

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

23-27 marzo 2009

Le frontiere della fisica della materia

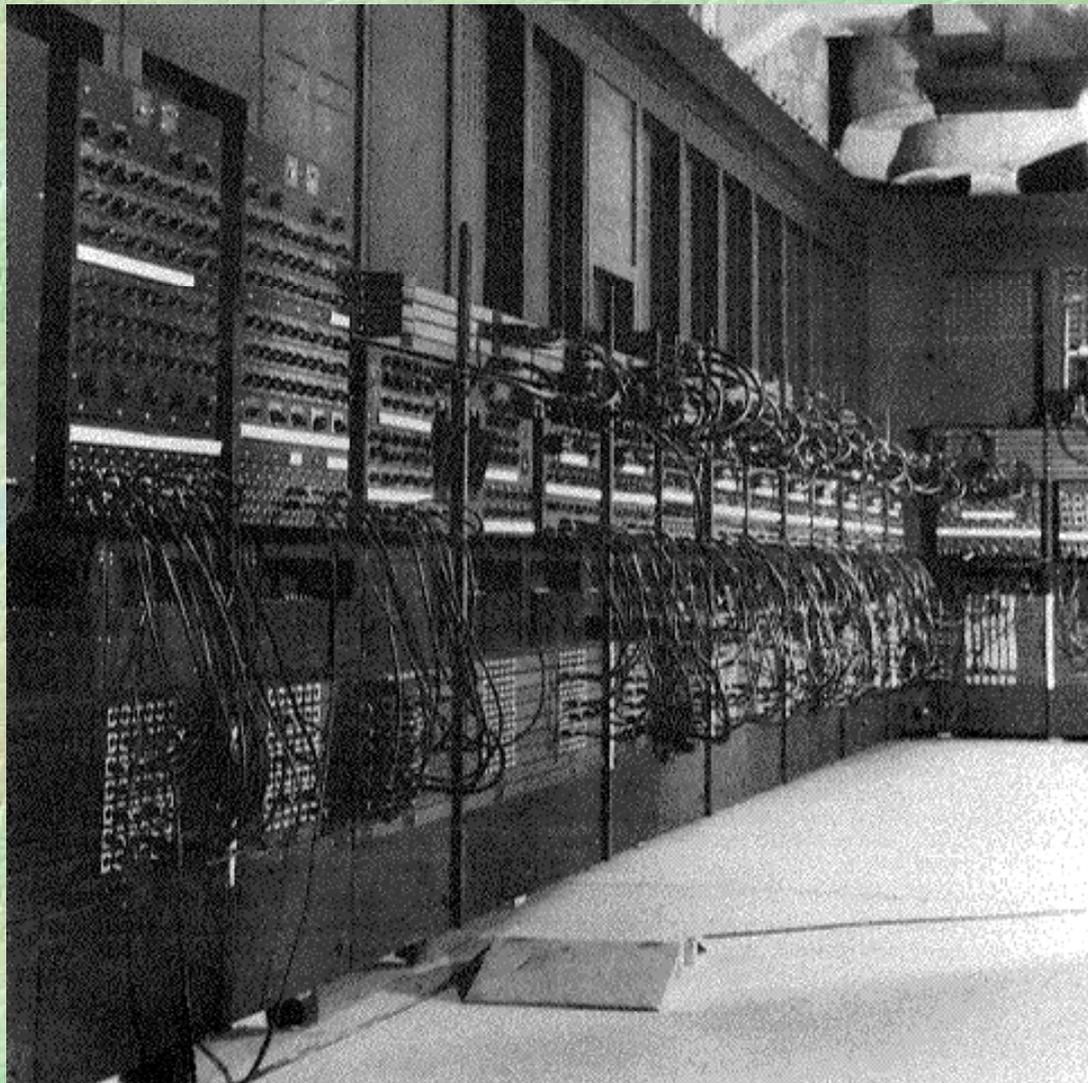
INTERNET: UNA RIVOLUZIONE EPOCALE

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

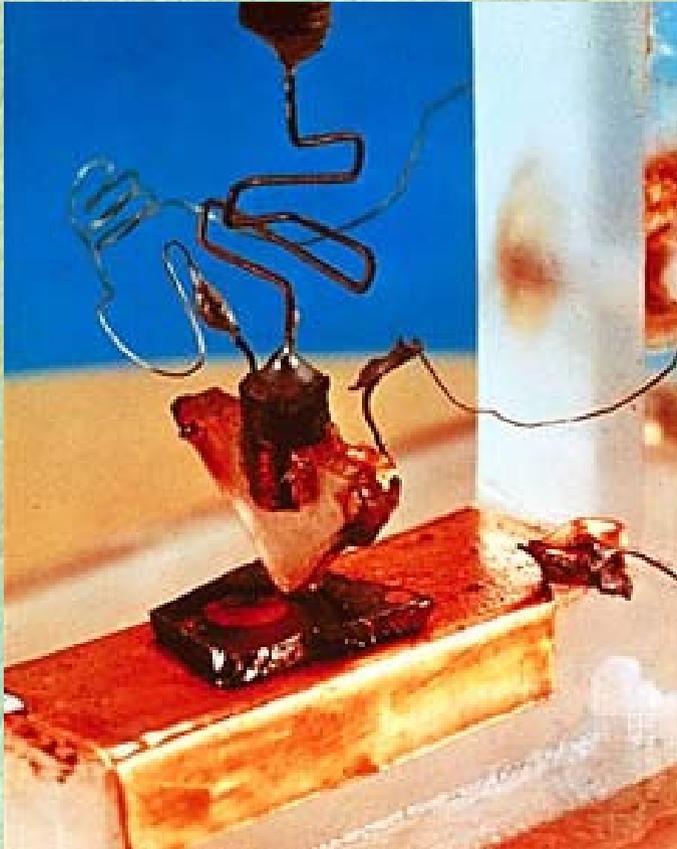
La possibilità di esprimersi in modo completamente libero, senza censure

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



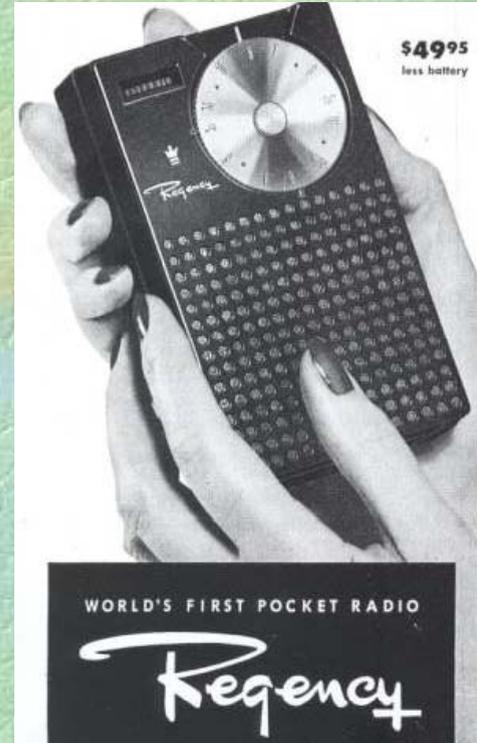
1946 – ENIAC: il primo computer
30 tonnellate – 17000 valvole

IL TRANSISTOR (1947)



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

Nasce la radio portatile (1954)

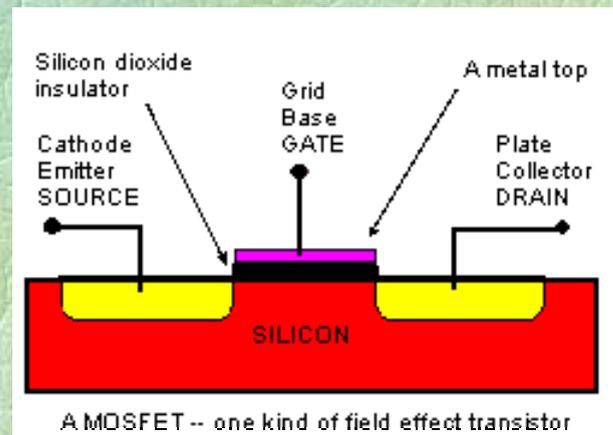


La **Regency TR1**,
la prima radio a
transistor del
mondo (1954)

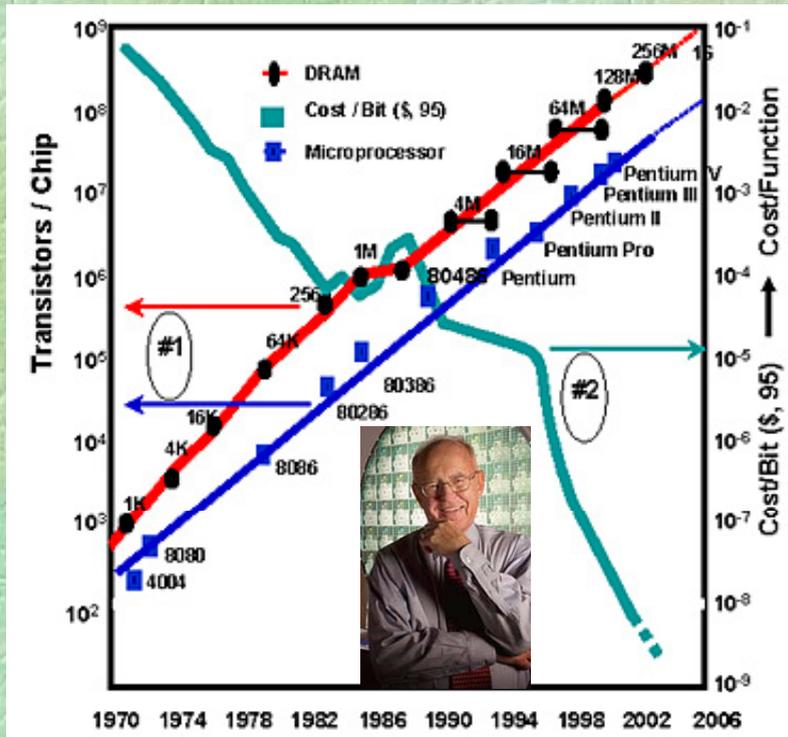
Inizia l'era della miniaturizzazione

Dal transistor al circuito integrato (1960)

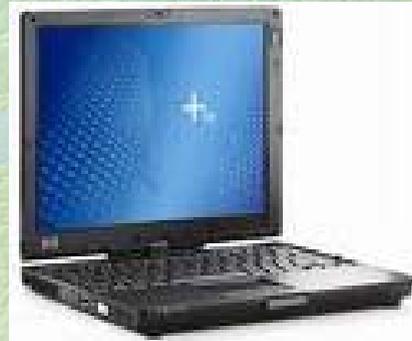
Generare i transistor direttamente su una fetta di silicio (wafer). L'informazione viene tradotta in soli due simboli, 0 e 1. Nasce l'era dell'informazione e della comunicazione digitale.



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)



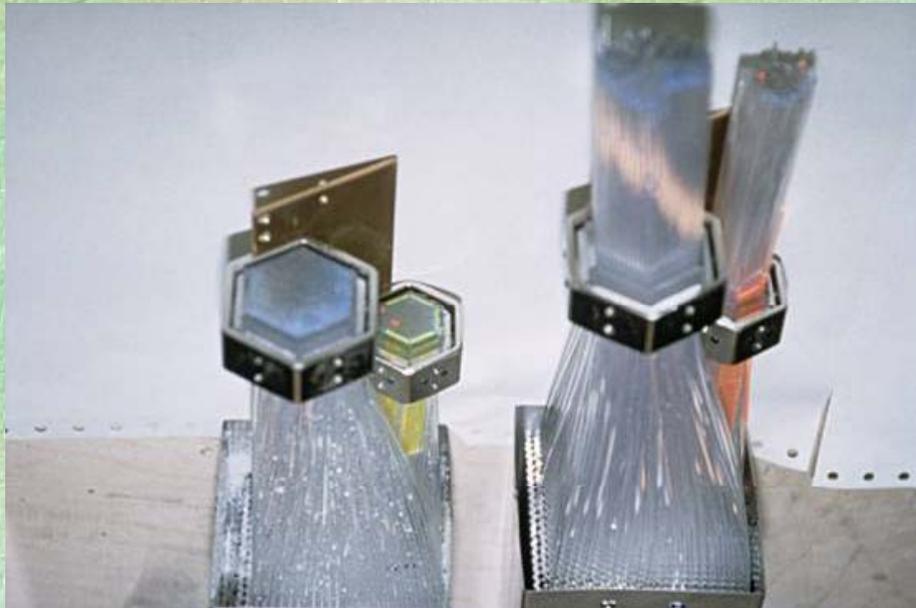
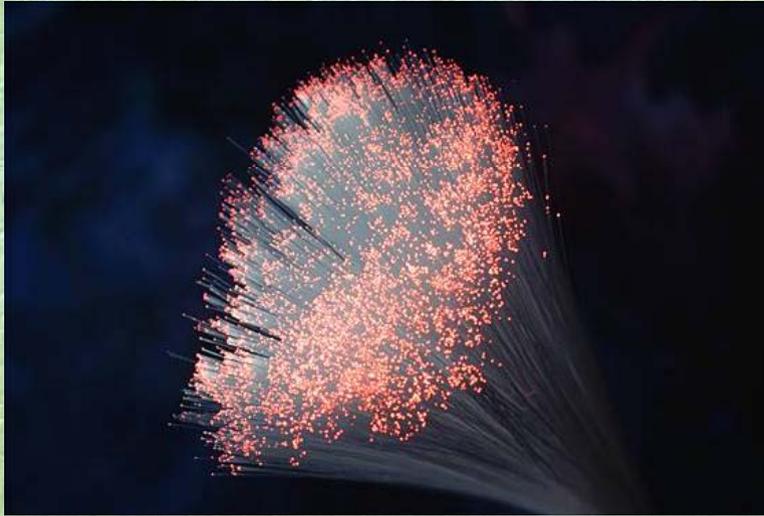
TUTTO CIO' 20 ANNI FA NON C'ERA

Di che si occupa la Fisica della Materia oggi ?

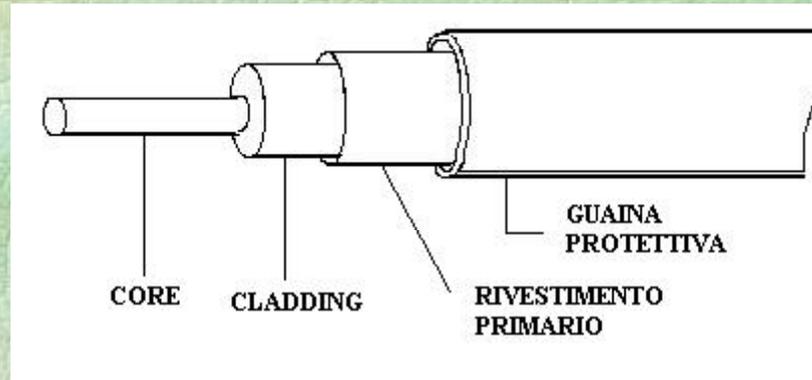
Tre argomenti di ricerca (con implicazioni applicative) sviluppati in questo Dipartimento di Scienze Fisiche ed Astronomiche:

- 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.

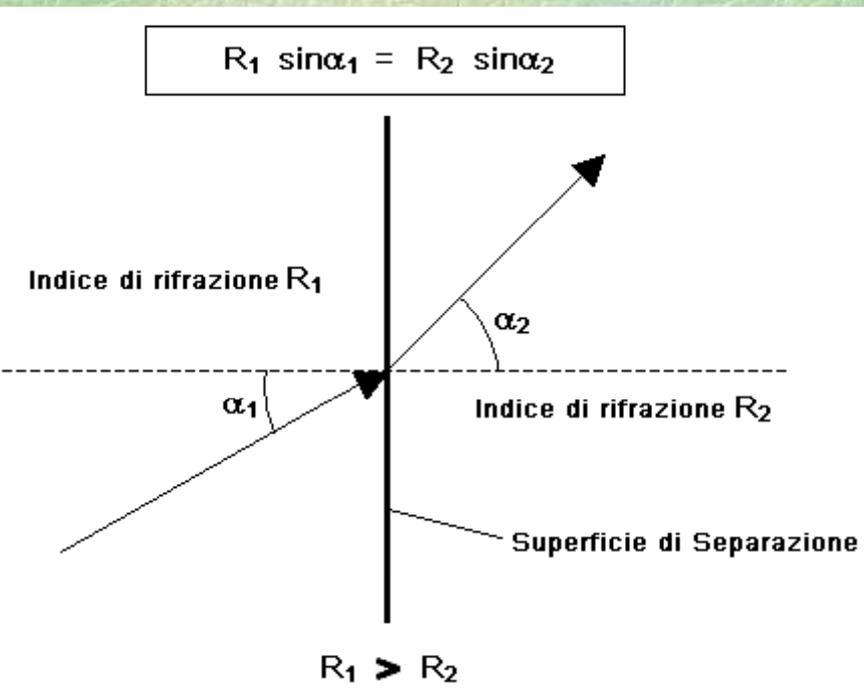
Dato che non impiegano materiali conduttori e trasportano particelle luminose (i cosiddetti fotoni) elettricamente neutre, le fibre hanno totale immunità da disturbi elettromagnetici;

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.

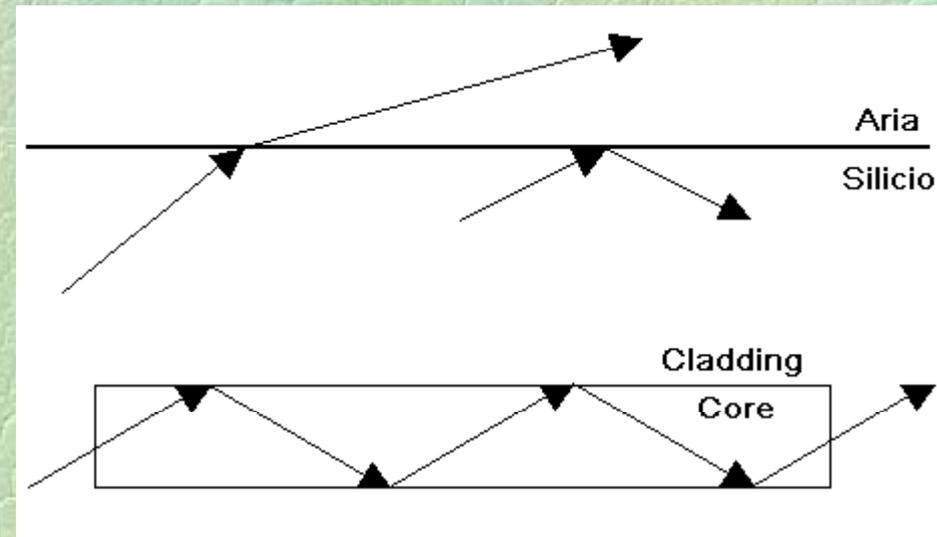
La legge di Snell definisce la riflessione e la rifrazione di un raggio luminoso incidente sulla superficie di separazione di due materiali



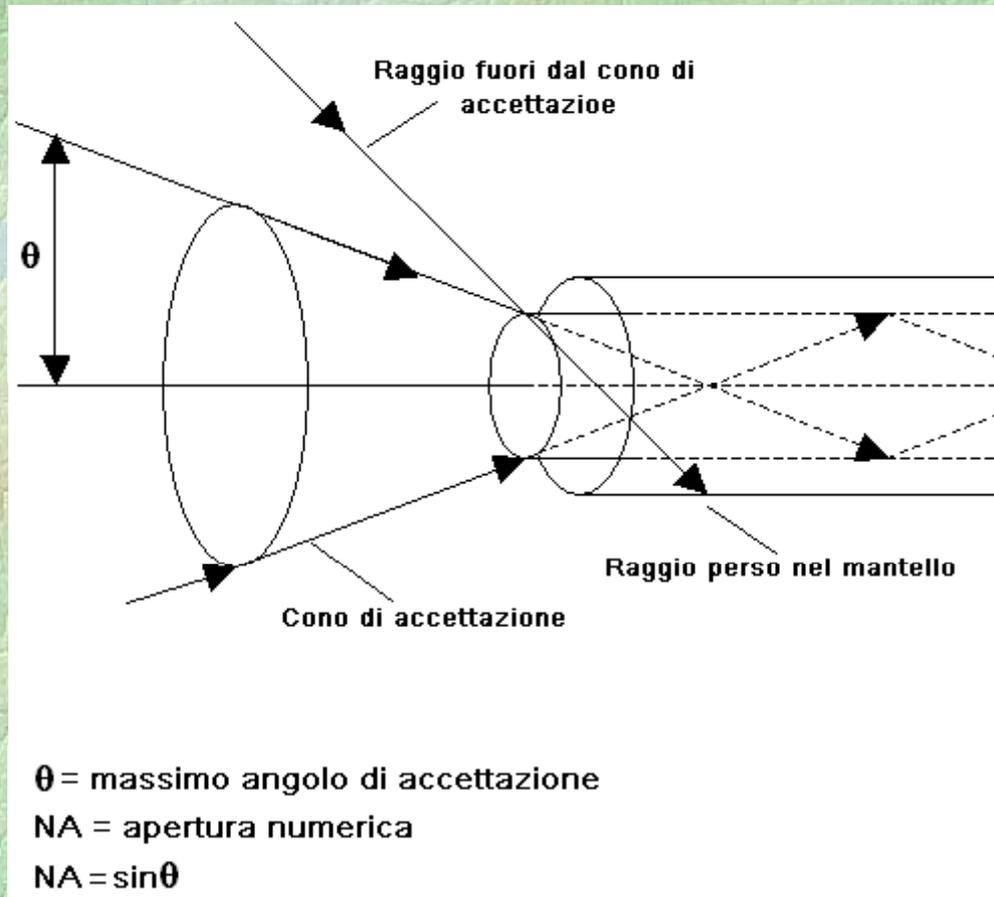
per valori dell'angolo di incidenza superiori al cosiddetto angolo critico, dato da

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

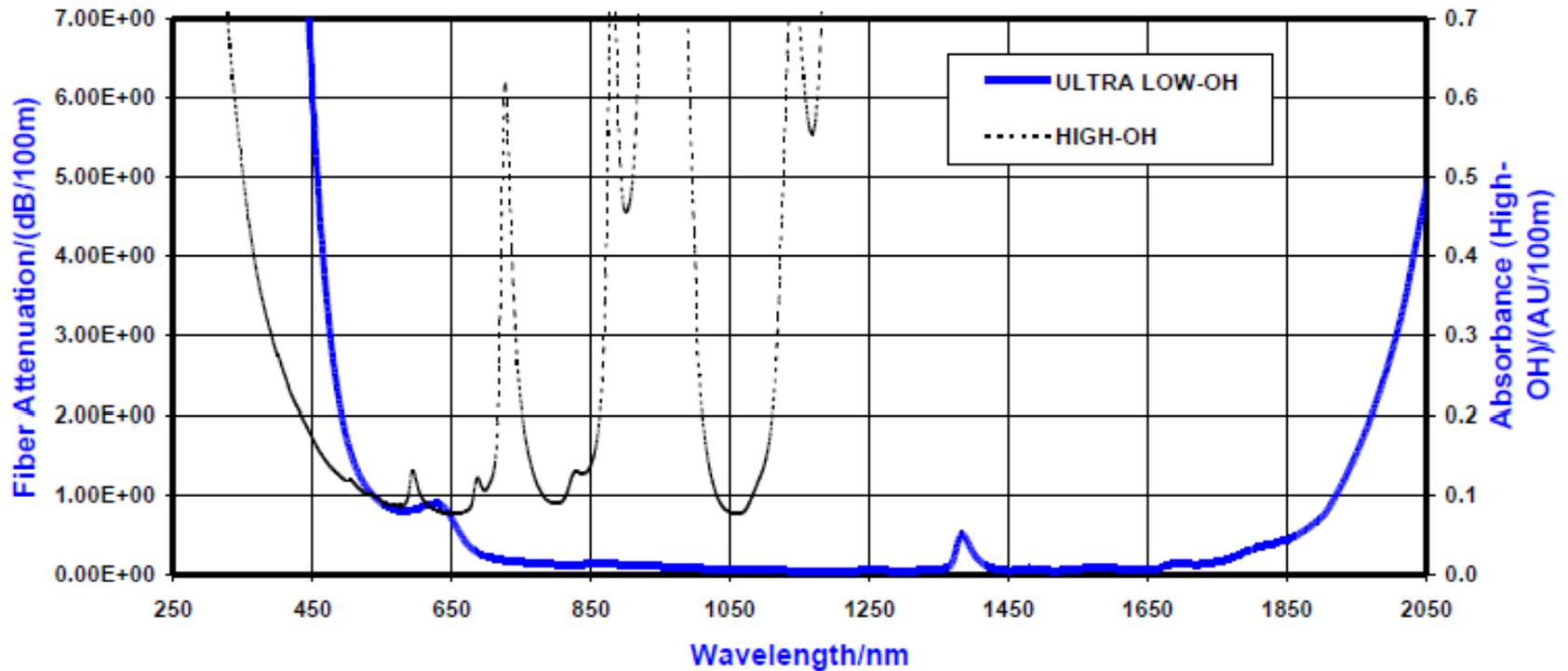
si ha la cosiddetta riflessione totale



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:



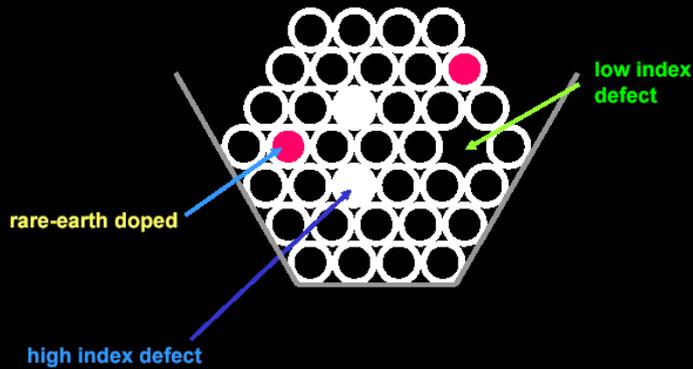
Performance Characteristics of GUIDED WAVE Fiber



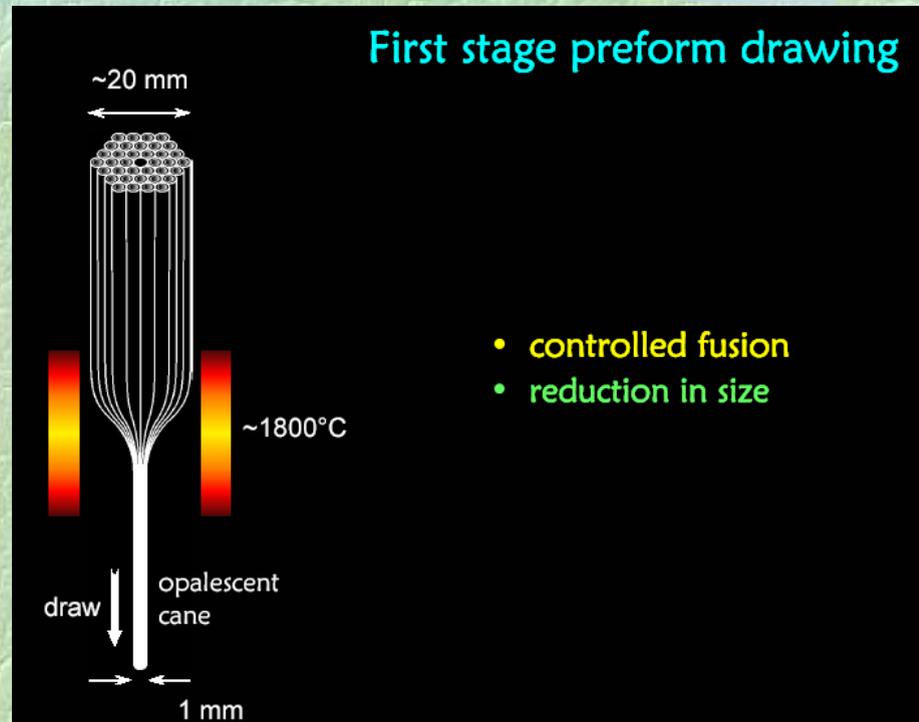
Fibre a cristalli fotonici

PCF is made by stacking tubes & rods

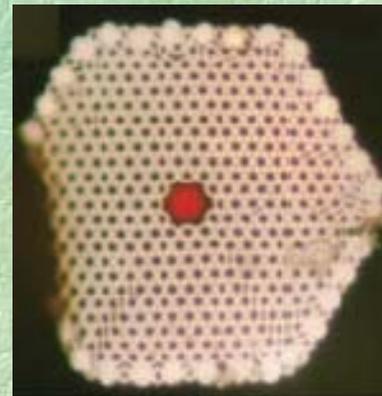
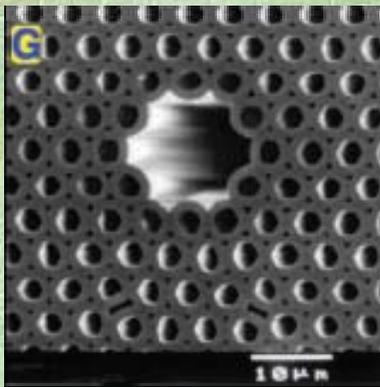
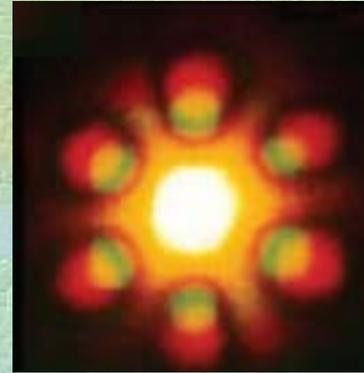
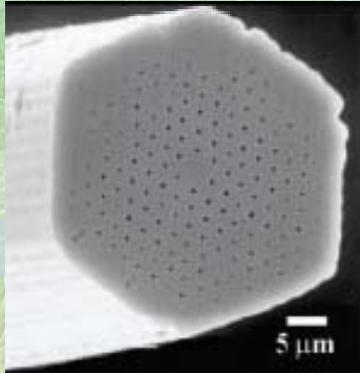
○ 1 mm capillary
(pure silica)



First stage preform drawing



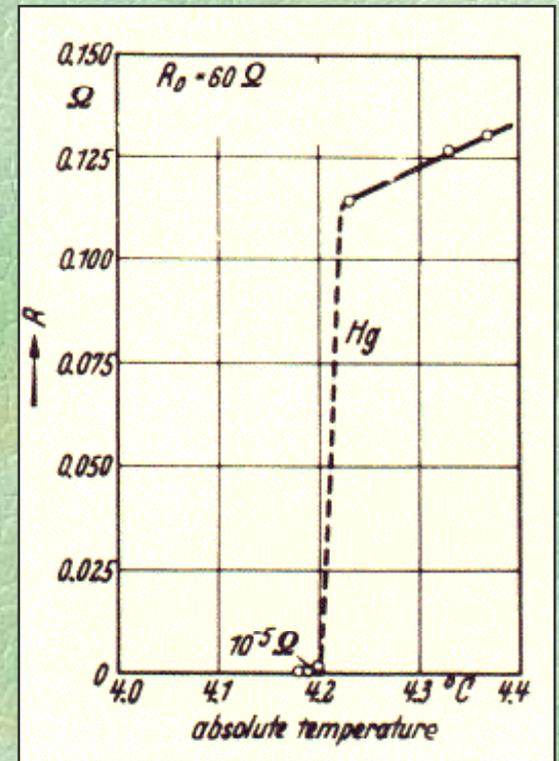
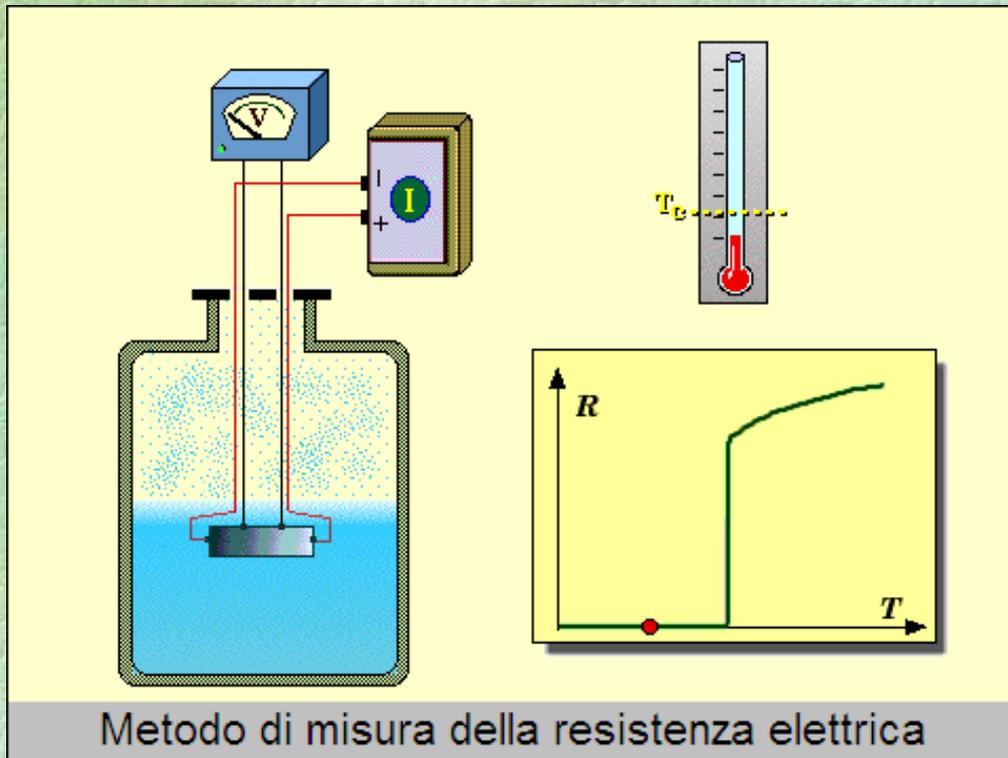
Fibre a cristalli fotonici



Il Fenomeno della Superconduttività



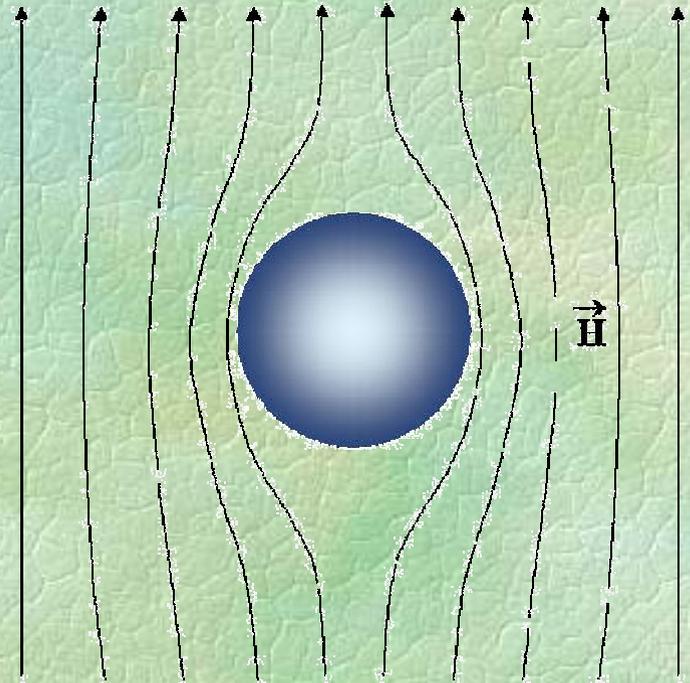
La Superconduttività è un fenomeno fisico che caratterizza molte sostanze, le quali raffreddate al di sotto di una temperatura critica, T_c , presentano eccezionali proprietà elettriche e magnetiche. Questo fenomeno è stato scoperto da Kammerlingh Onnes nel 1911.



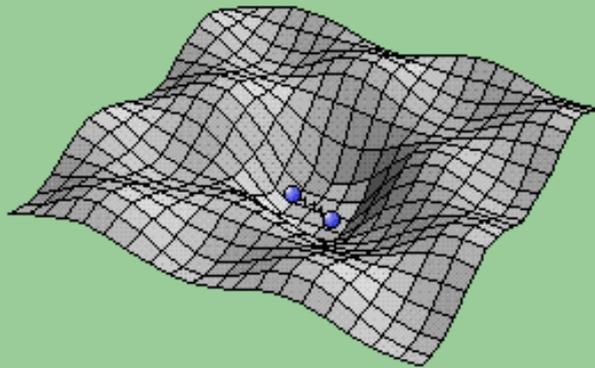
Proprietà Elettriche e Magnetiche dei Superconduttori

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

Effetto MEISSNER

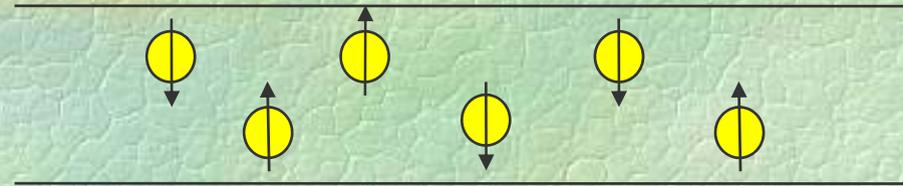


Formazione delle coppie di Cooper

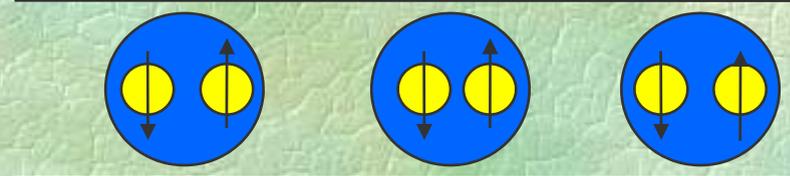


Formazione delle coppie di Cooper

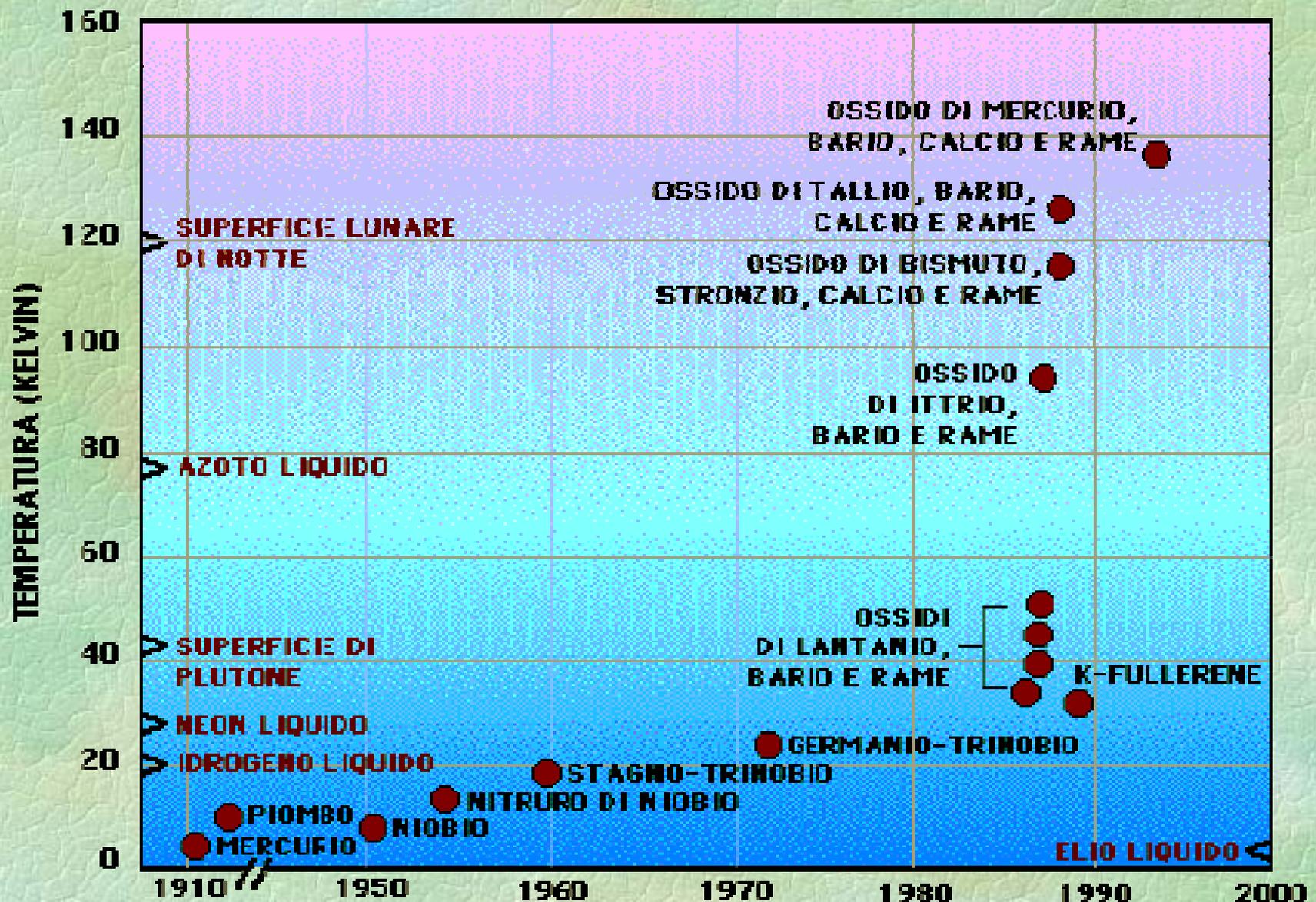
Elettroni nei metalli



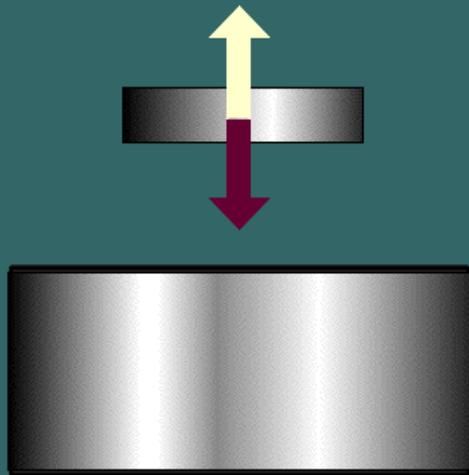
Coppie di Cooper nei superconduttori



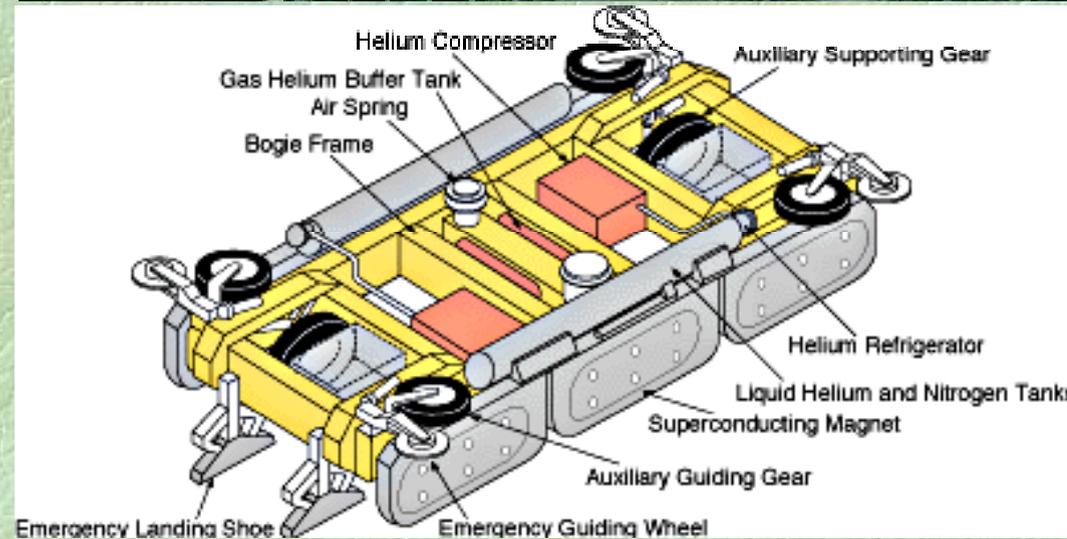
Andamento di T_c vs. tempo



Levitazione Magnetica: treni superveloci



Levitazione magnetica

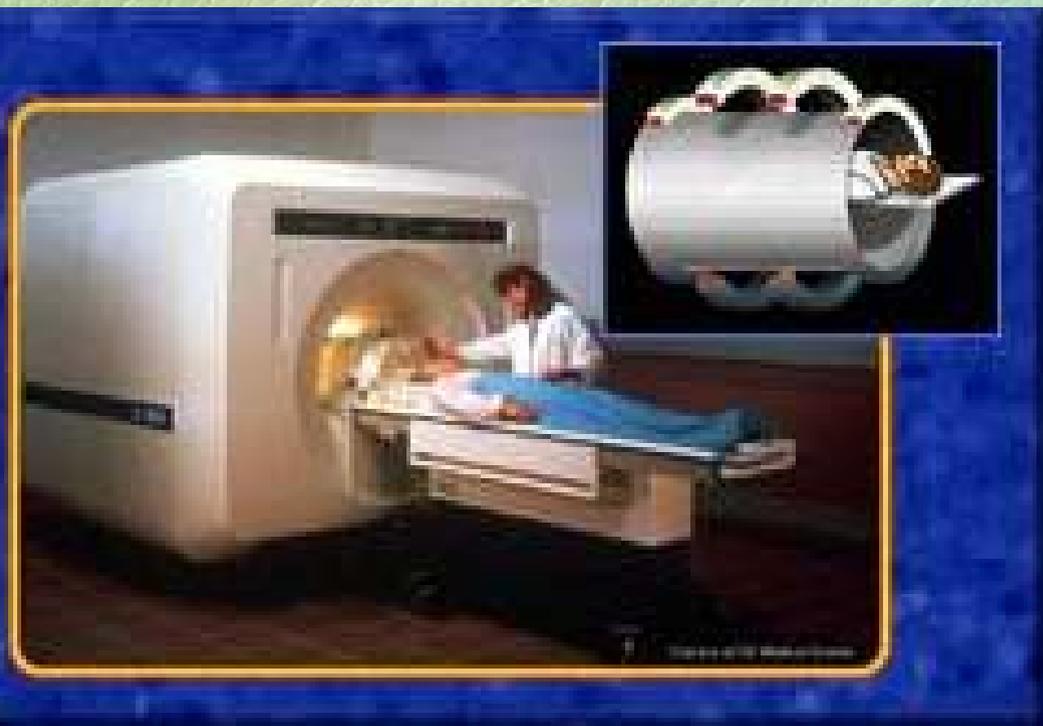


Treno Giapponese Superveloce: MAGLEV



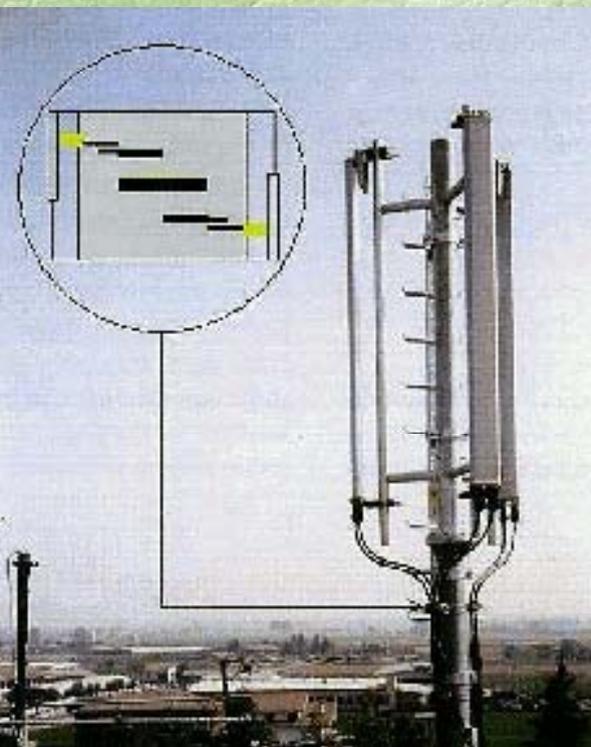
Magneti a Superconduttore per la Risonanza Magnetica Nucleare, NMR

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.



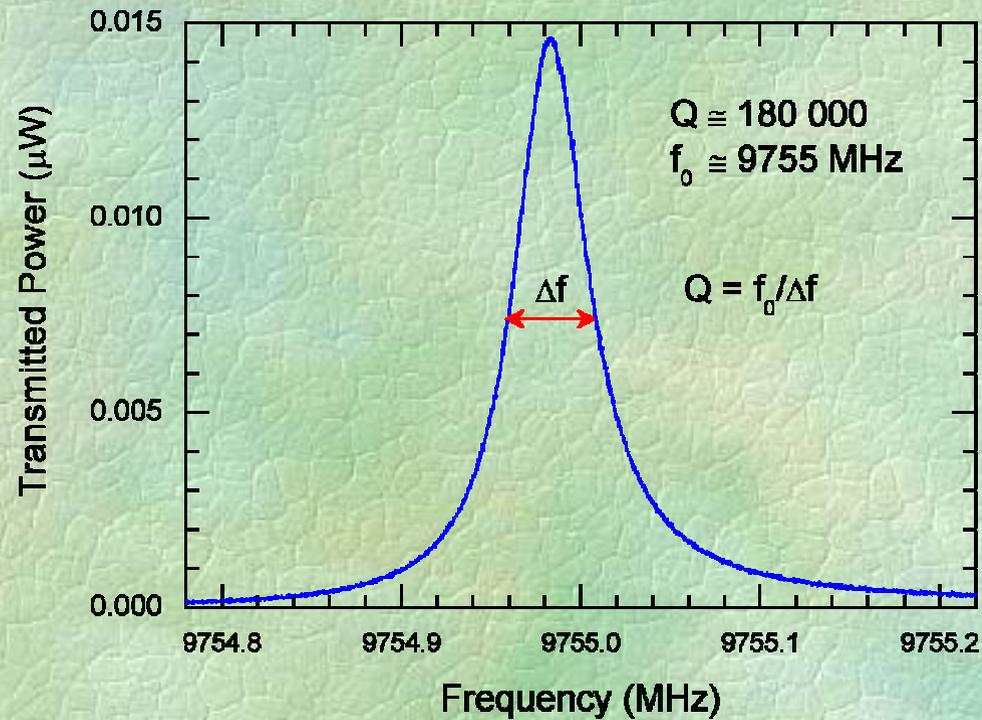
Applicazioni Tecnologiche dei Superconduttori: filtri

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

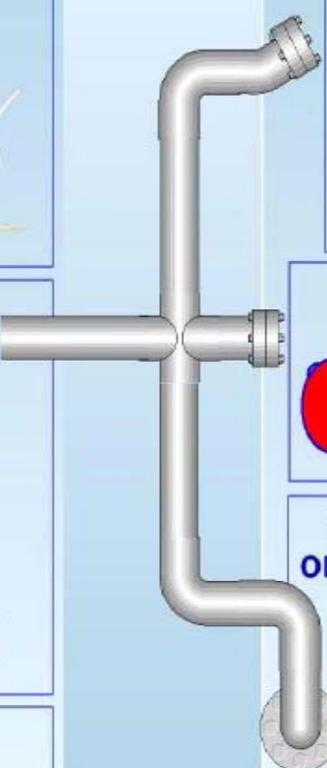
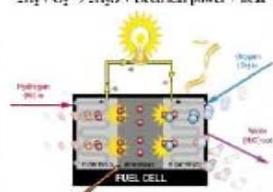
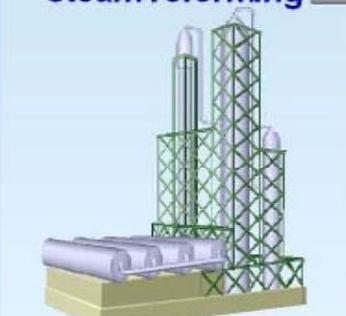
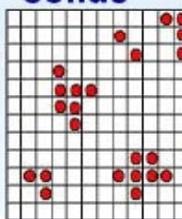


Stazione per telefonia mobile OMNITEL.
Nel riquadro è mostrato un dettaglio del
filtro a film superconduttivo.

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>$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{electrical power} + \text{heat}$</p>  <p>low T combustion</p>	<p>H_2O</p>	
<p>2) hydrocarbon steam reforming</p> 		<p>2) liquid</p> 	<p>Combustion engines</p>  <p>high T combustion</p>	<p>$H_2O + NO_x$</p>	
<p>3) bacterial decomposition of hydrocarbons</p>		<p>3) hydride or chemically bound in solids</p> 			
<p>4) gasified biomass</p>					

IMMAGAZZINAMENTO DELL'IDROGENO

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

~900 atm gas H₂ 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;

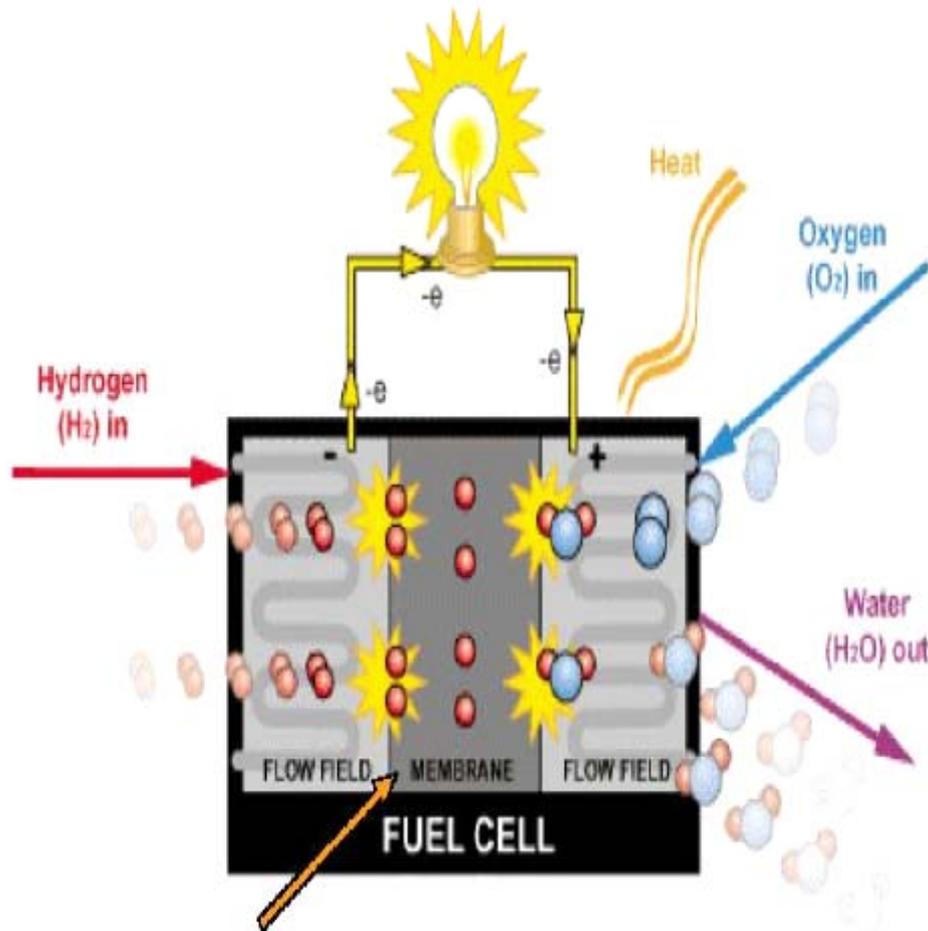
1kg di Mg: 0.572 l

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 (LaNi₅, ...) 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 (MgH₂, 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 (NaAlH_4 , Na_3AlH_6 , LiAlH_4 , ...), ~5 wt%H

-Ammidi (LiNH_2), immidi(Li_2NH), ~7 wt%H

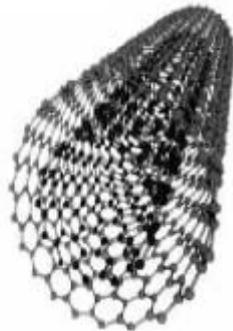
-Boroidruri (NaBH_4 , LiBH_4), ~11 wt%H

-Alani (idruri di alluminio, AlH_3), ~10 wt%H

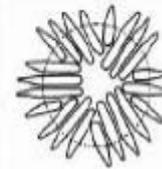
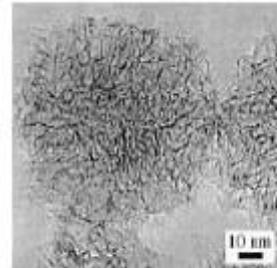
-Borani di ammoniaca (NH_3BH_3), ~19 wt%H.

Nanostrutture di carbonio

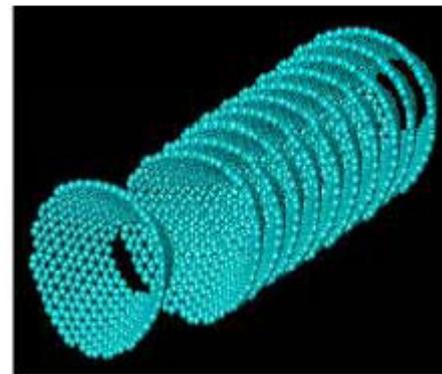
Double-wall
nanotube



Nanohorns



Cup-stacked Carbon Nanofiber



Nanotube-bundle

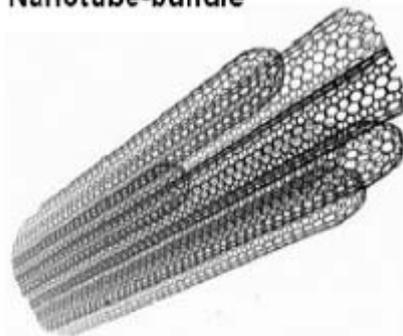


Figure 7 Structures and Micrographs of Selected Carbon Allotropes and Nanostructures (Sources: Nanohorns [upper right], Eklund 2003; nanofiber [lower right], Endo et al. 2003)

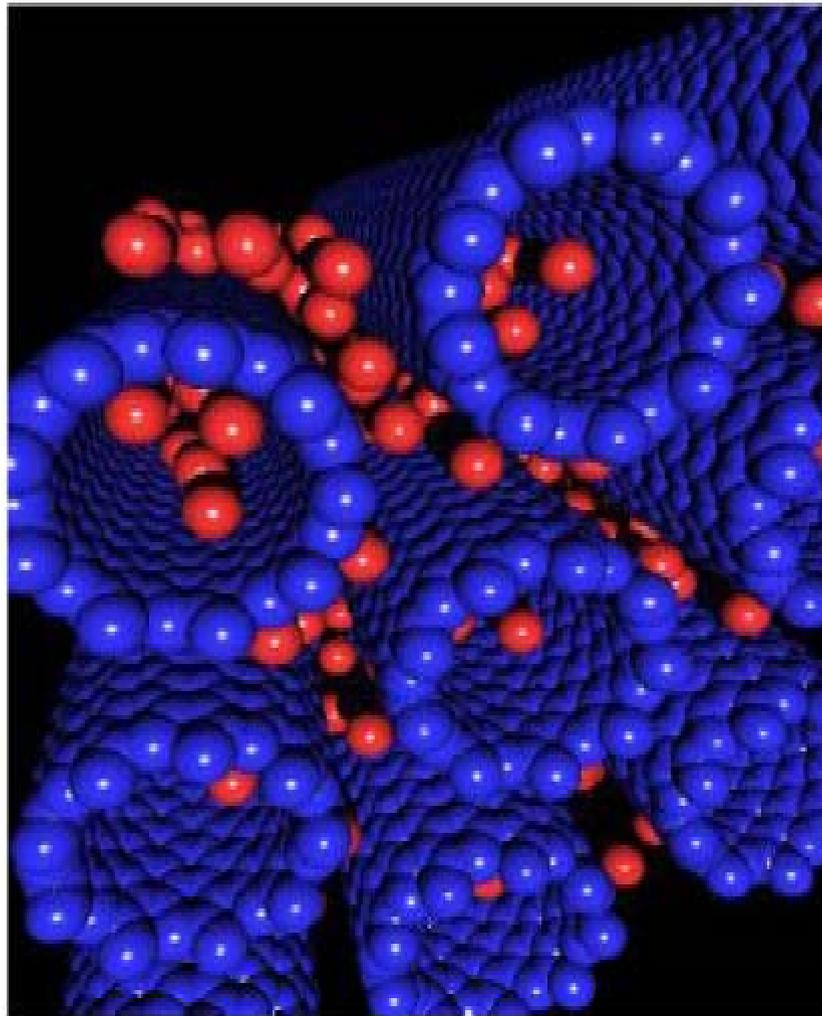


Figure 8 Simulation of the Structure of Adsorbed Hydrogen in an Array of Nanotubes at 298 K and 200 bar of Hydrogen Pressure (Source: Johnson 2002)