

***XIX Settimana della  
Cultura Scientifica e Tecnologica***

***23-27 marzo 2009***

***Le frontiere della fisica della materia***

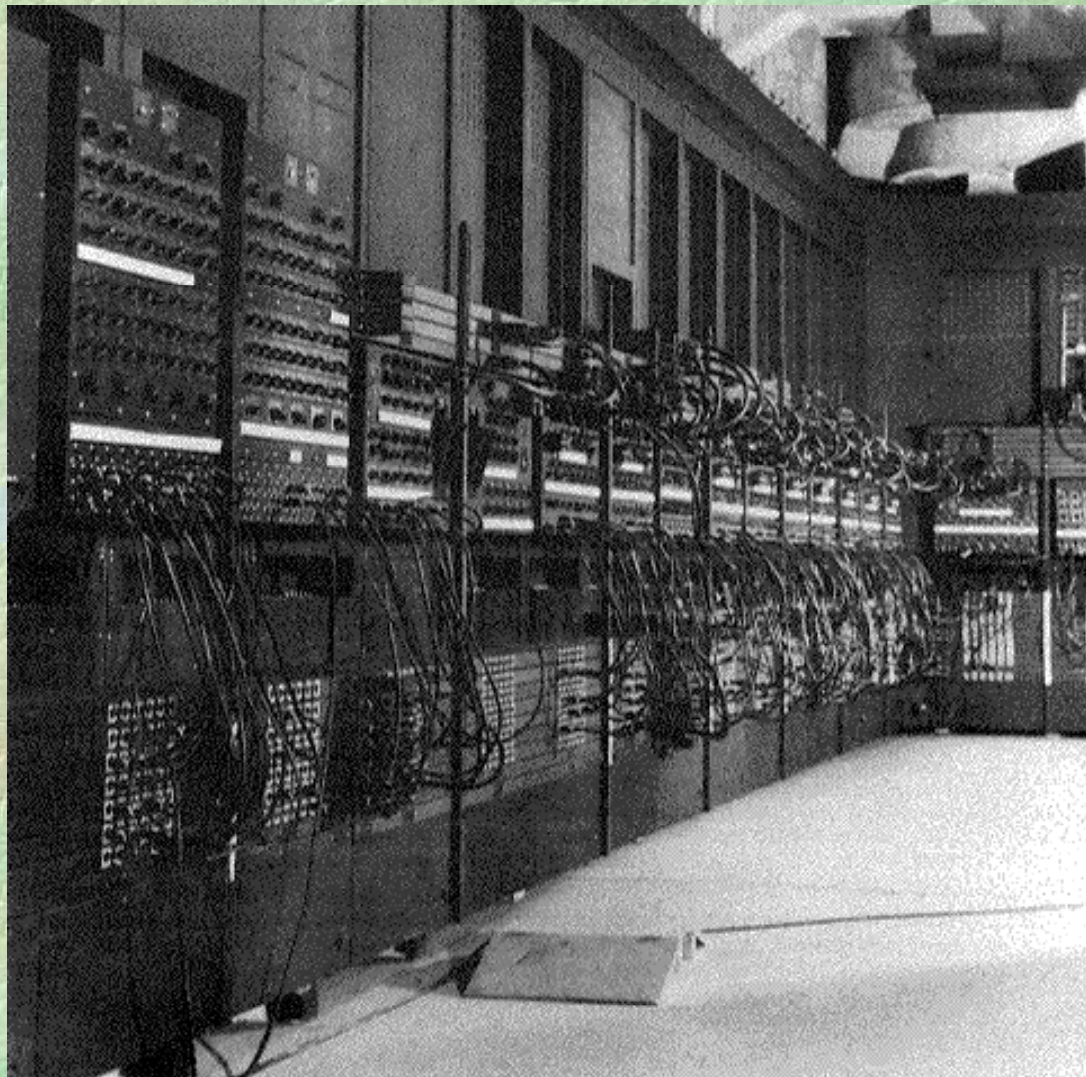
# INTERNET: UNA RIVOLUZIONE EPOCALE

2007: 600 milioni di computer collegati, più di un miliardo di persone in contatto diretto, in tempo reale, senza barriere

15 miliardi di pagine web (stima) - Una quantità di informazione praticamente illimitata – una biblioteca infinita in ogni casa

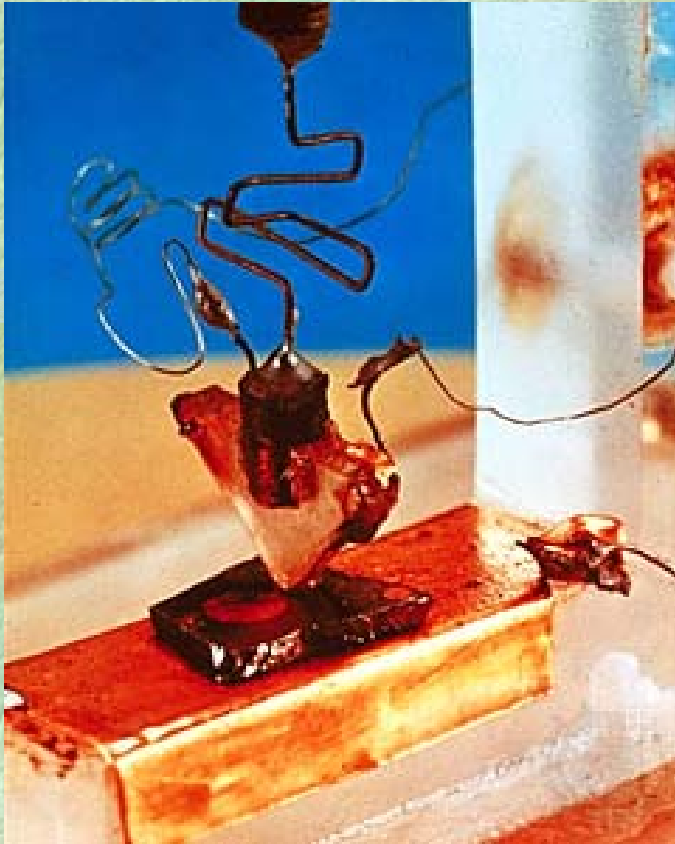
La possibilità di esprimersi in modo completamente libero, senza censure

Un cambiamento radicale nelle nostre abitudini e nel nostro modo di comunicare (da quando c'è l'e-mail non scriviamo più lettere)



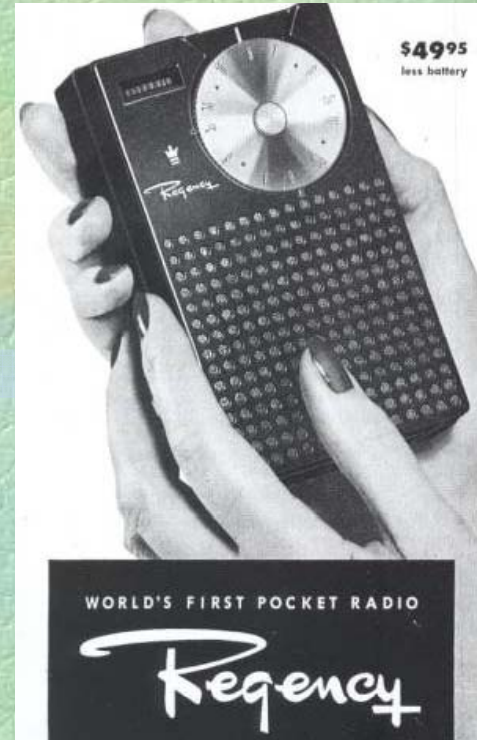
1946 – ENIAC: il primo computer  
30 tonnellate – 17000 valvole

# IL TRANSISTOR (1947)



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

# Nasce la radio portatile (1954)

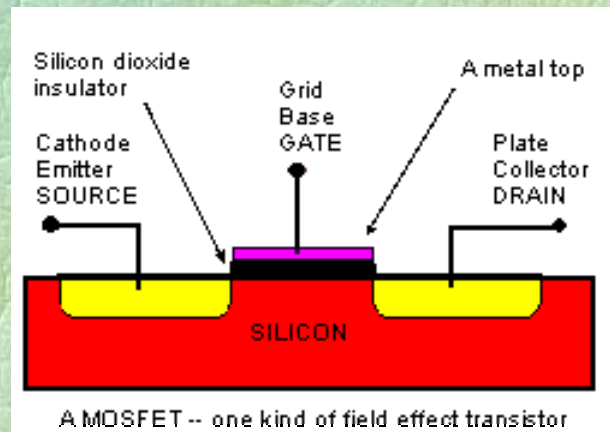


La **Regency TR1**,  
la prima radio a  
transistor del  
mondo (1954)

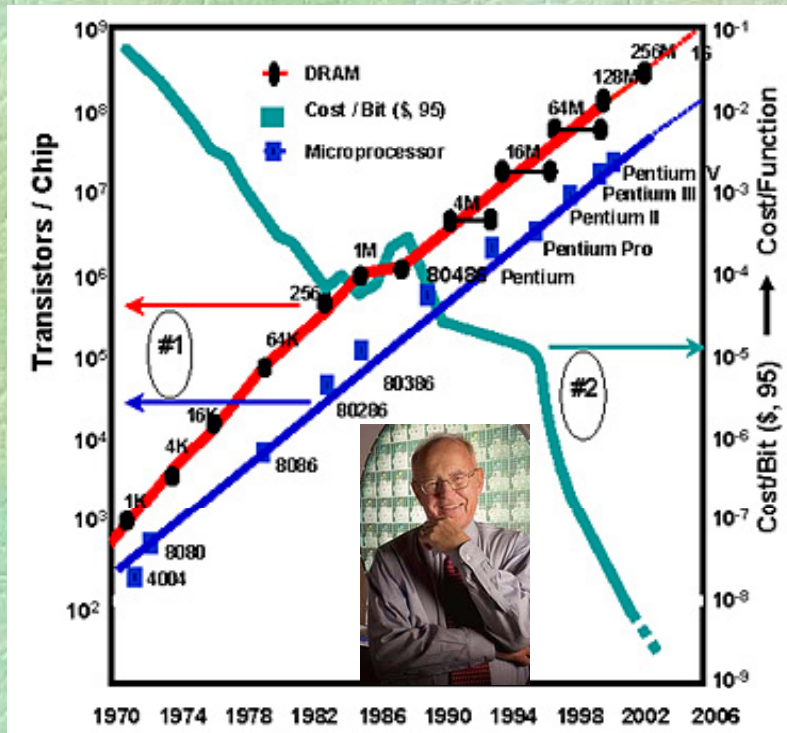
Inizia l'era della miniaturizzazione

# Dal transistor al circuito integrato (1960)

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.



# VERSO I 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)



TUTTO CIO' 20 ANNI FA NON C'ERA

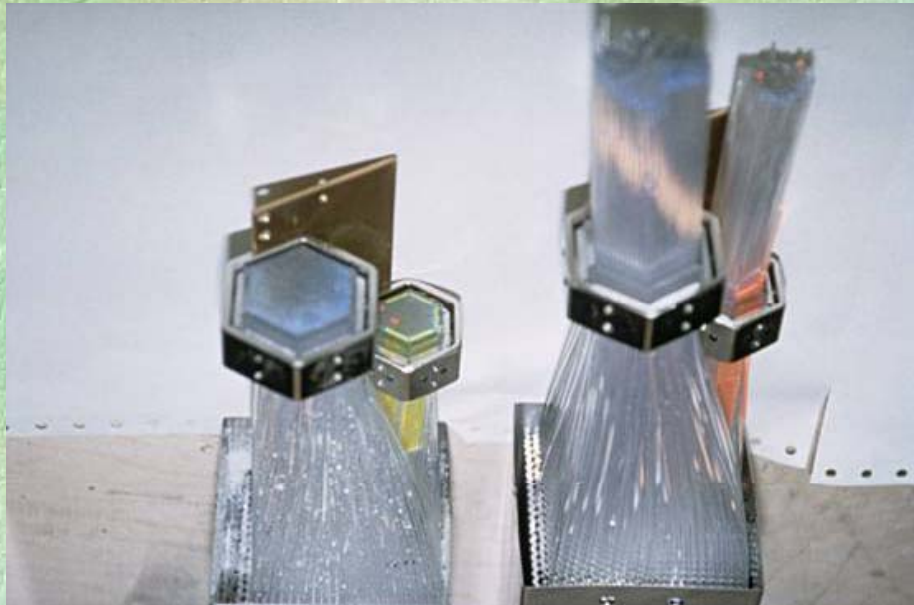


# Di che si occupa la Fisica della Materia oggi ?

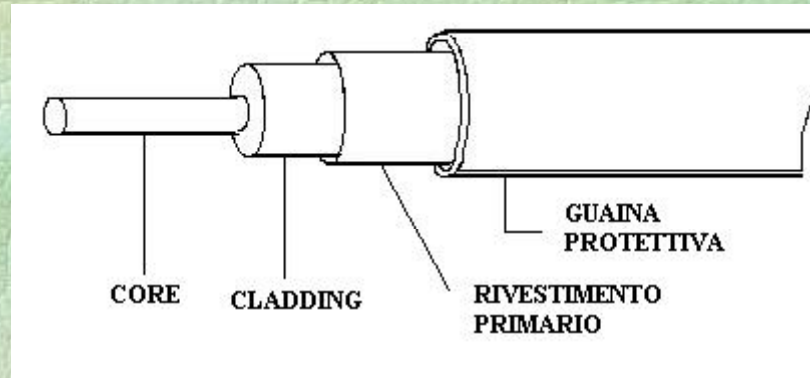
Tre argomenti di ricerca (con implicazioni applicative) sviluppati in questo Dipartimento di Scienze Fisiche ed Astronomiche:

- a) Fibre ottiche;
- b) Materiali superconduttori;
- c) Serbatoi di idrogeno a stato solido.

# FIBRE OTTICHE



# FIBRE OTTICHE



La parte più interna prende il nome di nucleo(core), mentre quella esterna è il cosiddetto mantello(cladding). Il core ed il cladding sono entrambi di vetro, ma hanno indici di rifrazione diversi. In particolare, l'indice di rifrazione del core è maggiore e questa differenza negli indici di rifrazione determina la possibilità di mantenere la luce totalmente confinata all'interno del core.

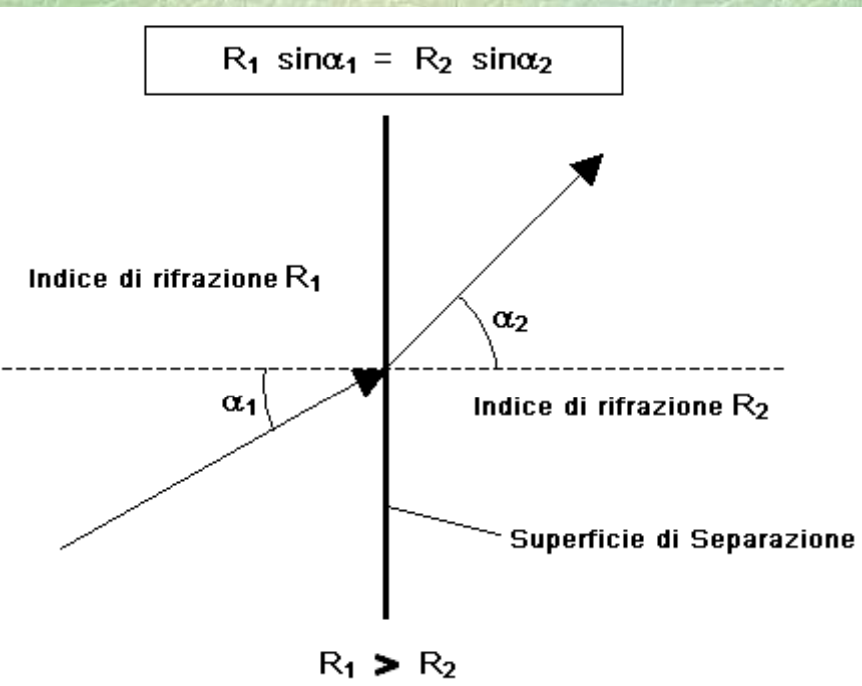
*Dato che non impiegano materiali conduttori e trasportano particelle luminose (i cosiddetti fotoni) elettricamente neutre, le fibre hanno totale immunità da disturbi elettromagnetici;*

*Alta capacità trasmissiva: sono operative fibre ottiche a 2 Gbps;*

*Bassa attenuazione, dell'ordine di alcuni decimi di db/Km;*

*Dimensioni ridottissime e costi contenuti.*

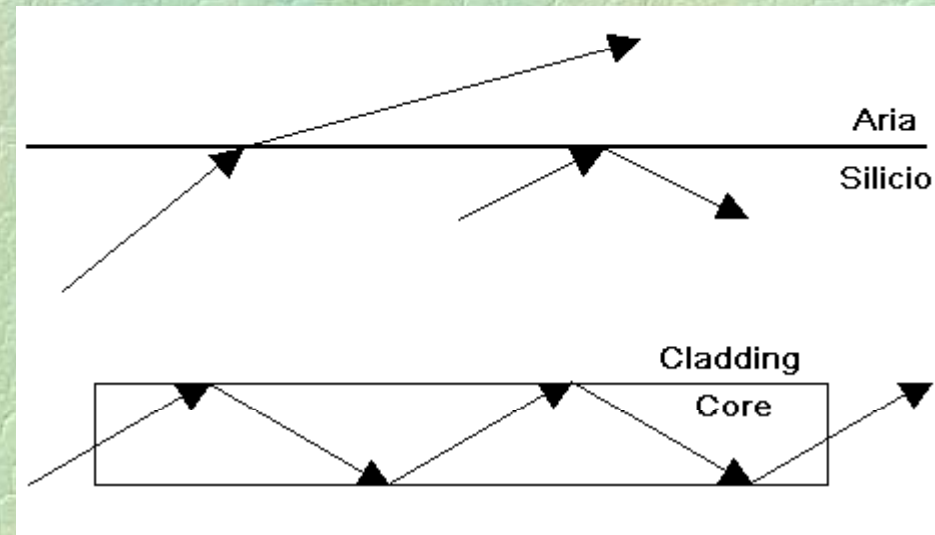
# La legge di Snell definisce la riflessione e la rifrazione di un raggio luminoso incidente sulla superficie di separazione di due materiali



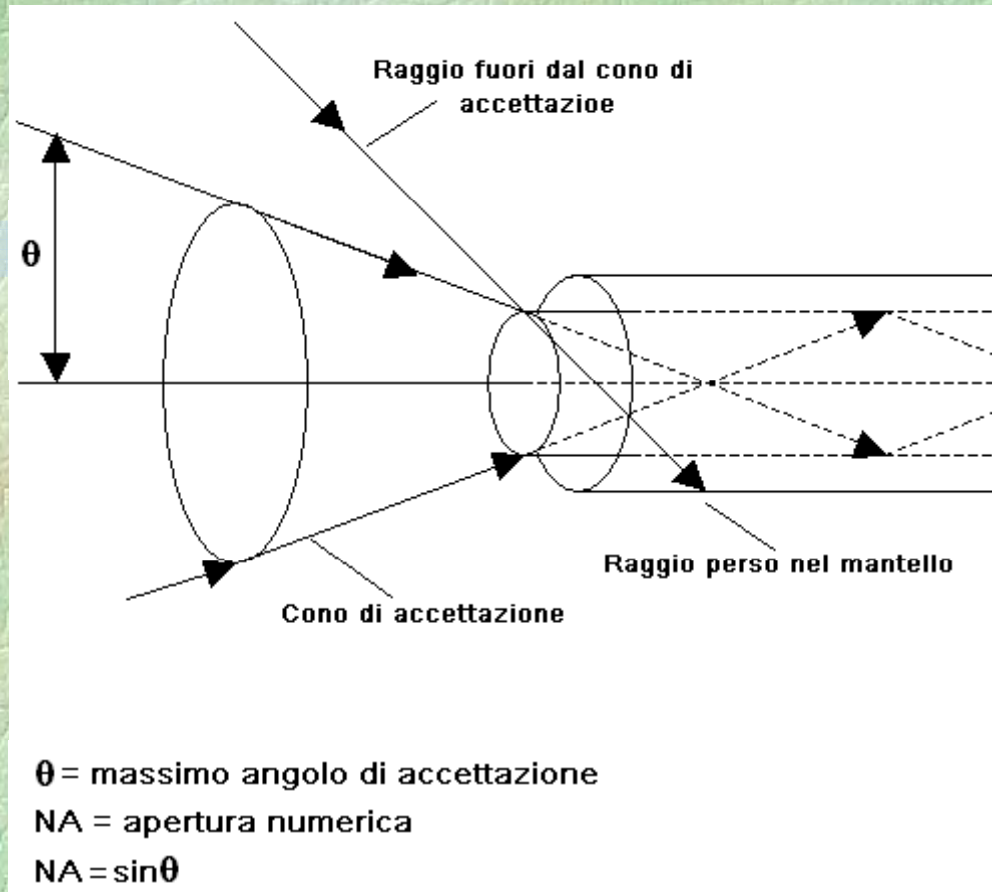
per valori dell'angolo di incidenza superiori al cosiddetto angolo critico, dato da

$$\alpha_c = \sin^{-1}(R_2 / R_1)$$

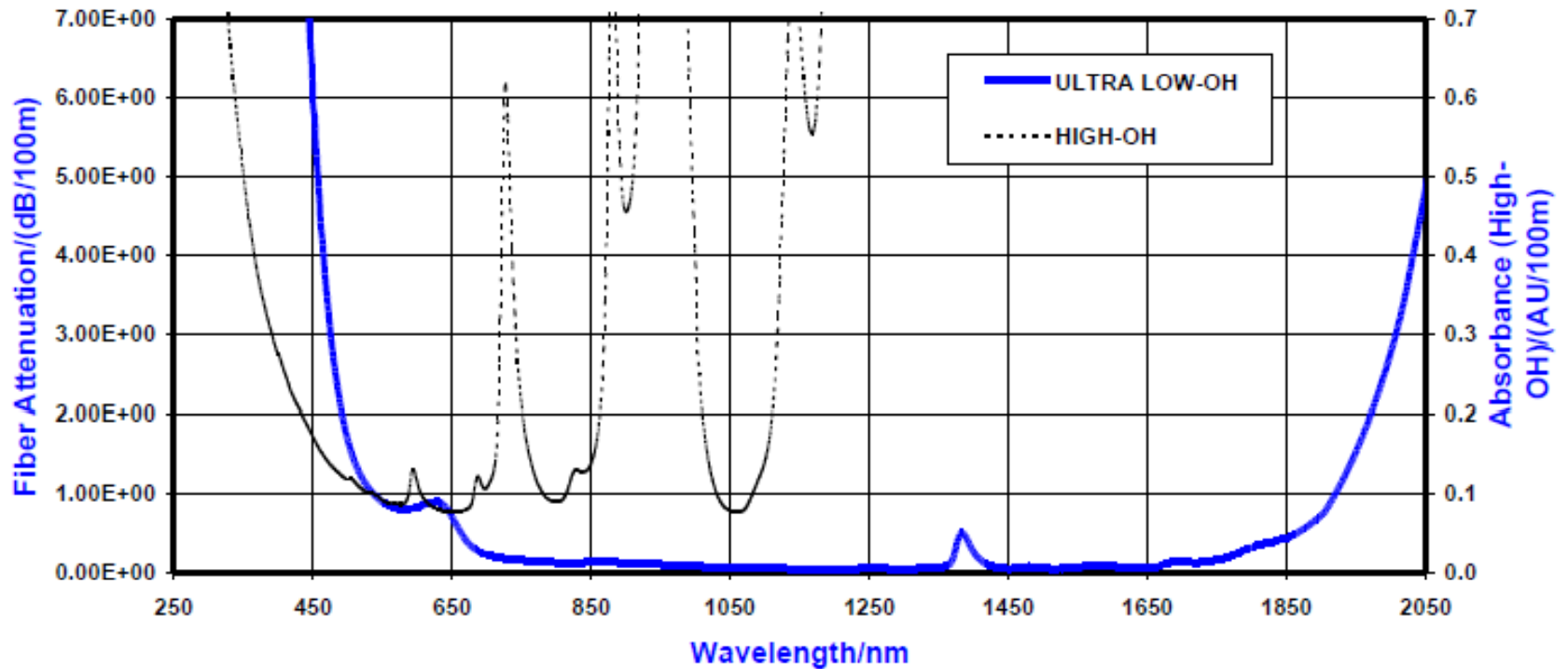
si ha la cosiddetta riflessione totale



**Affinchè il generico raggio incida sempre, sulla discontinuità tra core e cladding, con un angolo superiore al valore critico, è necessario che esso venga introdotto ad una estremità ottica entro un certo angolo di accettazione della fibra:**



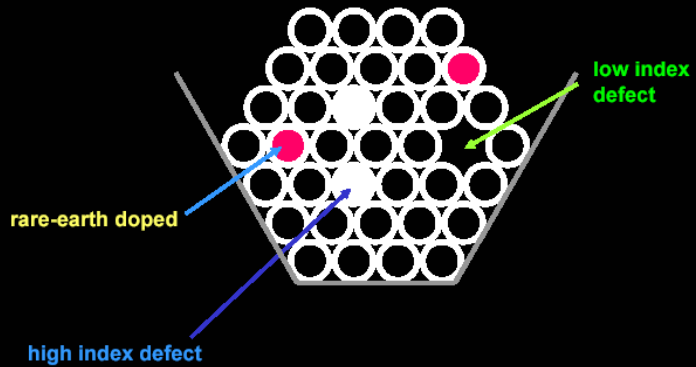
## Performance Characteristics of GUIDED WAVE Fiber



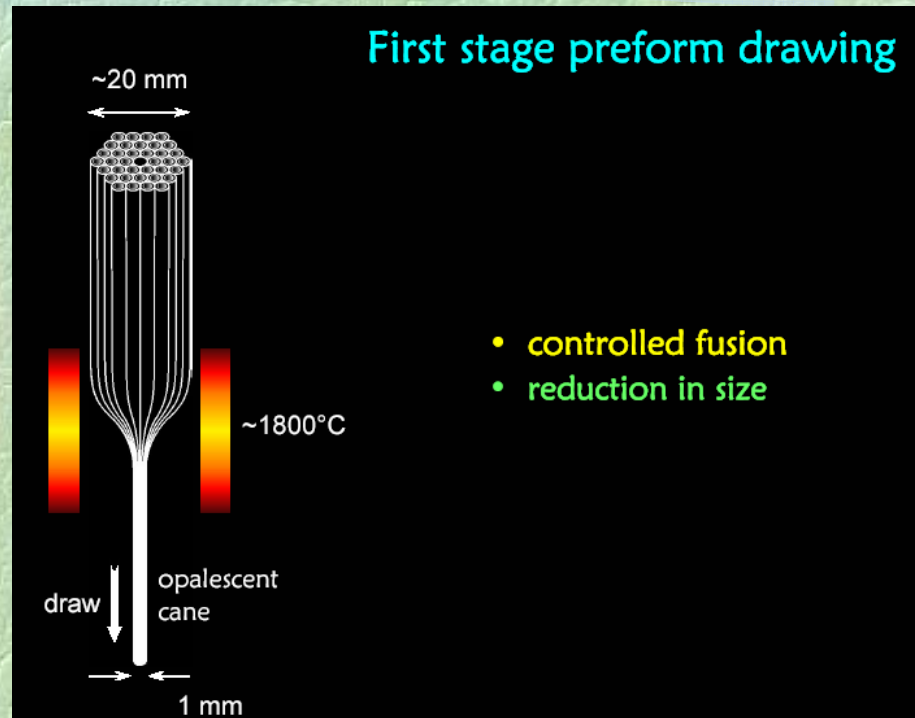
# Fibre a cristalli fotonici

PCF is made by stacking tubes & rods

○ 1 mm capillary  
(pure silica)

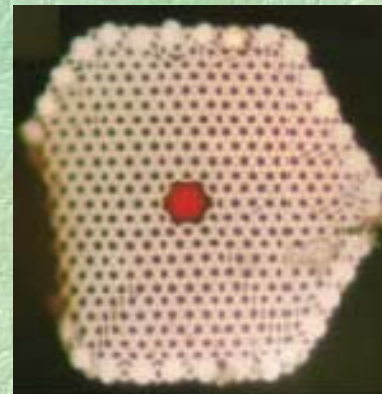
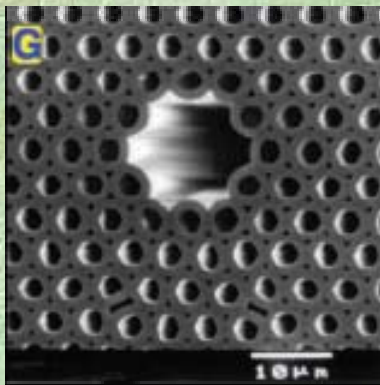
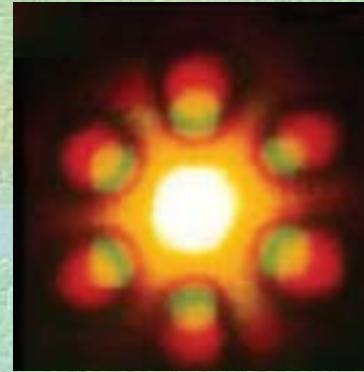
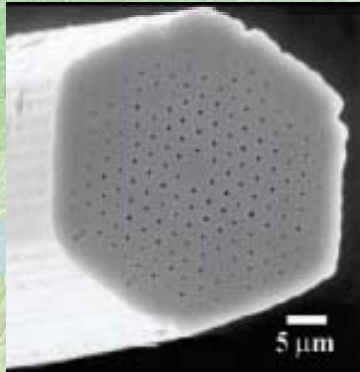


First stage preform drawing



- controlled fusion
- reduction in size

# Fibre a cristalli fotonici

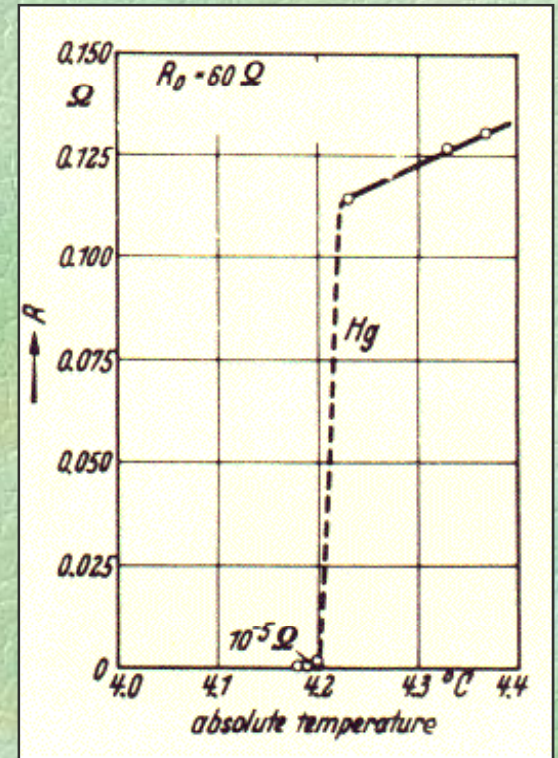
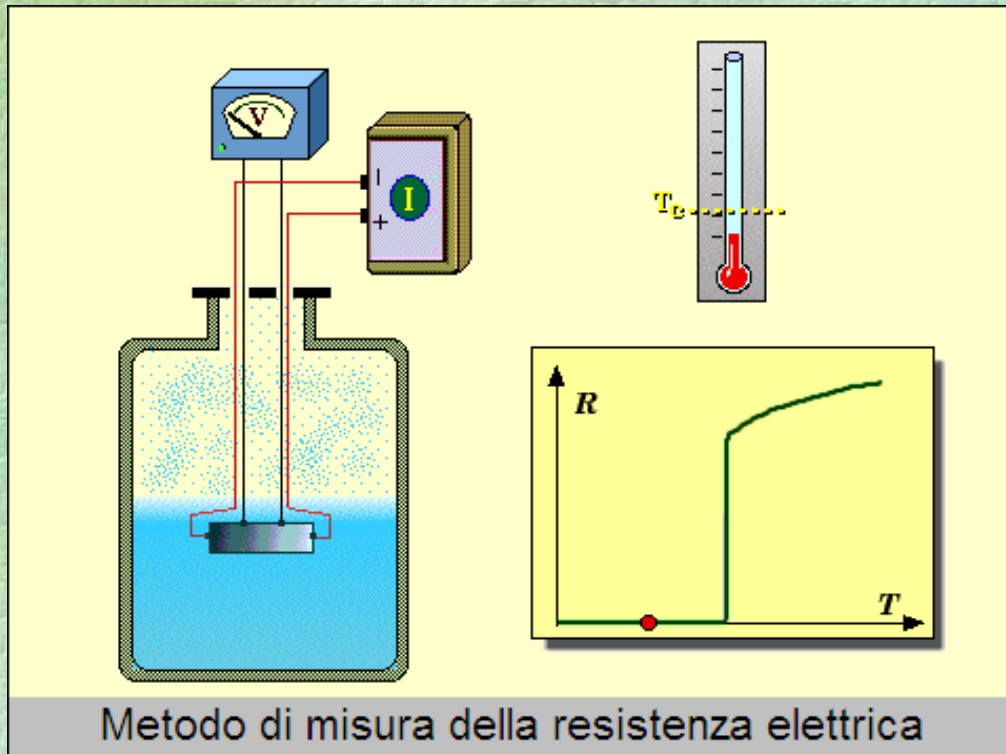




# Il Fenomeno della Superconduttività



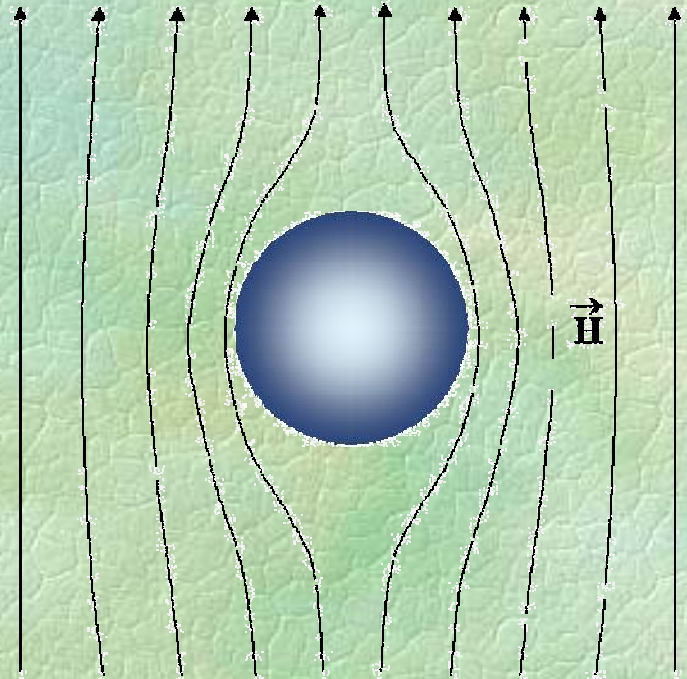
La Superconduttività è un fenomeno fisico che caratterizza molte sostanze, le quali raffreddate al di sotto di una temperatura critica,  $T_c$ , presentano eccezionali proprietà elettriche e magnetiche. Questo fenomeno è stato scoperto da Kammerlingh Onnes nel 1911.



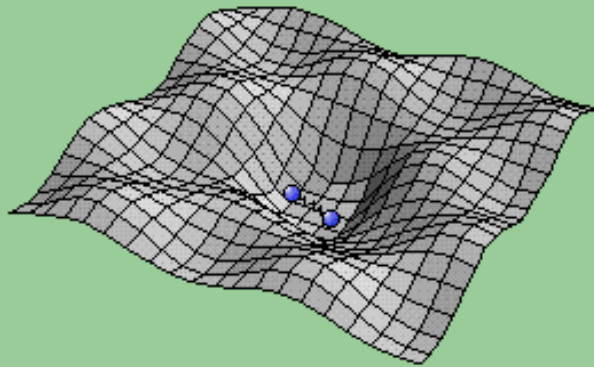
# Proprietà Elettriche e Magnetiche dei Superconduttori

- Resistività elettrica dc nulla: conduttore perfetto
- Espulsione del campo magnetico: diamagnete perfetto

Effetto MEISSNER

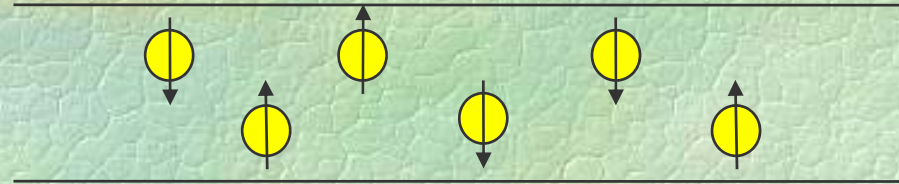


# Formazione delle coppie di Cooper

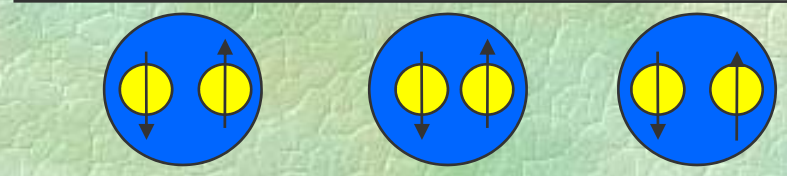


Formazione delle coppie di Cooper

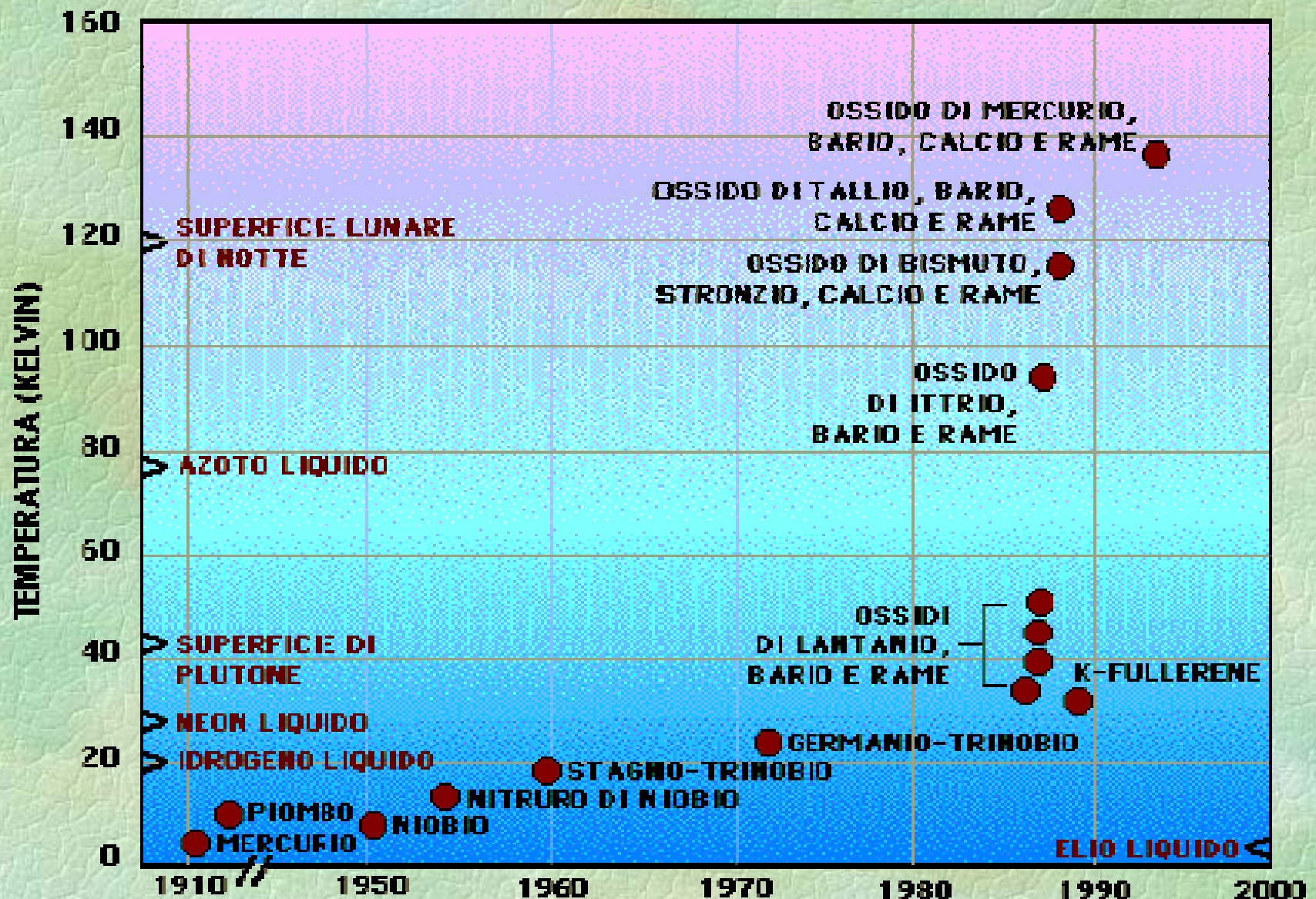
Elettroni nei metalli



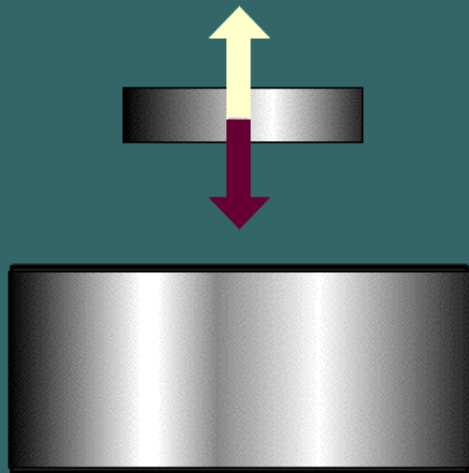
Coppie di Cooper nei superconduttori



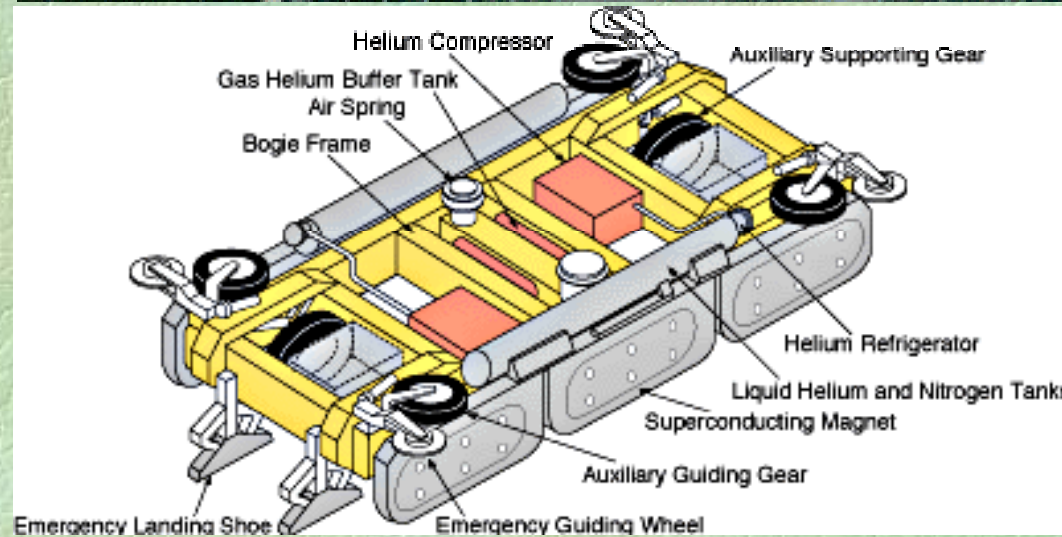
# Andamento di $T_c$ vs. tempo



# Levitazione Magnetica: treni superveloci



Levitazione magnetica



# Treno Giapponese Superveloce: MAGLEV



# Magneti a Superconduttore per la Risonanza Magnetica Nucleare, NMR

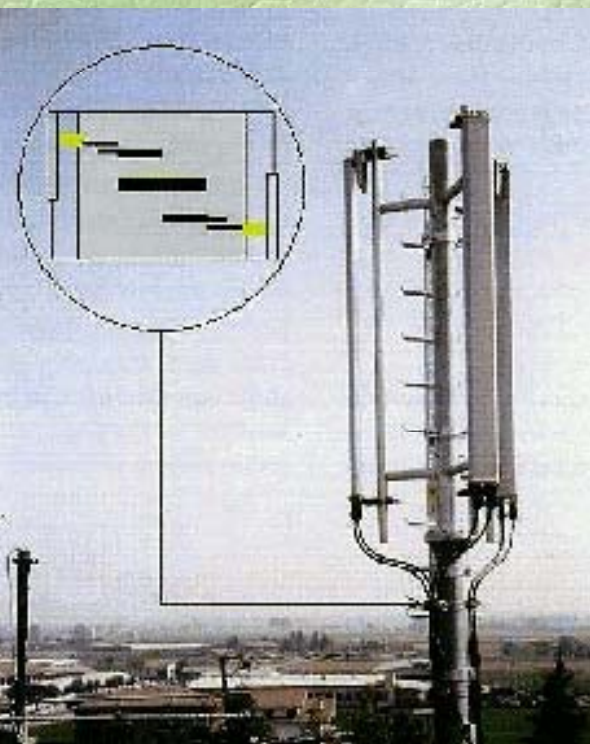
I superconduttori permettono di realizzare elettromagneti molto potenti, i quali trovano applicazione nella costruzione di spettrometri NMR usati per lo studio delle parti molli del corpo umano.





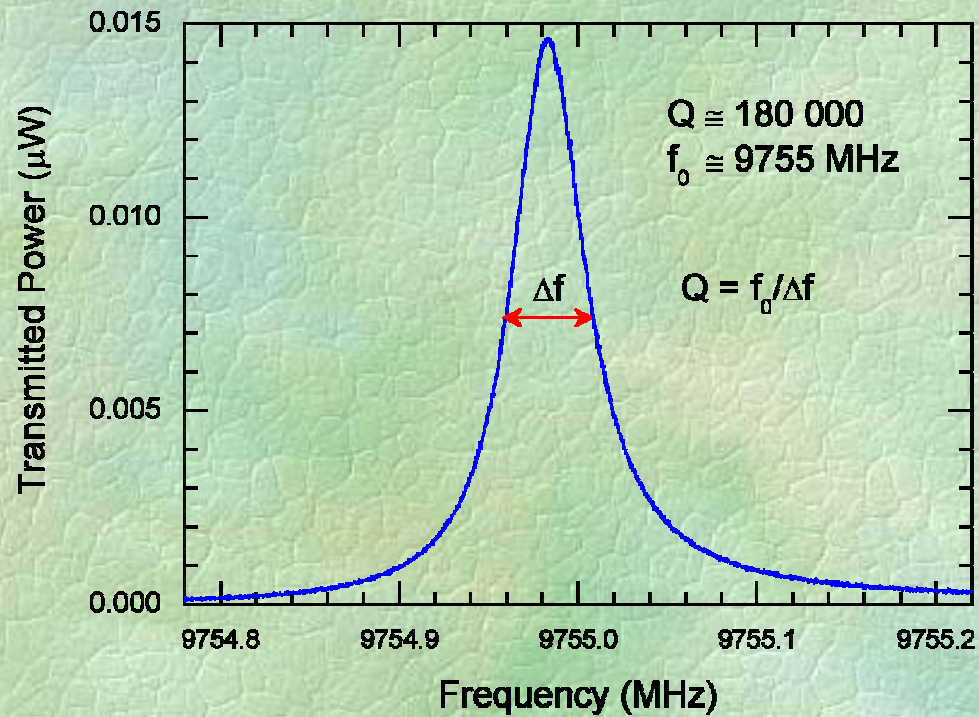
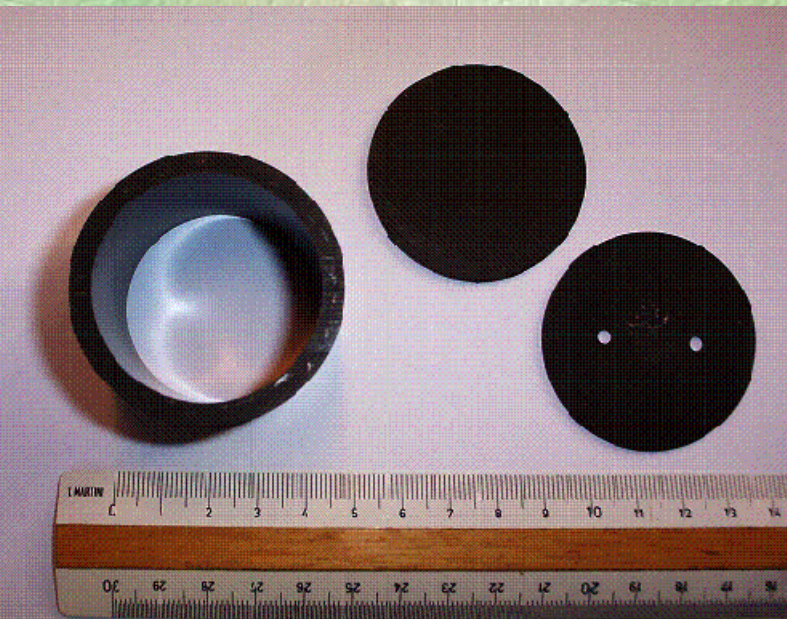
# Applicazioni Tecnologiche dei Superconduttori: filtri

Filtri passa banda per stazioni satellitari e terrestri per la telefonia mobile


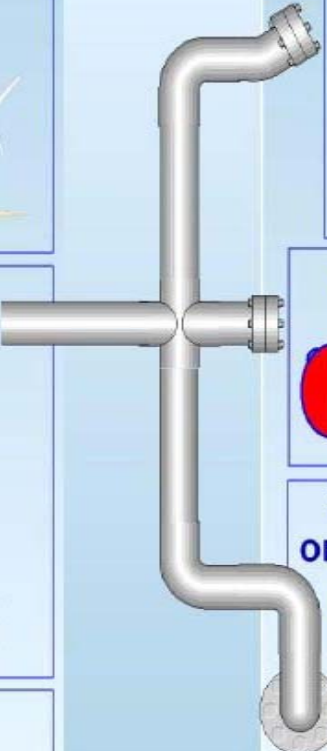

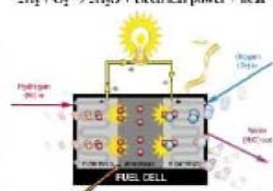
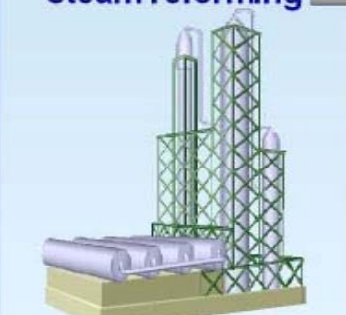

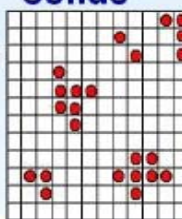



Stazione per telefonia mobile OMNITEL.  
Nel riquadro è mostrato un dettaglio del  
filtro a film superconduttivo.

# Cavità Risonanti a Microonde Costruite con $MgB_2$



# Hydrogen

Production	Transportation	Storage	Utilization	Reaction Products
<p>1) eolic electrolysis of water</p> 		<p>1) compressed gas</p> 	<p>Fuel cells</p> <p><math>2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{electrical power} + \text{heat}</math></p>  <p>low T combustion</p>	<p><math>H_2O</math></p>
<p>2) hydrocarbon steam reforming</p> 		<p>2) liquid</p> 	<p>high T combustion</p>	<p><math>H_2O + NO_x</math></p>
<p>3) bacterial decomposition of hydrocarbons</p>		<p>3) hydride or chemically bound in solids</p> 	<p>Combustion engines</p>  <p>high T combustion</p>	<p><math>H_2O + NO_x</math></p>
<p>4) gasified biomass</p>				

# IMMAGAZZINAMENTO DELL'IDROGENO

Confronto tra gas compresso e idruro di magnesio (elemento solido)

~900 atm gas H<sub>2</sub> sono necessari per immagazzinare la stessa quantità di idrogeno nello stesso volume di un idruro di magnesio con rapporto H/Mg = 1

41.1 g H/kg Mg = 4.1 wt% H;

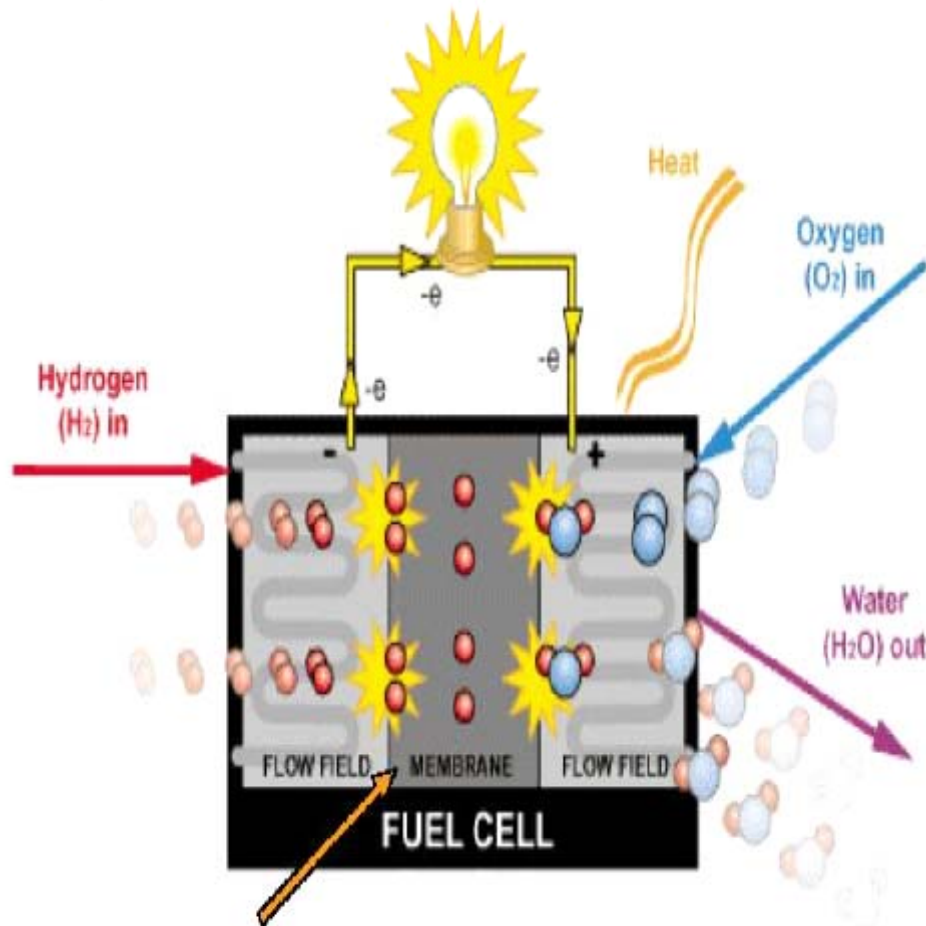
1kg di Mg: 0.572 l

***N.B. L'idrogeno liquido ha un peso specifico di 70,99 g/l. Il punto di ebollizione è -252,77 °C.***

**1 kg di idrogeno: è assorbito in 25 kg di Mg(4wt%); sviluppa 30,0 Mcal= 125 MJ; ovvero può sviluppare un lavoro di 35 kWh(teorico)**

**Se un sistema alimentato da una cella a combustibile ha un rendimento del 50%, si può alimentare un motore della potenza di 9 kW per 2 h.**

**Parte del calore di scarto può essere recuperato per scaldare il serbatoio.**



Membrane conducts protons from anode to cathode  
proton exchange membrane (PEM)

## **Principali caratteristiche richieste per un efficiente serbatoio a stato solido per idrogeno**

- a) Grande capacità di immagazzinamento => dimensioni ridotte ;**
- b) Temperature e pressioni di caricamento e scaricamento moderate => semplicità di utilizzo;**
- c) Tempi di carico e scarico del serbatoio sufficientemente veloci ;**
- d) Alta resistenza al degrado e alla contaminazione del serbatoio => possibilità di riutilizzo continuato nel tempo e limitazione dei costi di esercizio**

## **ASSORBITORI TRADIZIONALI: IDRURI METALLICI** **(l'idrogeno è interstiziale)**

**-Leghe di terre rare (LaNi<sub>5</sub>, ...) Basse temperature e pressioni di dissociazione, ma limitata capacità di accumulo (< 2 wt%).**

**-Leghe di metalli di transizione refrattari (Ti-Cr[Me], Me=Mo,Zr,Ti,V,Ni) Basse temperature di rilascio di idrogeno e non trascurabile (ma non sufficiente) capacità (~2,2 wt%), ma alta densità e costo.**

**-Leghe di Mg (MgH<sub>2</sub>, Mg-Ni, Mg-Ni-[Re] con Re= Nd, Y, ...) Notevole capacità di accumulo (~6 wt%), ma elevate temperature di idrogenazione/deidrogenazione.**



## **ASSORBITORI INNOVATIVI: IDRURI COMPLESSI** **(l'idrogeno è legato chimicamente)**

**-Alanati ( $\text{NaAlH}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{AlH}_6$ ,  $\text{LiAlH}_4$ , ...), ~5 wt%H**

**-Ammidi ( $\text{LiNH}_2$ ), immidi( $\text{Li}_2\text{NH}$ ), ~7 wt%H**

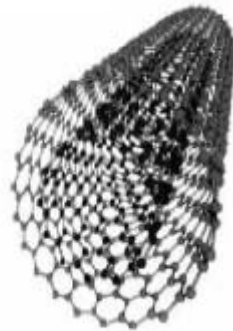
**-Boroidruri ( $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{LiBH}_4$ ), ~11 wt%H**

**-Alani (idruri di alluminio,  $\text{AlH}_3$ ), ~10 wt%H**

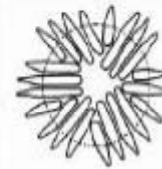
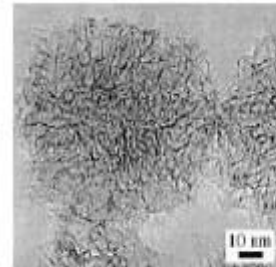
**-Borani di ammoniaca ( $\text{NH}_3\text{BH}_3$ ), ~19 wt%H.**

# Nanostrutture di carbonio

Double-wall  
nanotube

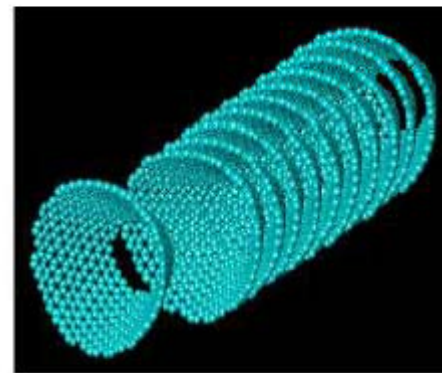
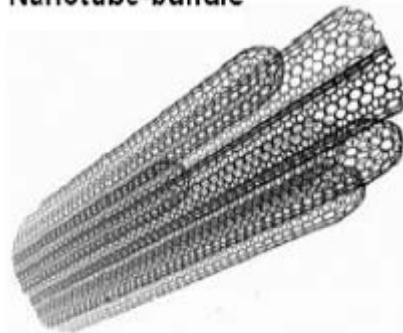


Nanohorns

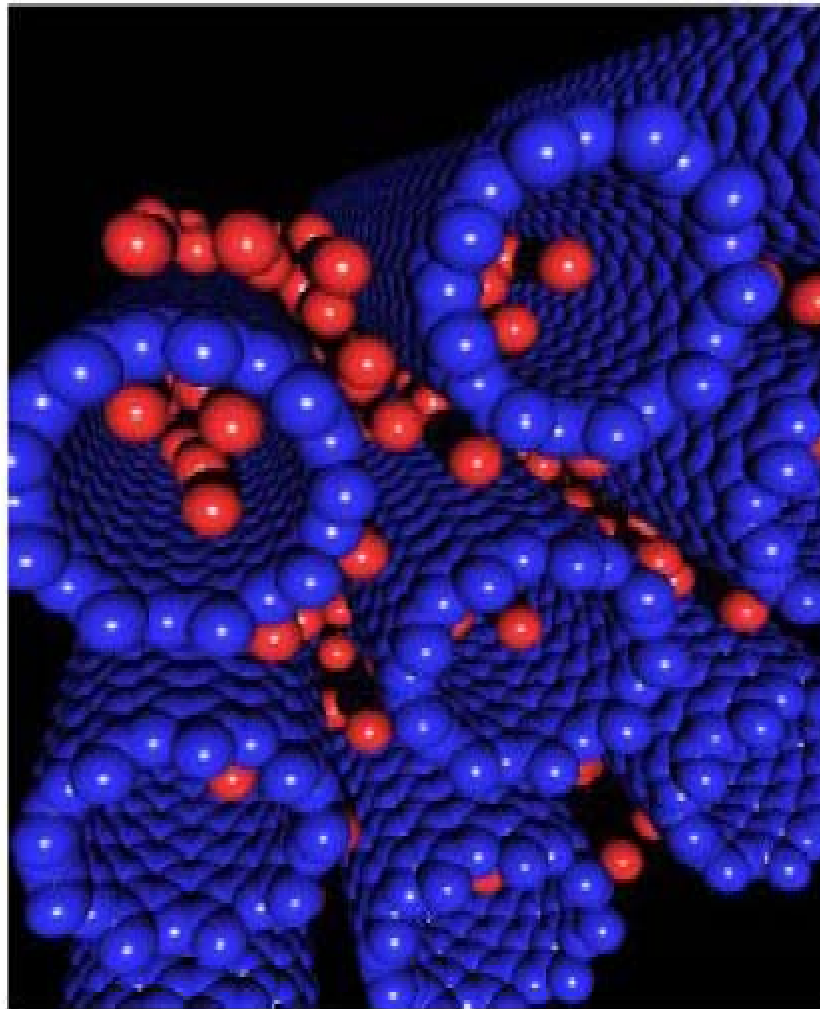


Cup-stacked Carbon Nanofiber

Nanotube-bundle



**Figure 7** Structures and Micrographs of Selected Carbon Allotropes and Nanostructures (Sources: Nanohorns [upper right], Eklund 2003; nanofiber [lower right], Endo et al. 2003)



**Figure 8** Simulation of the Structure of Adsorbed Hydrogen in an Array of Nanotubes at 298 K and 200 bar of Hydrogen Pressure (Source: Johnson 2002)