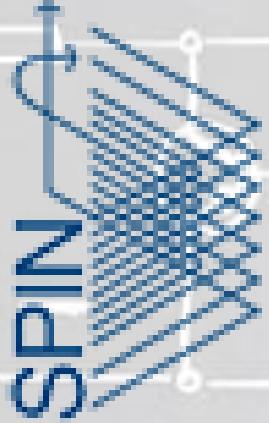


SPIN



CNR-SPIN Genova

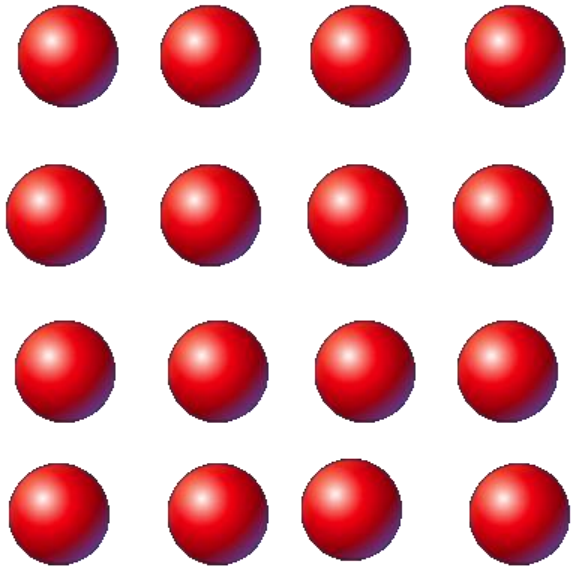


I MATERIALI SUPERCONDUTTORI DEL NUOVO MILLENNIO

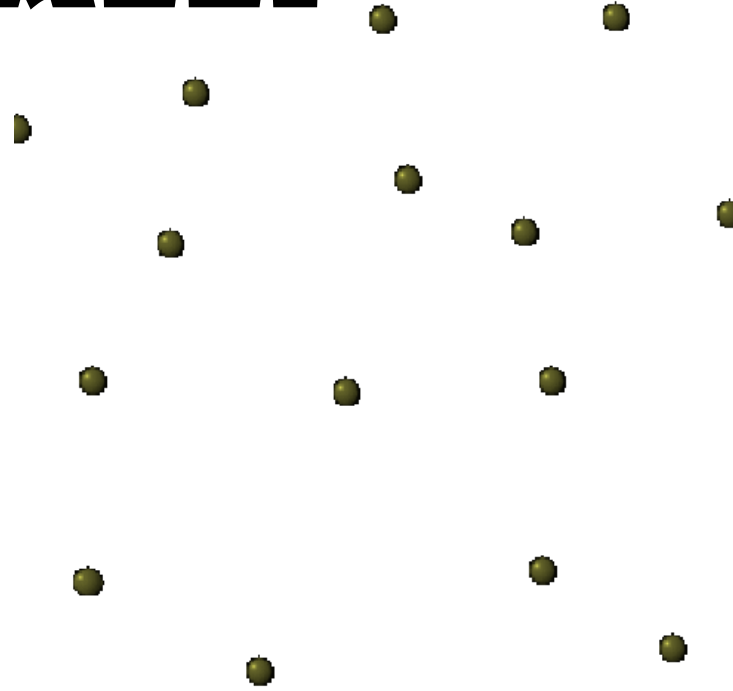
ART&SCIENCE 2021

Carlo Ferdeghini
Carlo.Ferdeghini@spin.cnr.it

LA CONDUZIONE ELETTRICA NEI METALLI

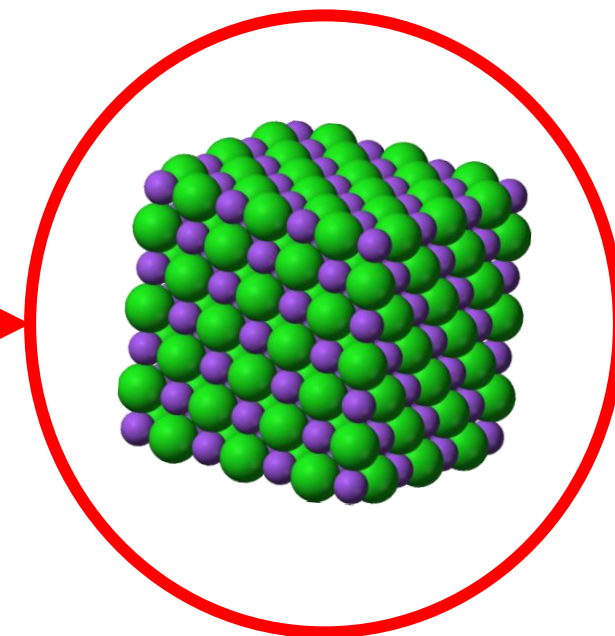
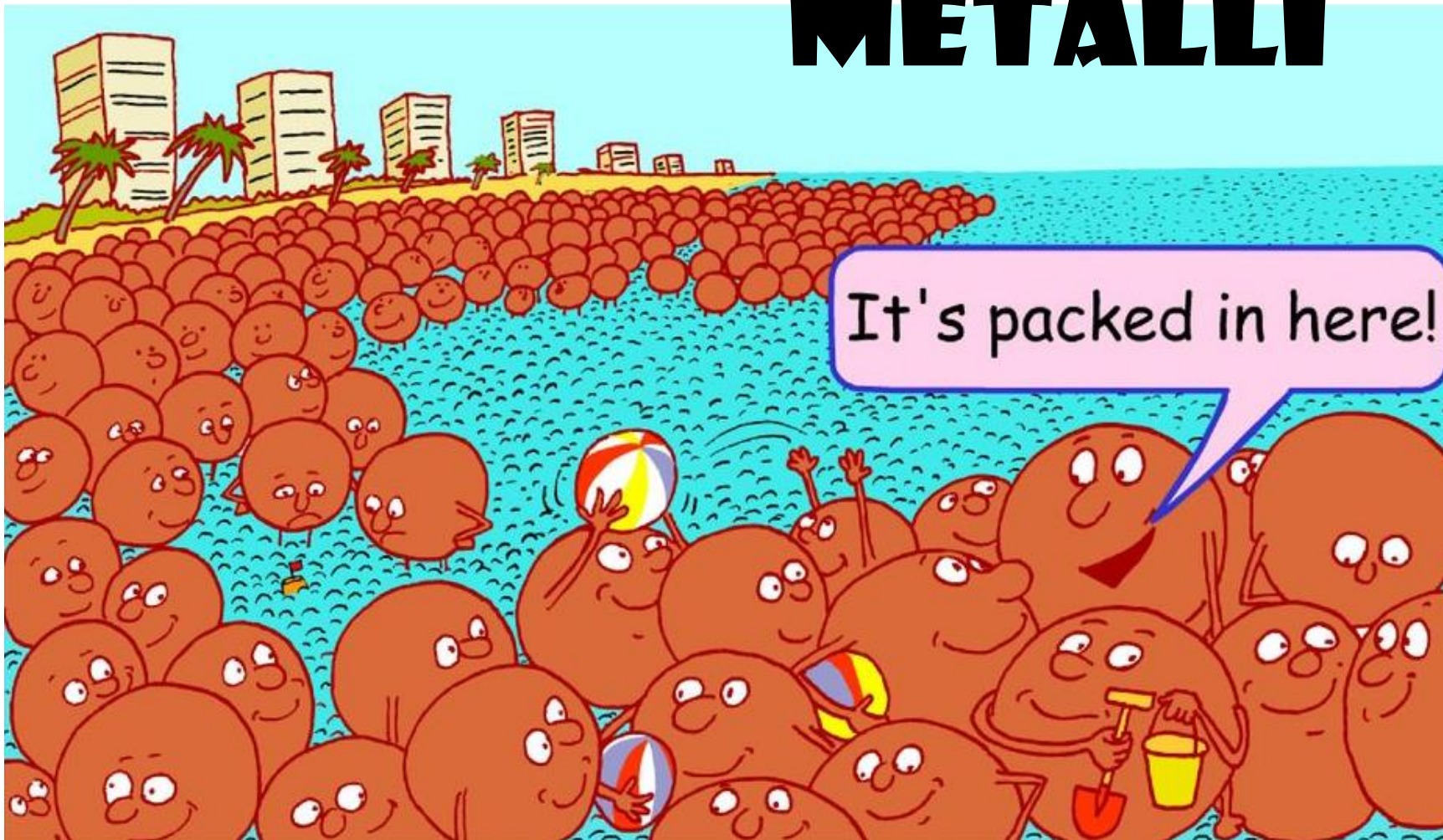


IONI POSITIVI
Disposti in modo regolare
(Reticolo)

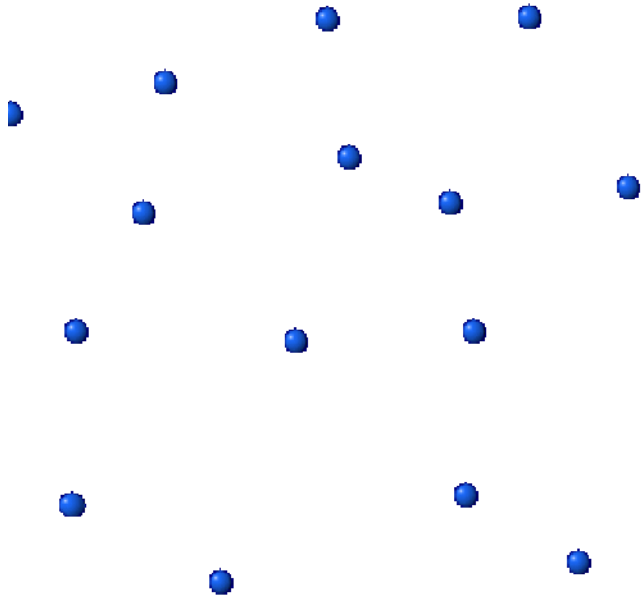


ELETTRONI DI CONDUZIONE
Liberi di muoversi (mare di elettroni)

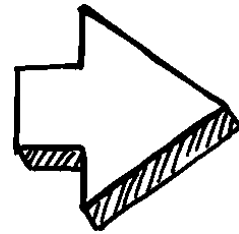
LA CONDUZIONE ELETTRICA NEI METALLI



LA CONDUZIONE ELETTRICA NEI METALLI



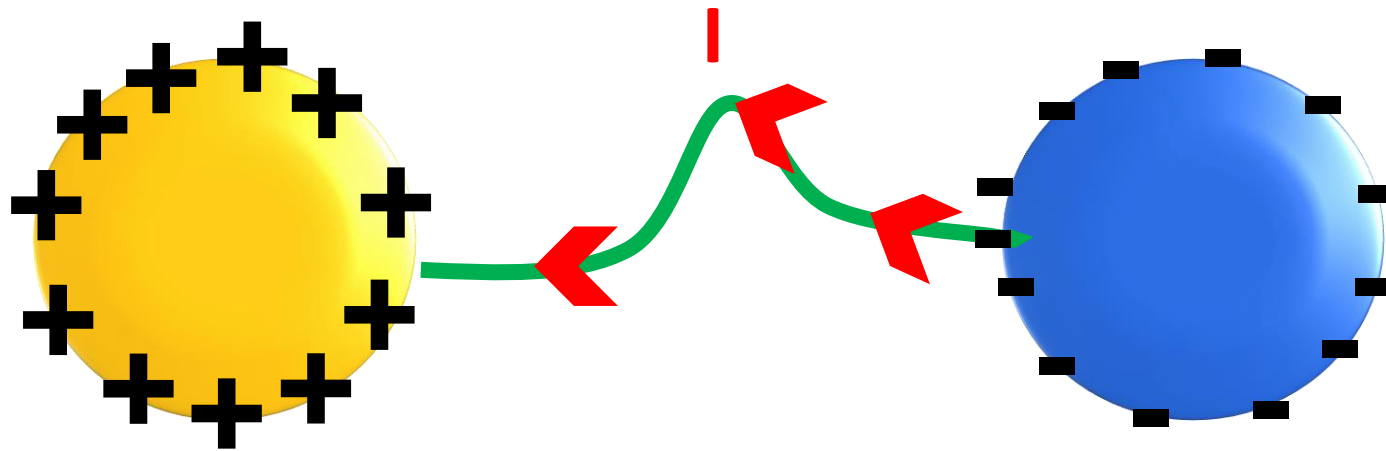
Velocità ≈ 1500 km/s
(nel rame)



Gli elettroni si muovono in modo casuale e:
Non c'è una corrente netta

LA CORRENTE ELETTRICA

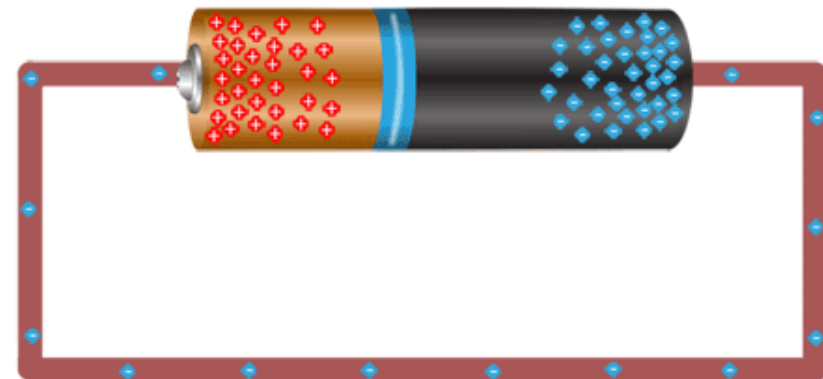
Per avere una corrente elettrica devo applicare una **Differenza di Potenziale (V)**



Manca di elettroni

Eccesso di elettroni

LA DIFFERENZA DI POTENZIALE



← Direction of electron flow

(Conventionally, direction of current is shown from positive to negative)

LA PRIMA LEGGE DI OHM

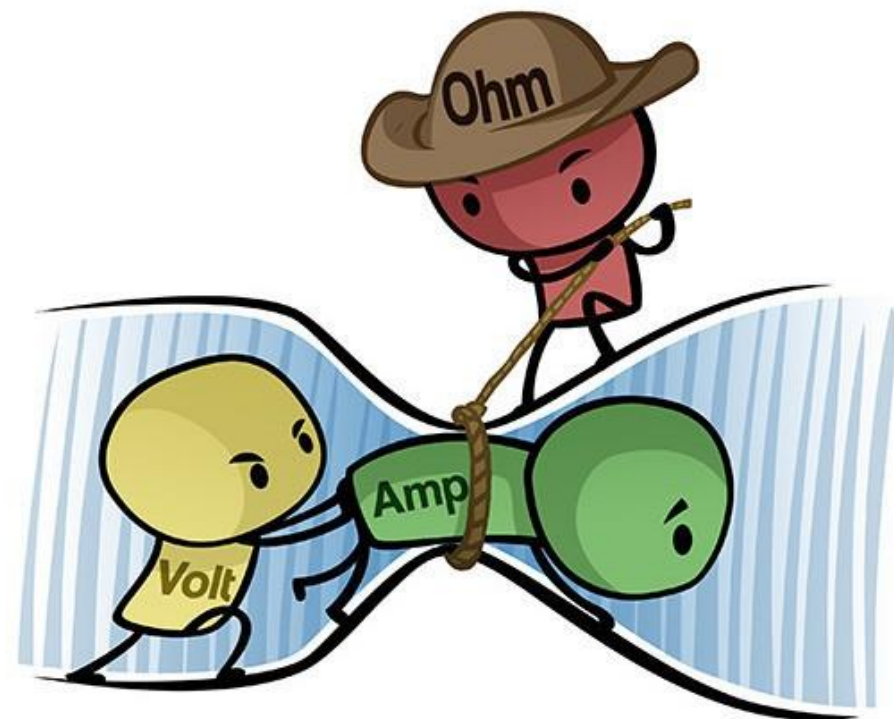
$$V = IR$$

V = Differenza di potenziale

I = Corrente elettrica

R = Resistenza elettrica

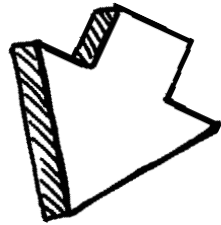
La resistenza elettrica è una proprietà intrinseca del materiale che limita la corrente elettrica



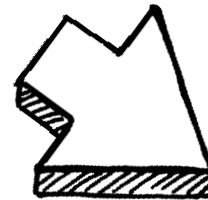
LA RESISTENZA ELETTRICA

La resistenza elettrica (R)

È provocata da **URTI** durante i quali gli elettroni perdono energia



Urti contro gli ioni del reticolo?

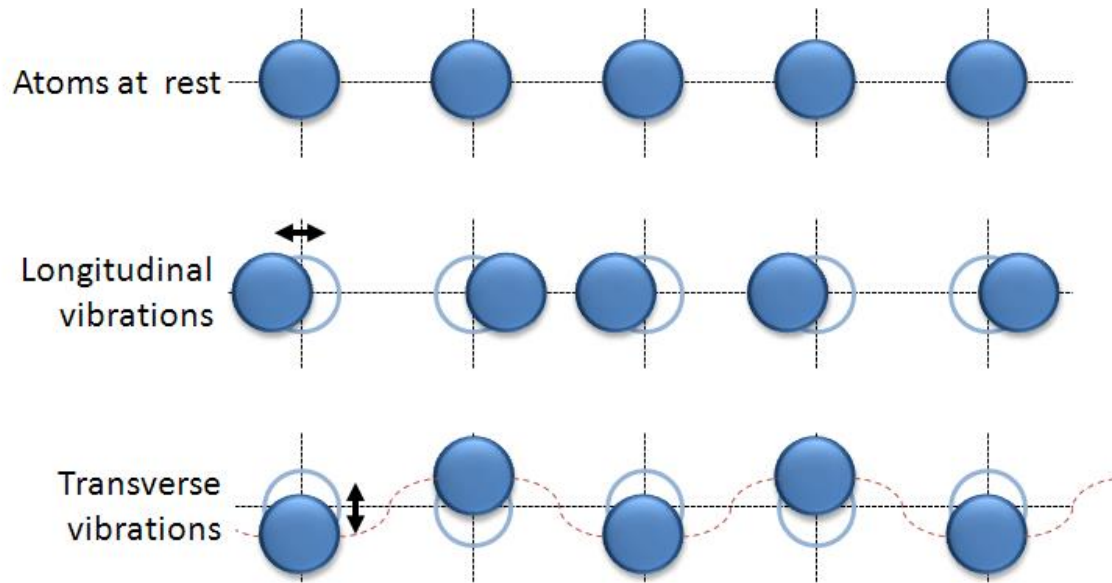


Urti contro impurezze del reticolo

LA RESISTENZA ELETTRICA

Urti contro gli ioni del reticolo? → Gli urti avvengono con gli ioni perché questi oscillano a causa dell'energia termica

Questo contributo diminuisce al diminuire della temperatura



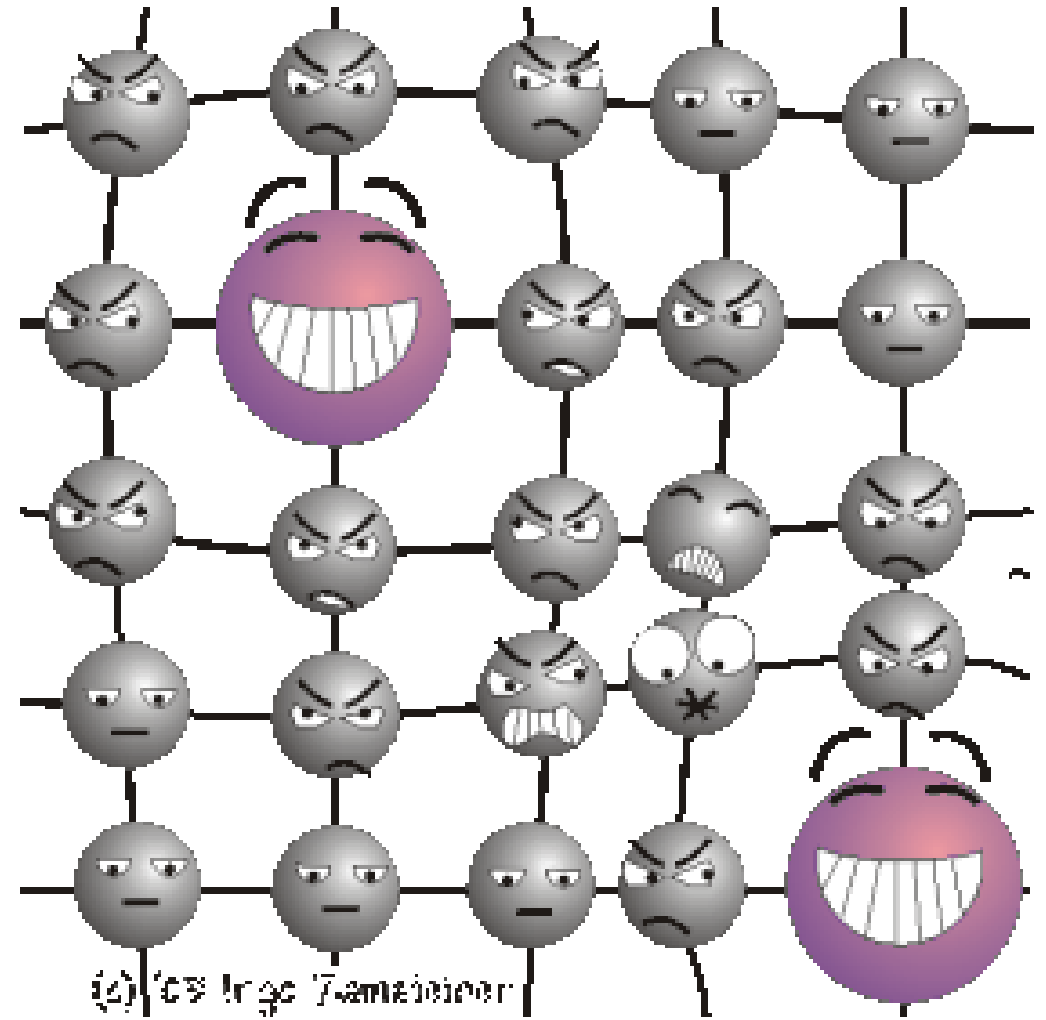
Le oscillazioni termiche del reticolo vengono chiamate **FONONI**

LA RESISTENZA ELETTRICA

Urto contro impurezze del reticolo

→ le impurezze non rispettano la periodicità del reticolo

Questo contributo dipende solo dalla chimica del materiale e non dalla temperatura, quindi per un metallo la resistenza non sarà mai nulla

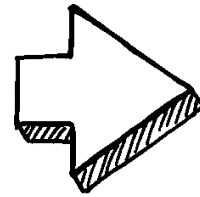


EFFETTO JOULE

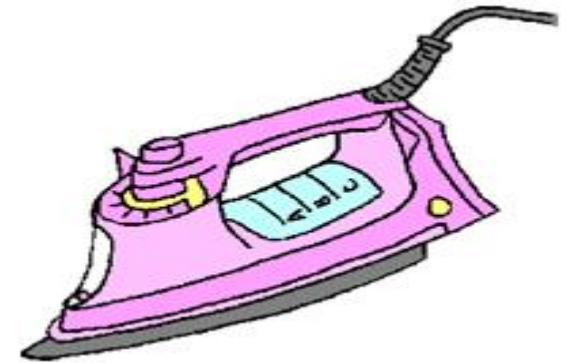
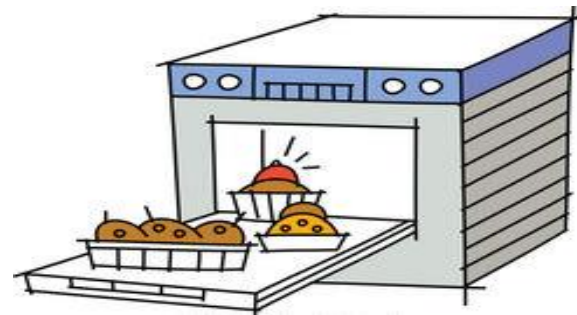
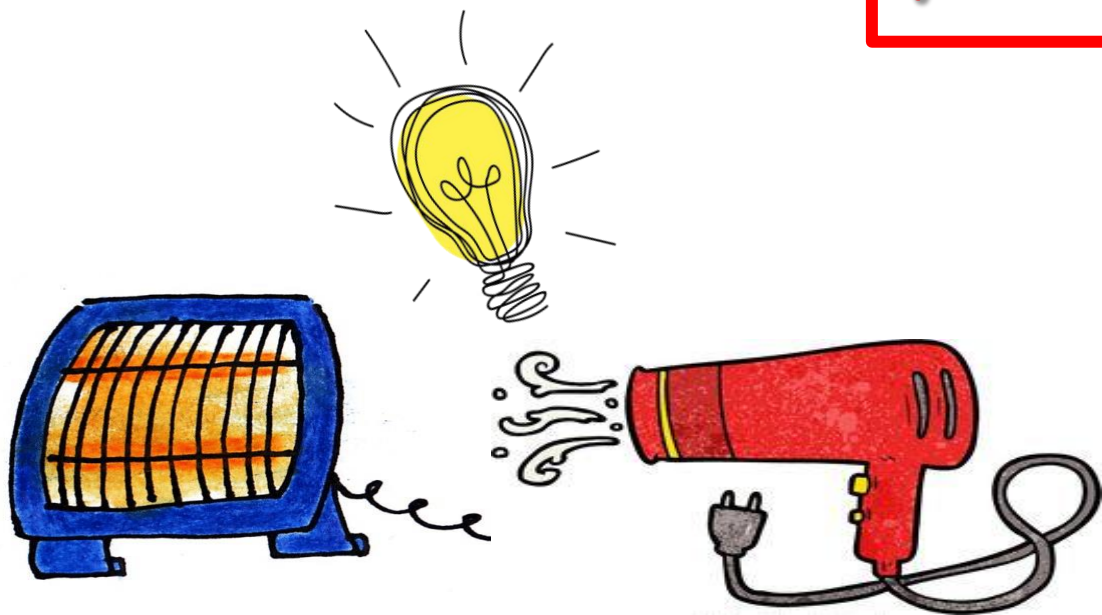
L'energia persa dagli elettroni durante gli urti si trasforma in calore = EFFETTO JOULE

Potenza dissipata

$$P=RI^2$$



Energia persa
in un secondo

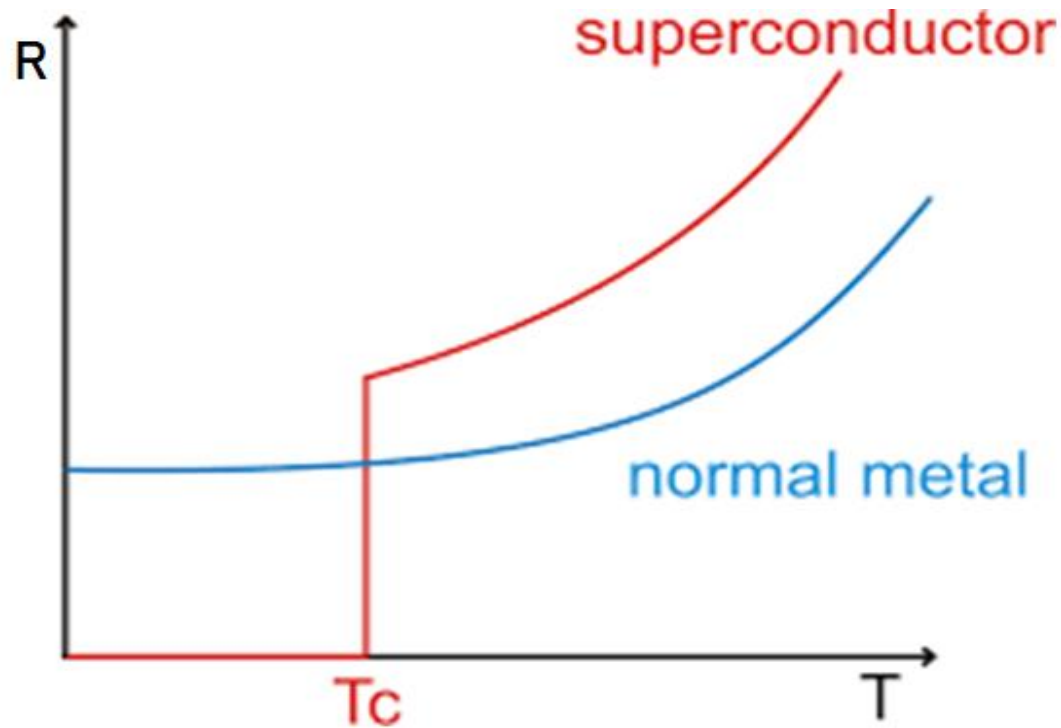


I SUPERCONDUTTORI



SUPERCONDUTTIVITÀ

La superconduttività è un fenomeno fisico che comporta la **resistenza elettrica nulla**

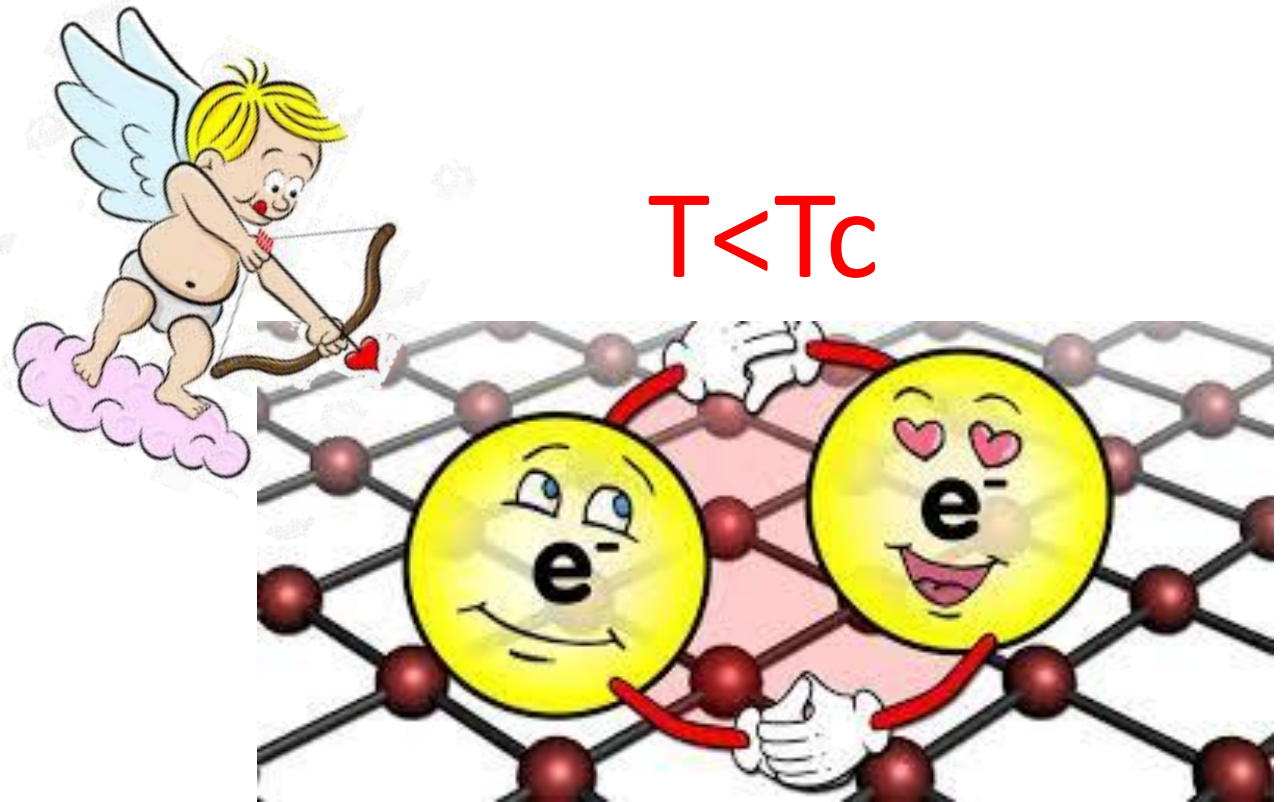
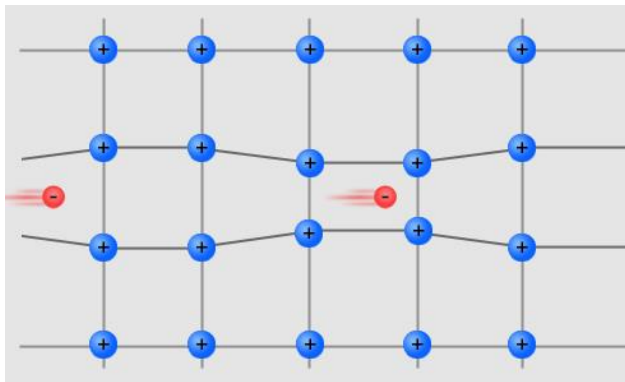


La resistenza nulla si verifica al di sotto una certa temperatura chiamata **TEMPERATURA CRICA (T_c)** tipica di ogni materiale

LE COPPIE DI COOPER

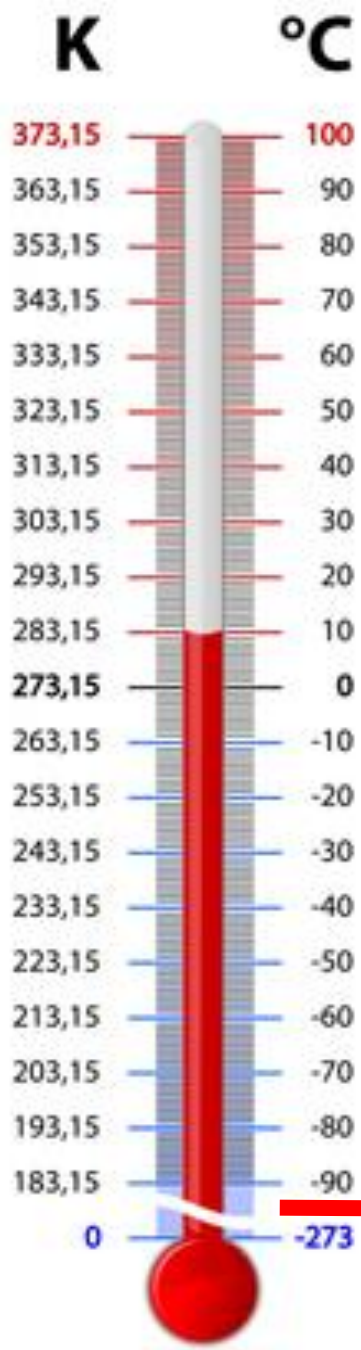
Alla base della superconduttività c'è un fenomeno di **accoppiamento degli elettroni** mediata da reticolo cristallino (fononi)

Le coppie sono dette **"Coppie di Cooper"**, e rimangono intatte fino alla Temperatura critica



LA TEMPERATURA CRITICA

Gradi Kelvin [K] \rightarrow $K = ^\circ C + 273$



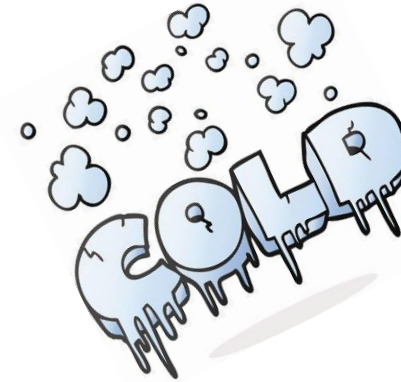
Temperatura ambiente

Congelamento dell'acqua

Notte più fredda a Genova

Posto più freddo della terra

Zero Assoluto



$4 K < T_C < 100 K$

EFFETTO MEISSNER

La superconduttività Non comporta solo resistenza nulla ma anche **espulsione del campo magnetico** (Effetto Meissner)

L'espulsione del campo si verifica al di sotto un certo valore di campo magnetico chiamato **Campo critico** (H_c) tipico di ogni materiale

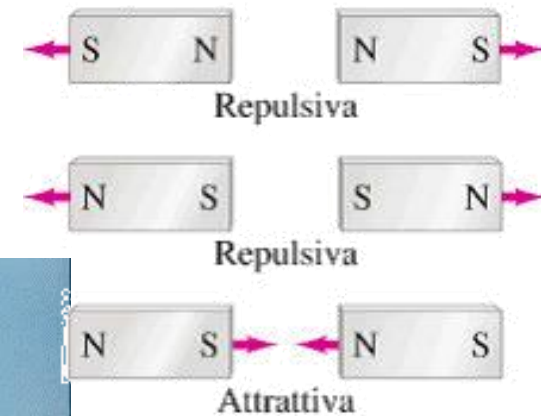
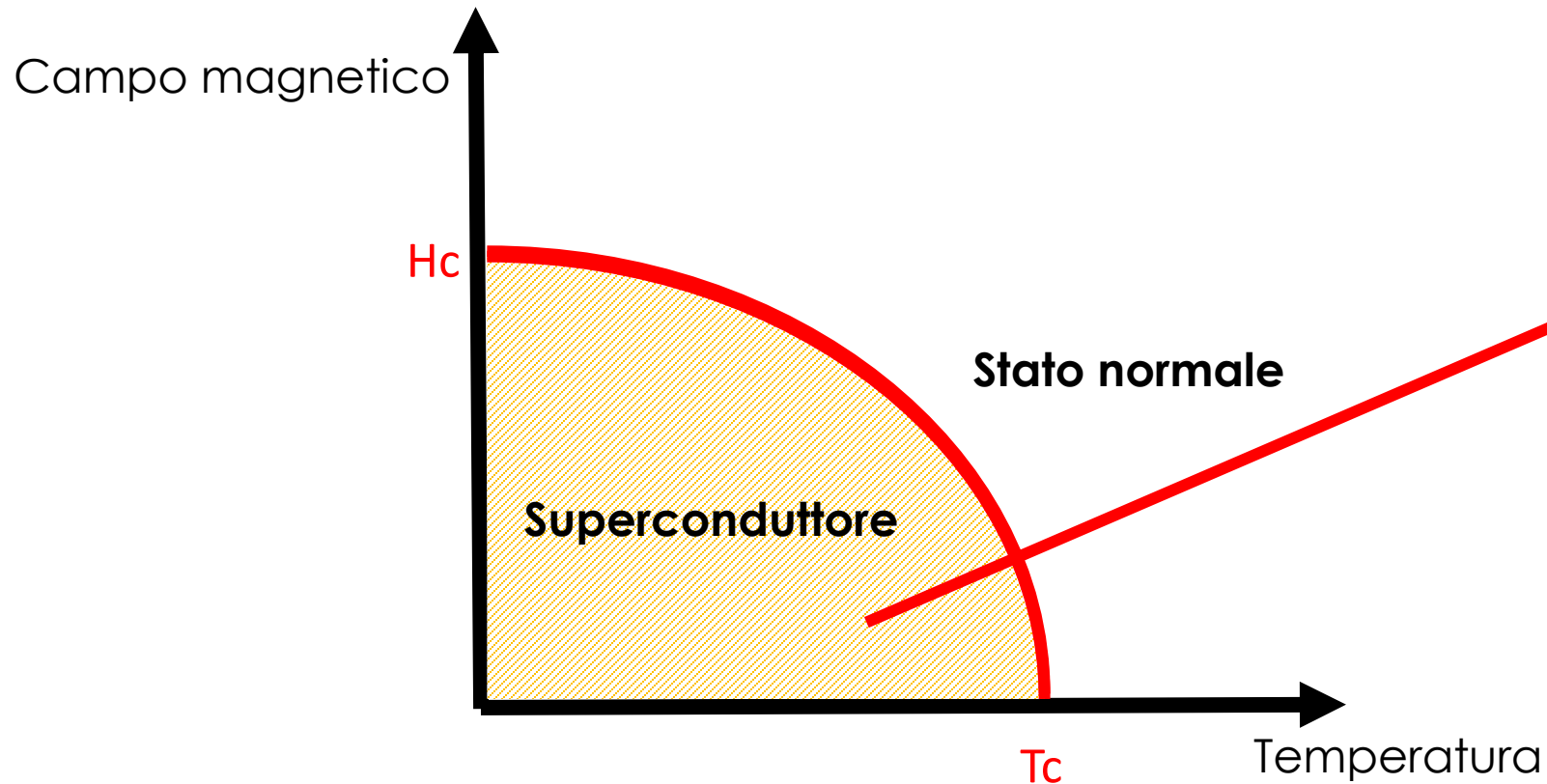
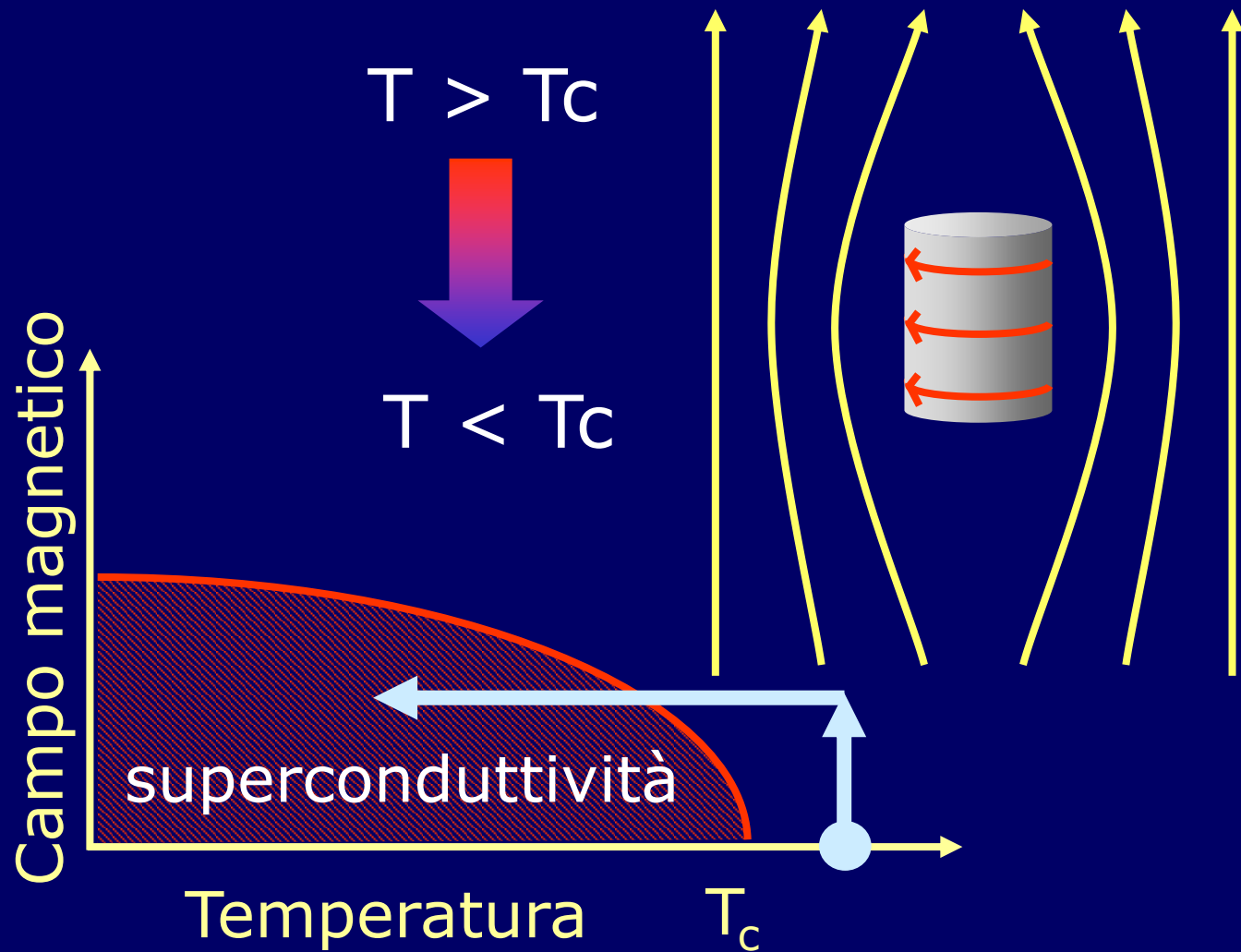


DIAGRAMMA DI STATO DI UN SUPERCONDUTTORE



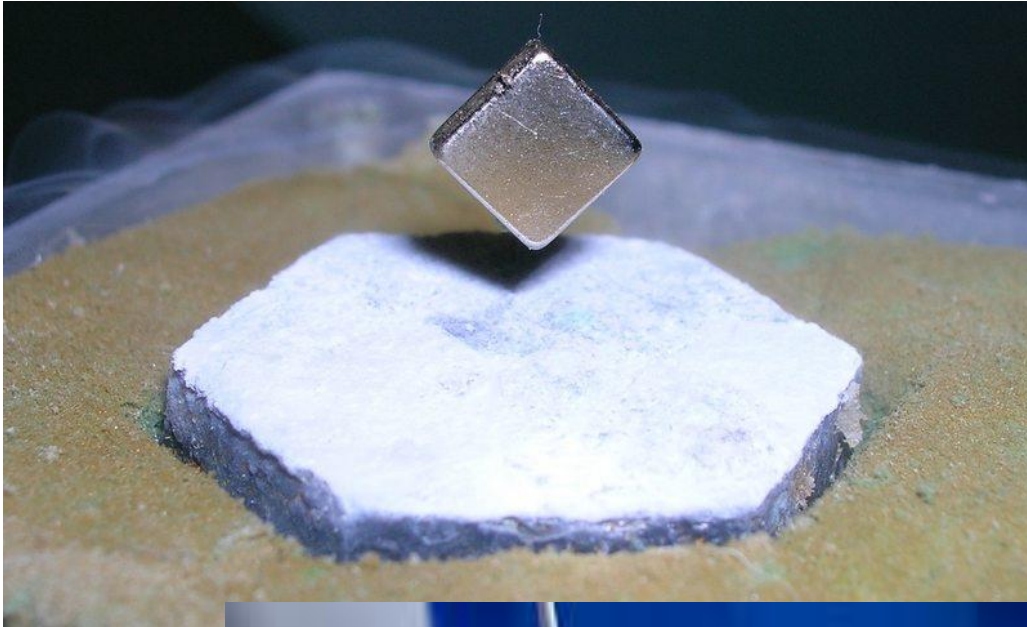
Nella regione superconduttiva si verificano i fenomeni della resistenza nulla e dell'espulsione del campo magnetico

EFFETTO MEISSNER



L'espulsione del campo magnetico avviene tramite la generazione di correnti superficiali che inducono, all'interno del superconduttore, un campo magnetico opposto a quello applicato.

LEVITAZIONE MAGNETICA



Azoto liquido



Maglev Train

A wonder of engineering, the train in Shanghai travels as fast as a plane, reaching speeds of up to 501 km/h (311 miles/h). No other passenger train travels as fast. Driverless, the Maglev "floats" on a bed of air.

Magnetic levitation system

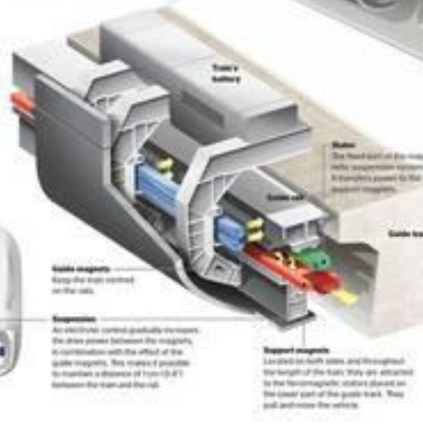
A system that uses a significant number of electromagnets for the purposes of vehicle suspension, steering and propulsion. The lack of contact between the train and the rail reduces friction to almost zero.

ELECTROMAGNETIC SUSPENSION SYSTEM

Uses the principle of attraction and repulsion between two magnetic fields to keep the train suspended a few inches above the rail.

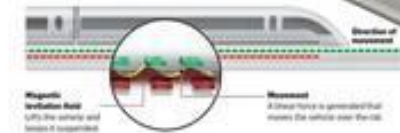
FRONT VIEW

The Maglev is steered by an active brake system.



Propulsion

Each station has an electric motor that, rather than producing a rotation force, generates a longitudinal linear force.

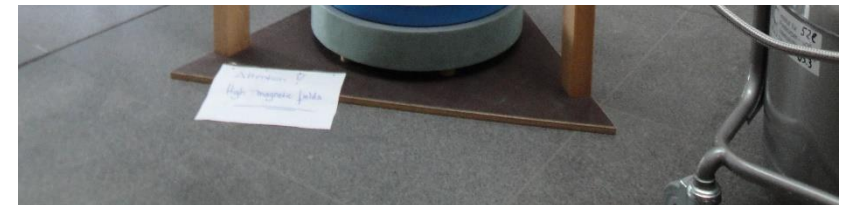


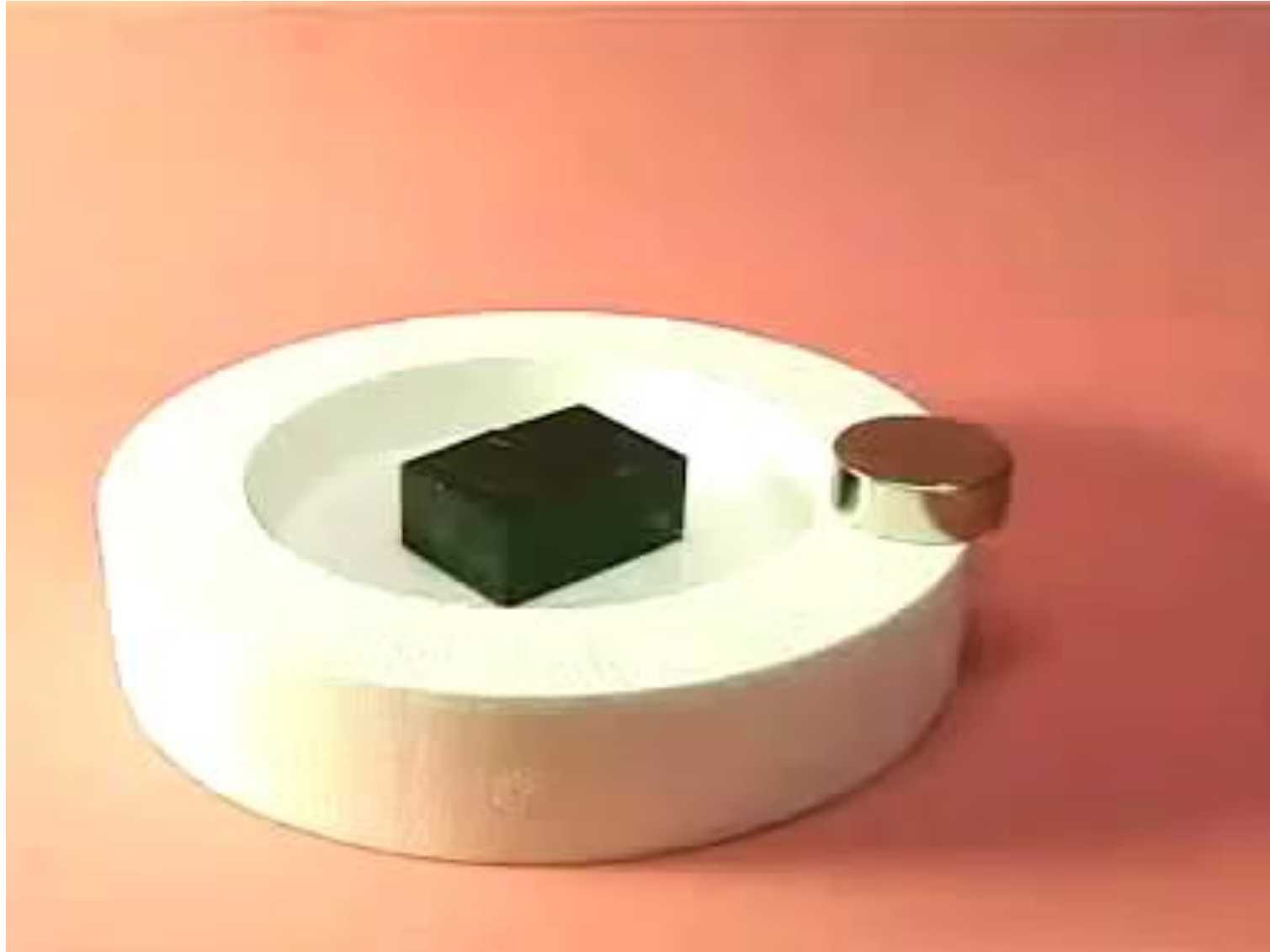
Magnetic levitation rail lifts the vehicle and steers it suspended.

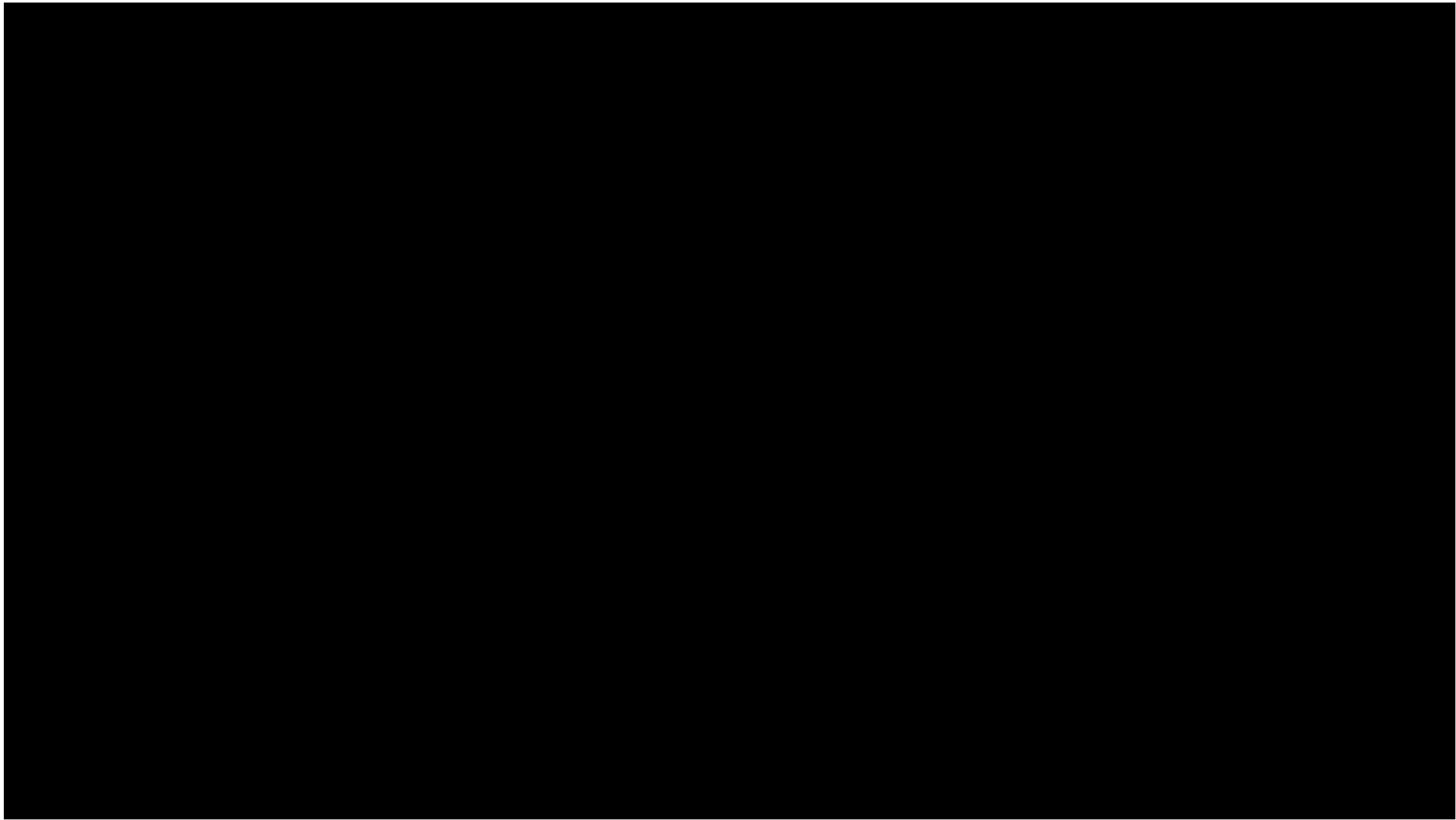


NEW-SPEED VEHICLE
The Shanghai Maglev is the first commercial high-speed line employing magnetic levitation on the world. The line covers a 30 km with a short distance between the center of Shanghai and Pudong International Airport. Using smart controls to complete the journey, the Maglev runs every 15-20 minutes.

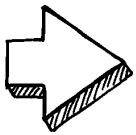
TECHNICAL DATA
 • TYPE OF TRANSPORT: magnetic levitation
 • INauguration: January 2004
 • MAXIMUM SPEED: 430 km/h (267 mph)





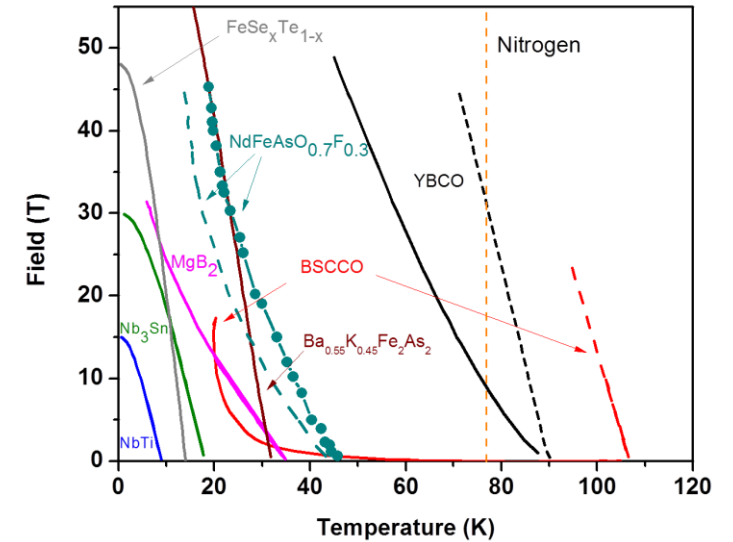


IL CAMPO MAGNETICO CRITICO

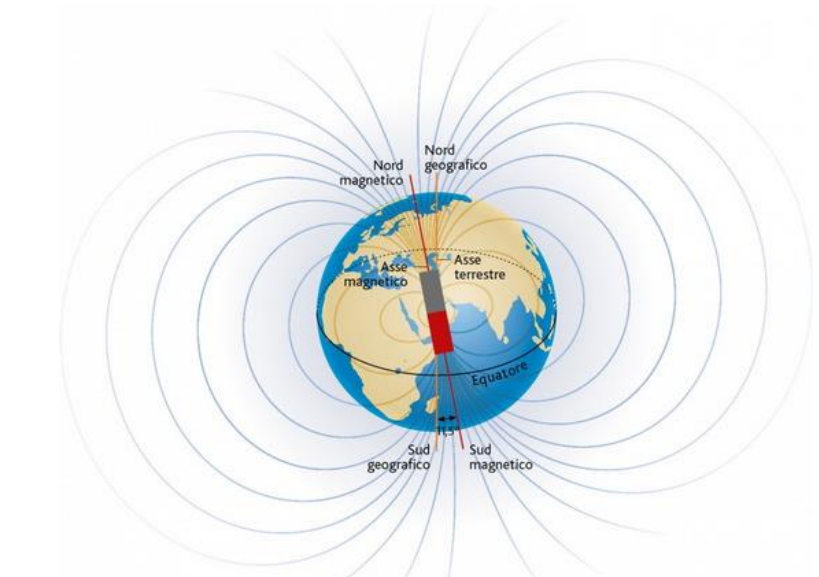
Campo magnetico (H)  Tesla [T]



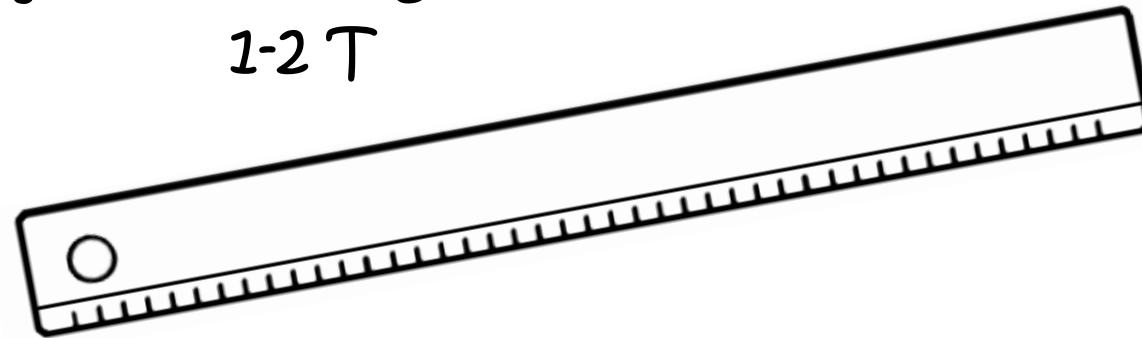
Risonanza magnetica
1-2 T



Campo critico
15-60 T

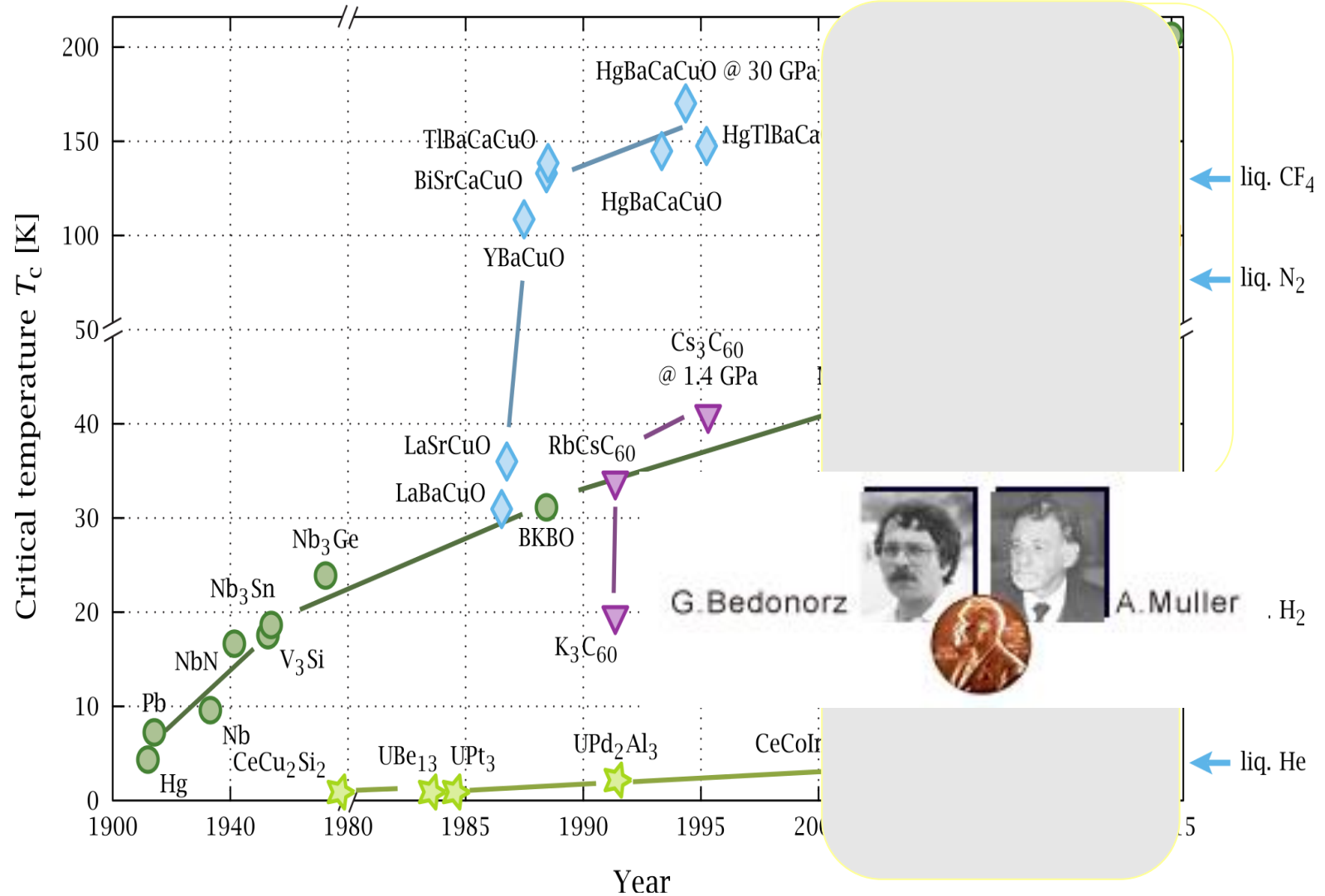


Campo magnetico terrestre
0.000001 T

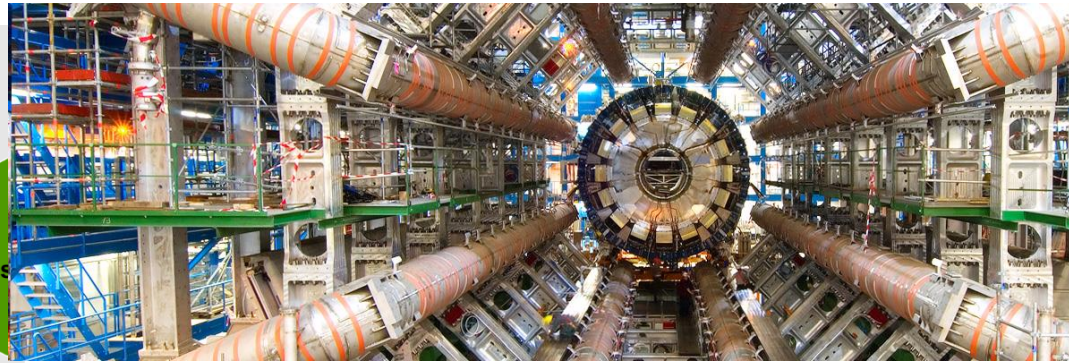
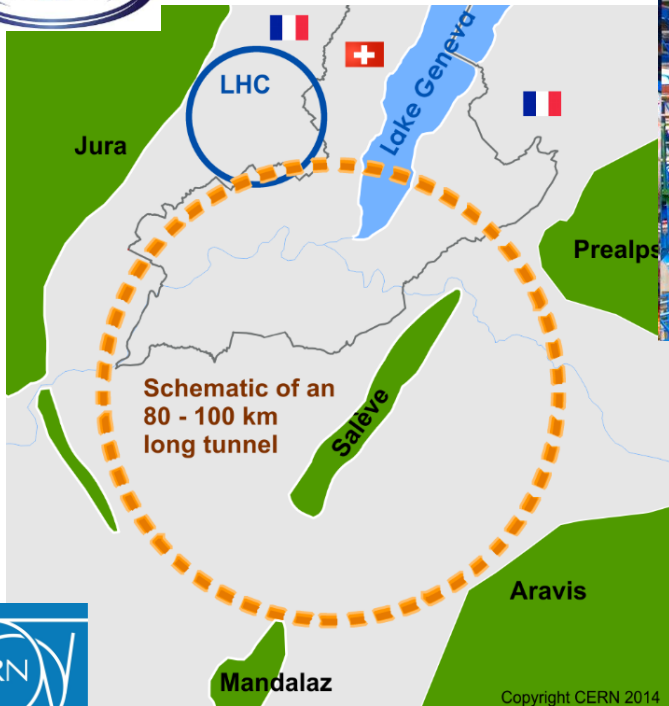


I MATERIALI SUPERCONDUTTORI

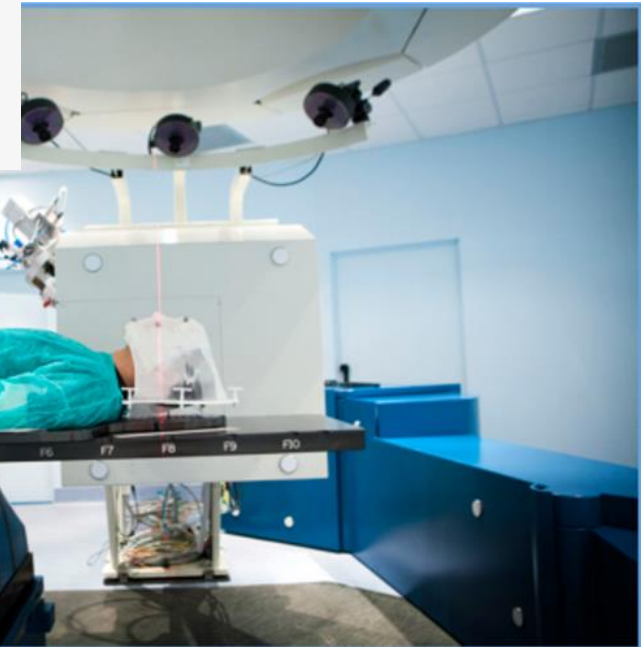
I superconduttori che hanno applicazione tecnologica sono tutti **composti chimici**, che in stato normale possono essere conduttori o addirittura isolanti



APPLICAZIONI DEI SUPERCONDUTTORI



fondazione
CNAO



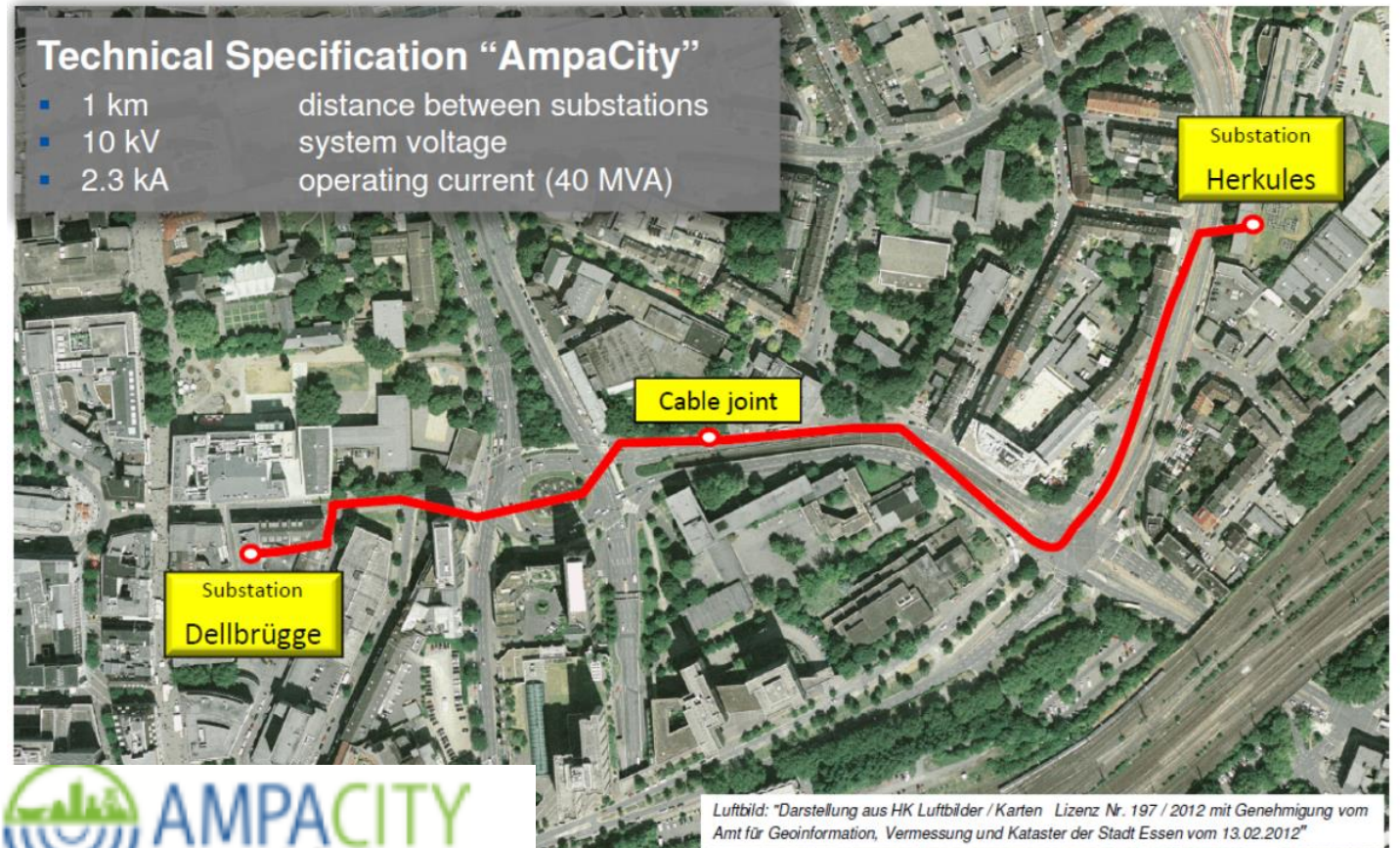
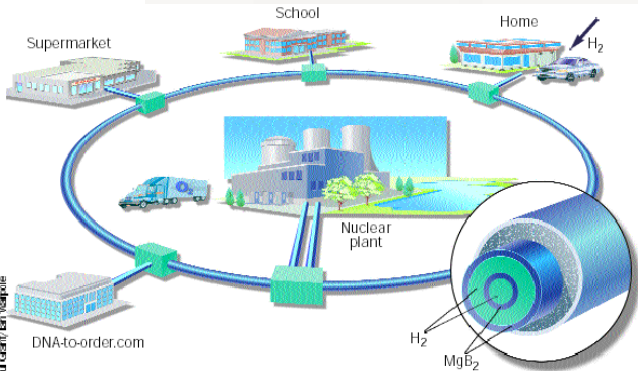
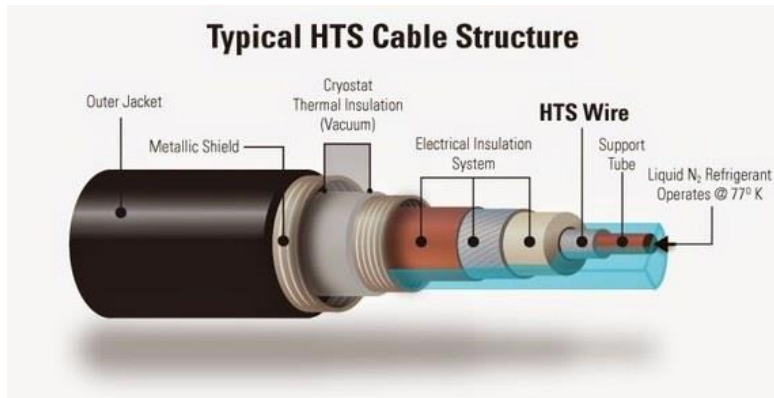
Grandi campi magnetici per scopi
scientifici o medici



APPLICAZIONI DEI SUPERCONDUTTORI

Trasporto di energia
Su grandi distanze

Progetto Pilota nella città di Essen



APPLICAZIONI DEI SUPERCONDUTTORI



Risonanza
magnetica

Trasporti



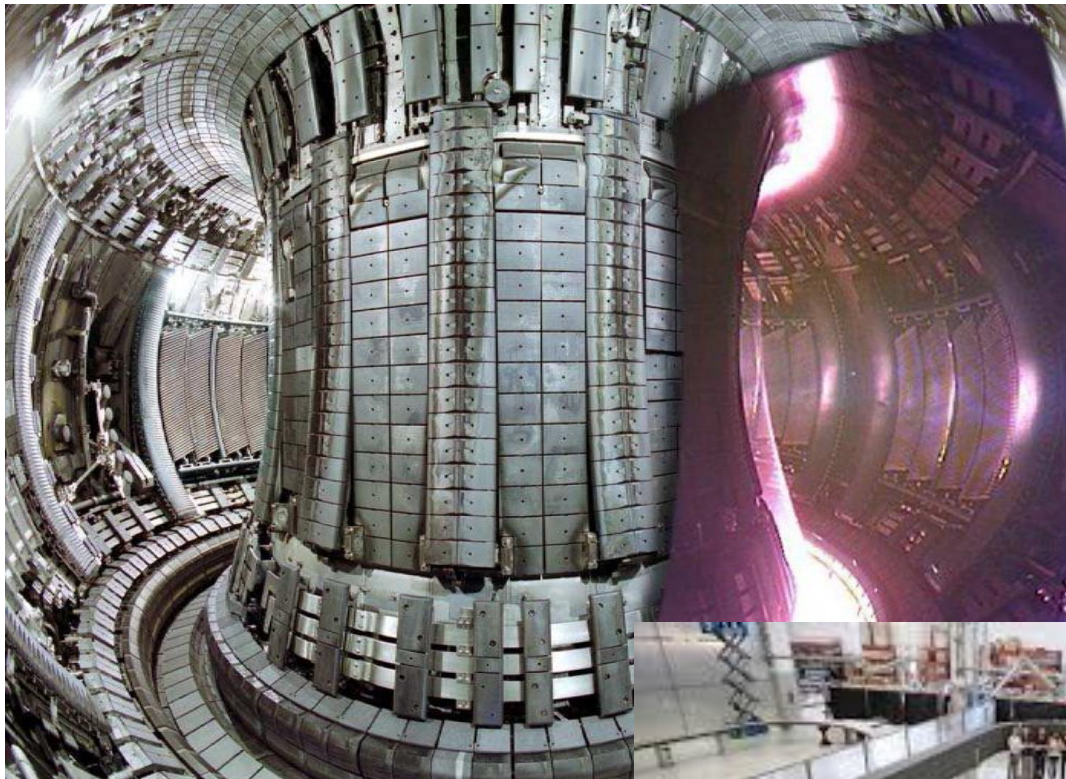
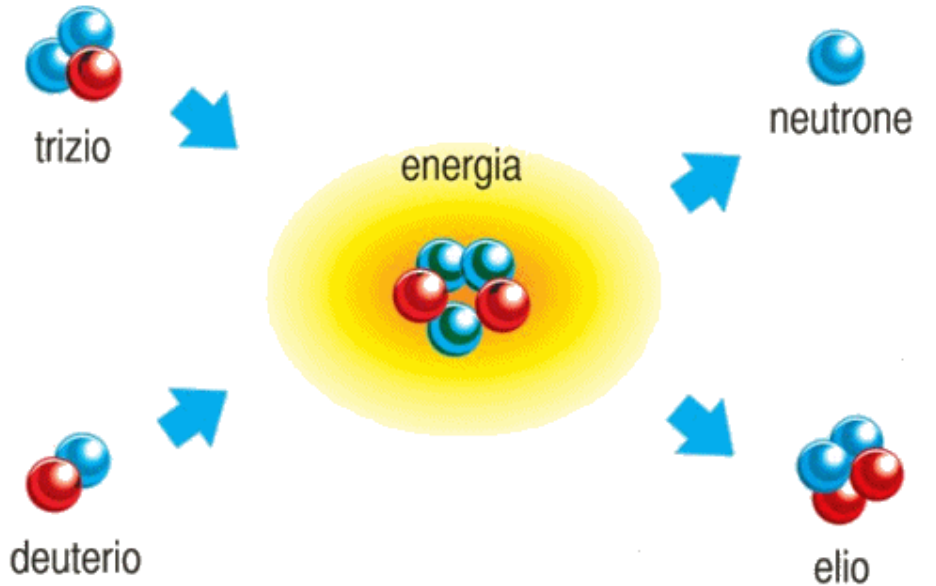
MagLeV

Raggiunge i 350 km/h in due minuti e viaggia ad una velocità di 431 km/h

APPLICAZIONI DEI SUPERCONDUTTORI

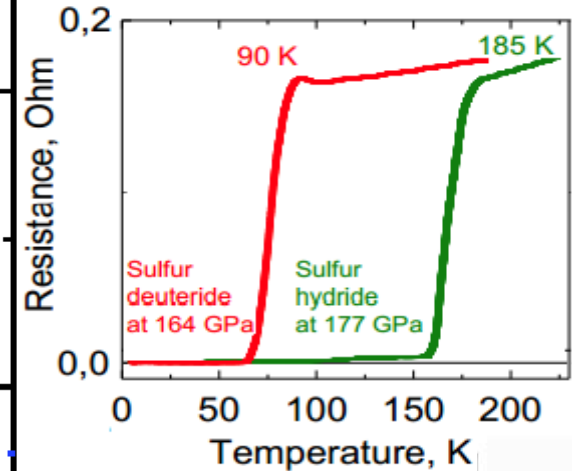
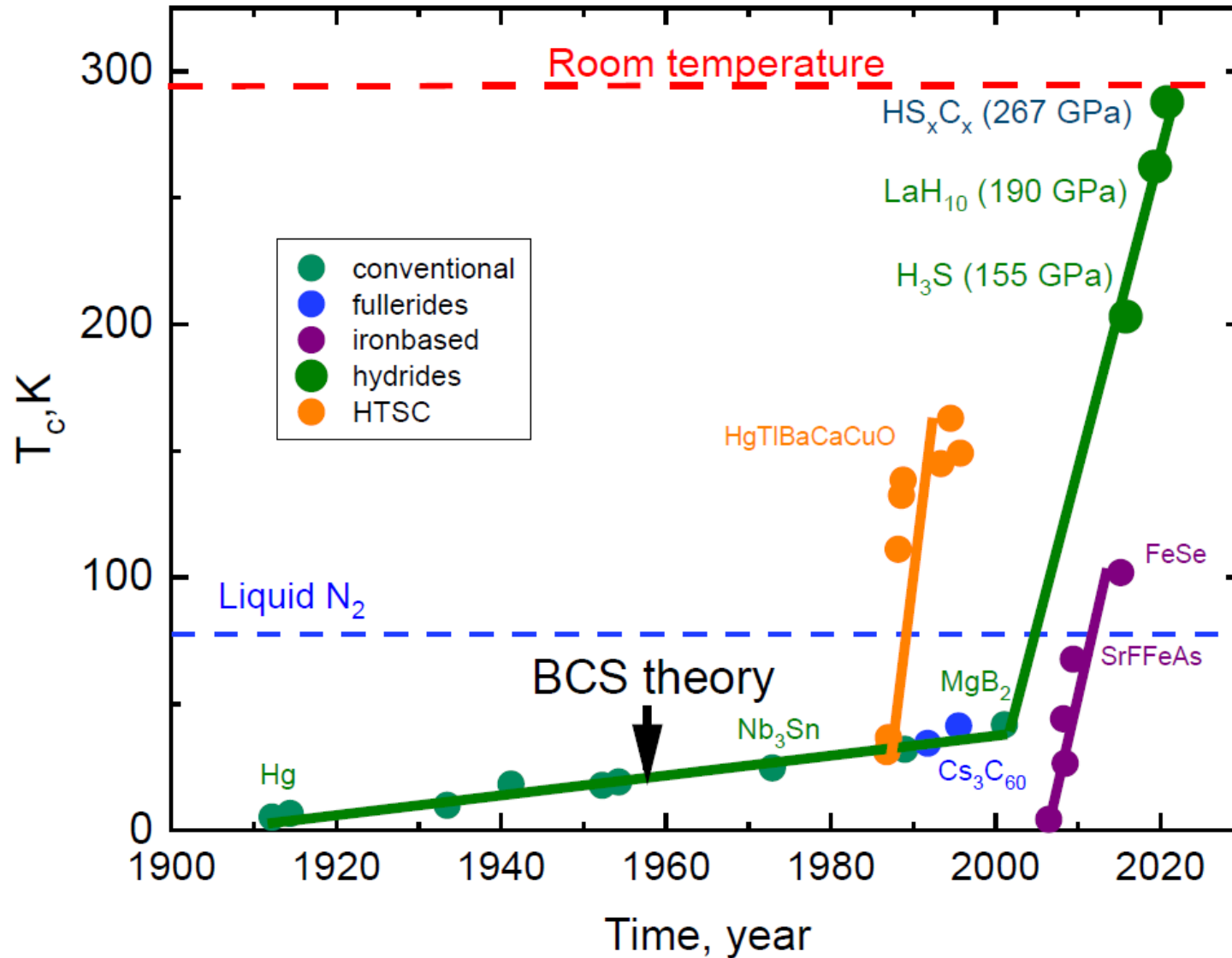
ITER

Prototipo di reattore a fusione nucleare

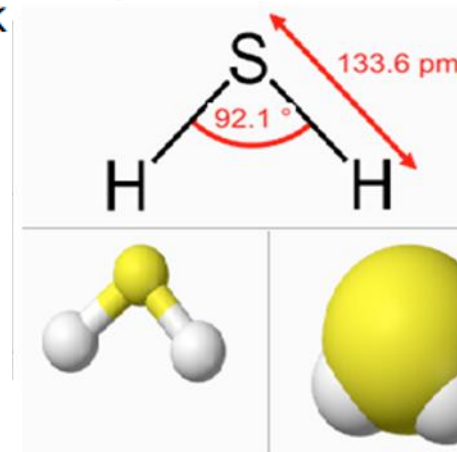


 **ASG**
SUPERCONDUCTORS

I MATERIALI SUPERCONDUTTORI



2-3 Milioni di atmosfere



Genova, una delle capitali della Superconduttività



SPIN

CNR-SPIN Genova



GRAZIE PER L'ATTENZIONE !

ART & SCIENCE 2021

Carlo Ferdeghini
Carlo.Ferdeghini@spin.cnr.it