

**Tutto ciò che c'è c'è già,  
ma l'immaginazione non ha limiti.**

Maurizio Dabbicco

[maurizio.dabbicco@uniba.it](mailto:maurizio.dabbicco@uniba.it)

Optoelettronica

Sensori interferometrici

Laser a semiconduttore



$10^0$

ॐ



[Tutto ciò che c'è c'è già – Caparezza \(Michele Salvemini\)](#)

$10^1$



$10^2$



$10^3$



Dipartimento Interateneo di Fisica



$10^0$



[La biblioteca di Babele \(J.L. Borges\) – letto da Rosanna Lia](#)

$10^1$

*abcdefghijklmnopqrstuvwxyz*

$10^3$

*Casa Pane Mamma Certamente Teatro*

$10^5$

*Anamnestico Interstellare Gluone Aminoacido*



$10^0$

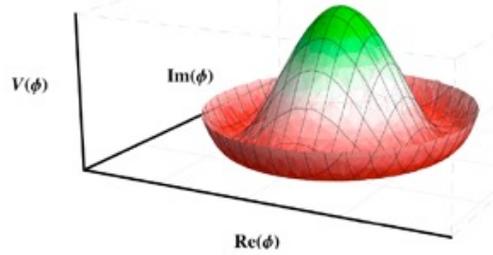
$10^1$

$10^2$

$10^3$

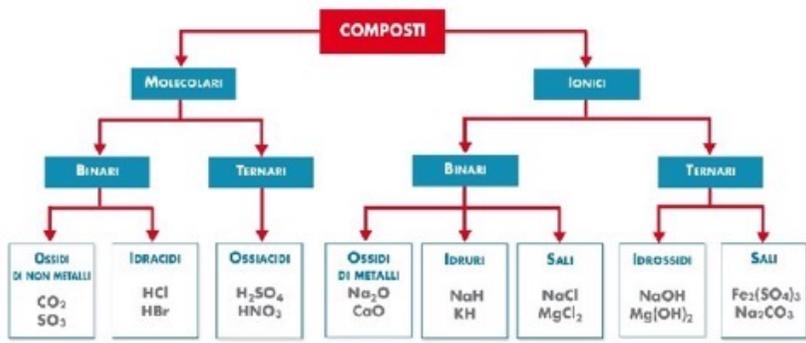
### Modello Standard delle Particelle Elementari

	tre generazioni della materia (fermioni)			mediatori delle forze / interazioni (bosoni)	
	I	II	III		
massa	=2.2 MeV/c <sup>2</sup>	=1.28 GeV/c <sup>2</sup>	=173.1 GeV/c <sup>2</sup>	0	=124.97 GeV/c <sup>2</sup>
carica	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
<b>QUARK</b>	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluone	<b>H</b> higgs
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>γ</b> fotone	
<b>LEPTONI</b>	<b>e</b> elettrone	<b>μ</b> muone	<b>τ</b> tauone	<b>Z</b> bosone Z	
	<b>ν<sub>e</sub></b> neutrino elettronico	<b>ν<sub>μ</sub></b> neutrino muonico	<b>ν<sub>τ</sub></b> neutrino tauonico	<b>W</b> bosone W	



The cosmic eye – zooming from quarks to the universe

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* 71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
			* 103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			* 57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
			* 89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		



Atomi  
Molecole  
Interazioni  
elettrostatiche

CHIMICA

Particelle  
elementari  
Interazioni dei  
campi quantici

FISICA

Materia  
condensata  
Interazioni a  
molti corpi

INGEGNERIA →

Tecnologie e applicazioni



## CHIMICA

Termodinamica  
Stati gassosi  
Reazioni  
molecolari  
Analisi  
spettroscopica

## FISICA

Meccanica  
Elettromagnetismo  
Struttura della  
materia  
Analisi  
strutturale

## INGEGNERIA

Sensoristica  
Caratterizzazione  
Analisi dei  
processi

**+ Matematica e Modellazione q.b.**



# I' AM – un racconto in tre capitoli

1. Una lunga Infanzia
2. L'Adolescenza esplosiva
3. La Maturità delle opportunità





Se l'età dell'universo fosse compressa in 1 anno, la civiltà umana avrebbe avuto inizio 30" fa

raccontata attraverso i materiali che ne hanno caratterizzato i principali salti tecnologici.

Perché questa sequenza?  
 Pietra  
 Rame → Bronzo → Ferro



ambiente chimico  
adatto

calore



+

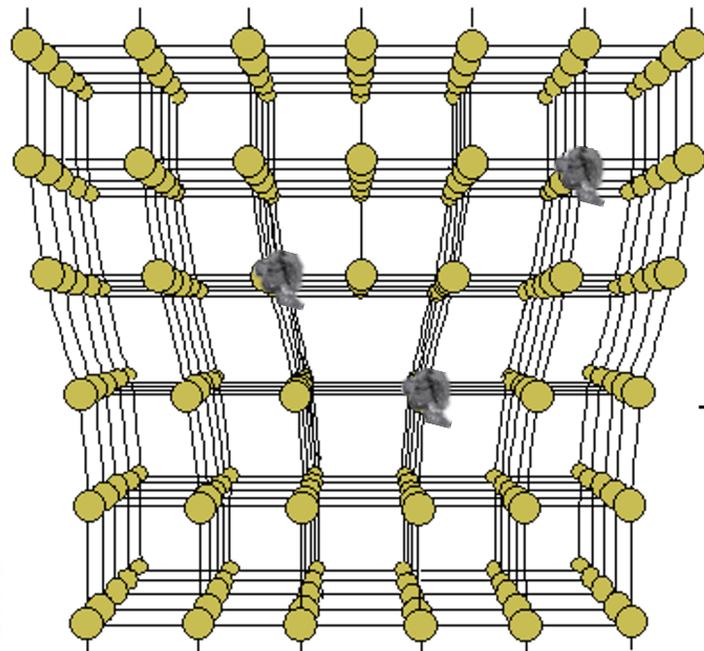


stagno

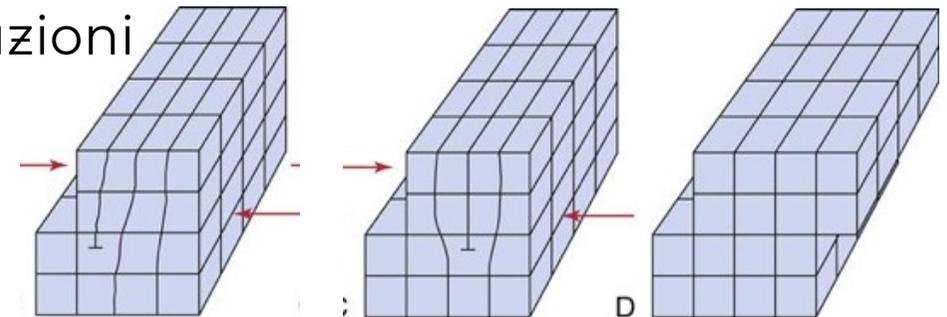


Il rame è abbondante sulla superficie Terrestre (63ppm),  
ma lo stagno molto meno (12 ppm).

Perché passare da un metallo facile da trovare ad un altro metallo  
che richiede una tecnologia più complessa e un'approvvigionamento  
molto più difficoltoso?



dislocazioni



+ inclusioni

D  
DUTTILITÀ

RIGIDITÀ

Dipartimento Interateneo di Fisica



## <sup>29</sup>Cu

### Proprietà fisiche

<b>Stato della materia</b>	solido (diamagnetico)
<b>Punto di fusione</b>	1357,6 K (1 084,6 °C)
<b>Punto di ebollizione</b>	2 840 K (2 567,2 °C)
<b>Volume molare</b>	$7,11 \times 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /mol
<b>Entalpia di vaporizzazione</b>	300,3 kJ/mol
<b>Calore di fusione</b>	13,05 kJ/mol
<b>Tensione di vapore</b>	50,5 mPa a 1 358 K
<b>Velocità del suono</b>	3 570 m/s a 293,15 K

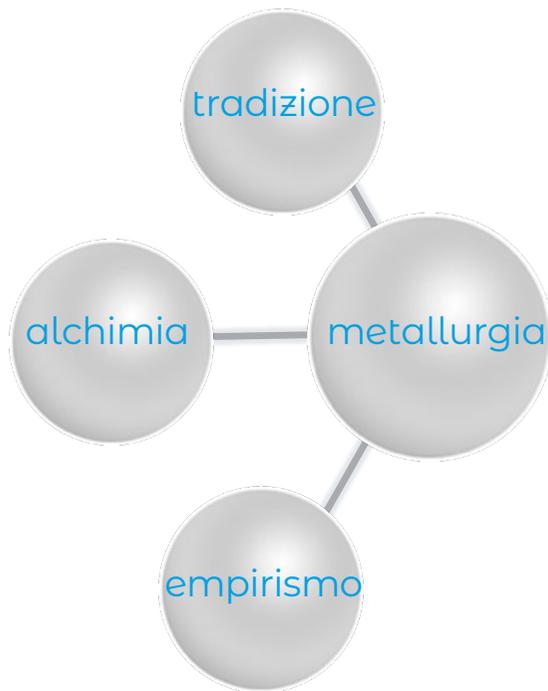
## <sup>26</sup>Fe

### Proprietà fisiche

<b>Stato della materia</b>	solido (ferromagnetico)
<b>Punto di fusione</b>	1 808 K (1 535 °C)
<b>Punto di ebollizione</b>	3 273 K (3 000 °C)
<b>Volume molare</b>	$7,09 \times 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /mol
<b>Entalpia di vaporizzazione</b>	349,6 kJ/mol
<b>Calore di fusione</b>	13,8 kJ/mol
<b>Tensione di vapore</b>	7,05 Pa a 1 808 K
<b>Velocità del suono</b>	4 910 m/s a 293,15 K

Per il ferro bisogna attendere altri 7", perché?

# ESTRAZIONI + INCLUSIONI



estrazione del FERRO +  
inclusione di CARBONIO (dalla fornace)  
= ACCIAIO

ACCIAIO + inclusione di CROMO  
= ACCIAIO INOSSIDABILE



# IL SECOLO DELLA CHIMICA

1770

Elettrochimica  
Sintesi di urea da sostanze inorganiche  
La chimica del carbonio  
Coloranti artificiali  
Farmaci (antibatterici)  
La chimica del petrolio  
Plastiche

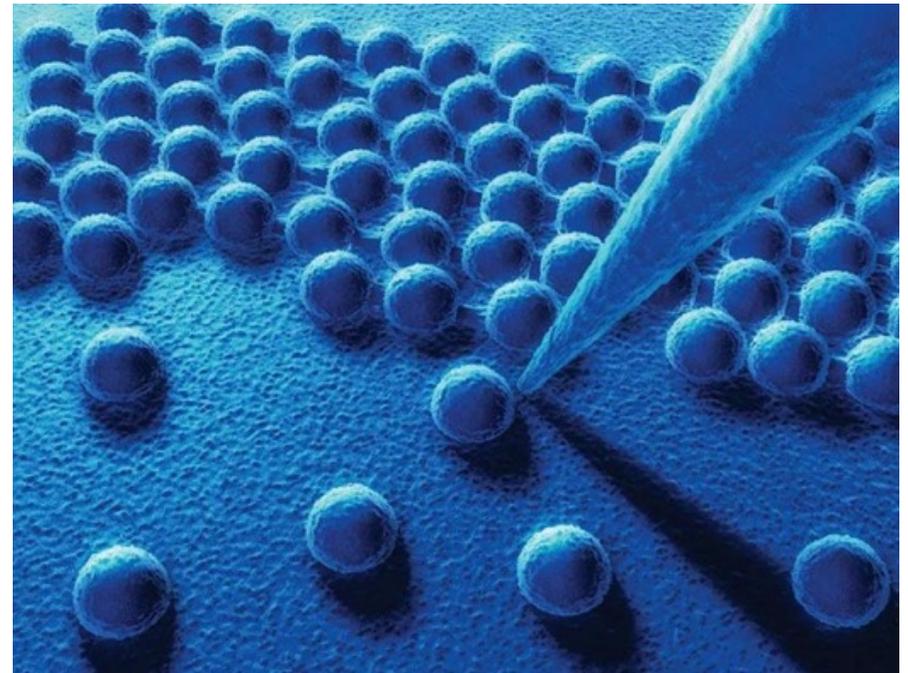
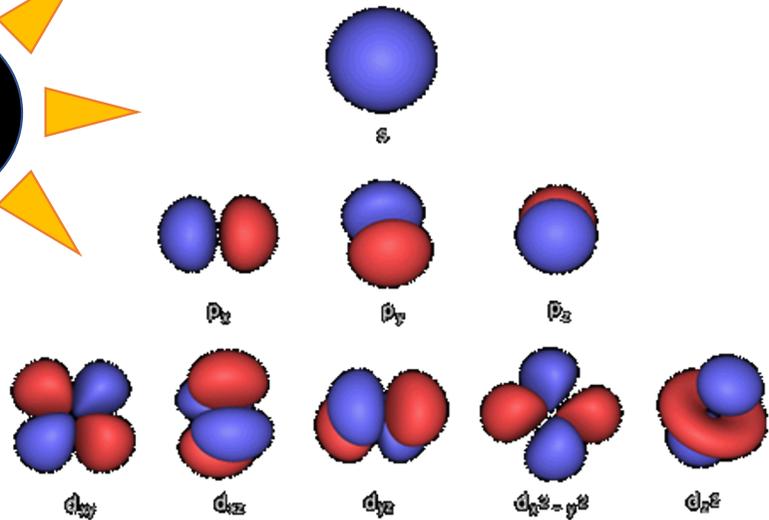
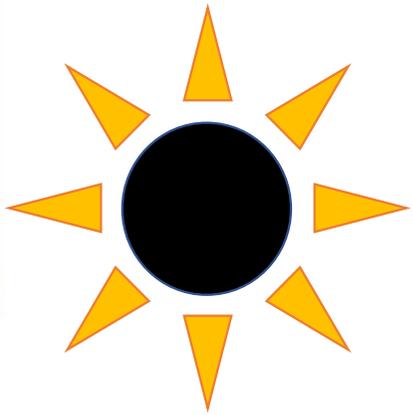
1870



# LA RIVOLUZIONE DEI TRENT'ANNI

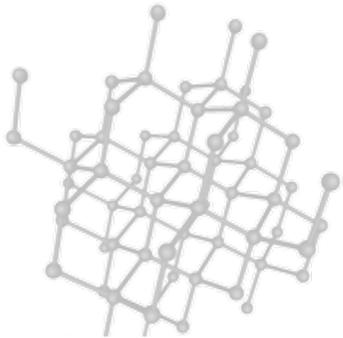
$$E = h\nu$$

$$p = h\lambda$$

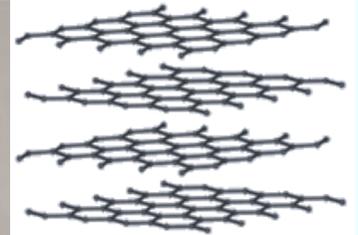


$$(i\partial - m)\varphi = 0$$





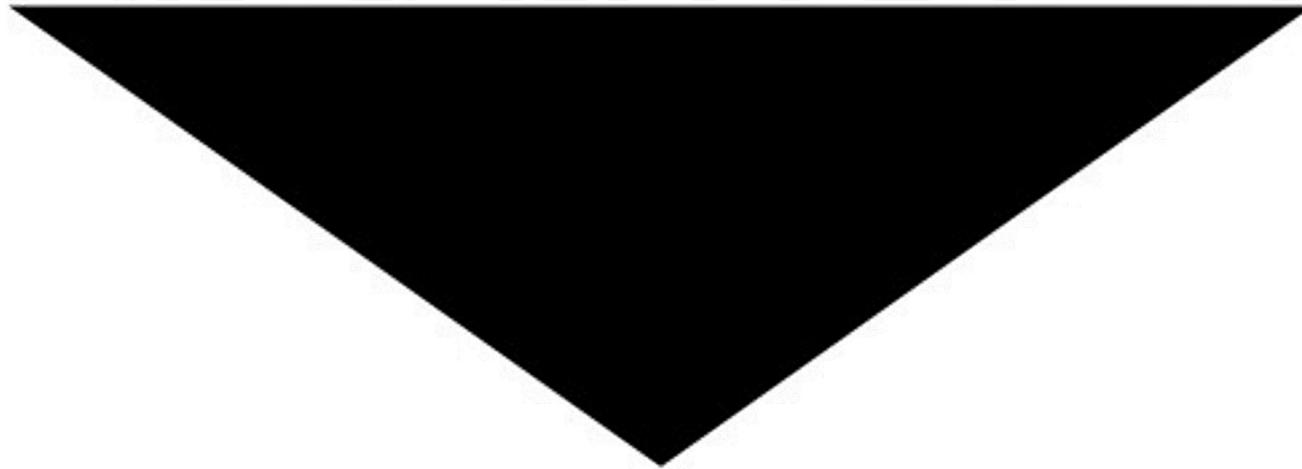
Trasmette tutta la luce visibile  
Durissimo  
Isolante elettrico



Assorbe tutta la luce visibile  
Estremamente friabile  
Conduttore elettrico



1963 – il CARBONIO si sfibra

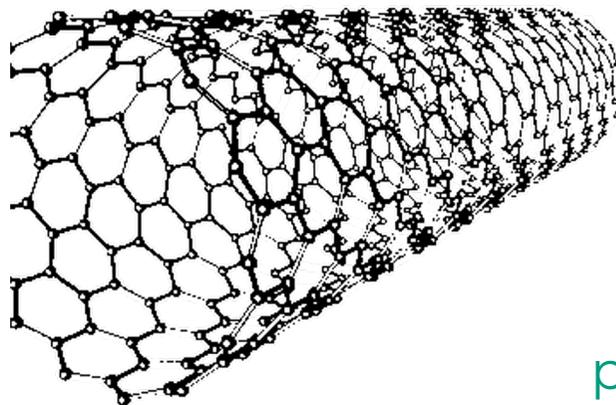
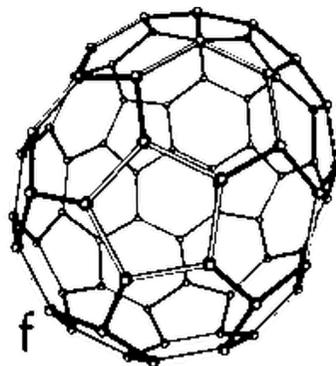


**CARBON FIBER**  
**D E S I G N**  
**C O N T E S T**

nuove applicazioni e usi innovativi  
per il product design



# 1985 – il CARBONIO si auto-assembla

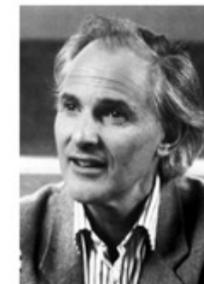


Strutture così complesse  
NON hanno bisogno di un  
'cantiere esterno' per edificarsi

## NP in chimica 1996



Robert F. Curl Jr.  
Prize share: 1/3



Sir Harold W. Kroto  
Prize share: 1/3



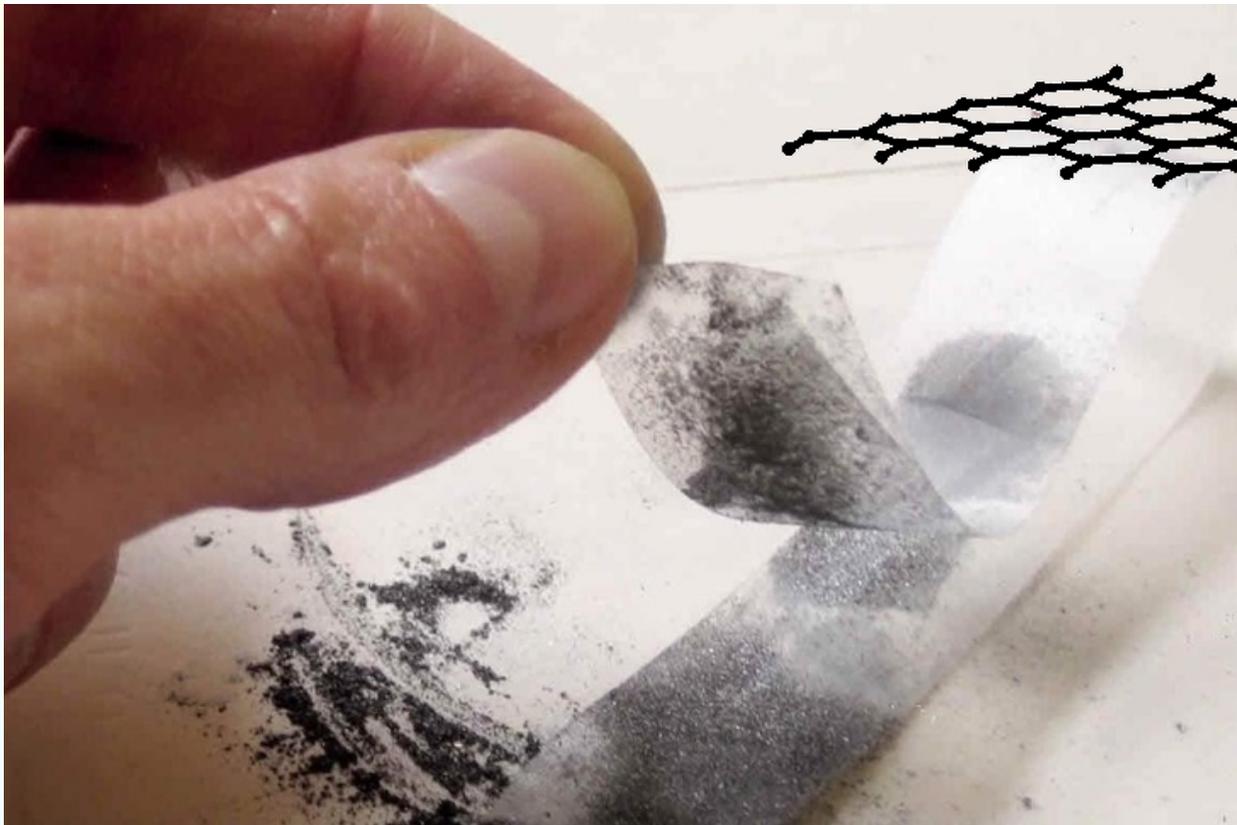
Richard E. Smalley  
Prize share: 1/3

Lo stesso succede solo  
per le strutture organiche



# 2004 – 6 è il numero magico del CARBONIO

back to basic - GRAFENE



## NP in fisica 2010



Photo: U. Montan  
**Andre Geim**  
Prize share: 1/2



Photo: U. Montan  
**Konstantin Novoselov**  
Prize share: 1/2

Il più sottile  
Il più rigido  
Il più robusto  
Il miglior conduttore  
Intrinsecamente 2D  
*Costoso e microscopico*

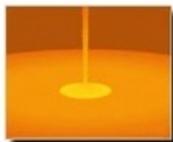


# IL SILICIO

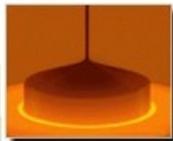


Purificazione

Silicio policristallino



Liquefazione e aggiunta di impurezze



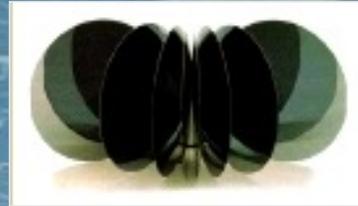
Drogaggio

Si + P

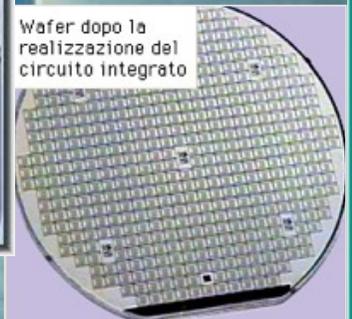
Si + As

Si + B

Si + Ga

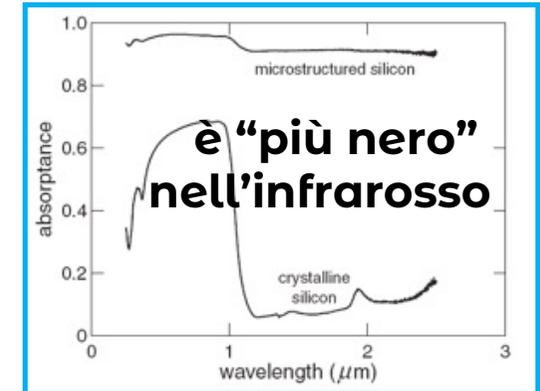
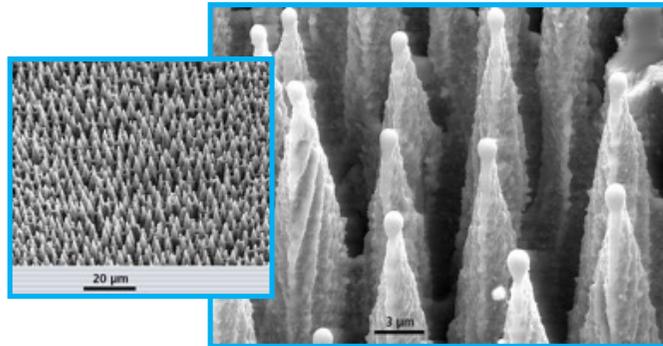


Wafer dopo la realizzazione del circuito integrato

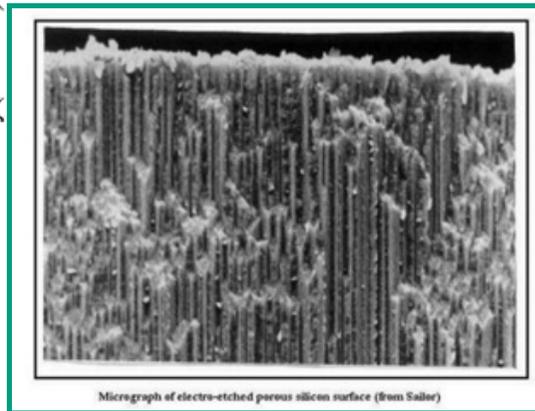
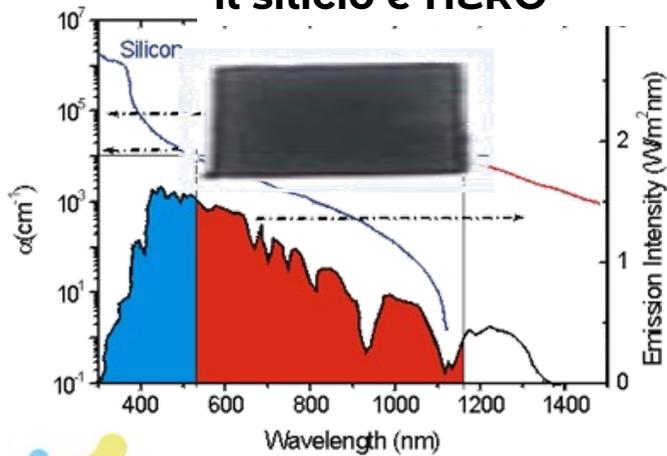




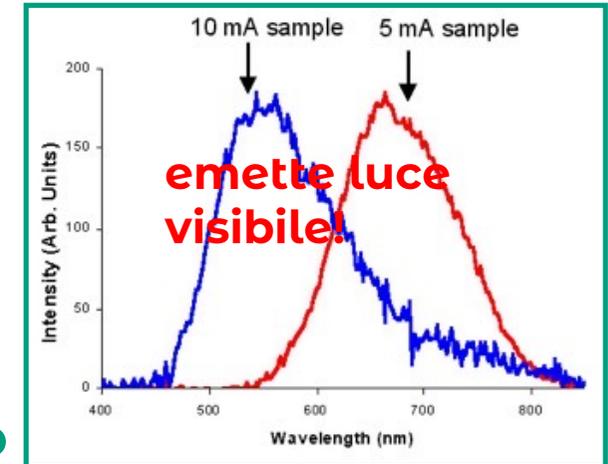
## il silicio microstrutturato



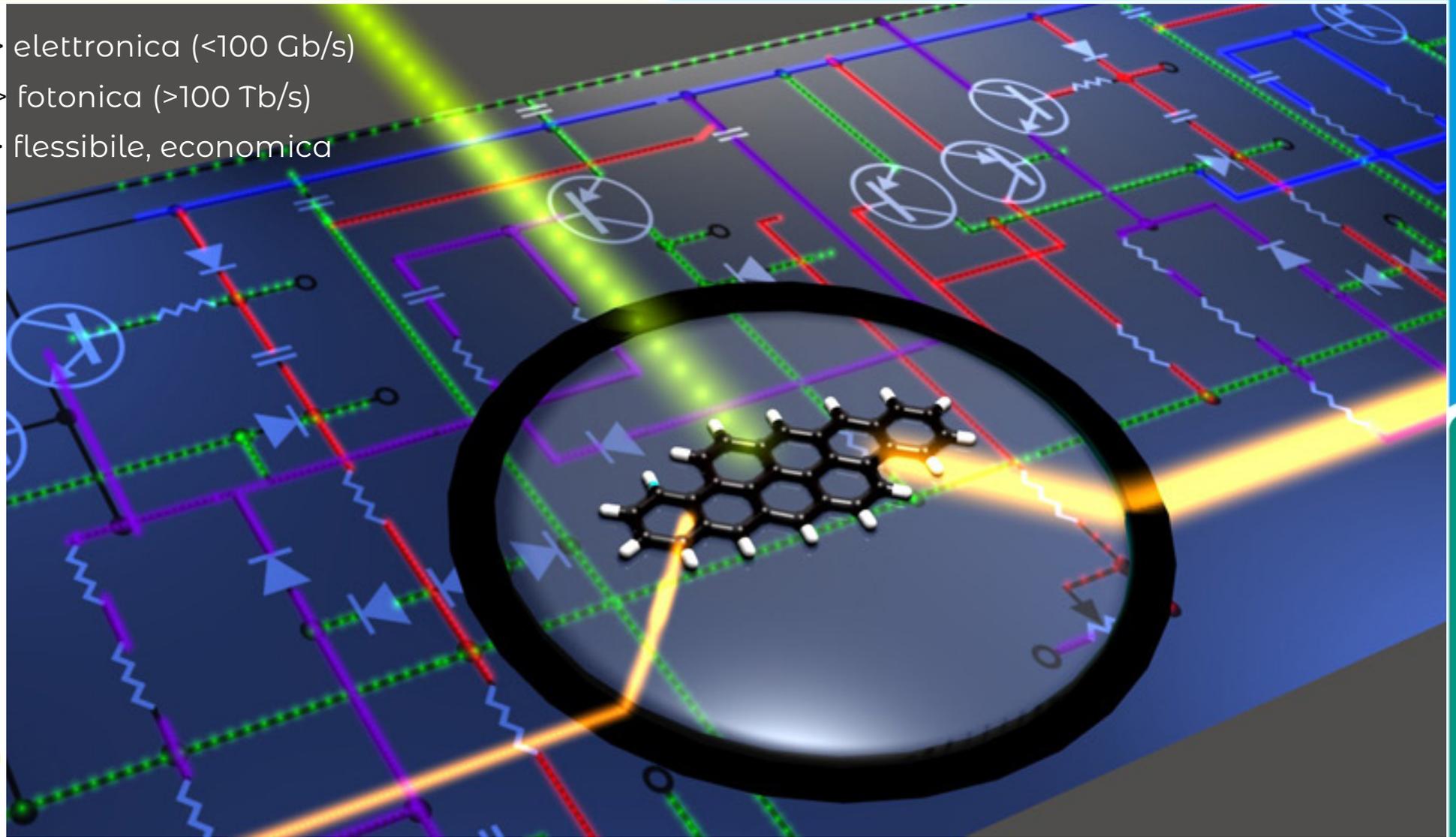
## il silicio è NERO



## il silicio poroso



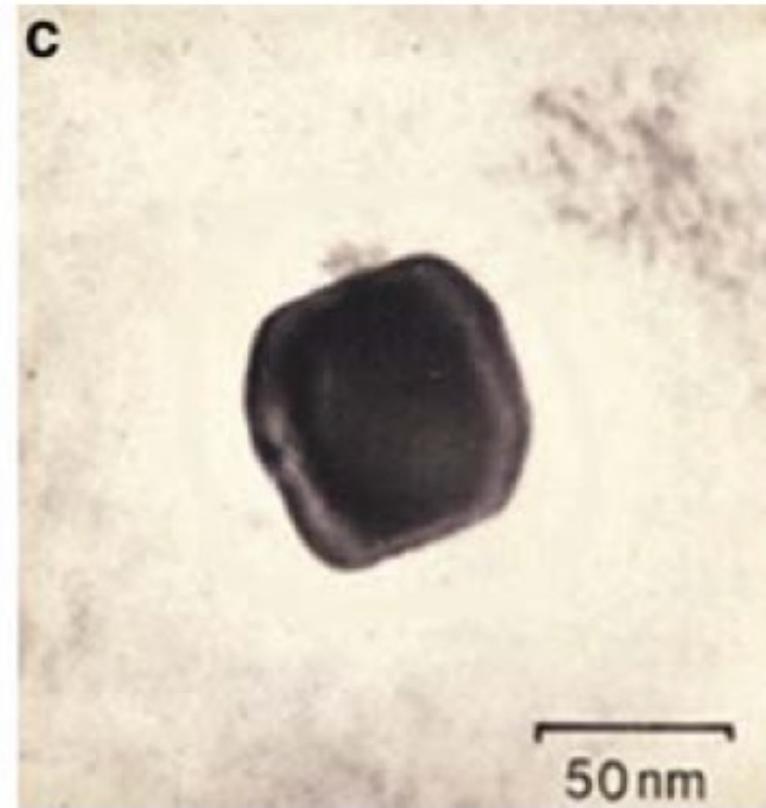
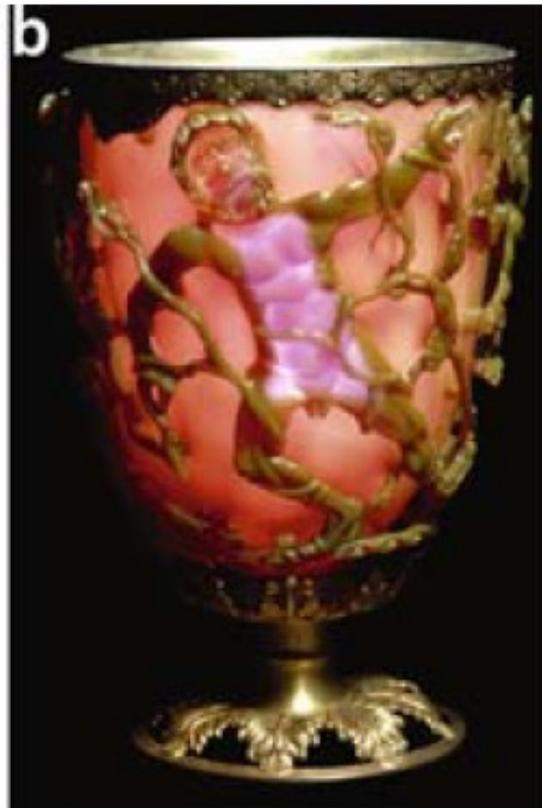
Si => elettronica (<100 Gb/s)  
Si => fotonica (>100 Tb/s)  
Poly => flessibile, economica



ma l'IMMAGINAZIONE non ha limiti

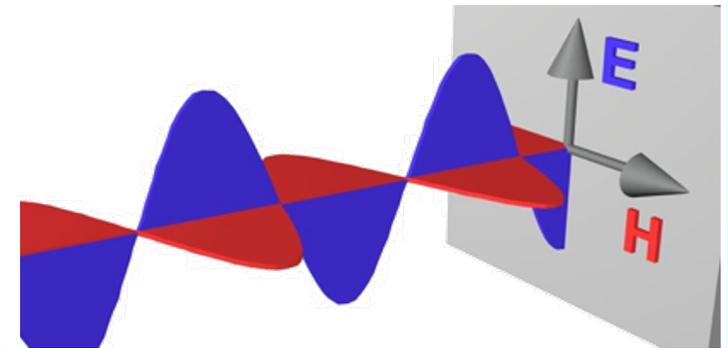
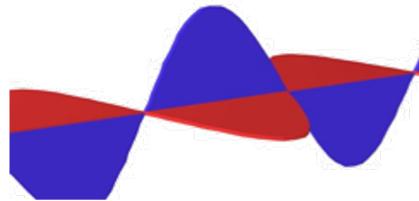


# META materials

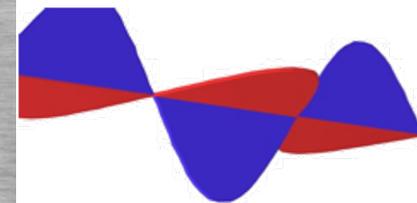


# Materiali e radiazione

90% trasmessa  
10% riflessa



$\epsilon$   $\mu$



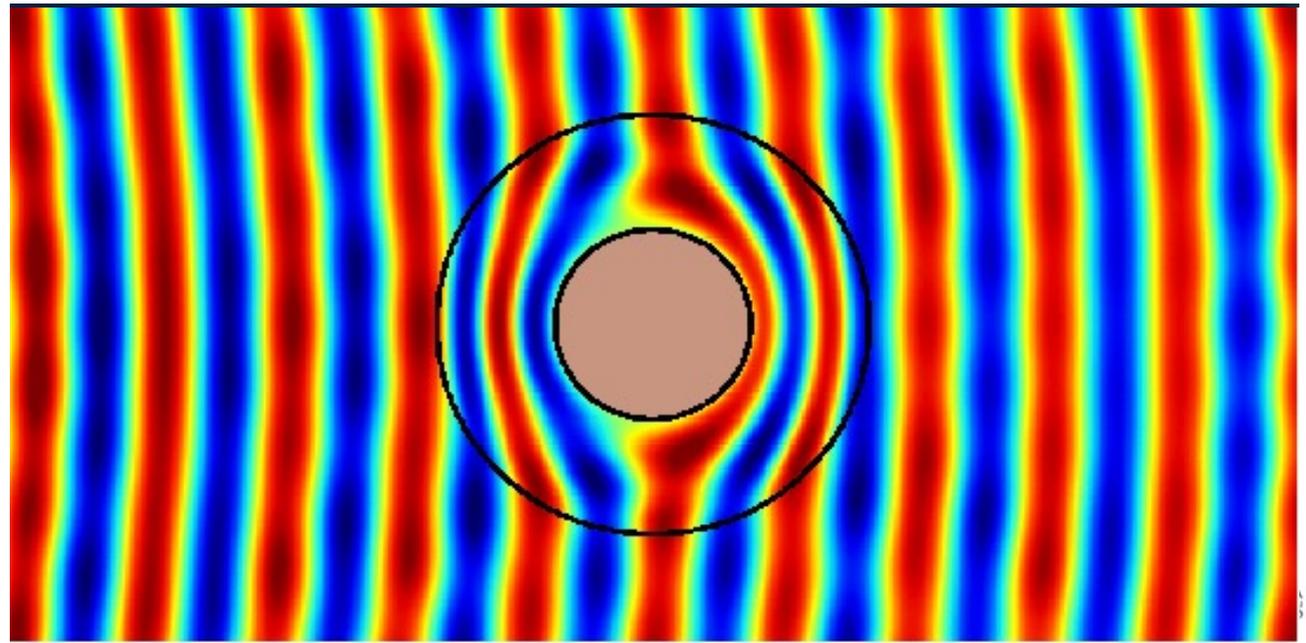
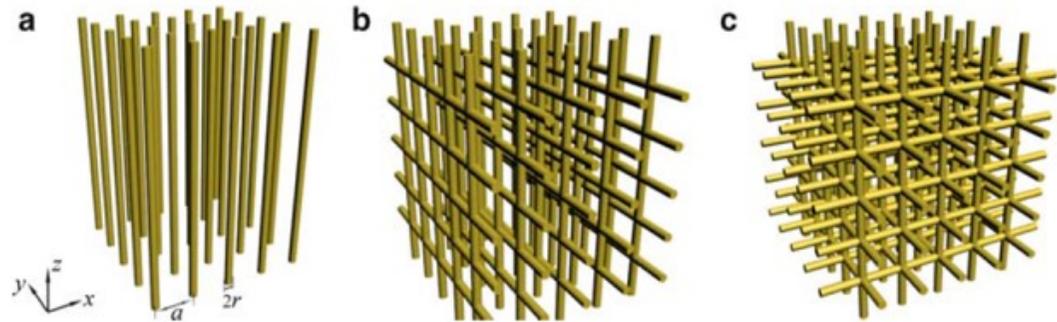
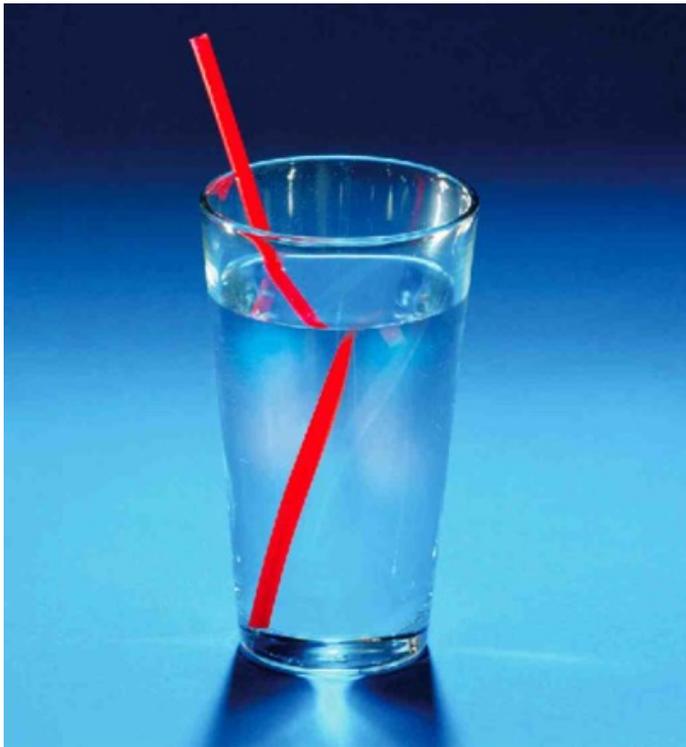
90% riflessa  
10% assorbita

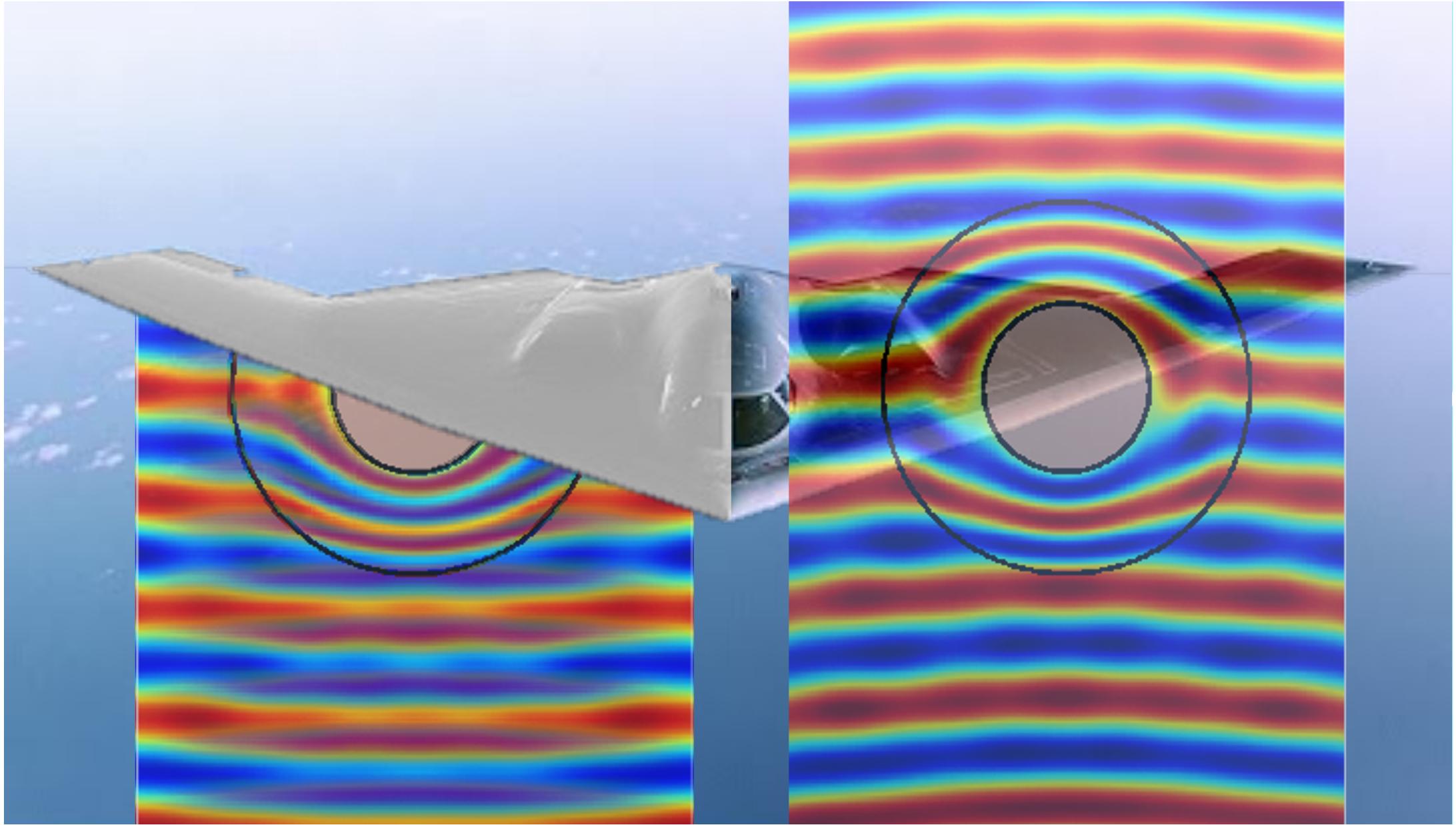
Funzione dielettrica  
Permeabilità magnetica



Cosa succede quando

$\epsilon < 0$  e  $\mu < 0$





# Material ECOLOGY

Neri Oxman

NATURE x HUMANITY



# Take Home Message

Da poco tempo stiamo imparando a padroneggiare la **struttura interna** dei materiali e *scopriamo che*

- I materiali hanno comportamenti differenti che si

manifestano a diverse **scale di aggregazione**

- Dobbiamo comprendere e misurare **ciò che esiste**
- Ciò che esiste sappiamo **modificarlo** e **trasformarlo**
- E possiamo immaginare e realizzare qualcosa che **non esiste ancora**





Se non esiste ...

puoi inventarlo

Tra alcuni millenni  
l'uomo, o *ciò che sarà*,  
vedrà questo secolo come  
«solo alcuni secondi fa»  
o come il **Big Bang** della  
sua stessa esistenza?



Maurizio Dabbicco, coordinatore del corso di studio di **Scienza e Tecnologia dei Materiali**, UniBA

