

DALL'INVENZIONE DELLA CARTA ALL'iPhone

Come le nanotecnologie hanno cambiato il mondo



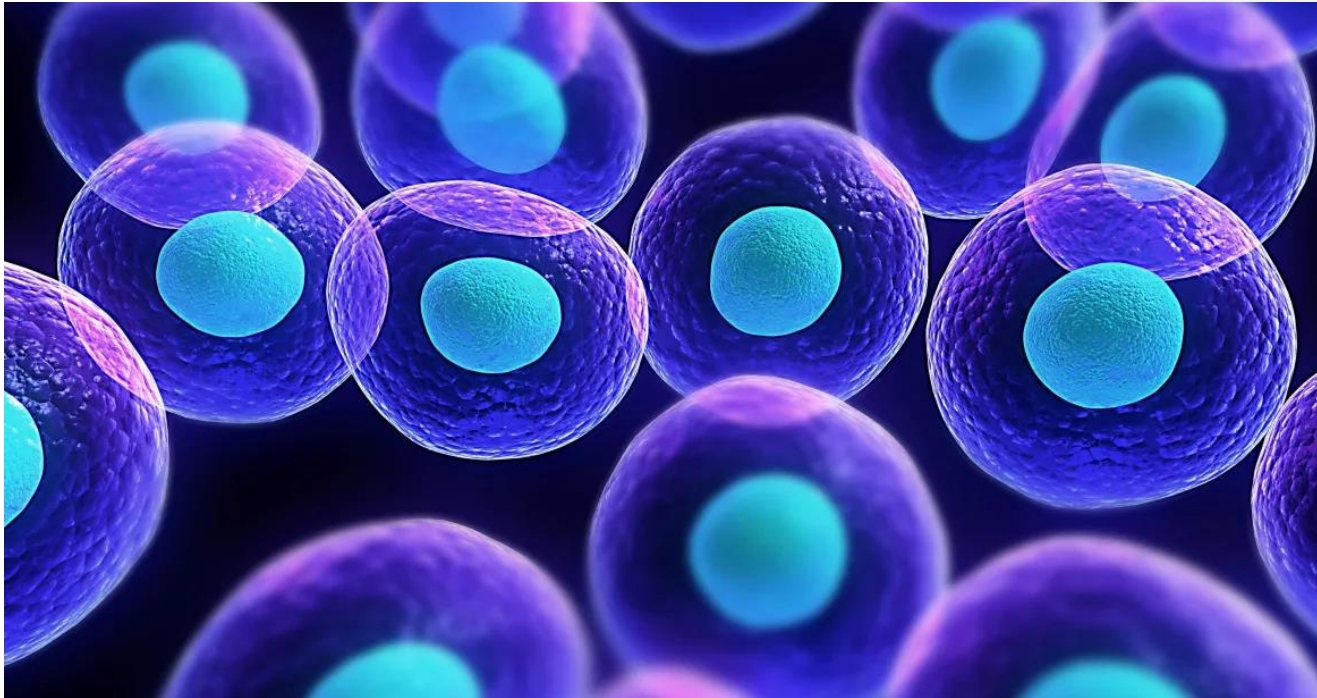
Gianfranco Pacchioni

*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.

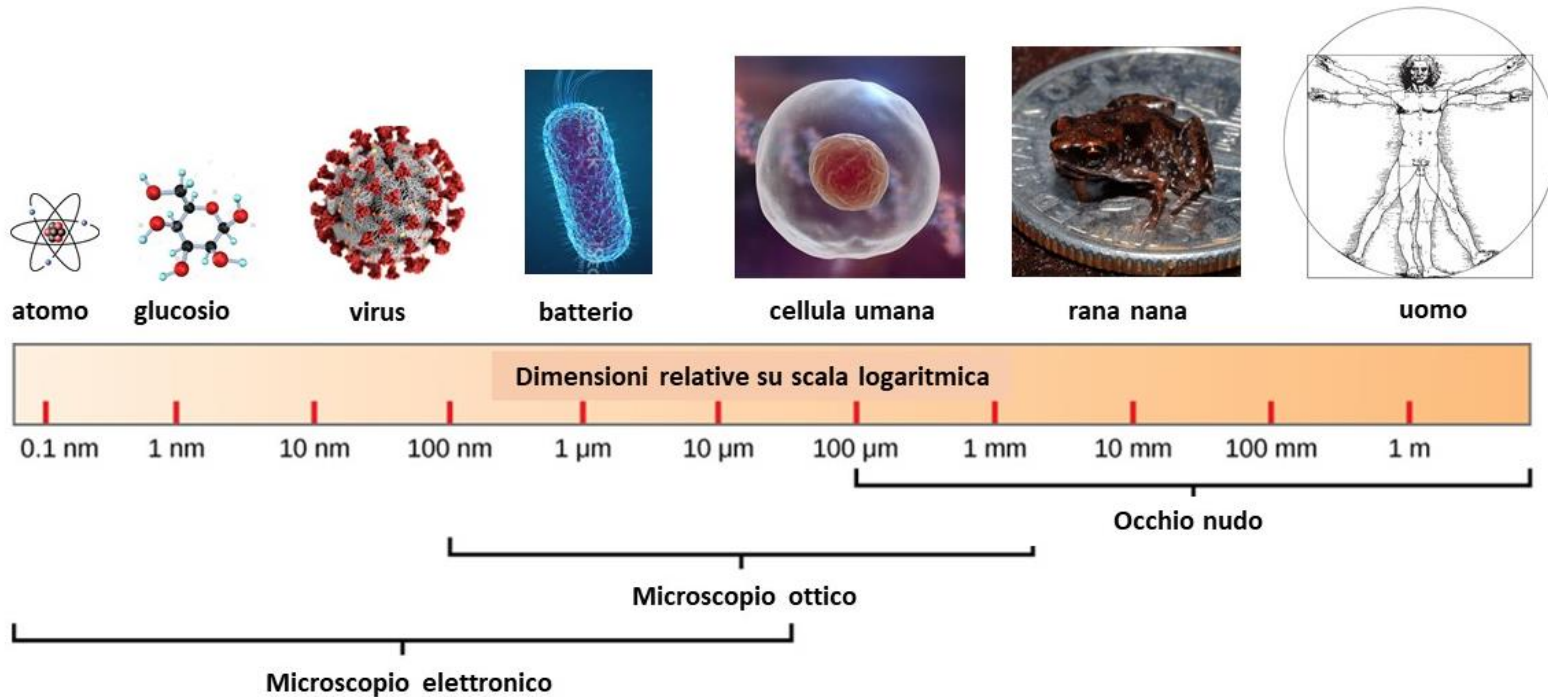
Anton van
Leeuwenhoek
(Delft, 1632 –1723)
inventore del
microscopio

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 5×10^{30} batteri, 10 milioni di volte tutte le stelle dell'universo (3×10^{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.

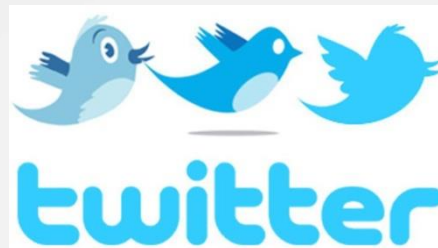


Mentre l'influsso delle stelle sulla nostra vita è praticamente nullo (salvo il Sole) quella del nanomondo ha un impatto enorme (Covid docet...)

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

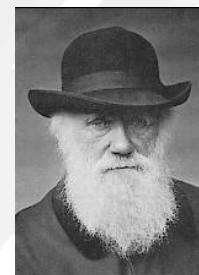


La genetica

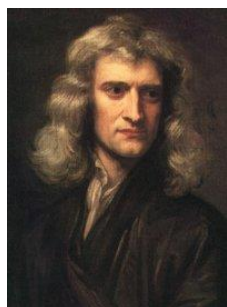
La macchina
a vapore



L'automobile



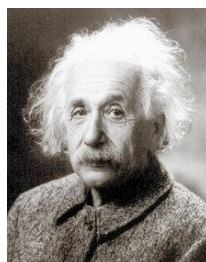
La teoria
dell'evoluzione



La gravitazione
universale

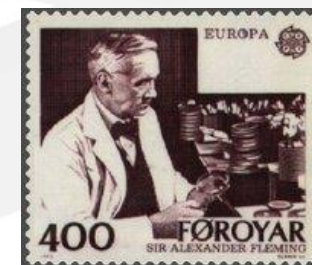


L'elettricità



La teoria della
relatività

La penicillina



NESSUNA DI QUESTE !

L'invenzione più importante degli ultimi 1000 anni?



La stampa a caratteri mobili (1455)

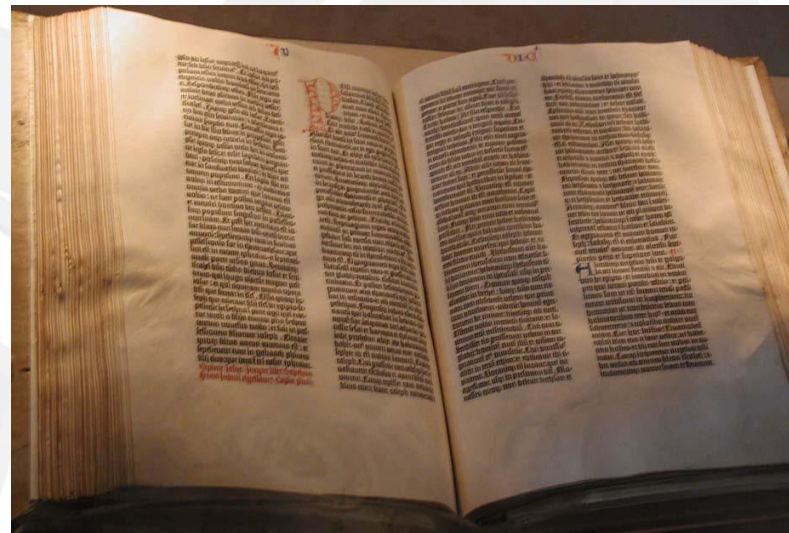
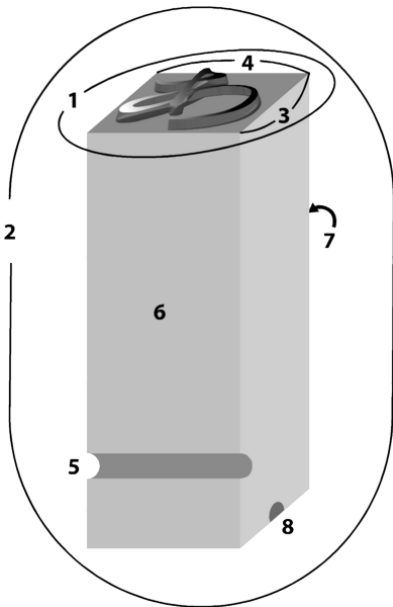
**L'uomo del millennio è
Johann Gutenberg
(Magonza 1390 – 1468)**

**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



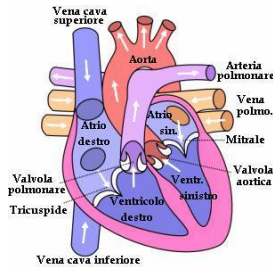
Il computer



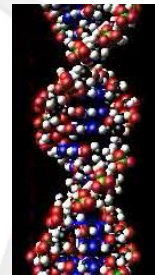
Satelliti e spazio



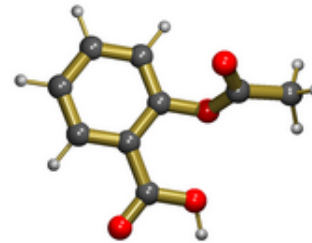
La clonazione e l'ingegneria genetica



I trapianti di organi



Il DNA

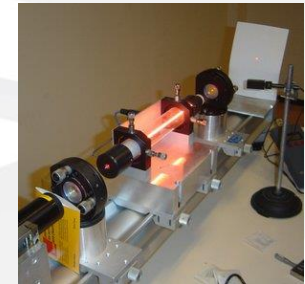


I farmaci

L'aereo



Il laser

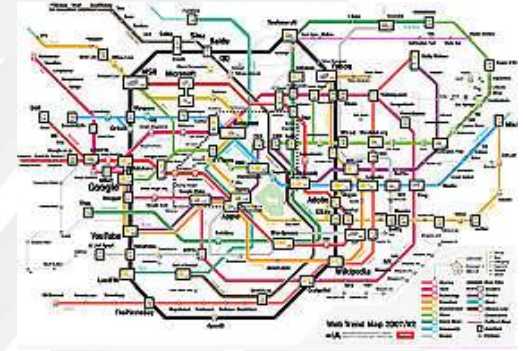


NESSUNA DI QUESTE !



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



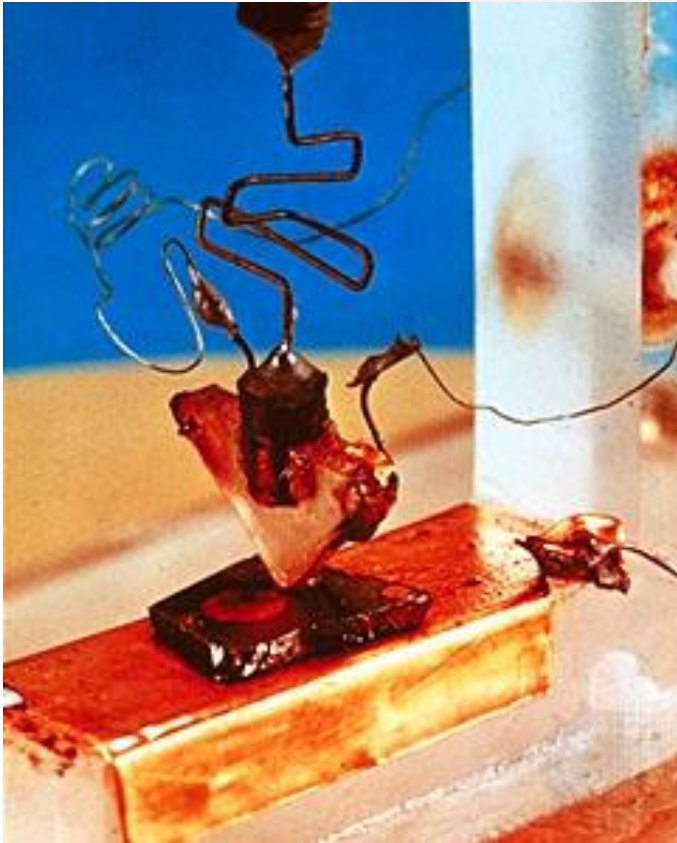
Nome: da *inter* (latino) "fra" e *net* (inglese) "rete" (1995)



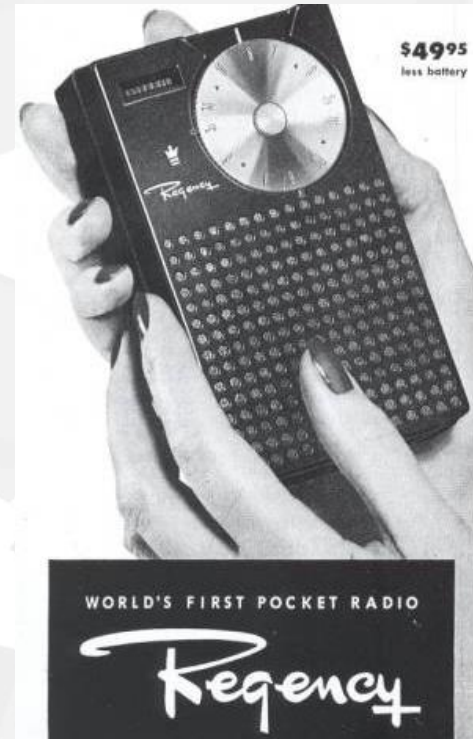
Internet si basa su nanomateriali e nanotecnologie

- 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)

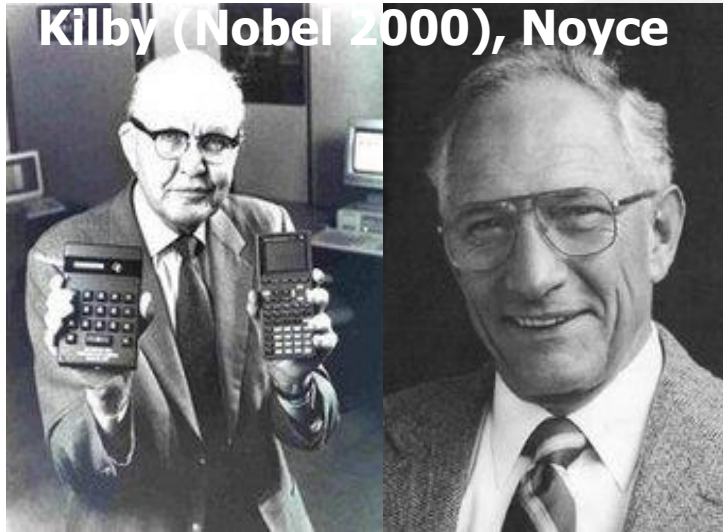


La **Regency TR1**,
la prima radio a
transistor del
mondo (1954)

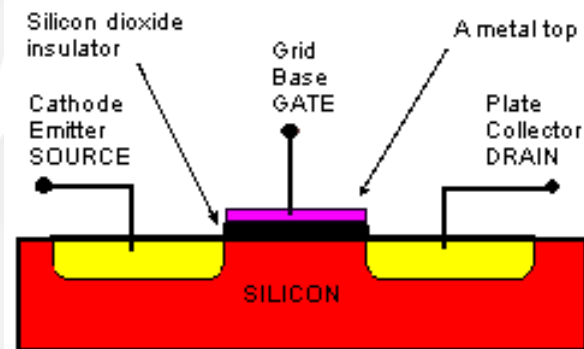
Inizia l'era della miniaturizzazione

DAL TRANSISTOR AL CIRCUITO INTEGRATO (1960)

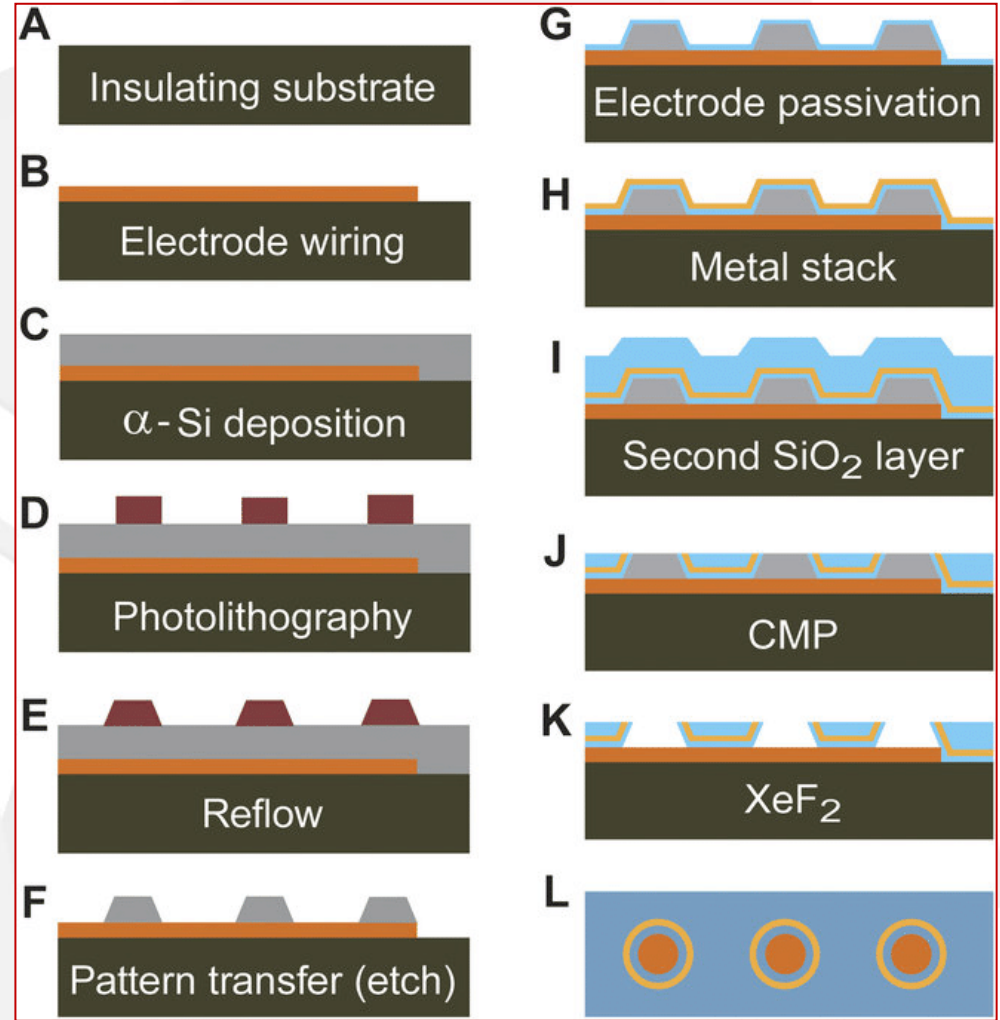
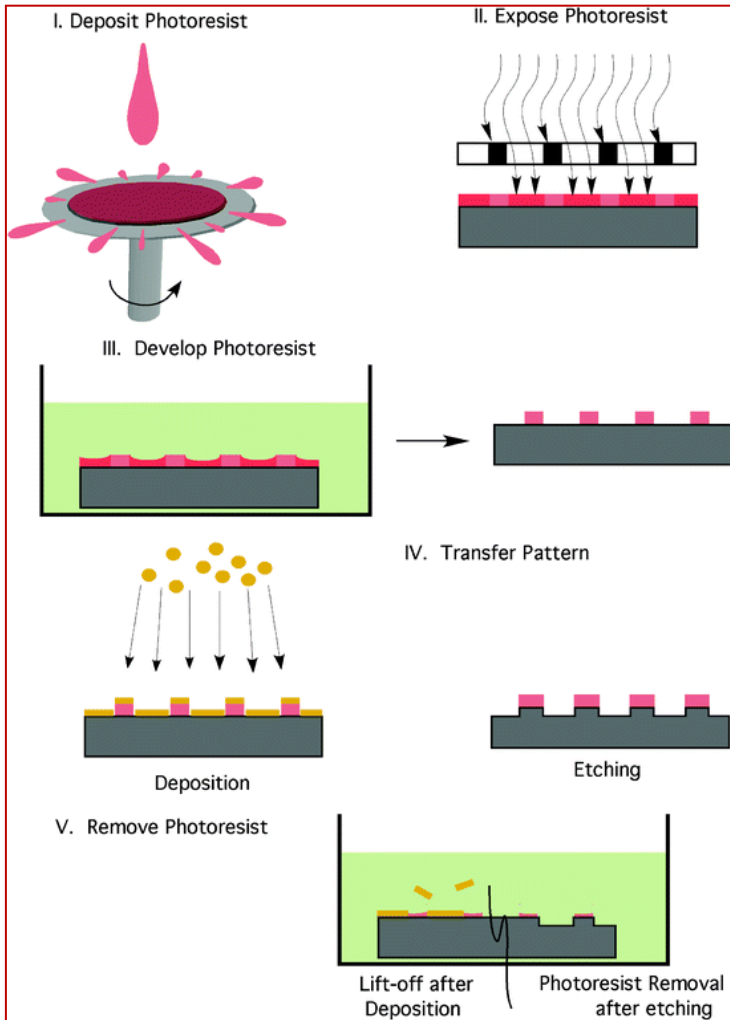
Kilby (Nobel 2000), Noyce



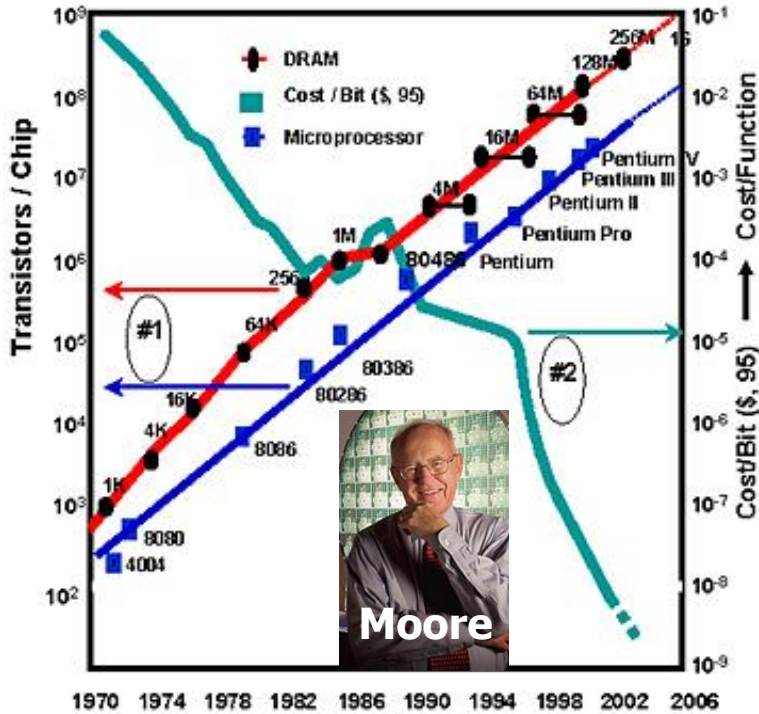
Generare i transistor direttamente su una fetta di silicio (wafer). L'informazione viene tradotta in soli due simboli, 0 e 1. Nasce l'era dell'informazione e della comunicazione digitale.



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



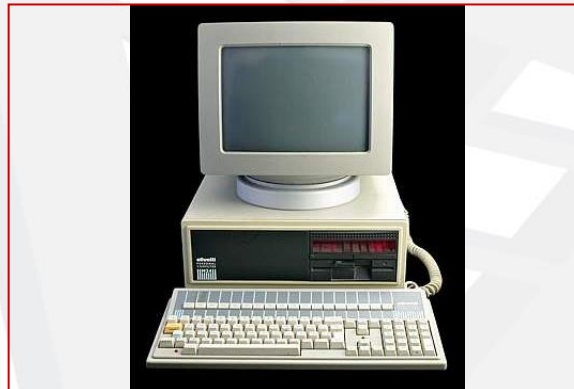
1977: TRS-80 Tandy



1977: Apple II

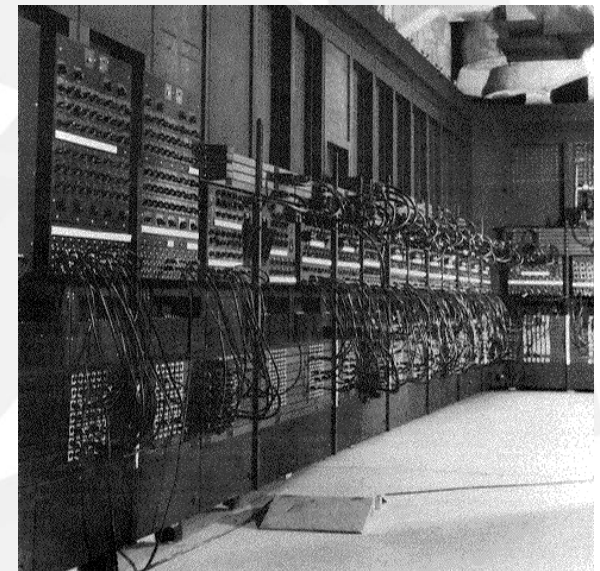


1981: PC IBM



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

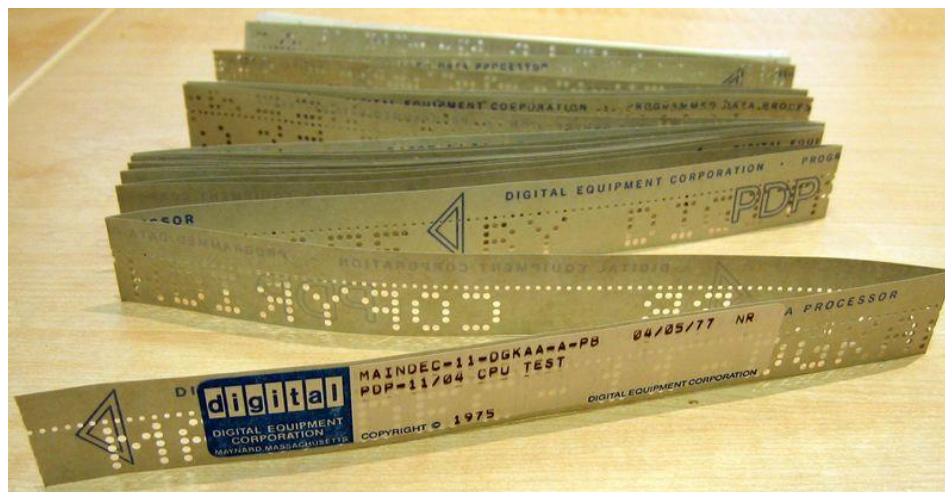
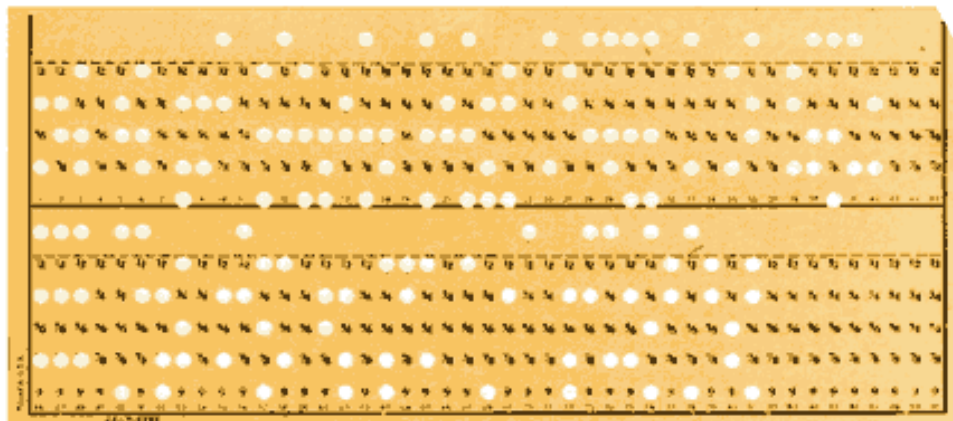
Microprocessori e caratteristiche dei transistor dagli anni '70 a oggi

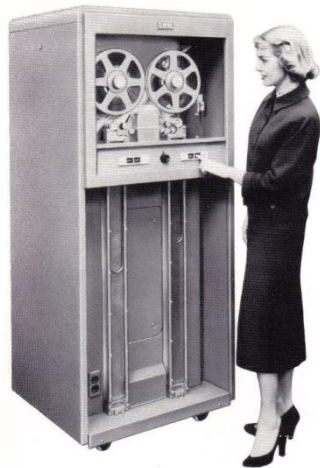
| Processore | Anno | N. di transistor | Dimensioni |
|----------------------------|------|------------------|------------|
| Intel 4004 | 1971 | 2300 | 10 000 nm |
| Intel 8088 | 1979 | 29 000 | 3000 nm |
| Intel 80386 | 1985 | 275 000 | 1500 nm |
| Intel 80486 | 1989 | 1 180 000 | 1000 nm |
| Intel 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)



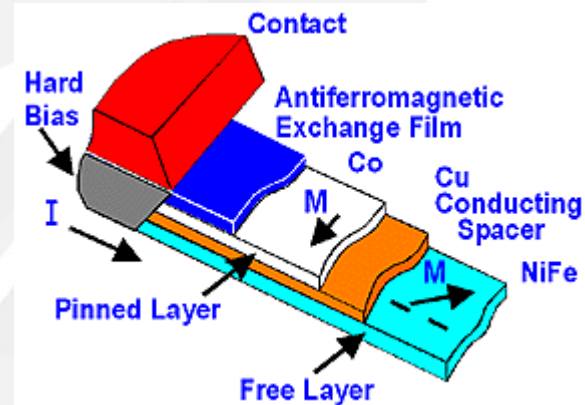
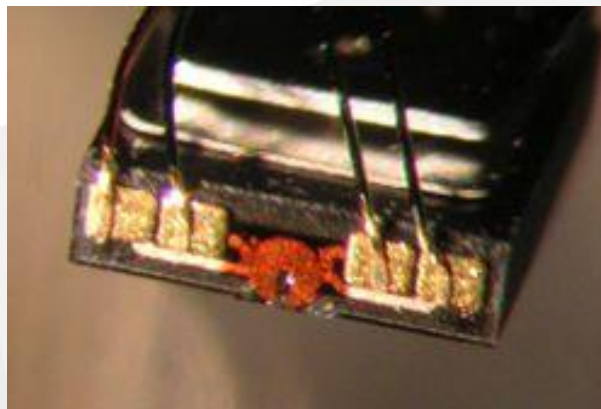
Control Data Corporation 6603 (1967) (diametro di 66 cm, 500 Kb)



1967, nasce il floppy disk IBM (da 12, 8, 5^{1/4} e 3^{1/2} pollici)



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



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



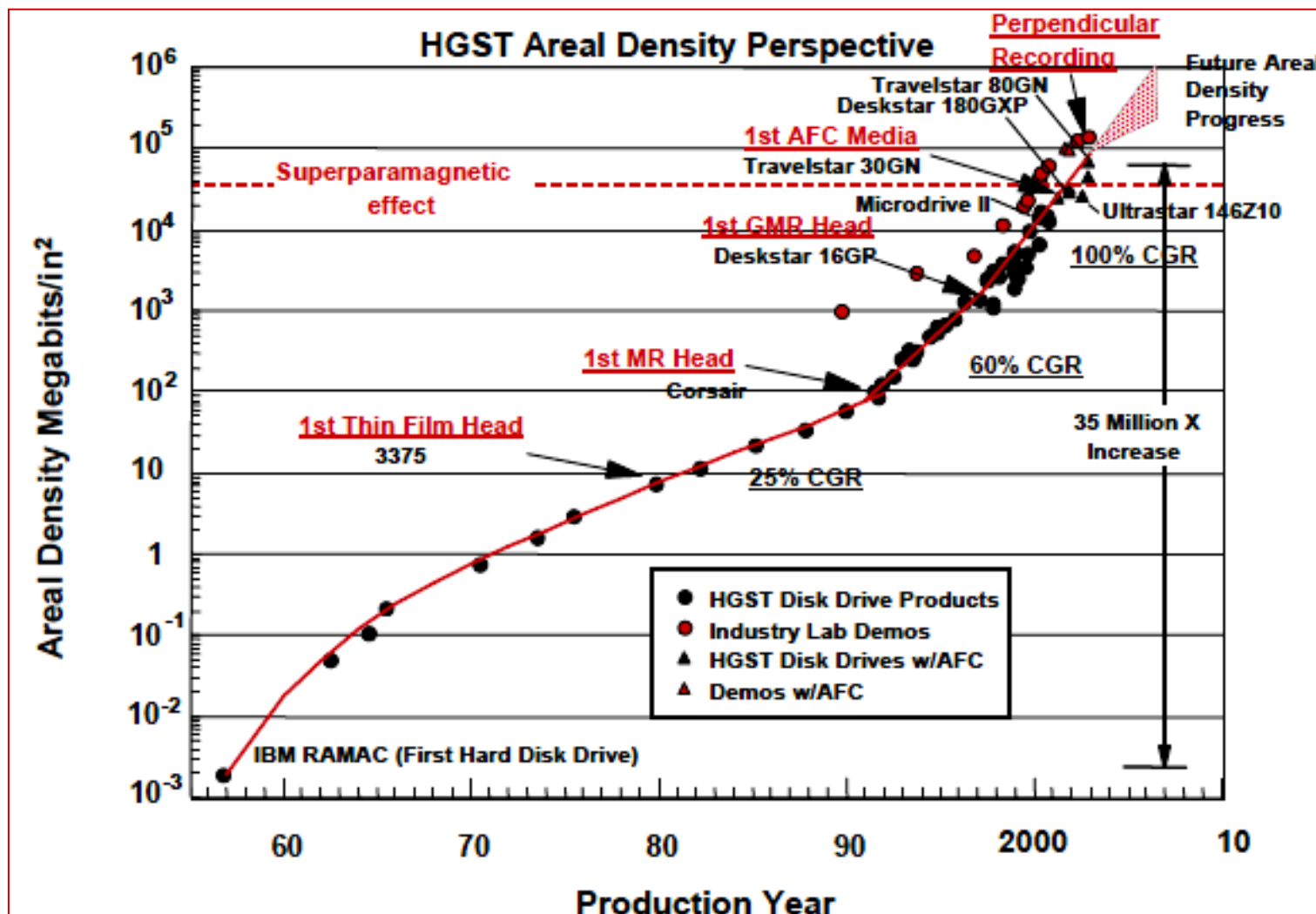
1997: L'EFFETTO GMR ENTRA NEL MERCATO



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

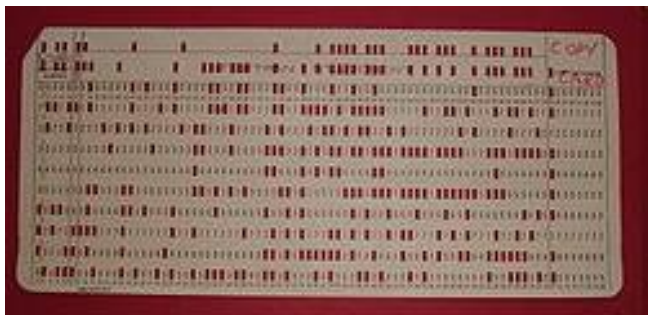
1997: IBM introduce testine magnetiche basate sull'effetto GMR. Oggi la tecnologia e' usata in tutta la produzione mondiale di dischi magnetici. La testina GMR e' stata fondamentale per aumentare di 30 volte la densità di dati dal 1997 a oggi (da 2 a piu' di 70 gigabits per pollice quadro).

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

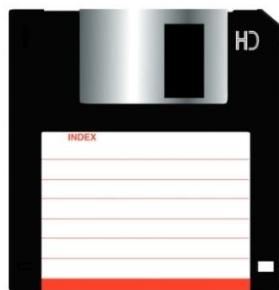


In mezzo secolo la capacità di storage è aumentata di 8 ordini di grandezza

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 ($\approx 10^{10}$)**

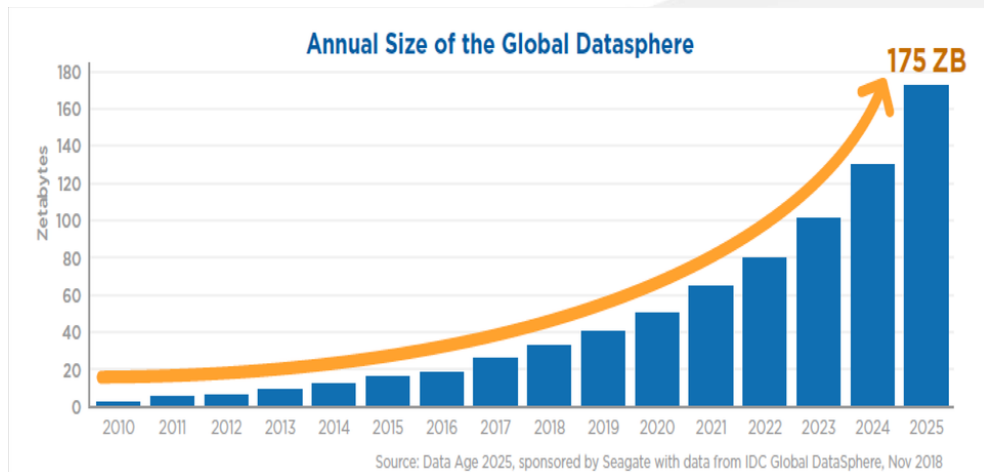


Hard disk, 1 Tb ($\approx 10^{12}$)



**Stessa informazione su
scheda perforate**

2000 TIR da 20 tonnellate!

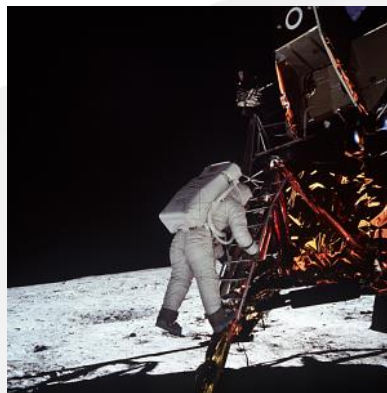


Nel 2025 verranno prodotti 175 zettabytes di dati

1 ZB = 10^{21} byte = 1 triliardo 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

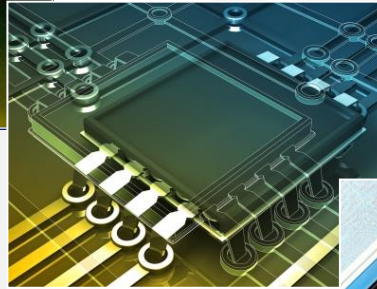
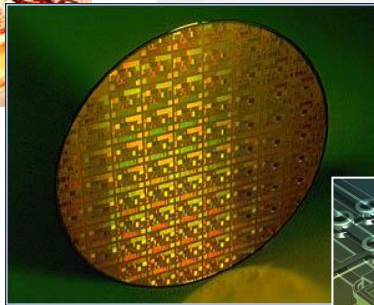
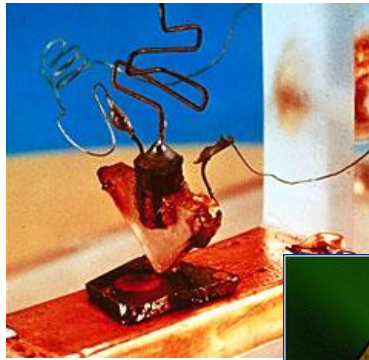
Era basato su una unità di calcolo da 2 MHz di velocità di clock, di 2 Kwords di memoria RAM e di circa 30 Kwords di memoria. Dimensioni 610x320x170 mm



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)

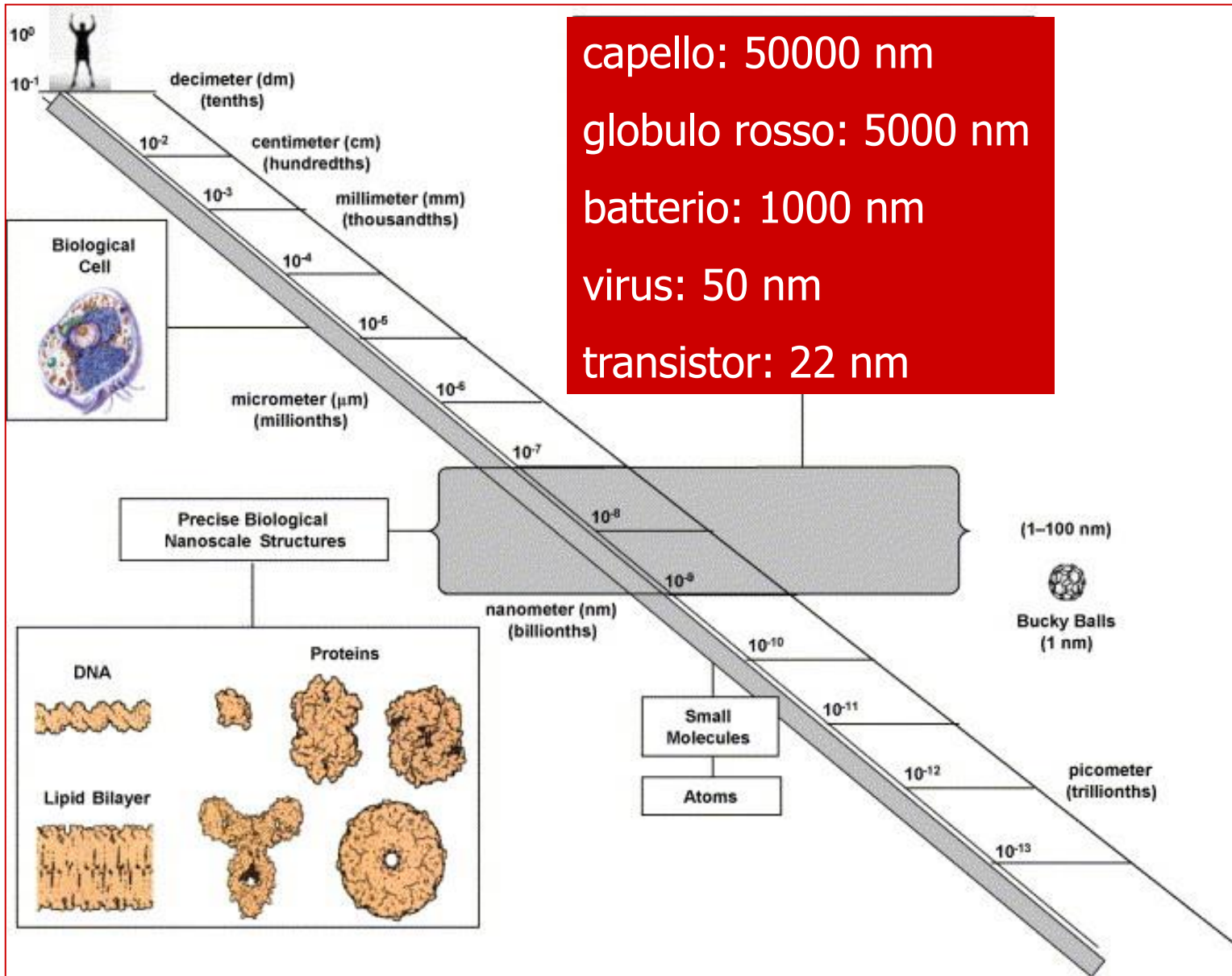
4,2 miliardi di utenti di social networks

5,2 miliardi di telefoni cellulari (2021)

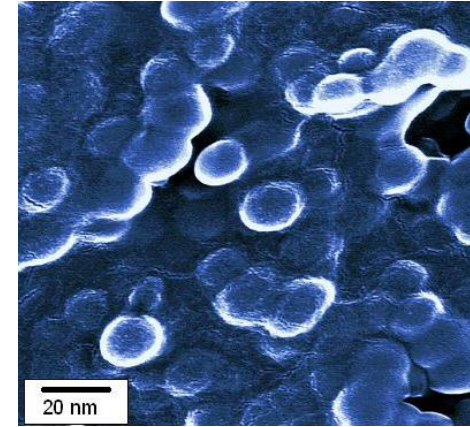
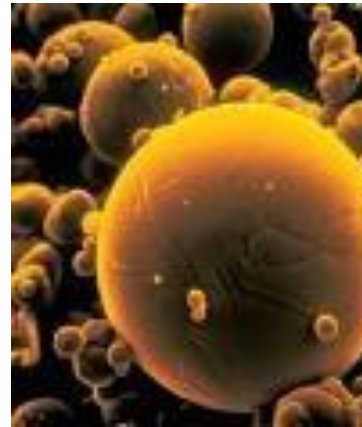
1,2 miliardi di siti web (2021)



NANOTECNOLOGIE – 1 nm (miliardesimo di metro)

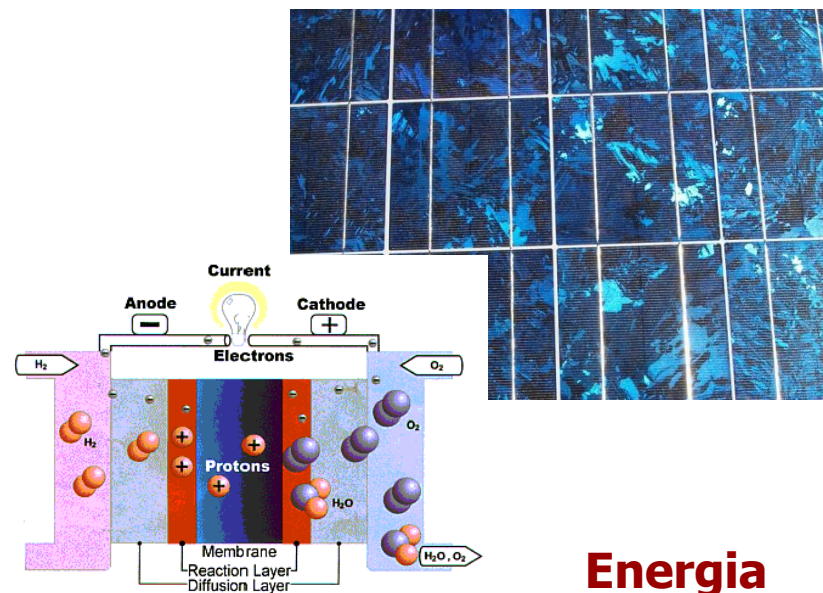


NANOPARTICELLE





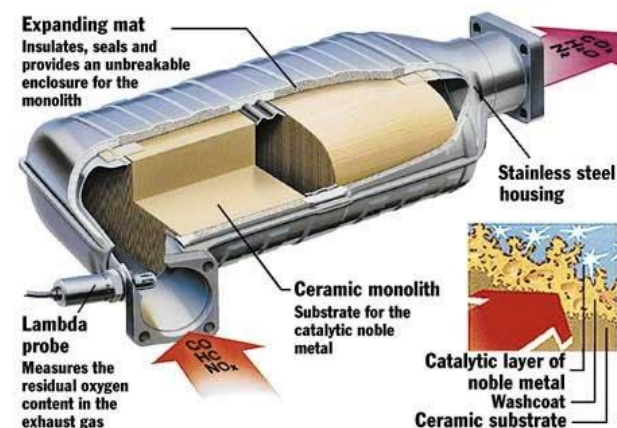
Materiali



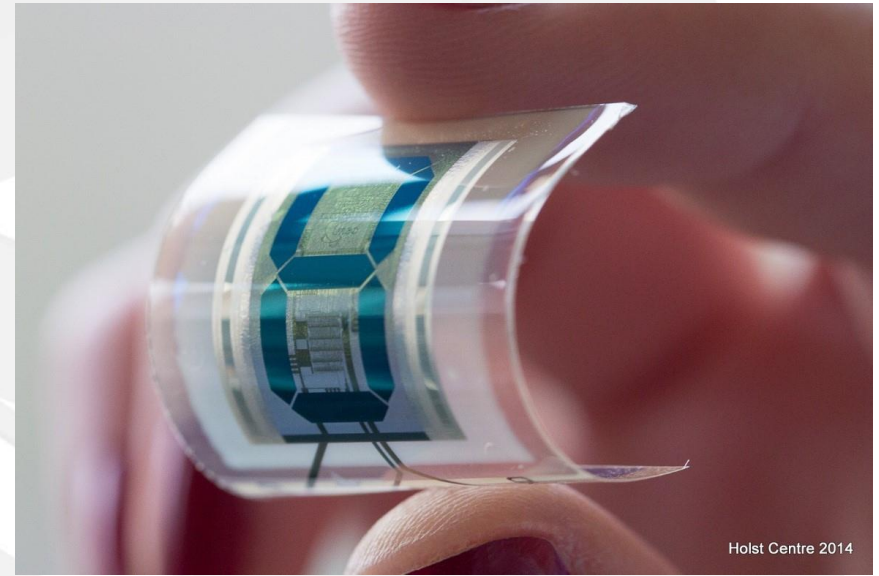
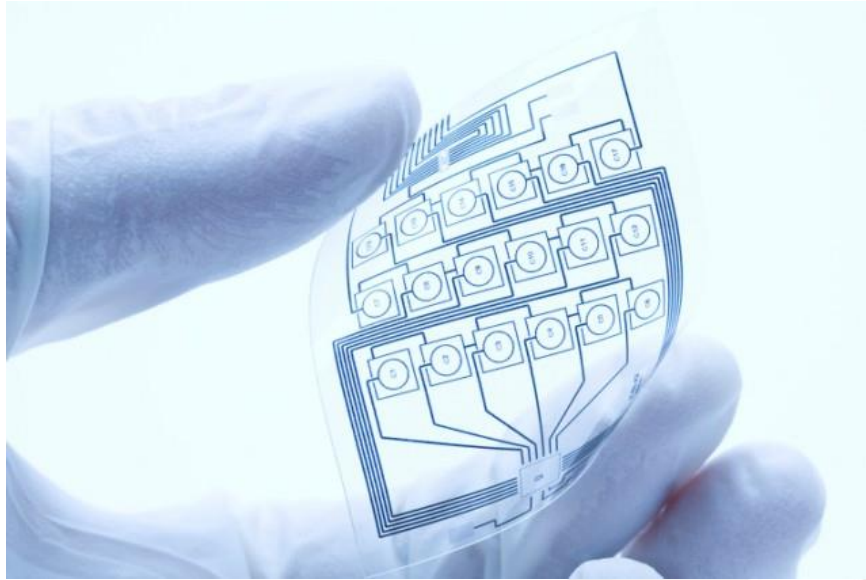
Energia



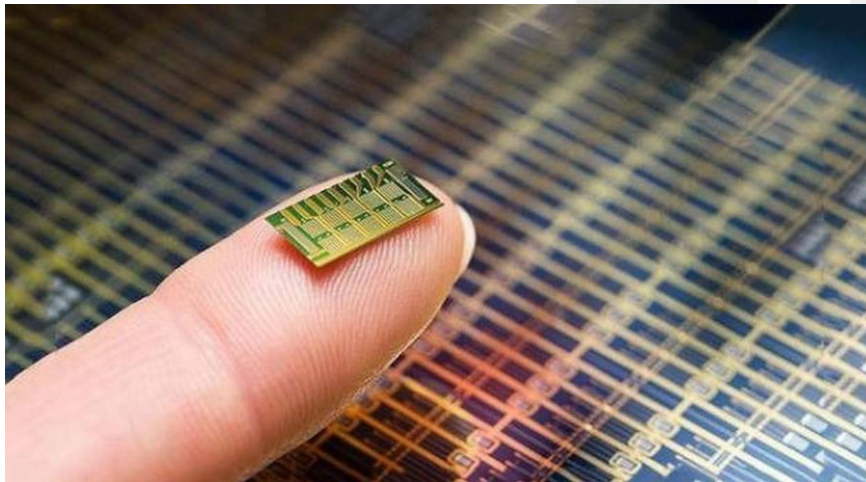
Ambiente



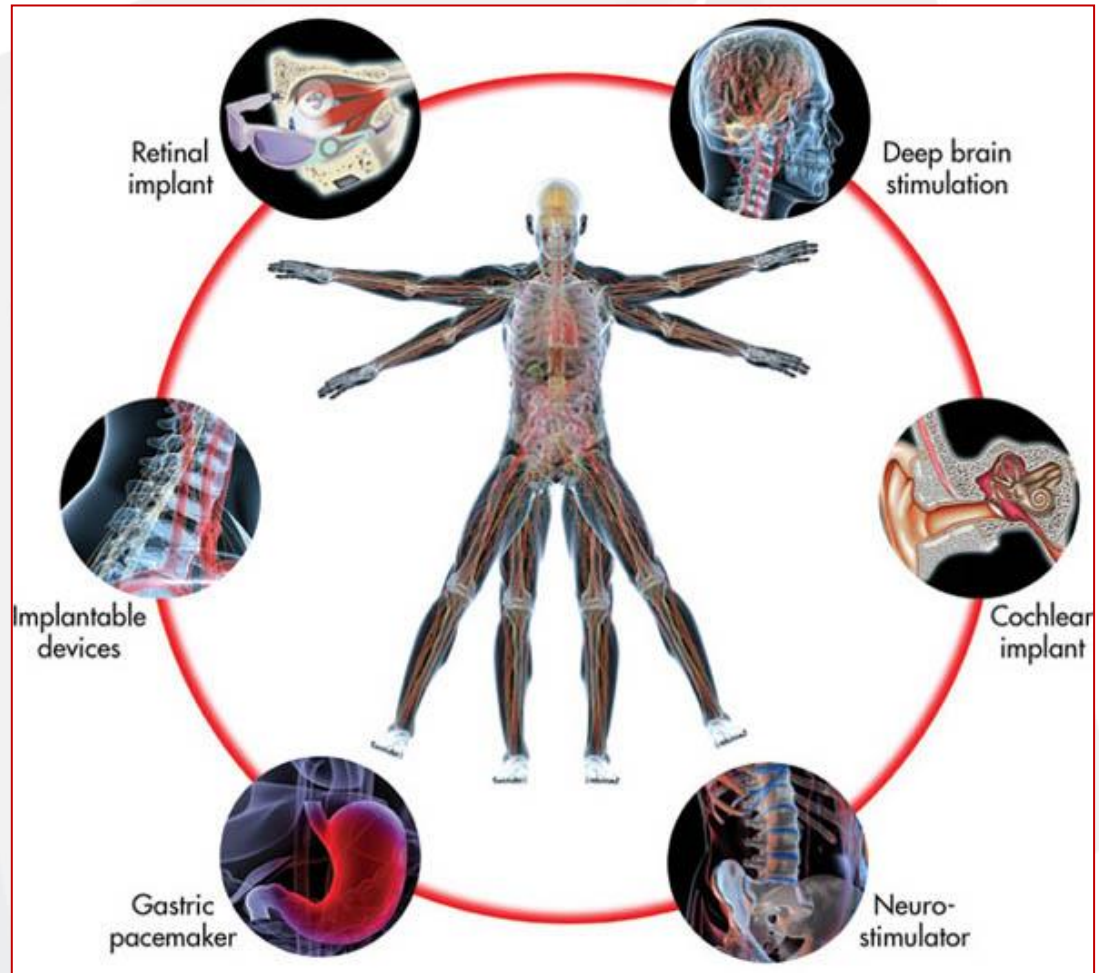
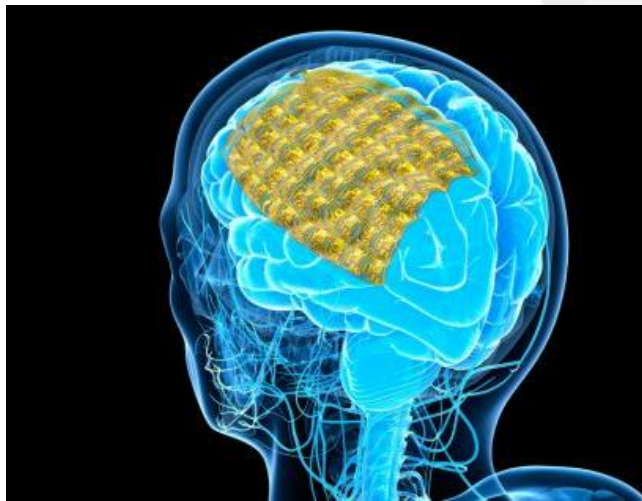
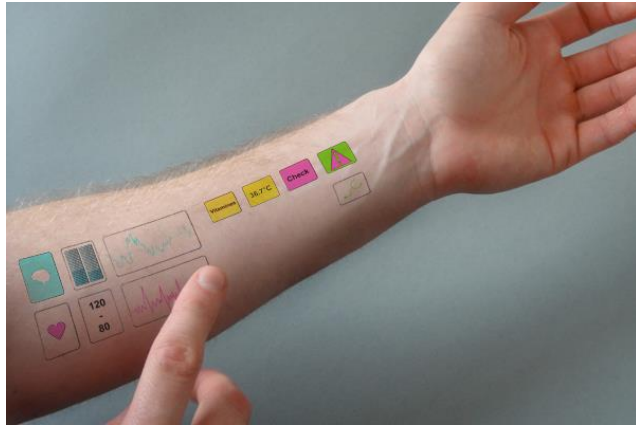
ELETTRONICA MINIATURIZZATA E FLESSIBILE



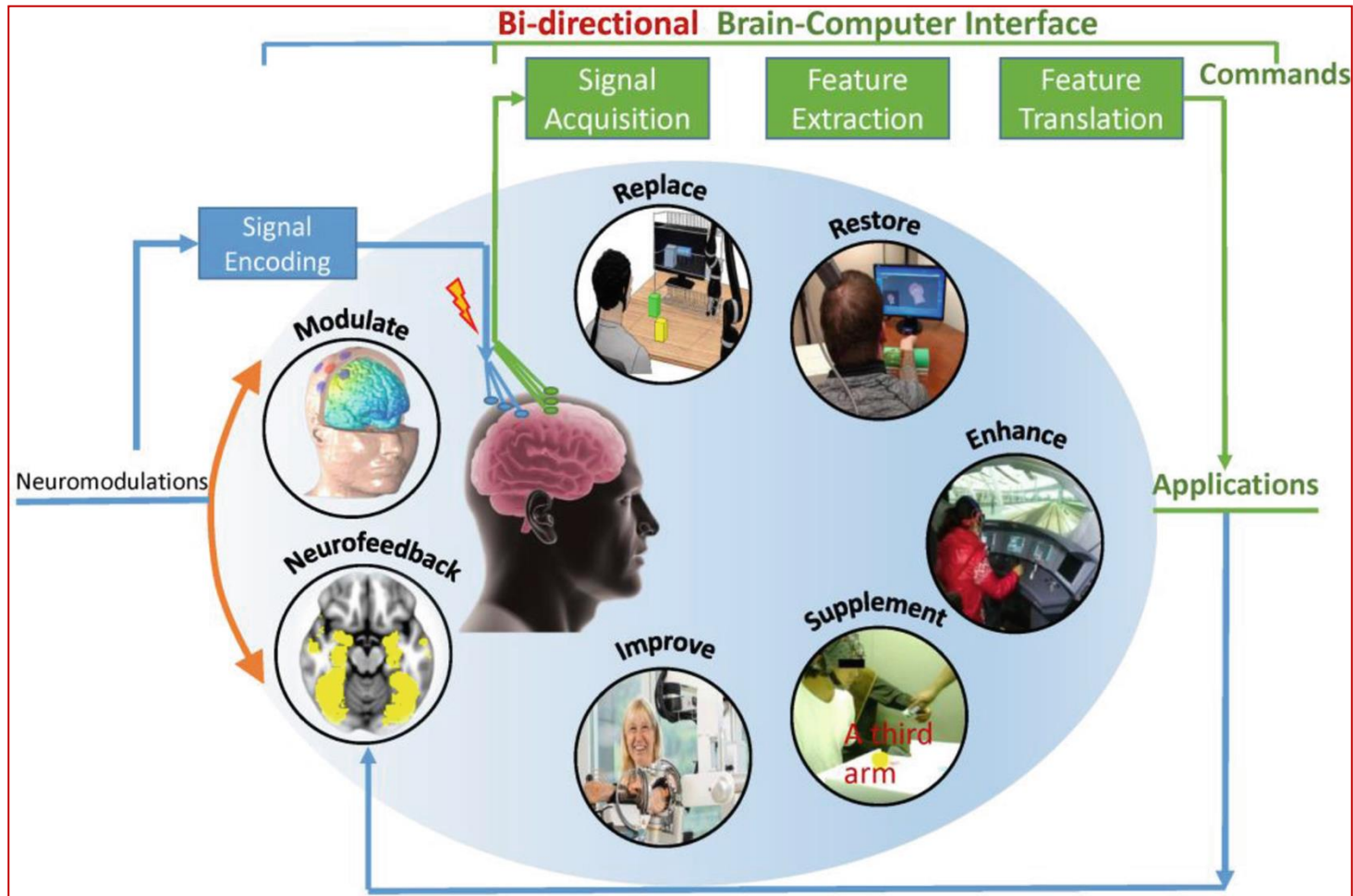
Holst Centre 2014

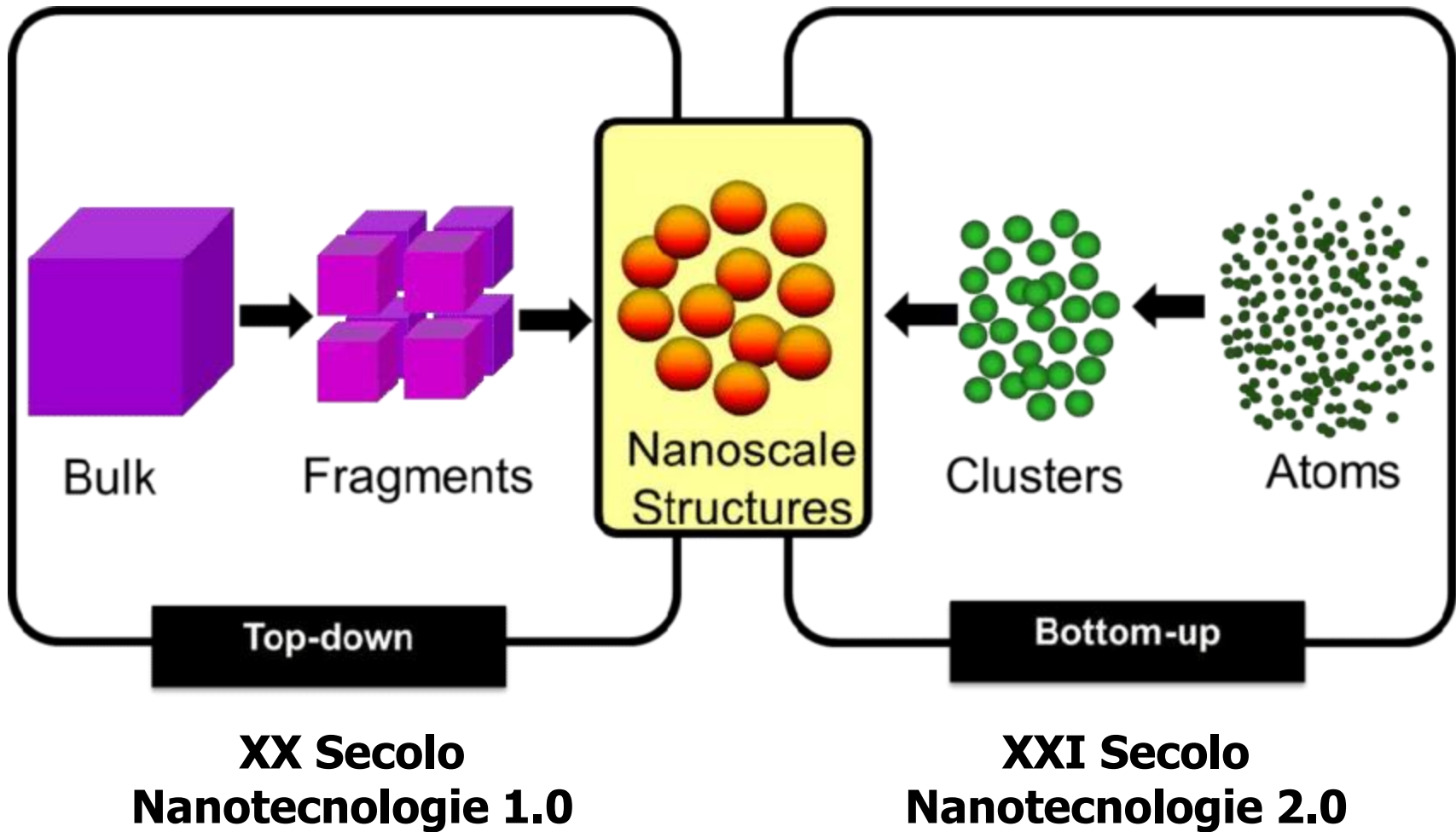


ELETRONICA IMPIANTABILE



Brain computer interface







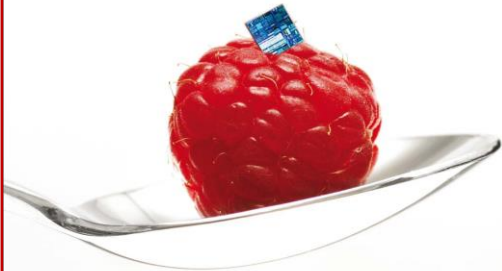
Le sfide del futuro possono essere risolte solo con nuovi materiali e nuove tecnologie (sostenibili!)

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

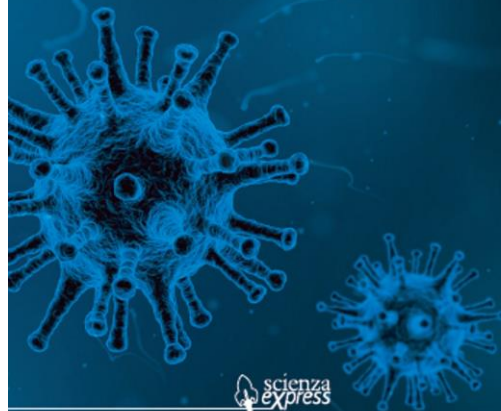


CHIAVI DI LETTURA **ZANICHELLI**

parliamone

Gianfranco Pacchioni

Nanotecnologie!
Una rivoluzione già iniziata



scienza
express



**GIANFRANCO
PACCHIONI**

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

edizioni
Dedalo