

# DALL'INVENZIONE DELLA CARTA ALL'iPhone

Come le nanotecnologie hanno cambiato il mondo



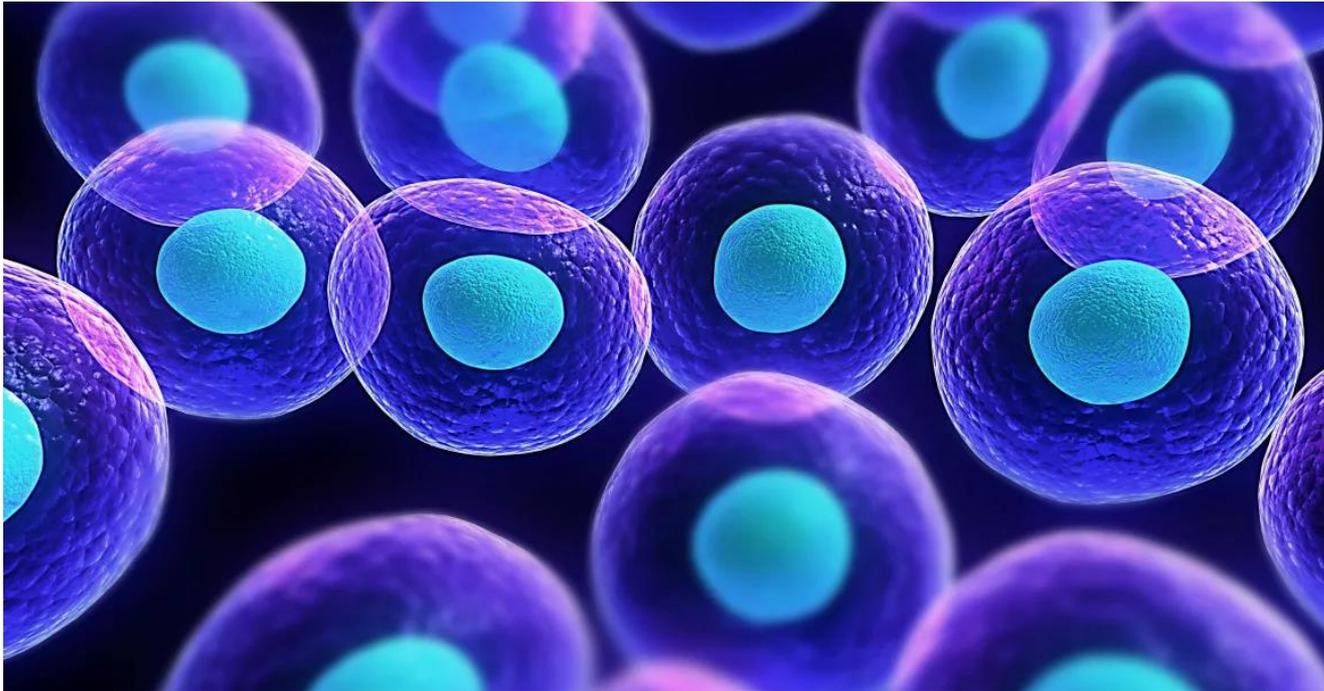
**Gianfranco Pacchioni**

*Accademia Nazionale dei Lincei  
Dipartimento di Scienza dei Materiali  
Università Milano-Bicocca*



Il nostro occhio vede la Stella Polare anche se dista da noi 3  
milioni di miliardi di chilometri

Le prime osservazioni astronomiche di cui abbiamo  
documentazione risalgono a 1600 anni a.C.



Il nostro occhio NON vede le cellule di cui siamo fatti  
anche se distano da noi pochi centimetri

Prime osservazioni di cellule (parameci, organismi  
unicellulari) al microscopio: 1678 d.C.

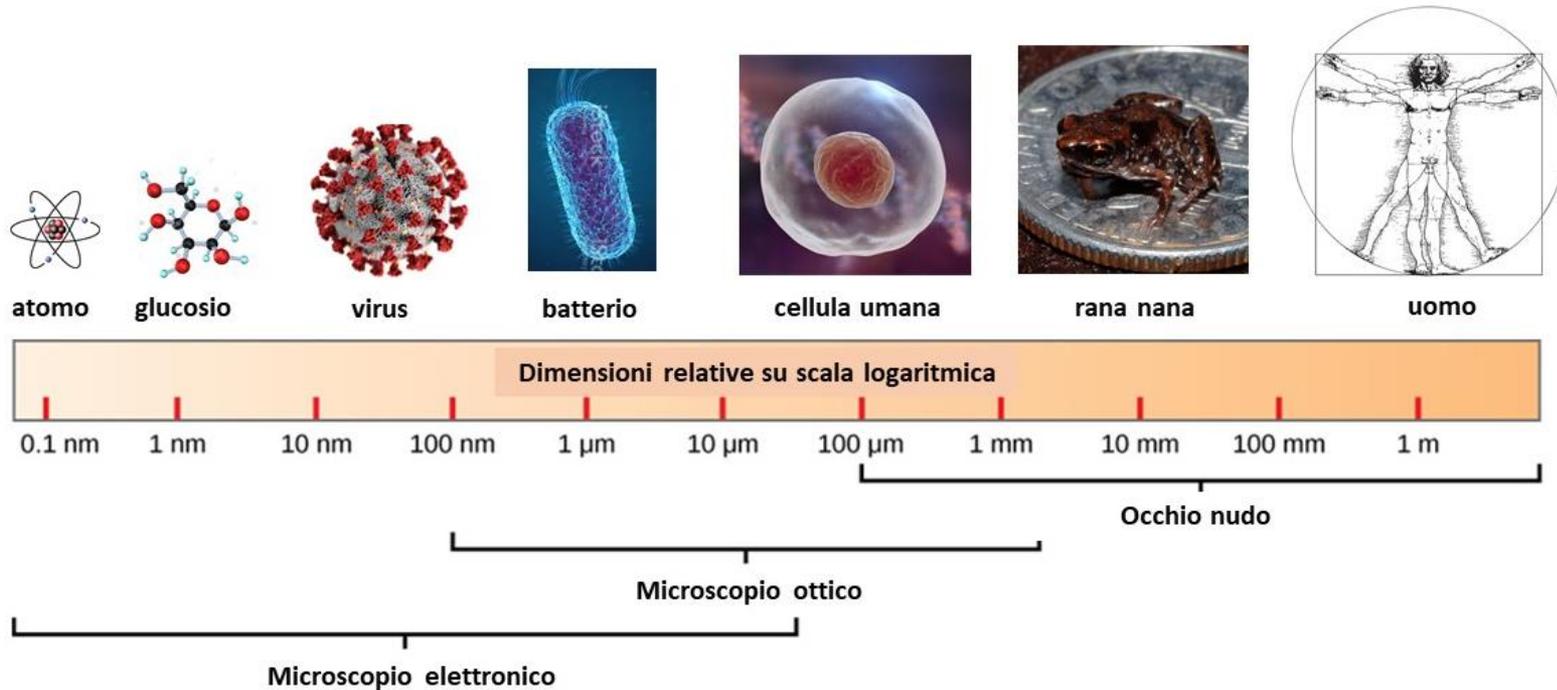
Anton van  
Leeuwenhoek  
(Delft, 1632 –1723)  
inventore del  
microscopio

Ogni centimetro di pelle è abitato da circa un milione di batteri (microbi). Noi non li vediamo, e per noi non esistono

Sulla Terra ci sono  $5 \times 10^{30}$  batteri, 10 milioni di volte tutte le stelle dell'universo ( $3 \times 10^{23}$ )



Abbiamo contezza dell'universo perché lo vediamo e lo percepiamo. Ignoriamo completamente l'universo costituito dal mondo dell'ultra-piccolo solo perché invisibile al nostro occhio.

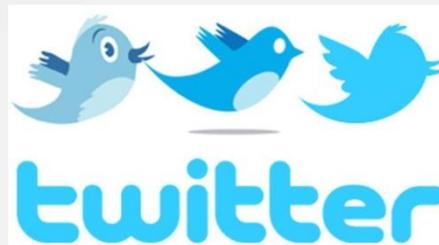


Mentre l'influsso delle stelle sulla nostra vita è praticamente nullo (salvo il Sole) quella del nanomondo ha un impatto enorme (Covid docet...)

# IL MONDO CAMBIA ATTORNO A NOI



VENTI ANNI FA TUTTO CIO' NON C'ERA ....



MA NEMMENO QUESTO!

## Qual'è la scoperta o l'invenzione più importante degli ultimi 1000 anni?

Domanda posta nel 1998 a una giuria di giornalisti e scienziati americani a cui fu chiesto di eleggere il "Man of millennium", l'uomo del millennio

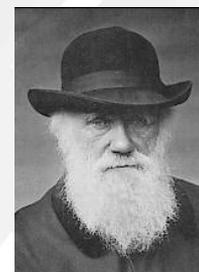


La genetica

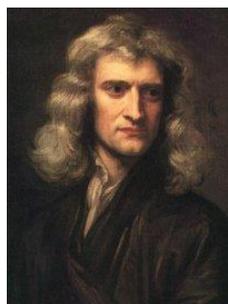
La macchina  
a vapore



L'automobile

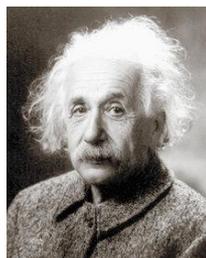


La teoria  
dell'evoluzione



La gravitazione  
universale

L'elettricità



La teoria della  
relatività

La penicillina



**NESSUNA DI QUESTE !**

## L'invenzione più importante degli ultimi 1000 anni?



**La stampa a caratteri mobili (1455)**

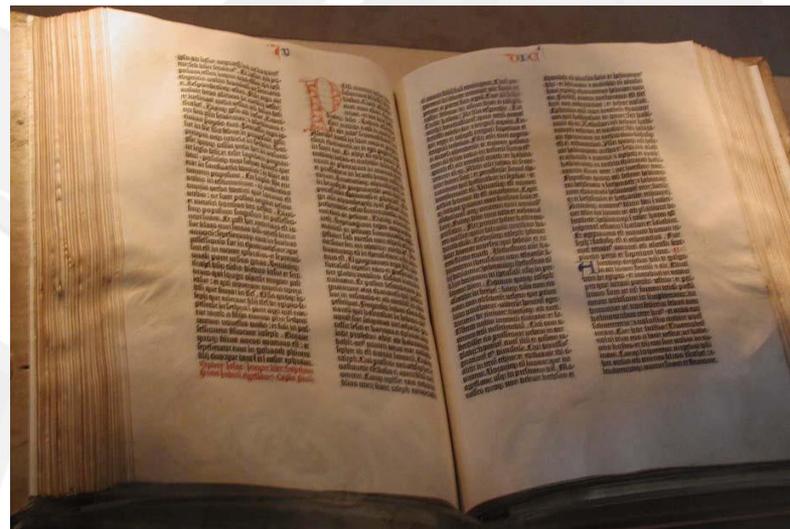
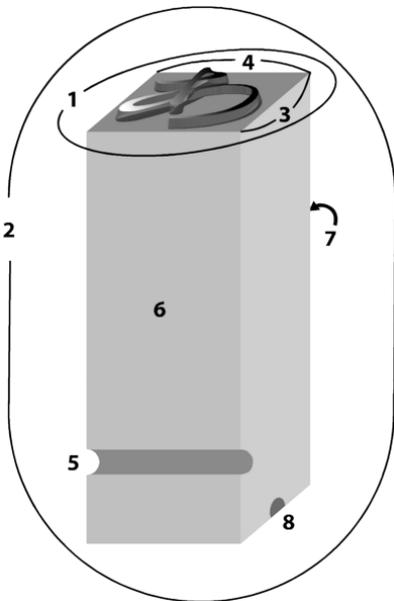
**L'uomo del millennio è  
Johann Gutenberg  
(Magonza 1390 – 1468)**

**Solo 50 anni dopo l'invenzione  
erano già stati stampati 30.000  
titoli con una tiratura superiore a  
12 milioni di esemplari (incunaboli)**

**Cultura e sapere si diffondono sempre più  
"Il più grande avvenimento della storia umana" (Victor Hugo)**

L'invenzione di Gutenberg non sarebbe stata possibile senza due fondamentali materiali

**La carta: supporto leggero, flessibile, resistente, economico. Impasto di fibre vegetali (cellulosa). Nasce in Cina nel 105 dC**



**Il carattere mobile: una lega di piombo e stagno che resiste bene alla pressione esercitata dalla stampa e permette una elevata precisione del simbolo impresso (ottima conoscenza della metallurgia)**

## **L'era moderna**

**Qual'e' la scoperta o l'invenzione più importante degli ultimi 100 anni?**

# COME I NUOVI MATERIALI HANNO CAMBIATO IL MONDO



La televisione



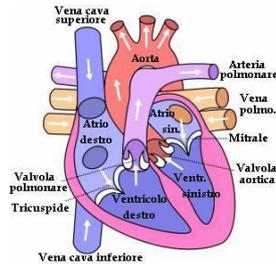
Il computer



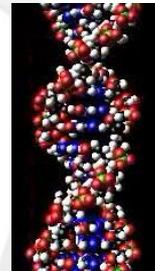
Satelliti e spazio



La clonazione e l'ingegneria genetica



I trapianti di organi



Il DNA

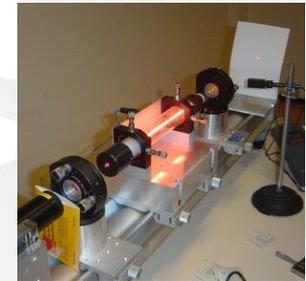


I farmaci

L'aereo



Il laser

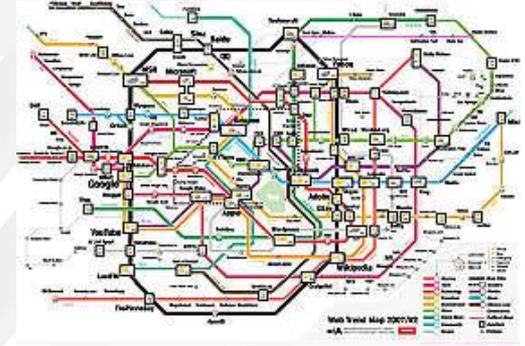


**NESSUNA DI QUESTE !**



Macchina utilizzata da Tim Berners-Lee per realizzare il primo web server

1989: nasce il world wide web WWW protocollo di comunicazione messo a punto al CERN di Ginevra



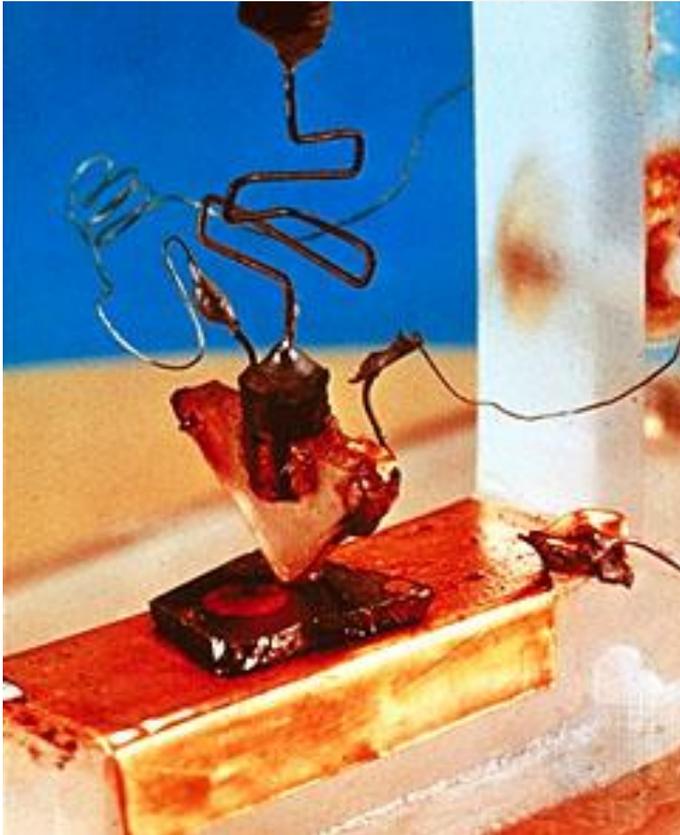
Nome: da *inter* (latino) "fra" e *net* (inglese) "rete" (1995)



**Internet si basa su nanomateriali e nanotecnologie**

- 1) Semiconduttori (silicio)**
- 2) Materiali magnetici**
- 3) Materiali luminescenti (laser)**
- 4) Materiali trasparenti (fibre ottiche)**

# IL TRANSISTOR (1947)



**Gli inventori del transistor: Brattain, Shockley e Bardeen (Nobel 1956)**

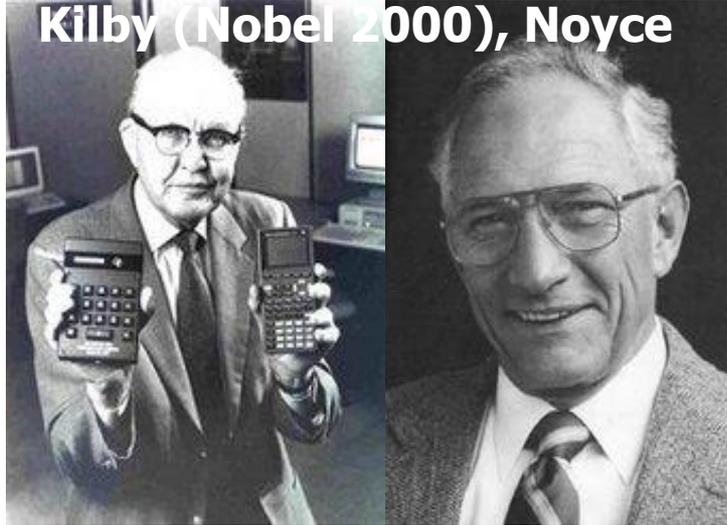


La **Regency TR1**,  
la prima radio a  
transistor del  
mondo (1954)

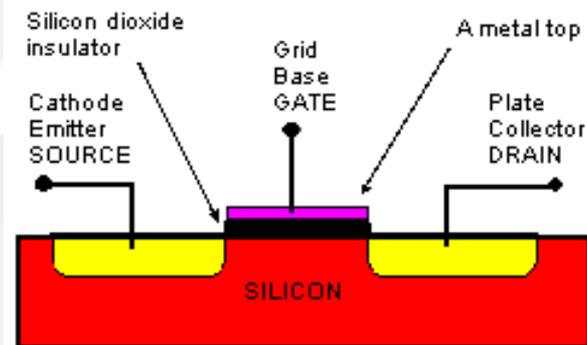
Inizia l'era della miniaturizzazione

# DAL TRANSISTOR AL CIRCUITO INTEGRATO (1960)

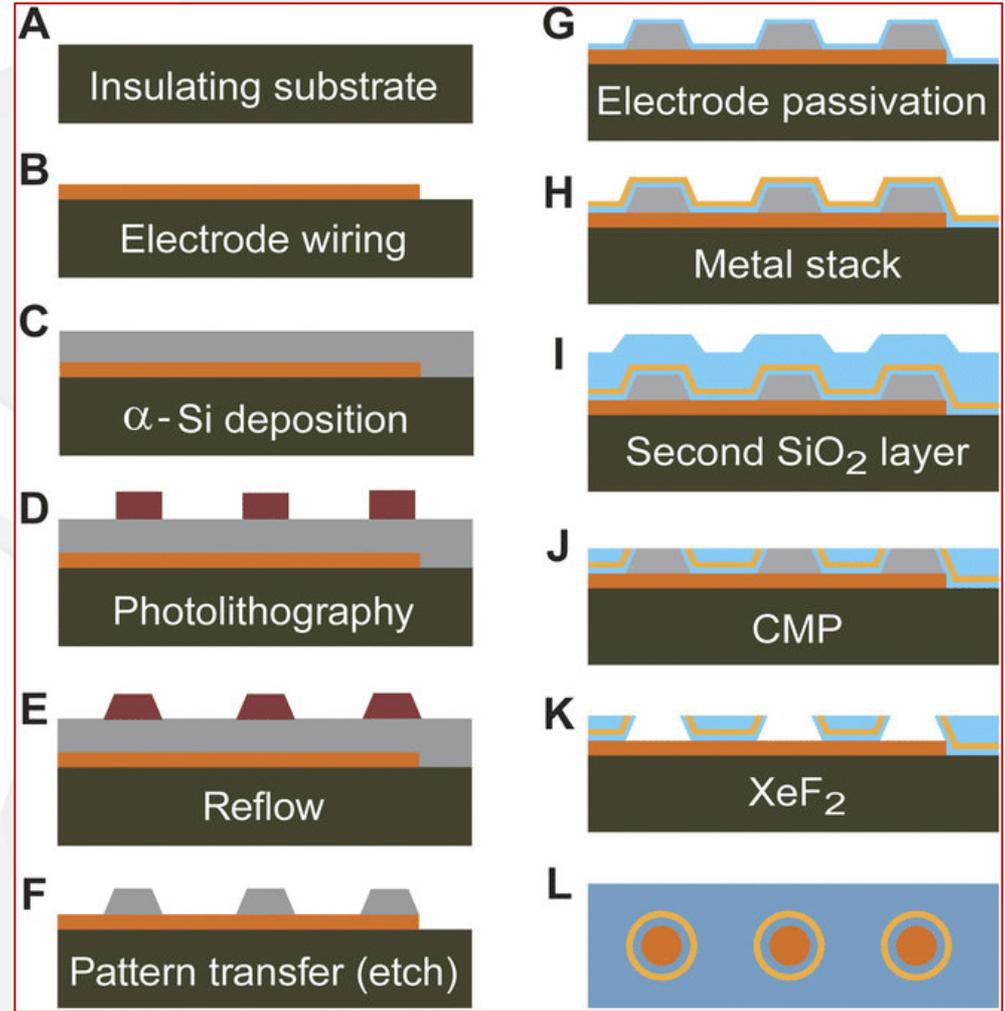
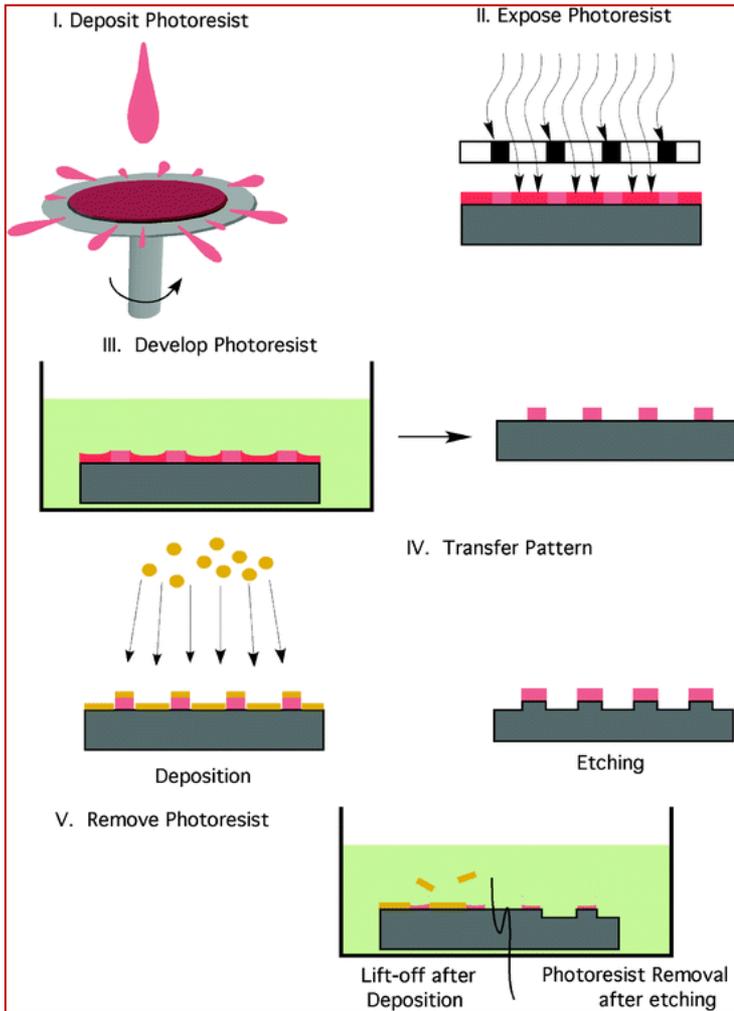
Kilby (Nobel 2000), Noyce



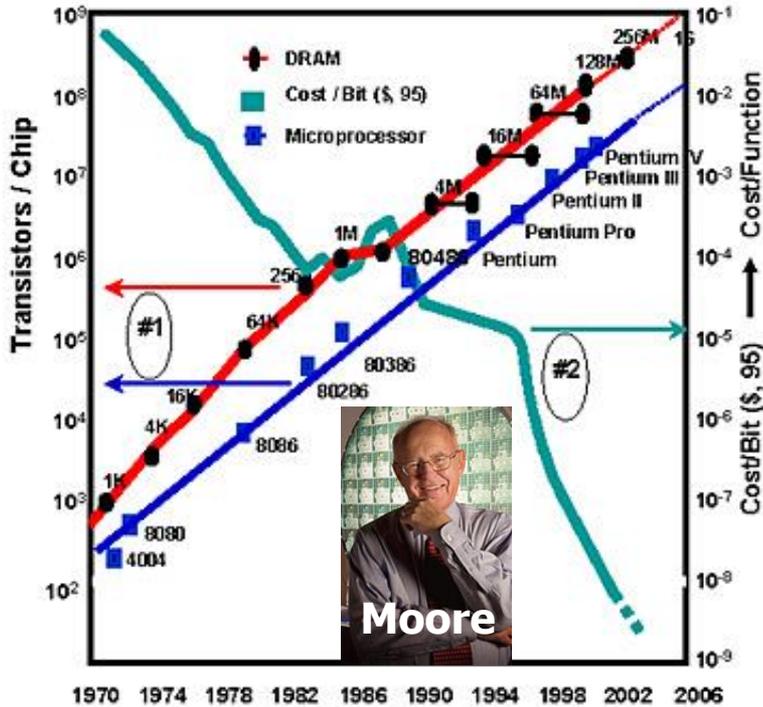
Generare i transistor direttamente su una fetta di silicio (wafer). L'informazione viene tradotta in soli due simboli, 0 e 1. Nasce l'era dell'informazione e della comunicazione digitale.



A MOSFET -- one kind of field effect transistor



# VERSO IL PERSONAL COMPUTER (1965)



**Gordon Moore intuisce il futuro personal computer e prevede che un giorno sarà venduto in grandi magazzini accanto ai cosmetici e ad altri articoli (da *Popular Electronics*, 1965)**

**Moore formula la sua famosa legge**

# I PRIMI PERSONAL COMPUTER



**1976: Commodore**



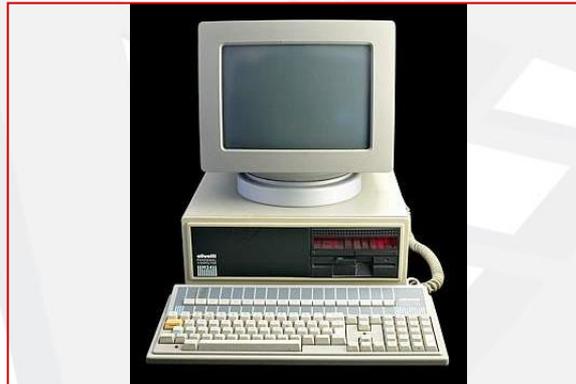
**1977: TRS-80 Tandy**



**1977: Apple II**

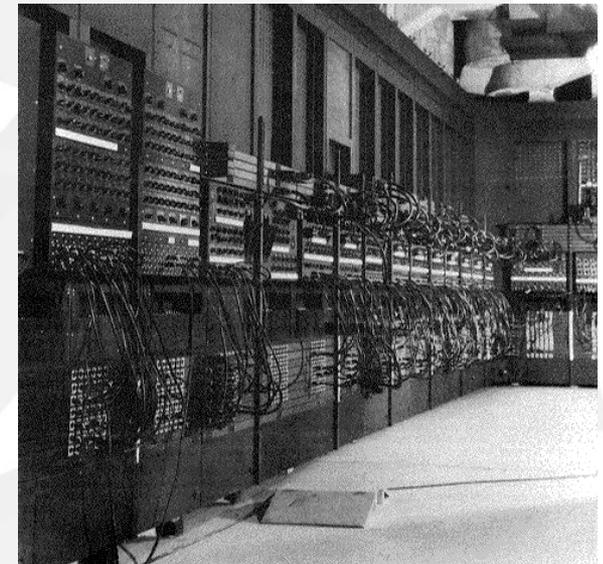


**1981: PC IBM**



**1983: Olivetti M24**

**Caratteristiche tipiche: no HD, due floppy, 64 Kb ram, processore a 1 MHz, sistemi operativi Basic o MS-DOS**



**1946 – ENIAC: il primo computer; 30 tonnellate – 17000 valvole**

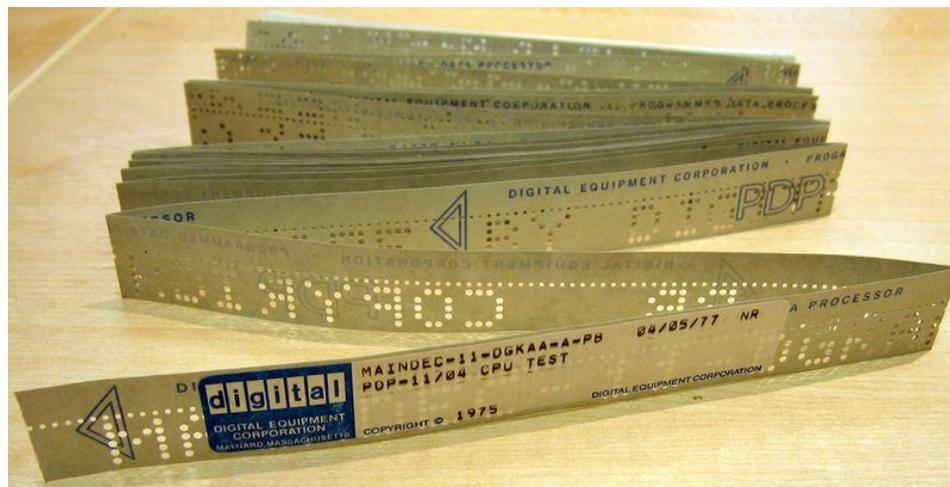
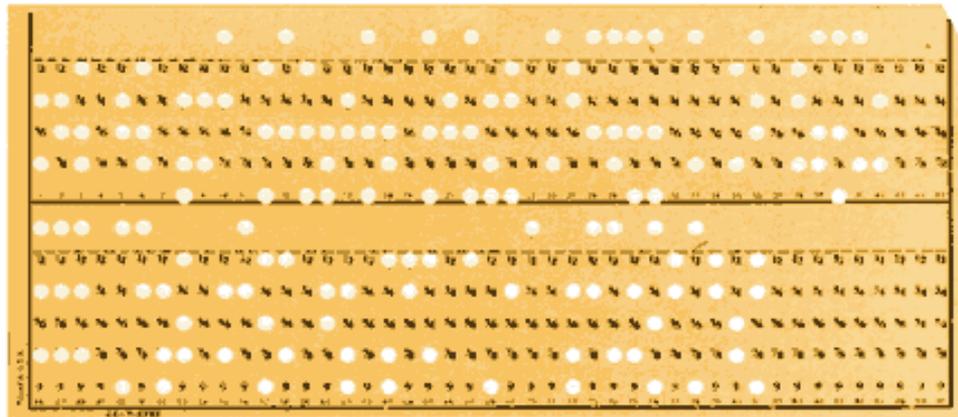
## Microprocessori e caratteristiche dei transistor dagli anni '70 a oggi

Processore	Anno	N. di transistor	Dimensioni
Intel 4004	1971	2300	10 000 nm
Intel 8088	1979	29 000	3000 nm
Intel 80386	1985	275 000	1500 nm
Intel 80486	1989	1 180 000	1000 nm
Intel Pentium	1993	3 100 000	800 nm
AMD K5	1996	4 300 000	500 nm
Intel Pentium III	1999	9 500 000	250 nm
Intel Pentium 4	2002	55 000 000	130 nm
Intel Pentium 4 Cedar Mill	2006	184 000 000	65 nm
Intel Core i7	2008	731 000 000	45 nm
Intel Xeon Phi	2012	5 000 000 000	22 nm
Qualcomm Snapdragon	2018	8 500 000 000	7 nm
AMD Epyc Rome	2019	39 540 000 000	7 nm

Nel 1971 l'Intel metteva sul mercato uno dei primi processori commerciali, il 4004. Era stato sviluppato da un italiano, Federico Faggin, aveva 2300 transistor, ognuno dei quali misurava 10 micron

Le fabbriche dell'Intel producono oltre 5 miliardi di transistor al secondo. In un anno sfornano 150 000 000 000 000 000 transistor, come dire oltre 20 milioni per ogni abitante della Terra. Il supercomputer Sunway TaihuLight di progettazione cinese funziona con circa 400000 miliardi di transistor.

## La carta! Schede e nastri perforati





IBM RAMAC 305, il primo computer che usa un disco magnetico (1955)



Control Data Corporation 6603 (1967) (diametro di 66 cm, 500 Kb)

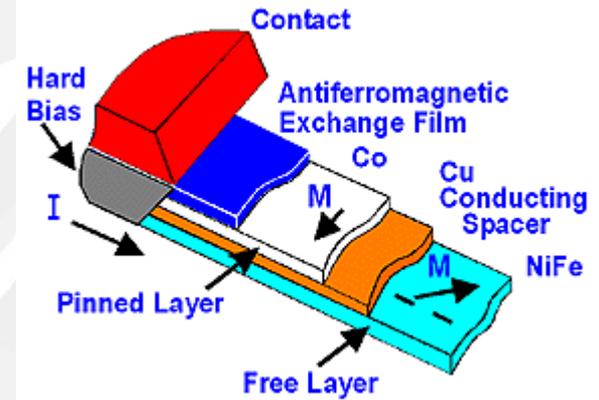
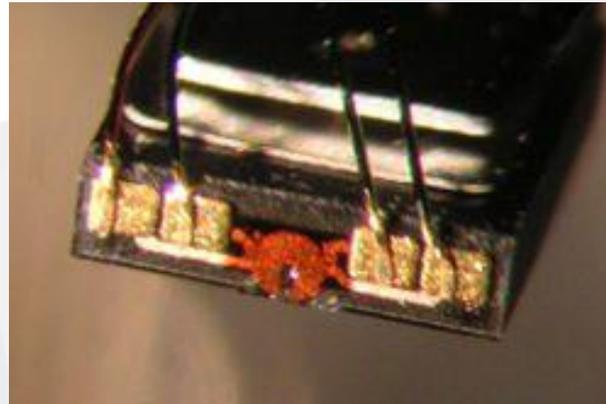


1967, nasce il floppy disk IBM (da 12, 8, 5<sup>1/4</sup> e 3<sup>1/2</sup> pollici)

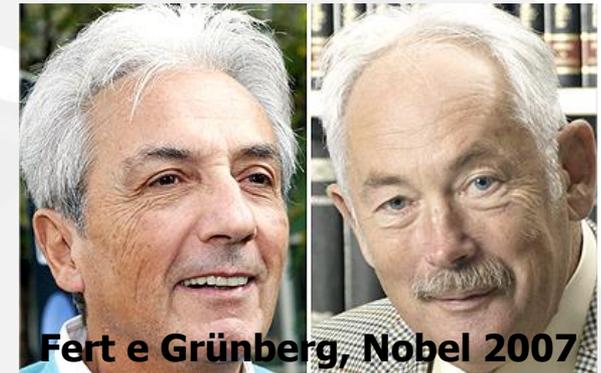




**1982: primo disco a lettura ottica (CD, compact disk)**



**Nuova scoperta basata su nanotecnologie rivoluziona il campo: la Giant Magneto Resistance (1989).**



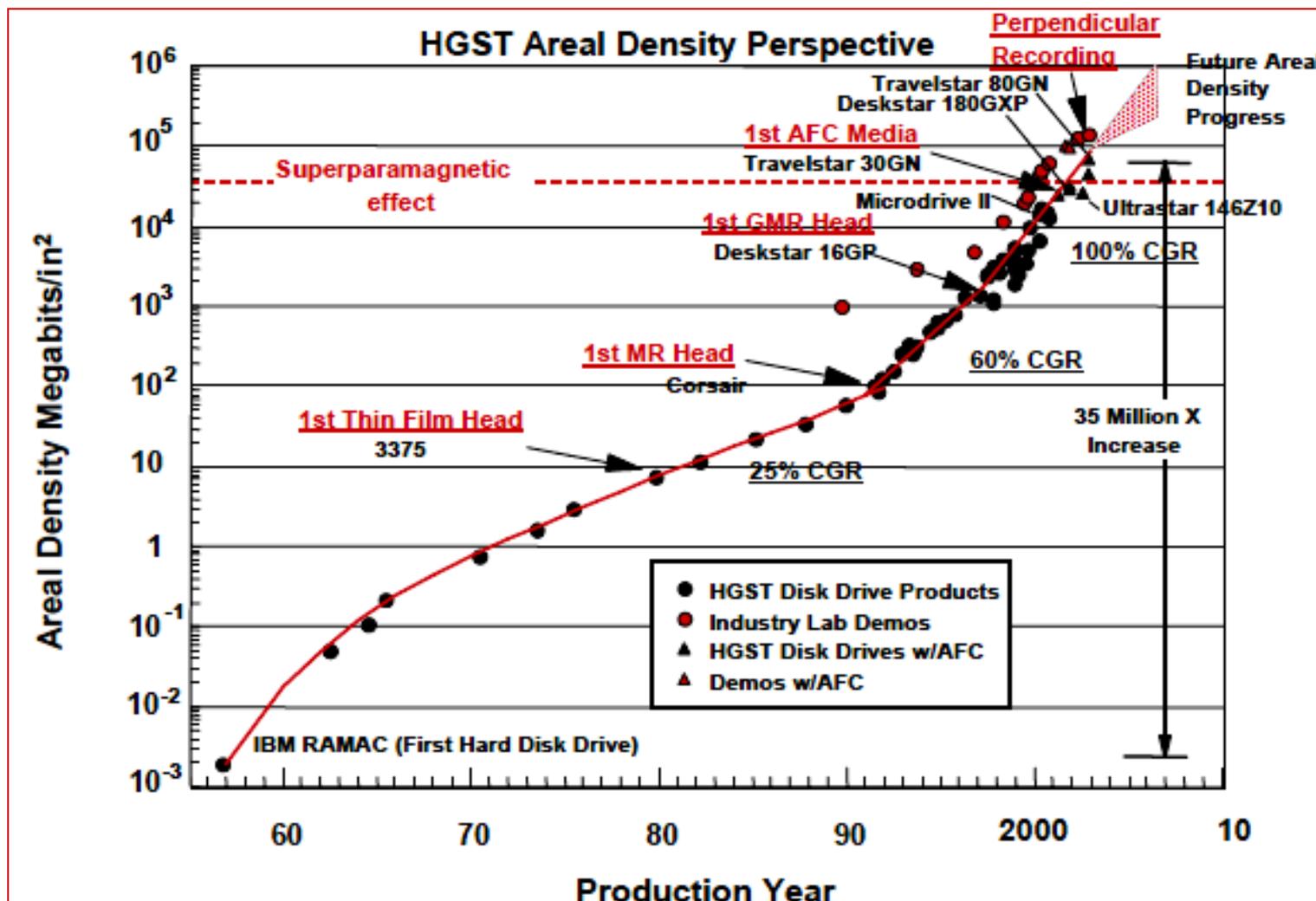
## 1997: L'EFFETTO GMR ENTRA NEL MERCATO



1994: Stuart Parkin (IBM Almaden) usa l'effetto GMR per progettare sensori per scrittura e lettura di dischi magnetici.

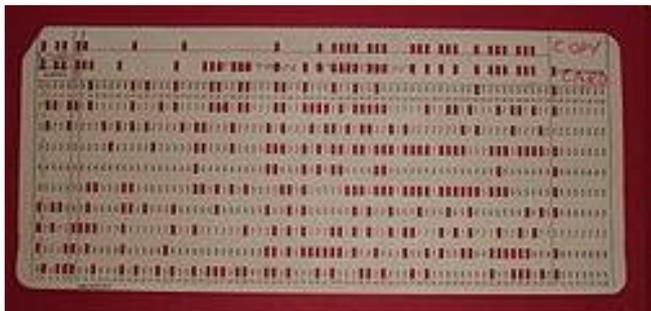
1997: IBM introduce testine magnetiche basate sull'effetto GMR. Oggi la tecnologia e' usata in tutta la produzione mondiale di dischi magnetici. La testina GMR e' stata fondamentale per aumentare di 30 volte la densità di dati dal 1997 a oggi (da 2 a piu' di 70 gigabits per pollice quadro).

**MESSAGGIO: I SALTI TECNOLOGICI (*BREAKTHROUGH*) NON SONO PREVEDIBILI**

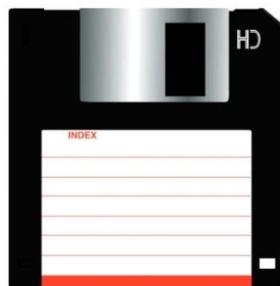


In mezzo secolo la capacità di storage è aumentata di 8 ordini di grandezza

# EVOLUZIONE DELLO STORAGE



**Scheda perforata - 80  
byte ( $\approx 10^2 = 0.1$  Kb), 4 gr**



**Floppy 0.72  
Mb ( $\approx 10^6$ )**



**CD 650  
Mb ( $\approx 10^9$ )**



**DVD 10-50  
Gb ( $\approx 10^{10}$ )**

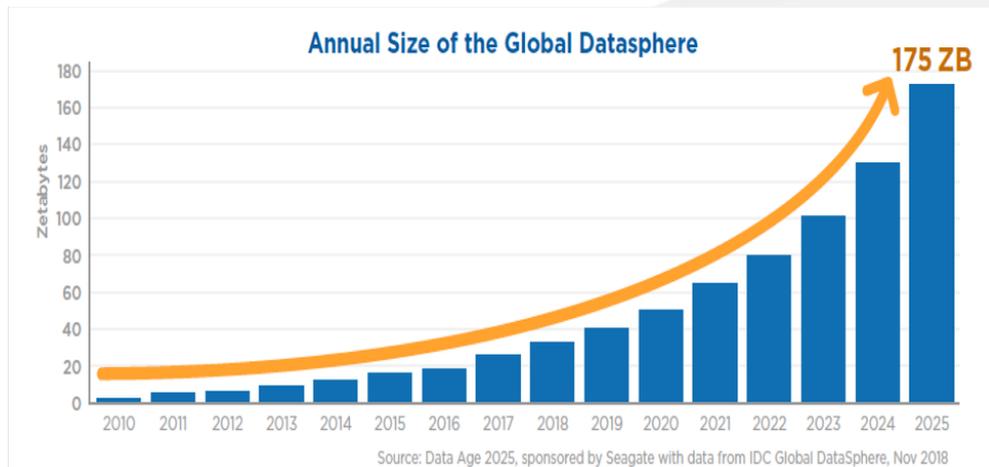


**Hard disk, 1 Tb ( $\approx 10^{12}$ )**



**Stessa informazione su  
scheda perforate**

**2000 TIR da 20 tonnellate!**

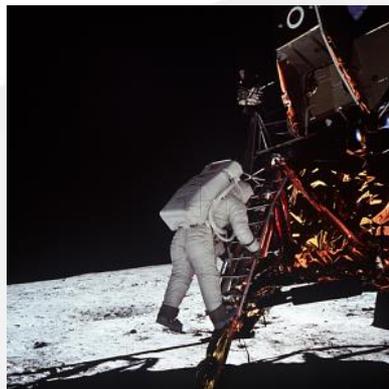


Nel 2025 verranno prodotti 175 zettabytes di dati

1 ZB =  $10^{21}$  byte = 1 trilardo di byte = un miliardo di Terabyte

Nel 2025 il 60% di questi dati sarà stoccato in dischi magnetici

Senza storage magnetico non ci sarebbe «intelligenza artificiale»



## **Apollo Guidance Computer**

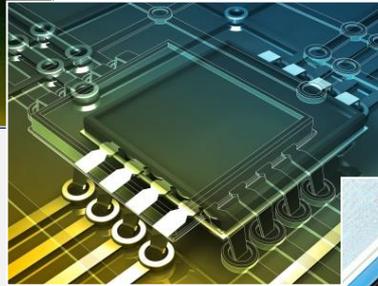
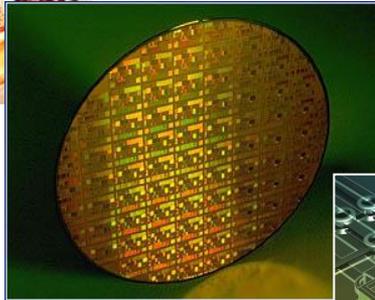
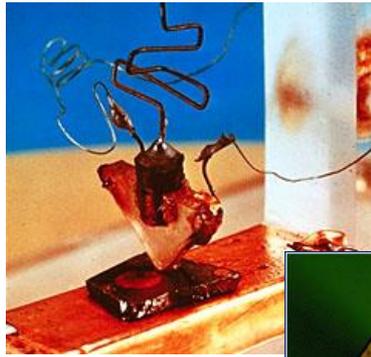
Era basato su una unità di calcolo da 2 MHz di velocità di clock, di 2 Kwords di memoria RAM e di circa 30 Kwords di memoria. Dimensioni 610x320x170 mm



## **I-Phone 7**

Processore da 2 GHz, 2 Gb di memoria RAM, memoria illimitata (cloud). Dimensioni 138x67x7 mm

1000 volte più potente, 1000 volte più piccolo  
Un milione di volte più efficace



*L'era del silicio:* 1947 nasce il transistor e con esso la rivoluzione microelettronica che porta computer, internet e smartphone  
Le nanotecnologie sono arrivate

Internet oggi:

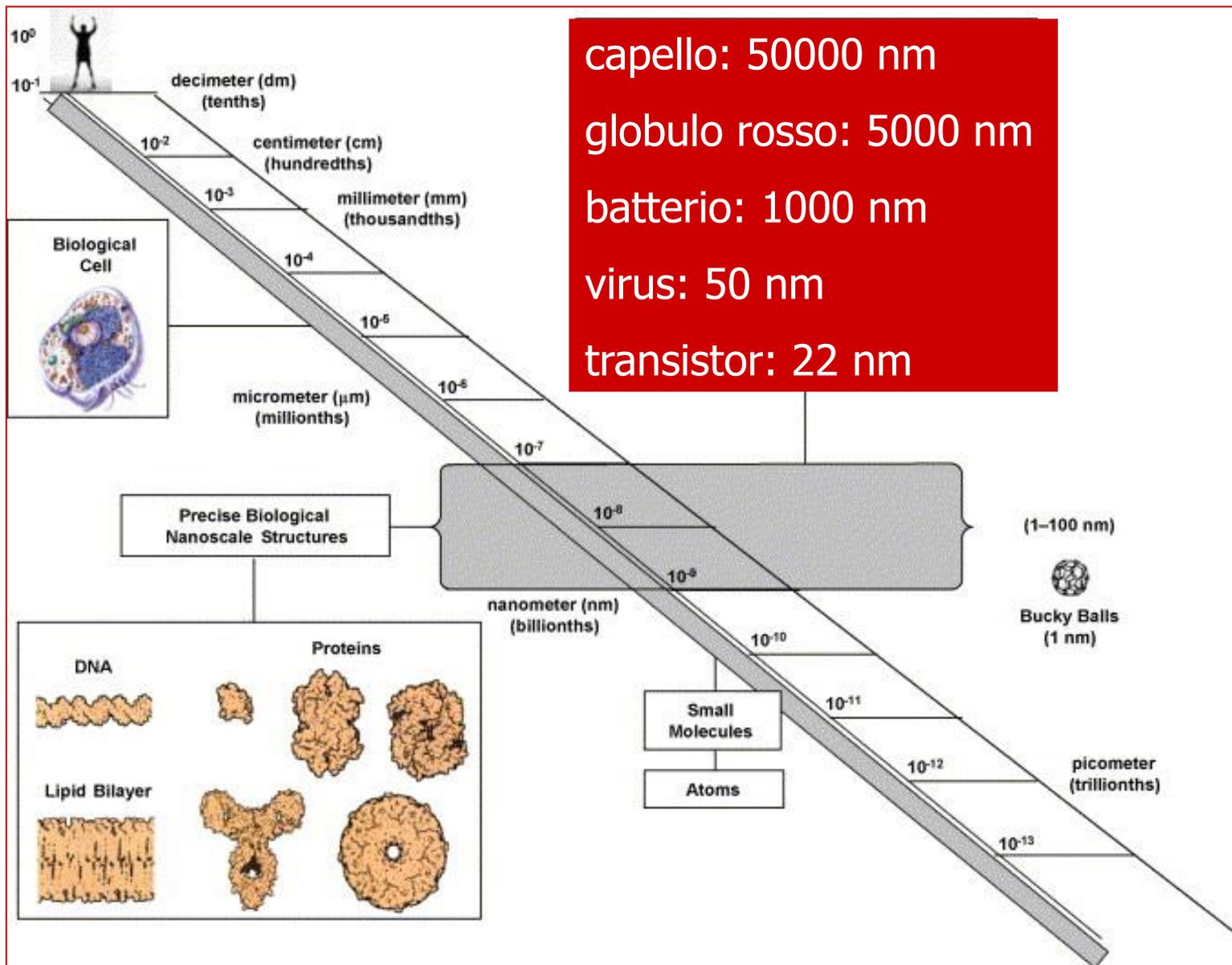
4,7 miliardi di utenti (2021)

4,2 miliardi di utenti di social networks

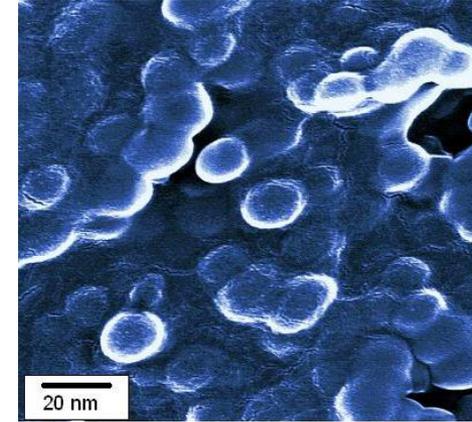
5,2 miliardi di telefoni cellulari (2021)

1,2 miliardi di siti web (2021)

# NANOTECNOLOGIE – 1 nm (miliardesimo di metro)

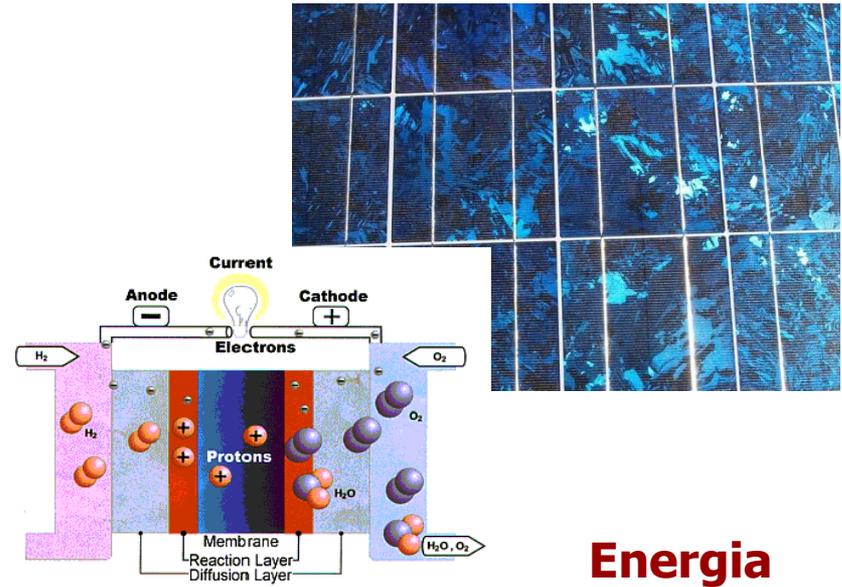


# NANOPARTICELLE





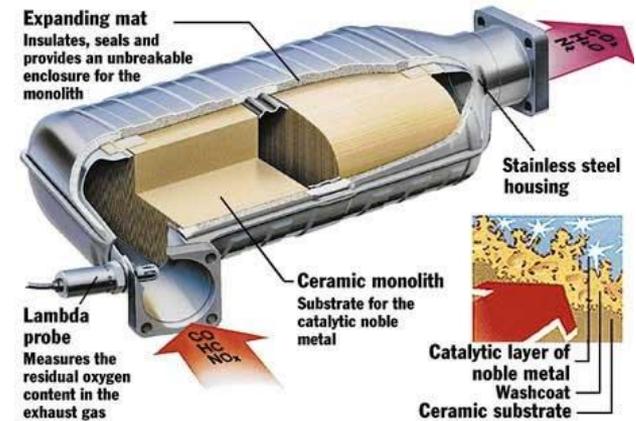
**Materiali**



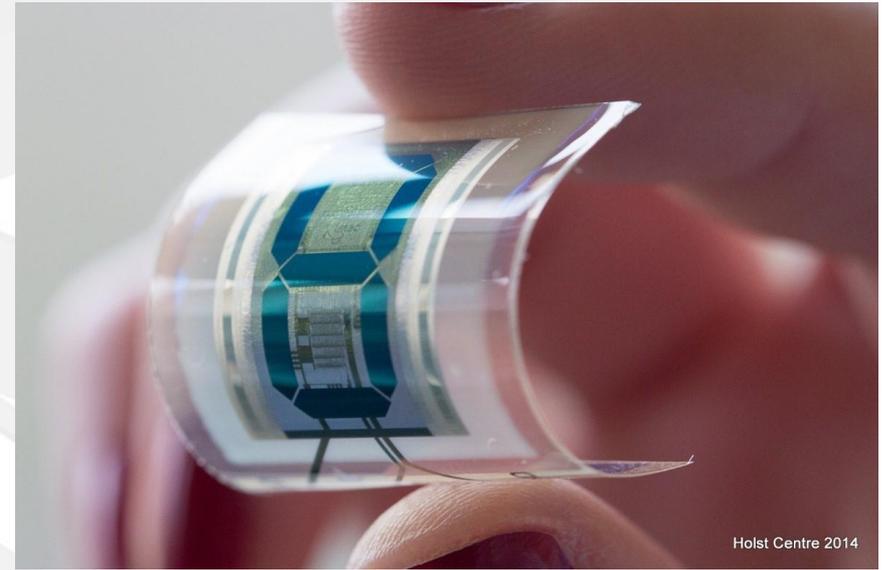
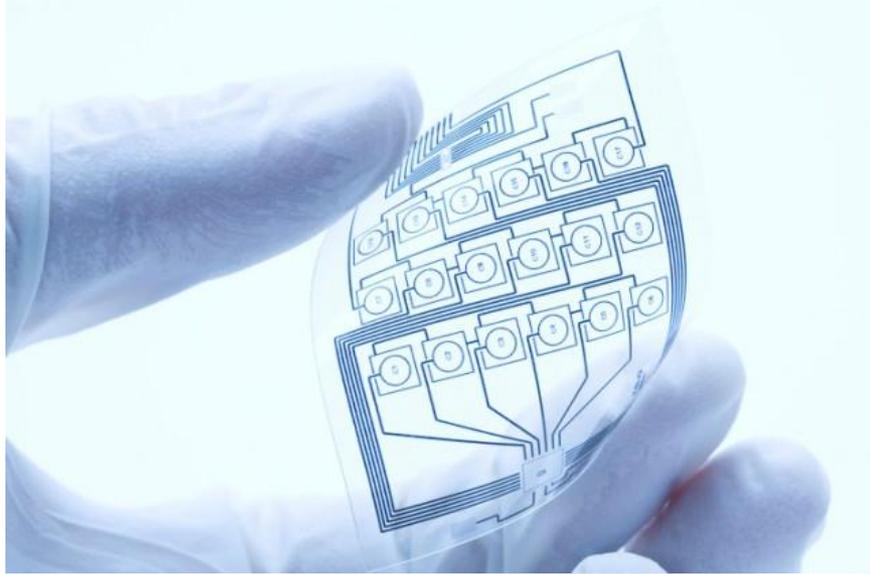
**Energia**



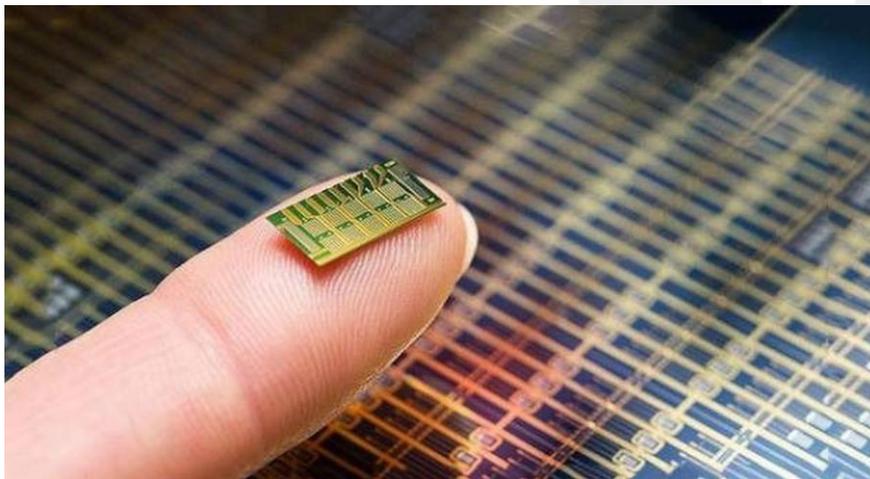
**Ambiente**



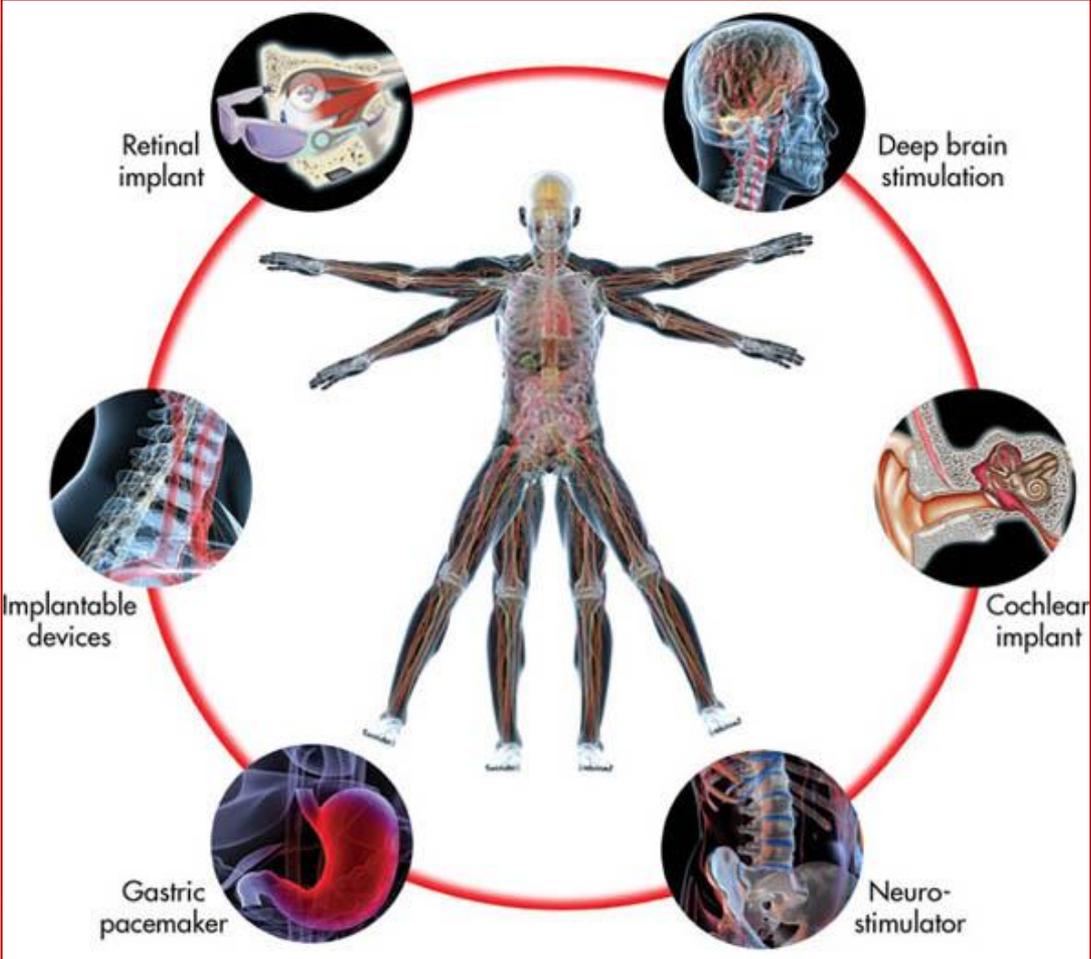
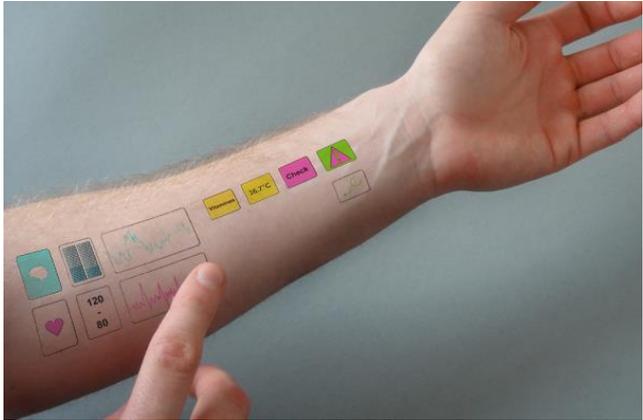
# ELETTRONICA MINIATURIZZATA E FLESSIBILE



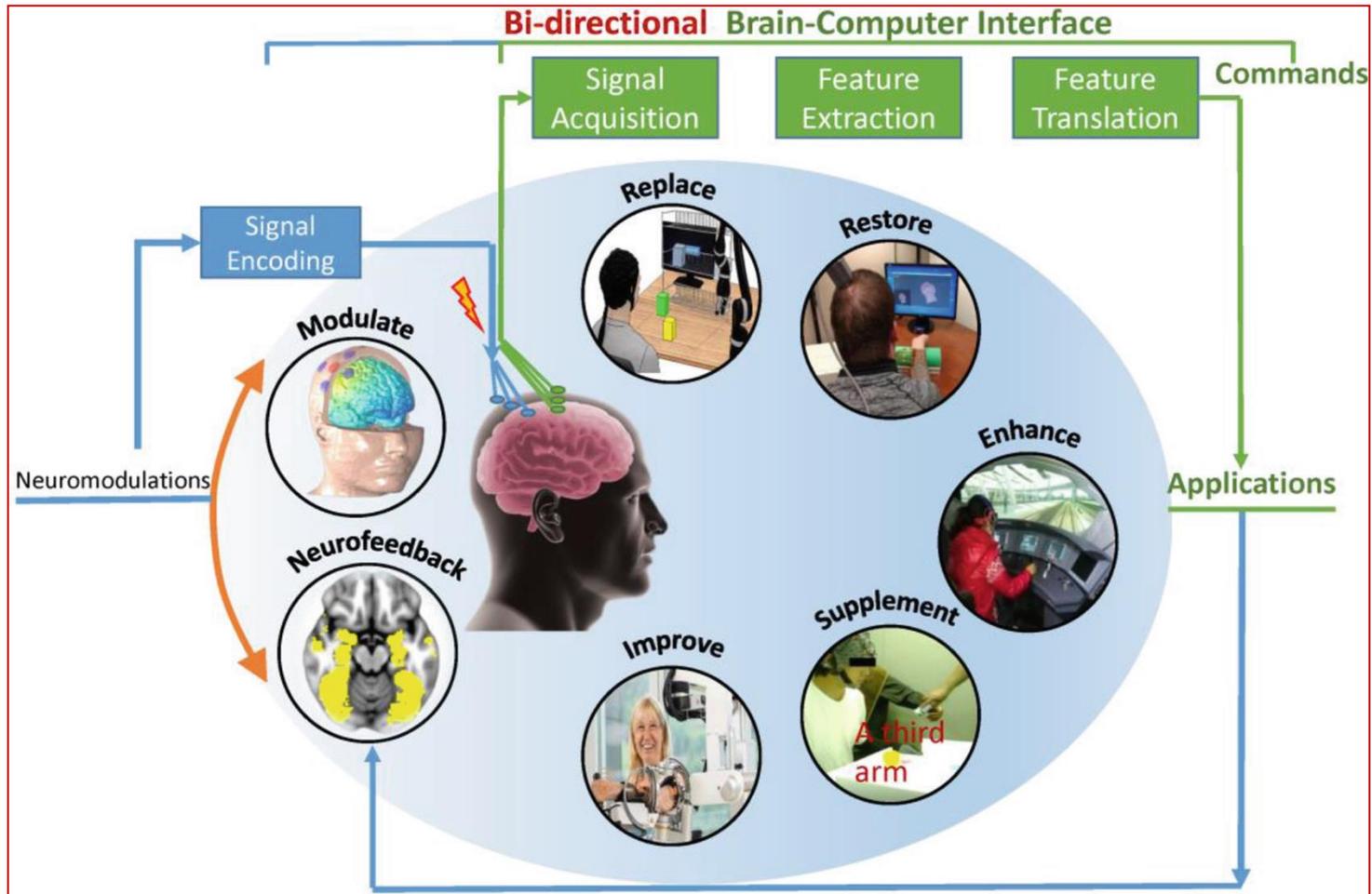
Holst Centre 2014

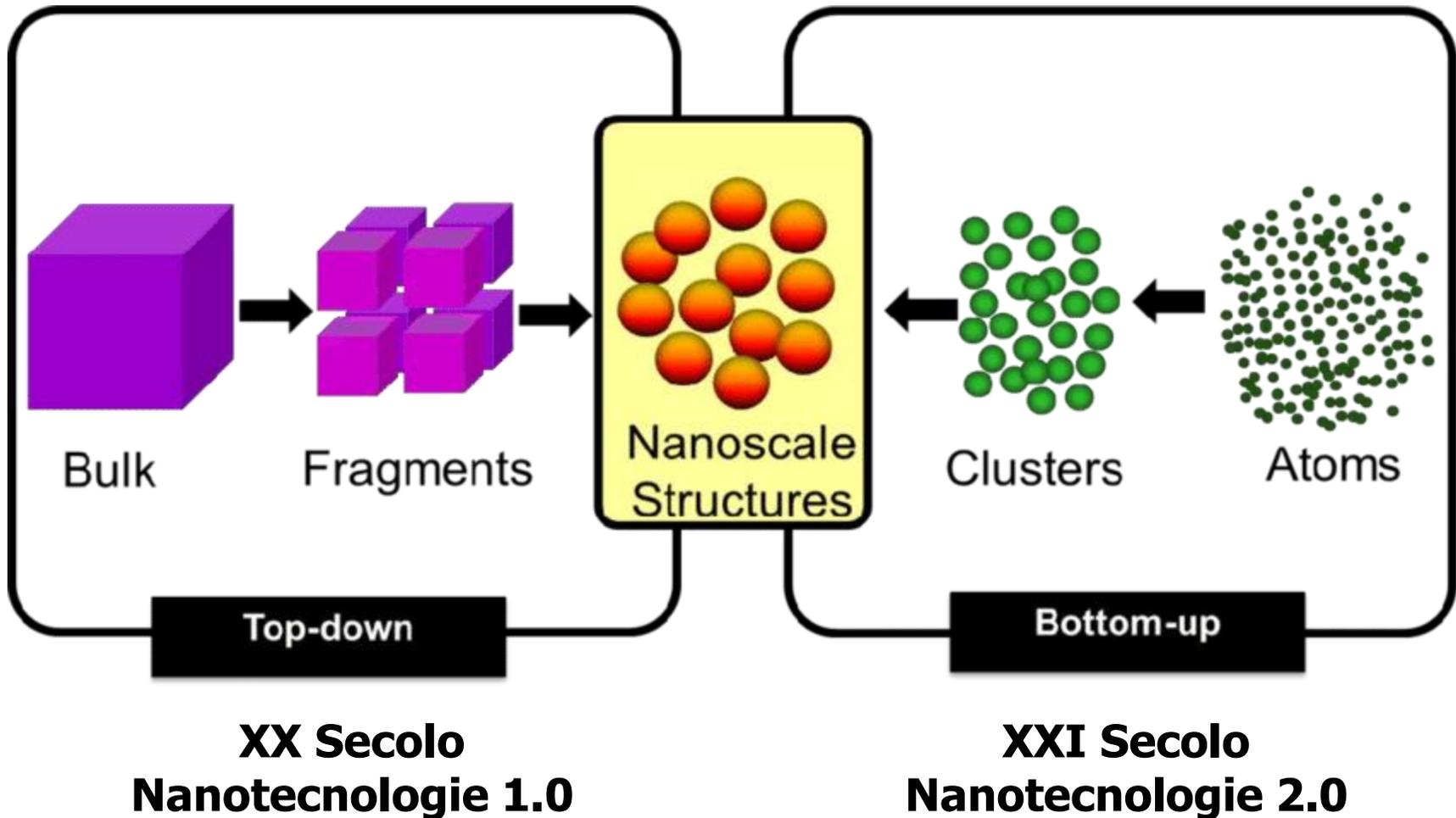


# ELETRONICA IMPIANTABILE



## Brain computer interface







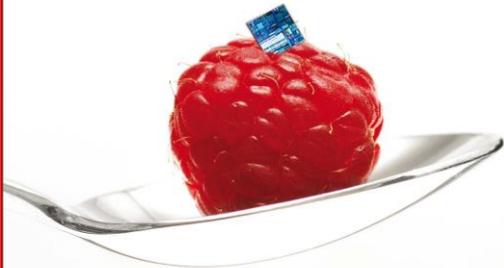
Le sfide del futuro possono essere risolte solo con nuovi materiali e nuove tecnologie (sostenibili!)

Il futuro non e' prevedibile. Guardiamo a dove eravamo 20 anni fa ... e scopriremo che il futuro e' gia' qui



Gianfranco Pacchioni  
**Quanto è piccolo  
il mondo**

Sorprese e speranze dalle nanotecnologie



CHIAVI DI LETTURA **ZANICHELLI**

parliamone

Gianfranco Pacchioni

**Nanotecnologie!**  
Una rivoluzione già iniziata



scienza  
express



**GIANFRANCO  
PACCHIONI**

IL **NANO** MONDO  
DAI **VIRUS** AI  
**TRANSISTOR**

edizioni  
Dedalo