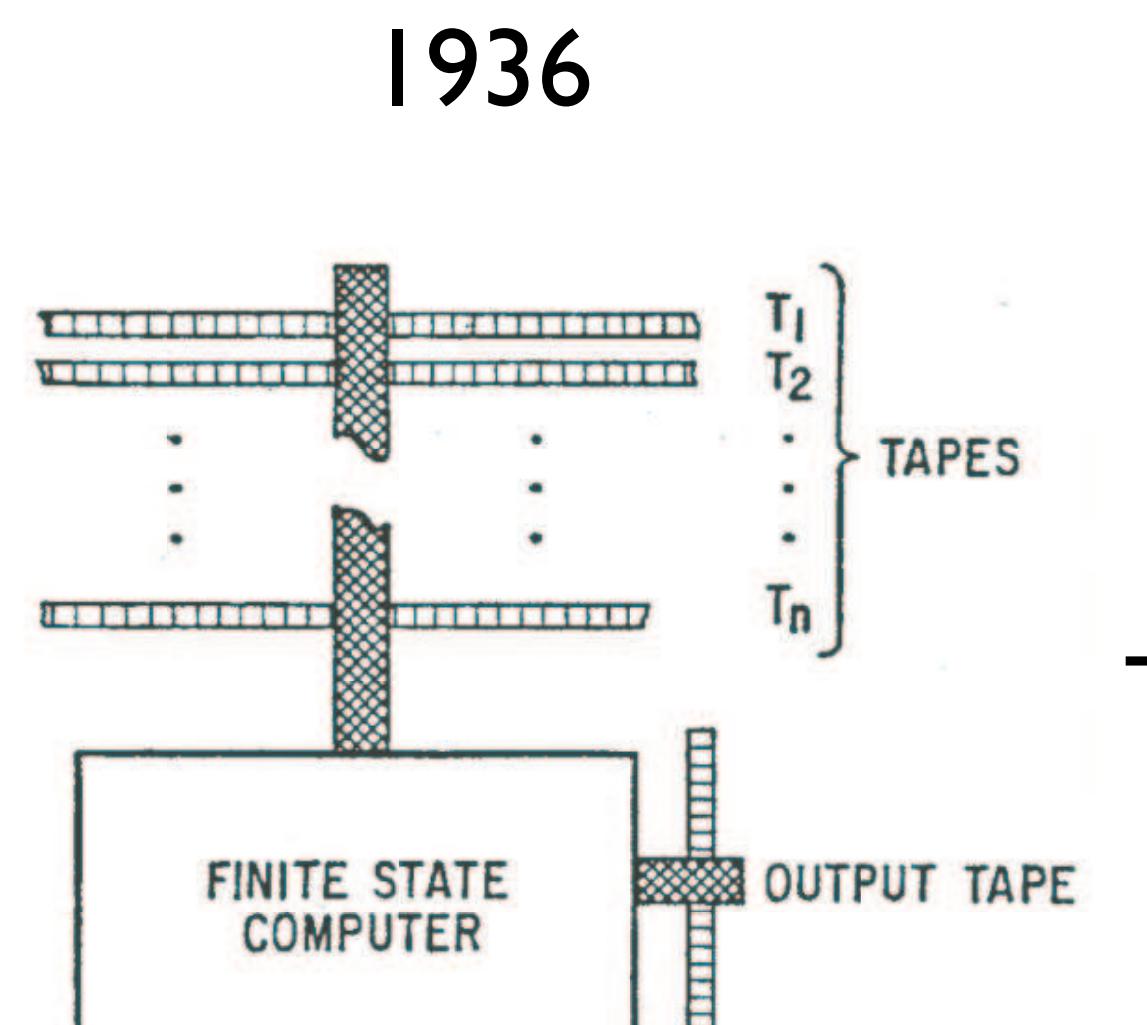


1823 - 1950



Potenza navale

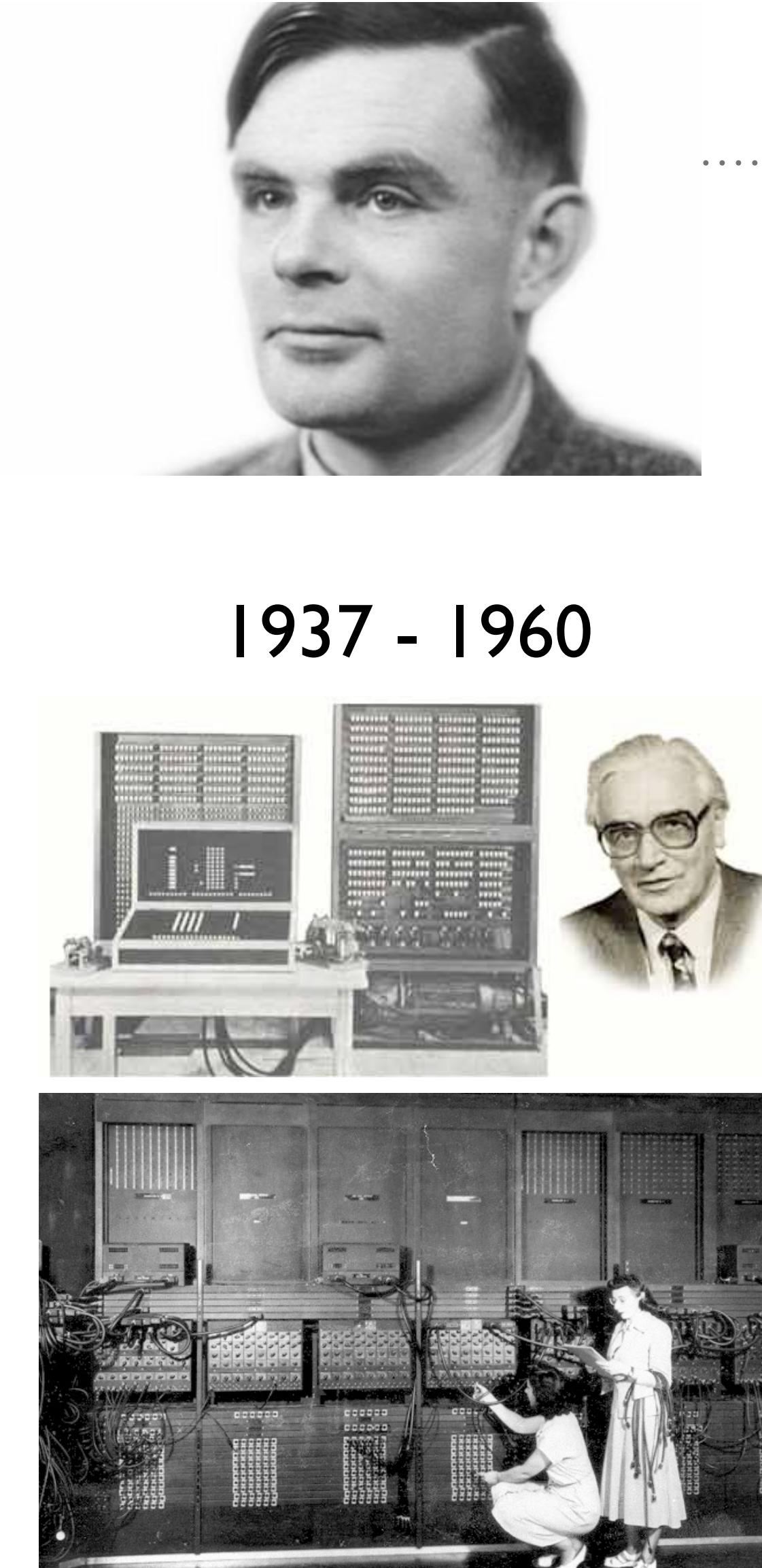
ASSOLUTEZZA



Tecnologia

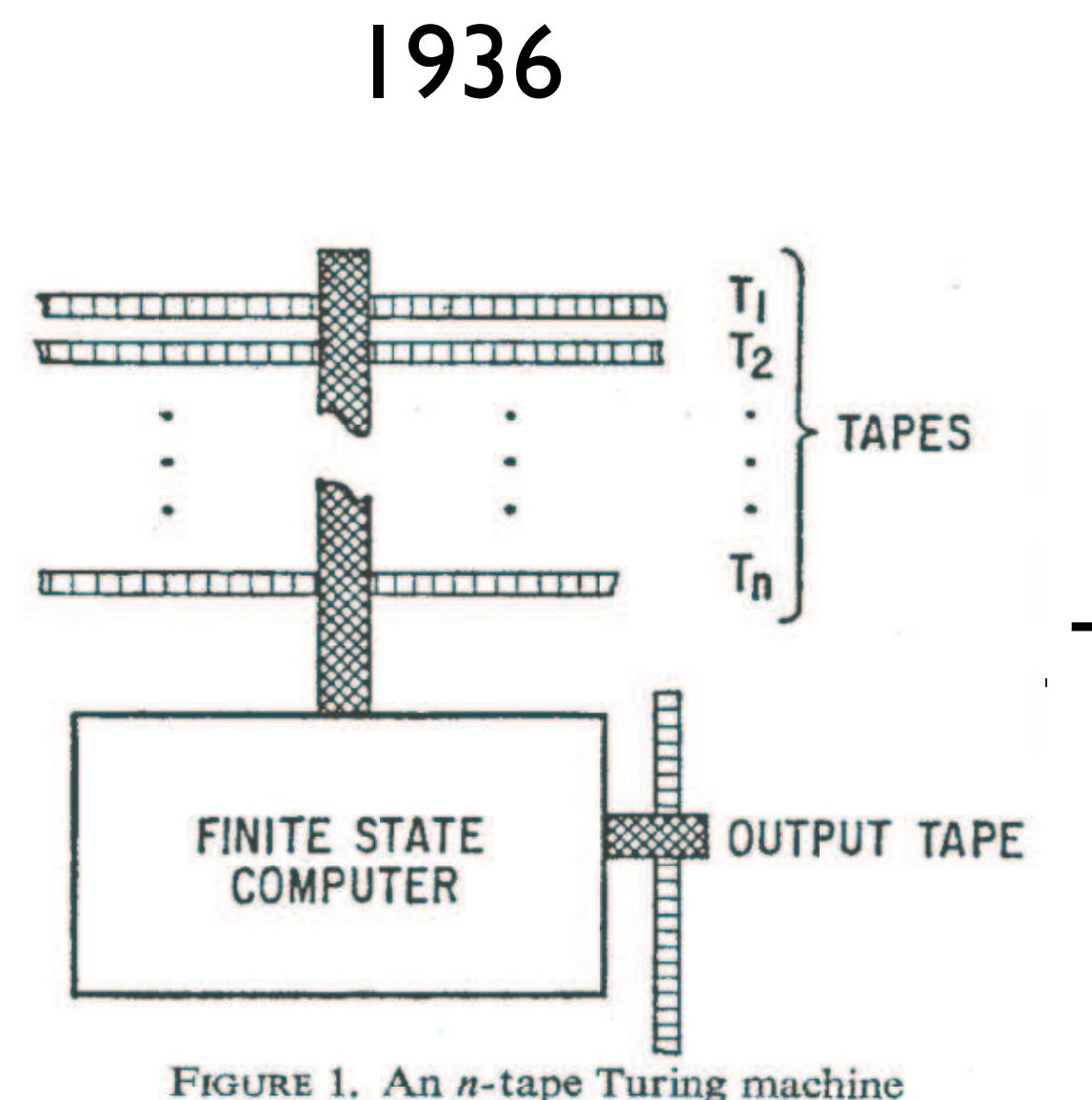
.....?

Meccanica-orologi
Elettronica-valvole
Elettronica-processori
Biologia-molecole
Fisica quantistica



La Bomba

ASSOLUTEZZA



Tecnologia

Meccanica-orologi
Elettronica-valvole
Elettronica-processori
Biologia-molecole
Fisica quantistica
.....?

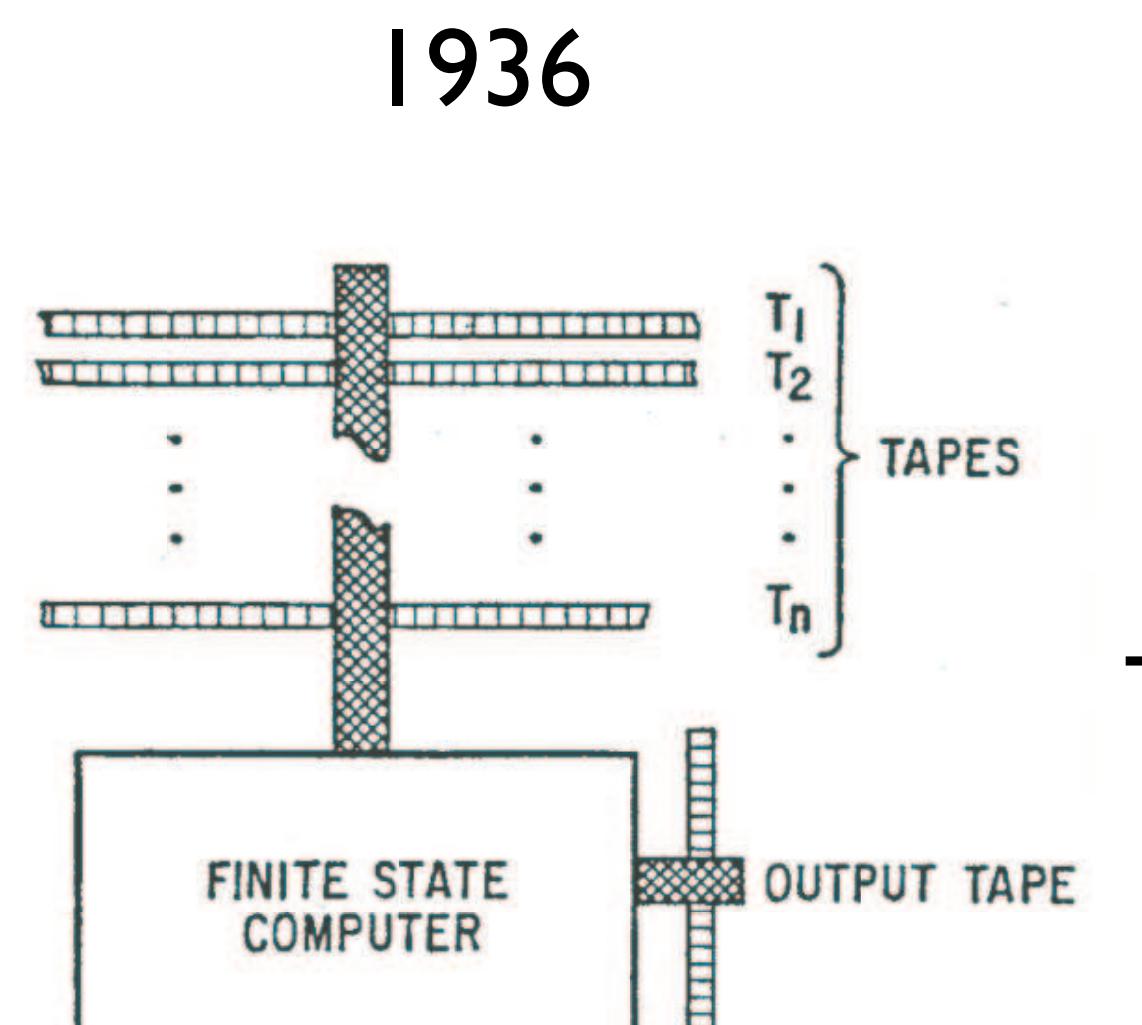


=



1960 -

ASSOLUTEZZA



Tecnologia

Meccanica-orologi
Elettronica-valvole
Elettronica-processori
Biologia-molecole
Fisica quantistica
.....?

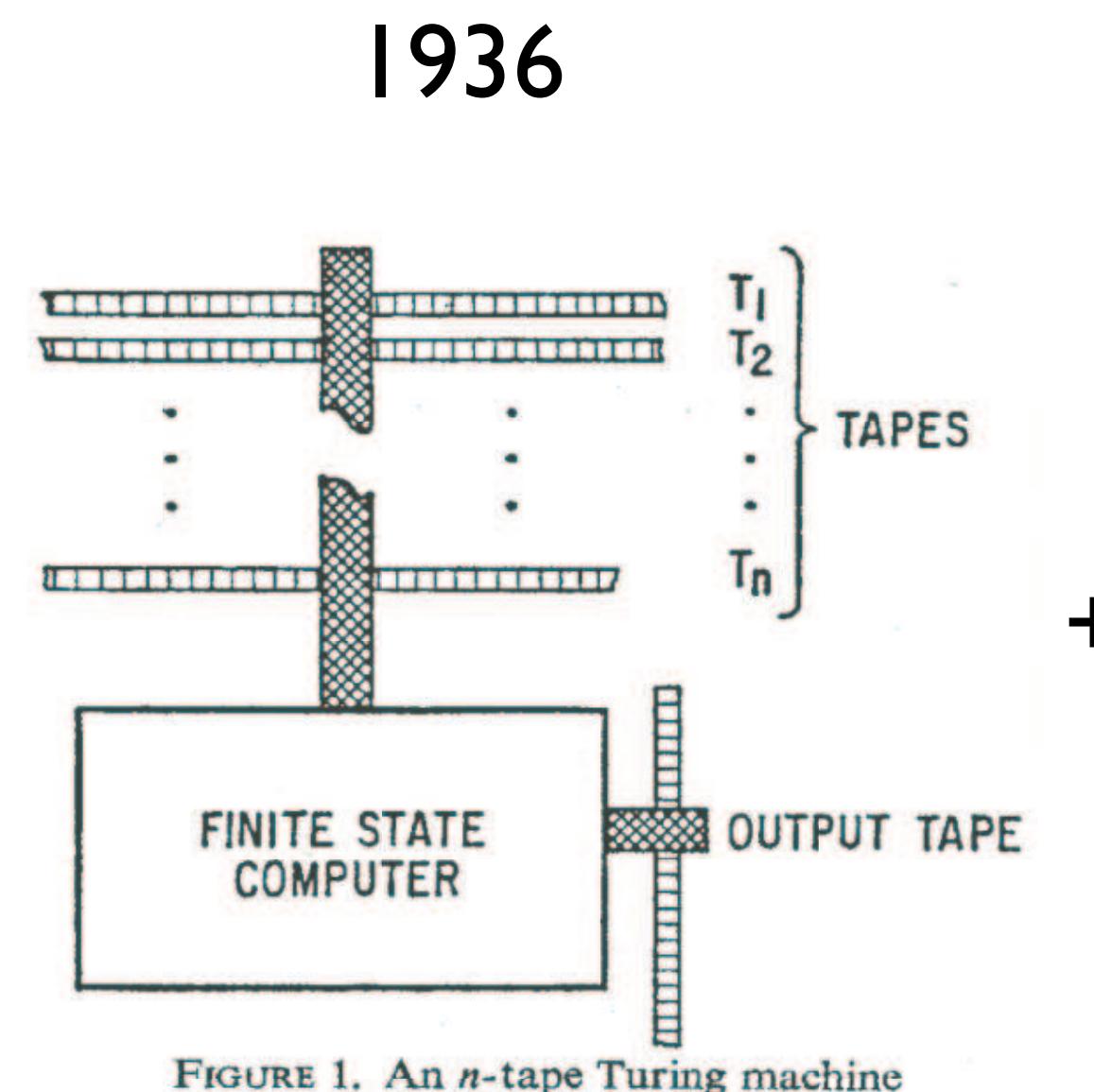


1990 -

Supercomputers
Velocità: 10^{12} FLOPS
Energia: 1 joule $\approx 10^9$ OPS
Memoria: 1 bit $\approx 10^{12}$ nm³



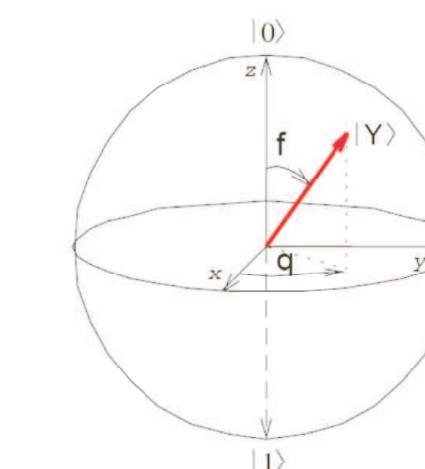
ASSOLUTEZZA



Tecnologia

Elettronica-processori
Biologia-molecole
Fisica quantistica
.....?
Meccanica-orologi
Elettronica-valvole

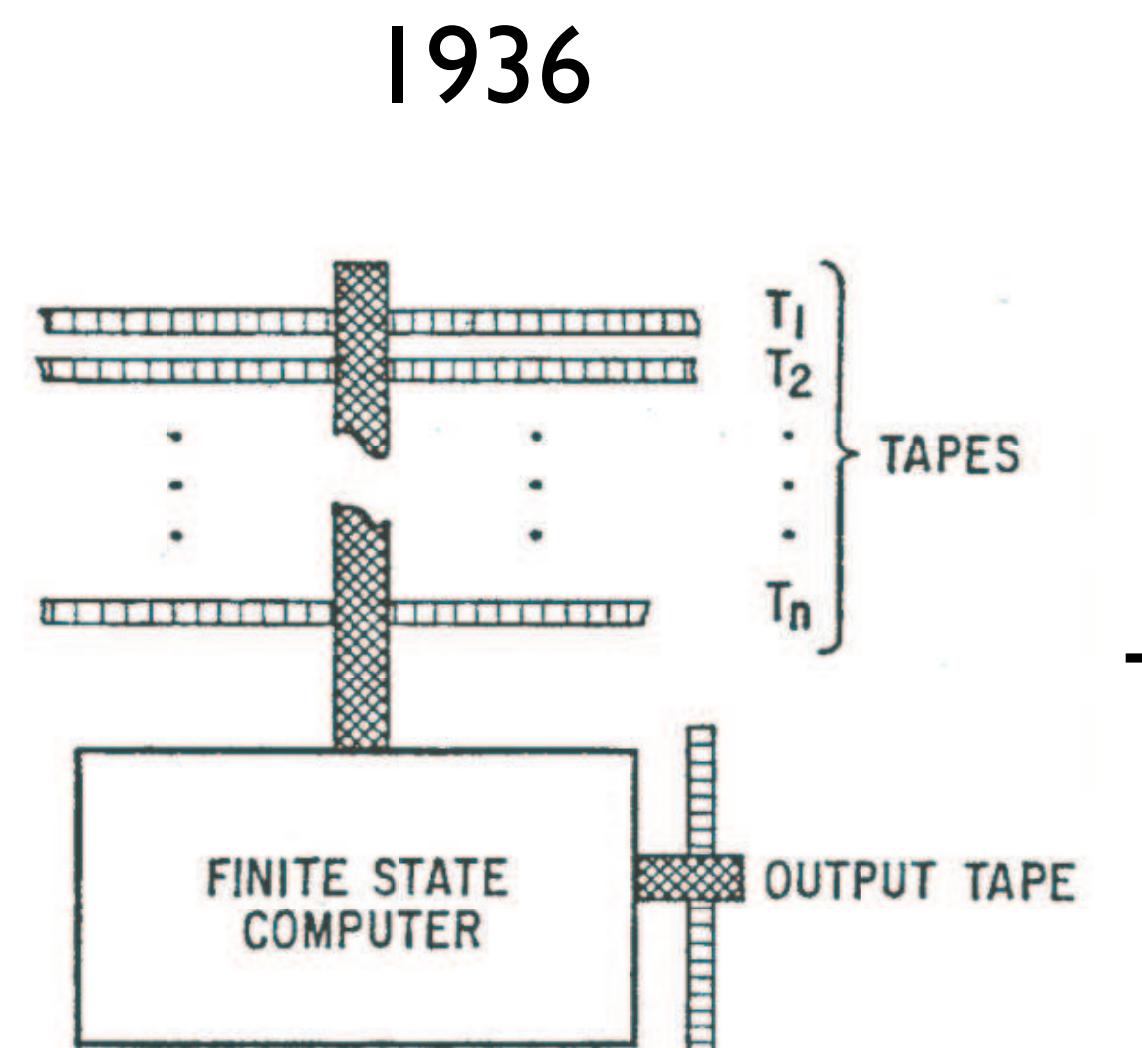
2005 -



Atoms < 1nm

Sicurezza

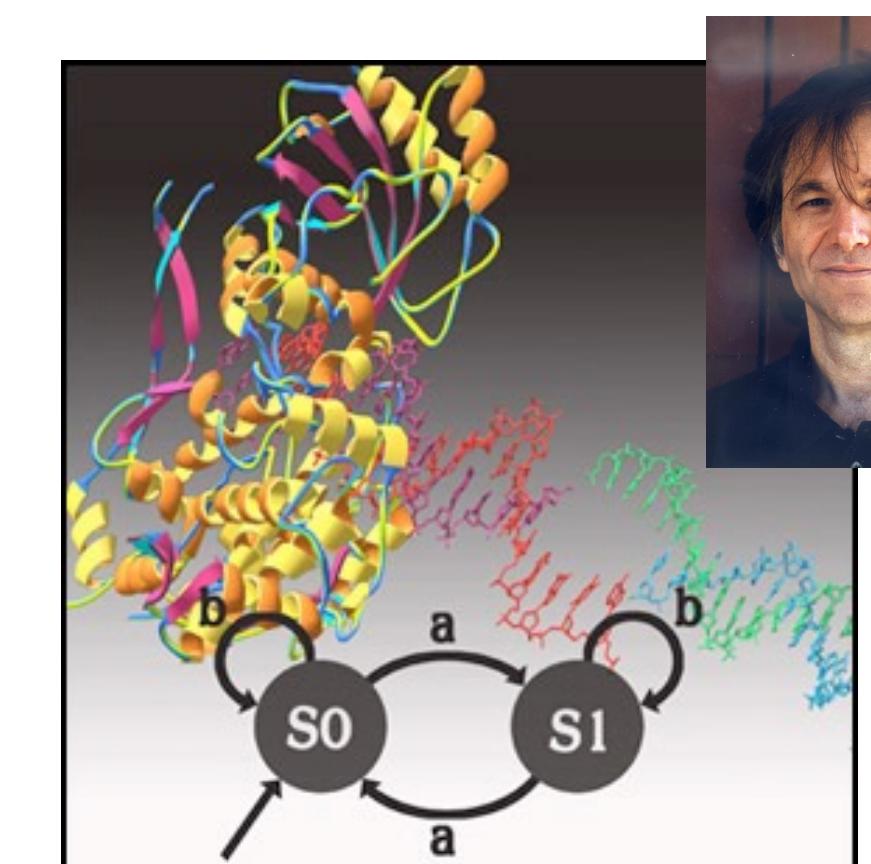
ASSOLUTEZZA



Tecnologia

Elettronica-valvole
Elettronica-processori
Biologia-molecole
Fisica quantistica
.....?
Meccanica-orologi

1994 -

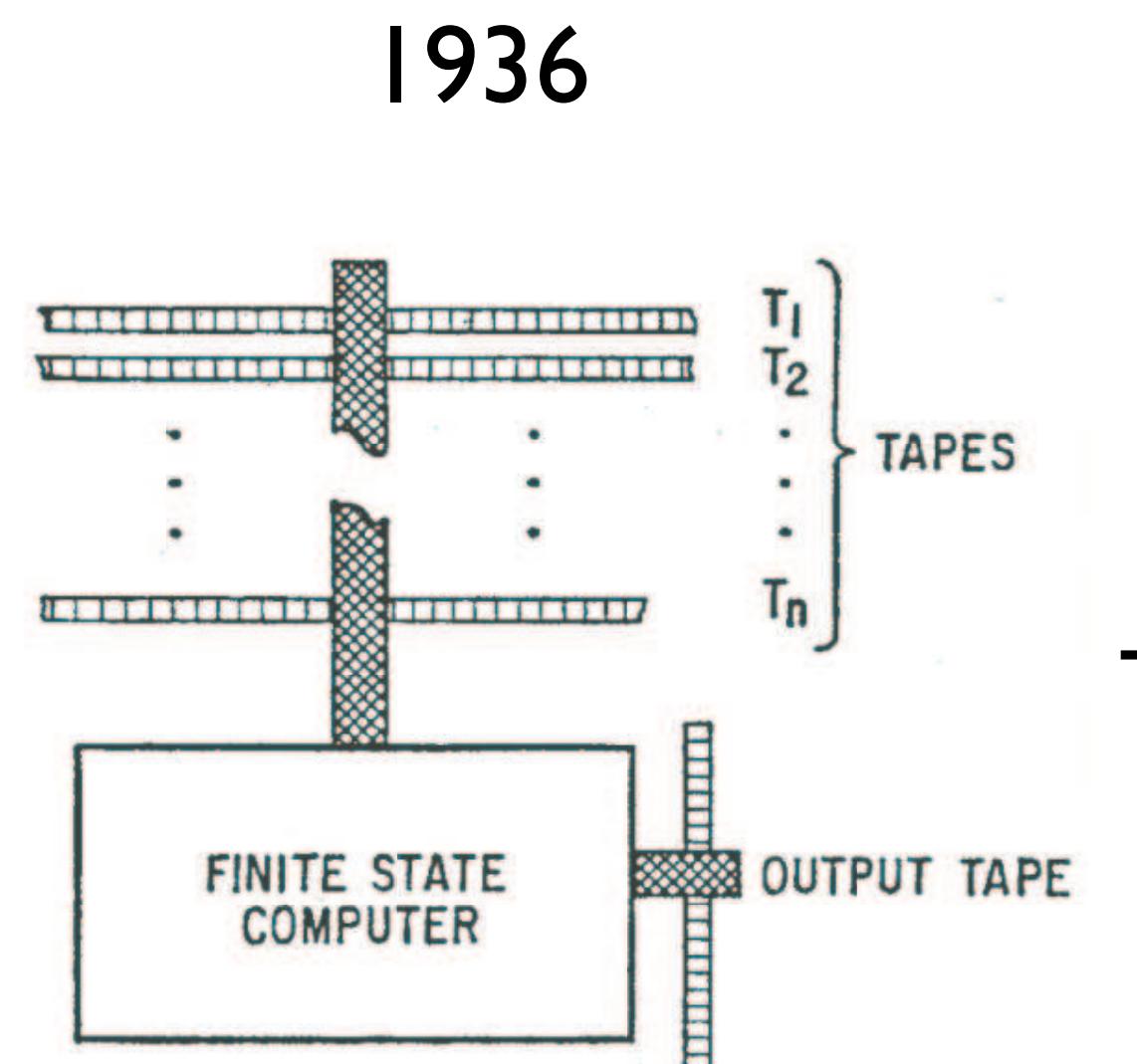


A composite image showing a DNA molecule structure on the left and a portrait of a man (Isabella Mastroeni) on the right. Below the DNA structure is a schematic diagram of a state transition graph. It shows two states, S_0 and S_1 , represented by grey circles. Transitions between them are labeled with symbols: 'a' for horizontal transitions and 'b' for diagonal transitions. Arrows indicate the direction of the transitions.

DNA-computers

Velocità: 10^{20} ?OPS
Energia: 1 joule $\approx 2.19^{19}$?OPS
Memoria: 1 bit $\approx 1\text{nm}^3$

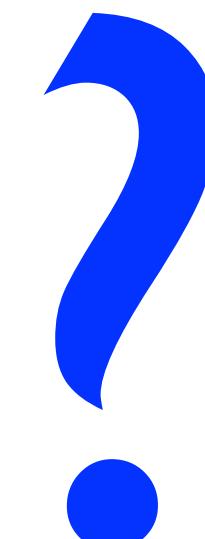
ASSOLUTEZZA



Tecnologia

Biologia-molecole
Fisica quantistica
.....?
Meccanica-orologi
Elettronica-valvole
Elettronica-processori

=



Quale problema?