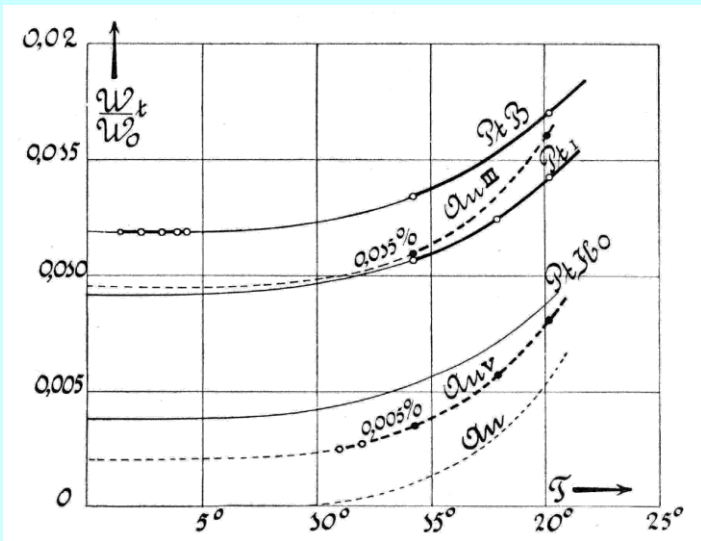


Sto let supravodivosti

U3V
NUFY054

2018/2019
M. Rotter KFNT



2 teorie teplotní závislosti odporu kovů v blízkosti absolutní nuly

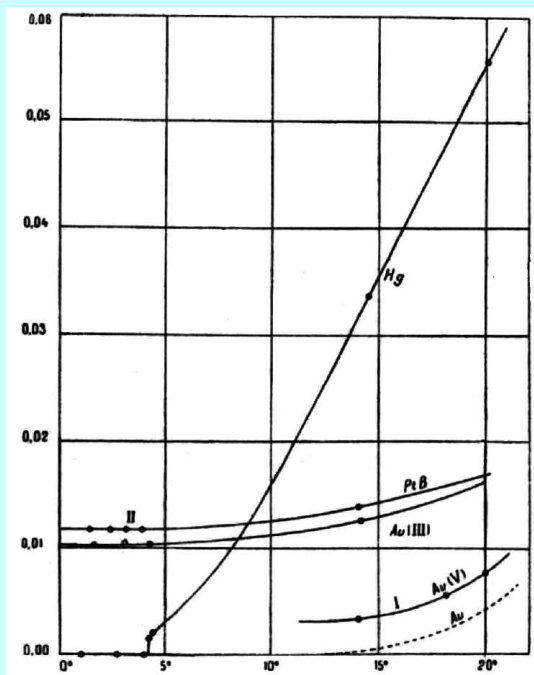
- Paul Drude – z kinetické teorie plynů
- lineární pokles odporu k nule
- lord Kelvin – zamrznání pohybu elektronů
- nekonečný odpor

potvrzuje
Matthiessenovo pravidlo

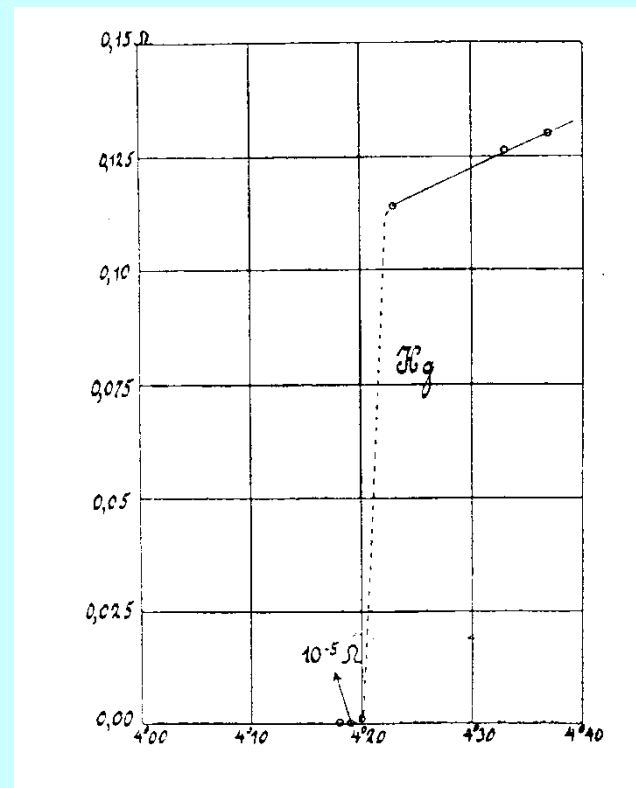
$$\rho = \rho_i + \rho(T)$$

ρ_i – měrný odpor způsobený nečistotami, závisí na koncentraci příměsí

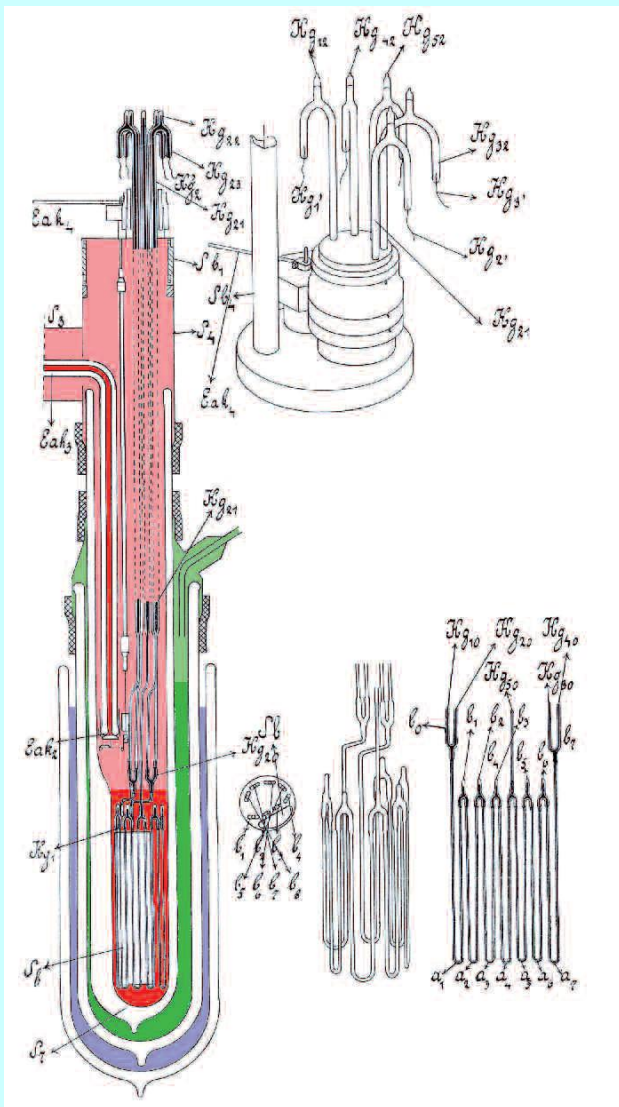
měření v čerpaném H_2 do 14 K
2. prosince 1910 – první měření
odporu platiny v kapalném He pod 4,3 K



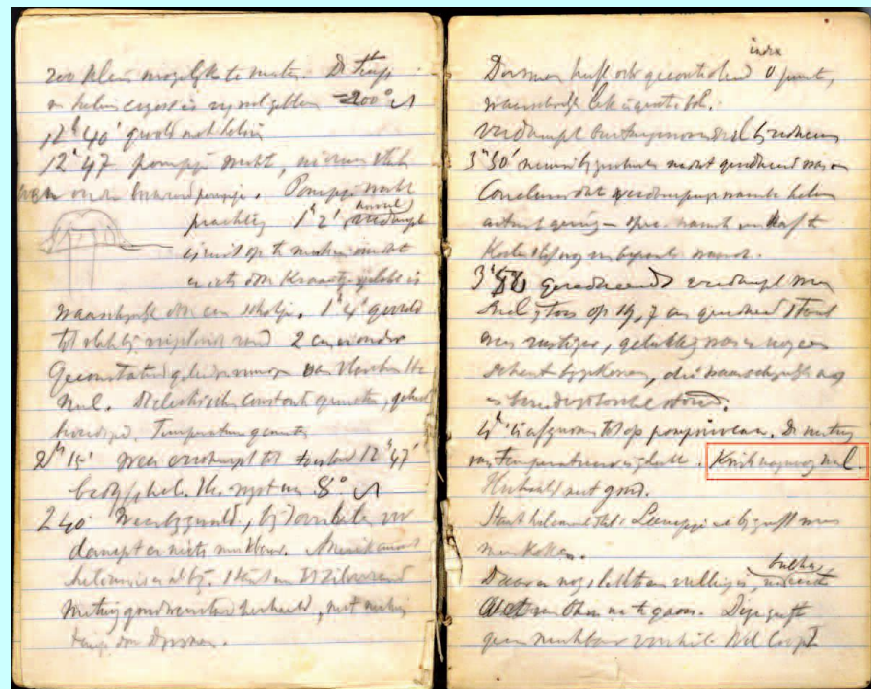
výjimečné chování Hg
ve srovnání s Pt, Au a Ag



záznam měření z 26. 11. 1911
potvrzení supravodivosti Hg
(spolupráce s G. Holstem)



7 skleněných kapilár tvaru U –(vrcholné dílo skláře Kesselringa) zapojených do série - vnitřní \varnothing 0,07 mm



zápis v pracovním deníku ze dne 8. dubna 1911 „Kwik nagenoeg nul“ (Odpor rtuti je téměř nulový)

He – červená
 H_2 – zelená
 kap. vzduch - modrá

Supravodiče 1 druhu

další supravodivé kovy – cín a olovo

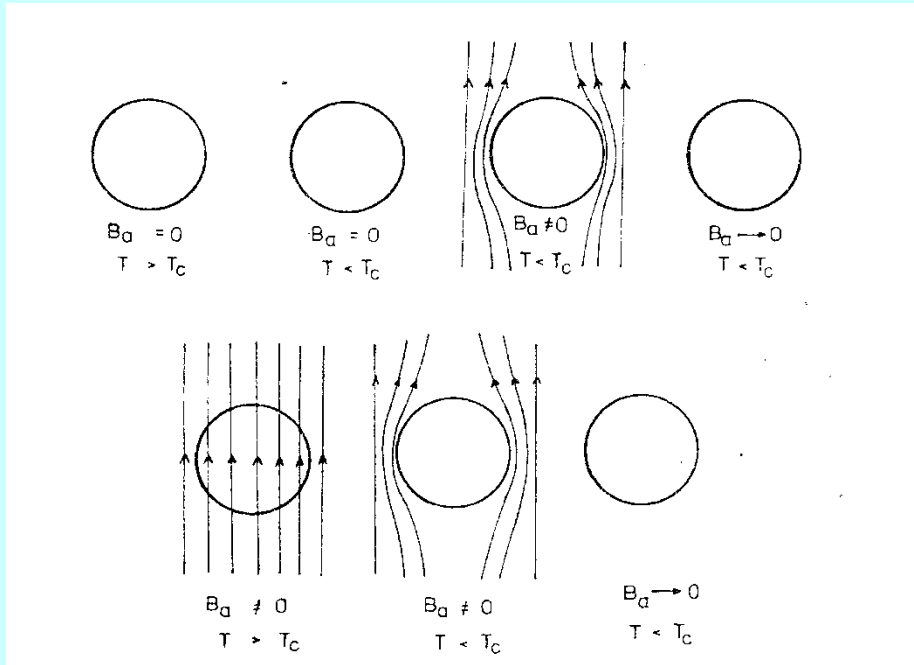


pásek odrýpnutý z válečku ($1/70 \text{ mm}^2$)
 spájený do délky 1,75 m, izolovaný hedvábím
 navinutý na skleněném válci
 kritický proud podstatně menší ($\sim 1 \text{ A}$)
 než u přímého vzorku ($\sim 8 \text{ A}$)

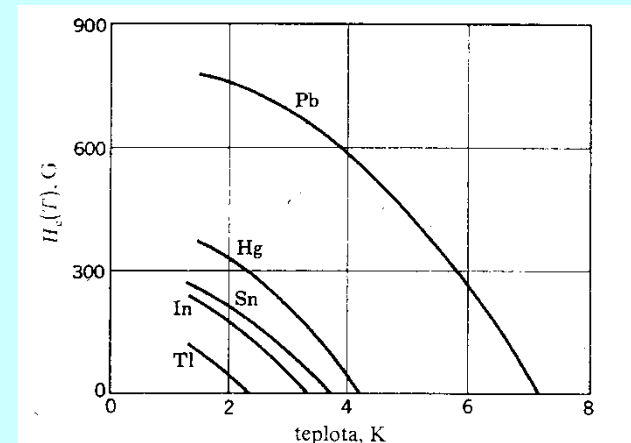
HKO - 1913 – projekt na SV cívku $\varnothing 30 \text{ cm}$
 k získání magnetického pole 100 kG (10 T)
 George Claude – příslib investice 100 tis. franků

Látka	T_c [K]	Štruktúra	Látka	T_c [K]	Tlak [10^6 MPa]
Al	1,19	k pl c	As	0,5	1,2
Be	0,026	hex	Ba	1,8	0,55
Cd	0,55	hex		5,1	1,4
Ga	1,09	ort	Bi II	3,9	0,26
Hg	4,15	romb	III	7,2	0,27
	3,95	tetr	V	8,5	0,78
In	3,4	tetr	Ce	1,7	0,5
In	0,14	k pl c	Cs	1,5	1
La	4,9	hex	Ge	5,4	1,1
	5,9	k pl c	Lu	0,1 až 0,7	0,8 až 1,3
Mo	0,92	k pr c	P	4,6 až 6,1	1
Nb	9,2	k pr c	Sb	3,6	0,85
Os	0,66	hex	Se	6,9	1,3
Pa	1,3		Si	6,7	1,2
Pb	7,2	k pl c	Te	4,5	0,43
Re	1,7	hex	Y	1,5 až 2,7	1,2 až 1,6
Ru	0,5	hex			
Sn	3,72	tetr			
	5,3	tetr			
Ta	4,48	k pl c			
Tc	8,22	hex			
Th	1,37	k pl c			
Ti	0,39	hex			
Tl	2,39	hex			
U	9,2	ort			
V	5,3	k pr c			
W	0,01	k pr c			
Zn	0,9	hex			
Zr	0,5	hex			

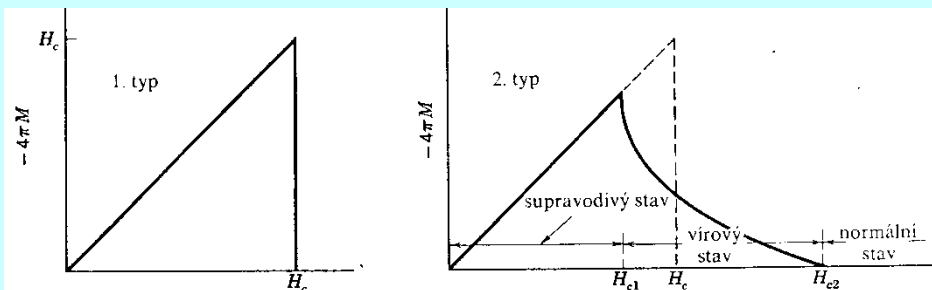
1933 Meissnerův – Ochsenfeldův jev



- supravodič 1. druhu
- ideální diamagnetikum
- levitace



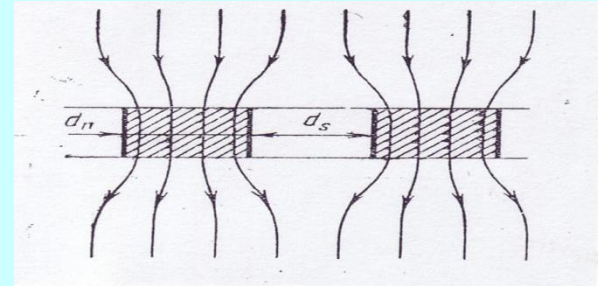
supravodivost v magnetickém poli



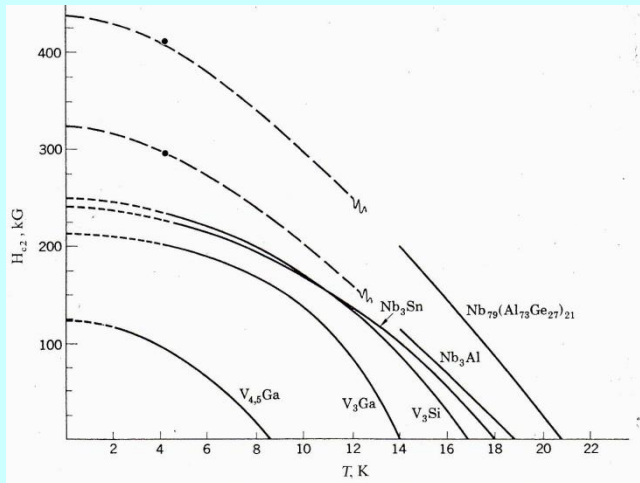
magnetizace supravodiče 1. a 2. druhu

Supravodiče 2. druhu

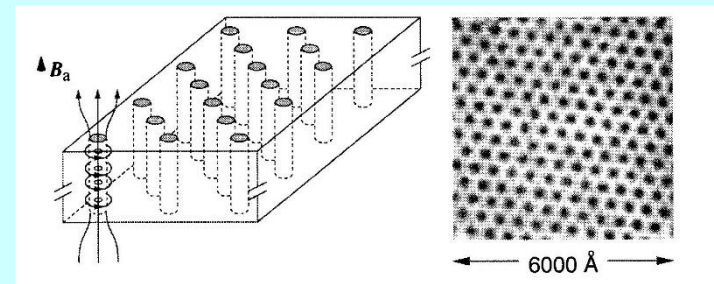
materiál	T_c (K)	materiál	T_c (K)
Nb_3Sn	18,05	V_3Ga	16,5
Nb_3Ge	23,2	V_3Si	17,1
Nb_3Al	17,5	Nb-Ti	9
NbN	16,0	Ti_2Co	3,44
$(SN)_x$	0,26	La_3In	10,4



supravodiče 2. druhu
– smíšený stav
magnetické pole proniká
do supravodiče podél vřív

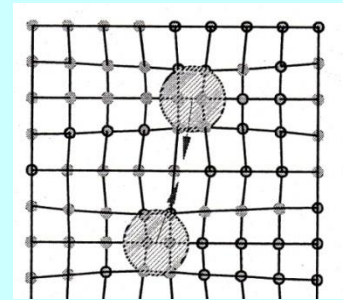
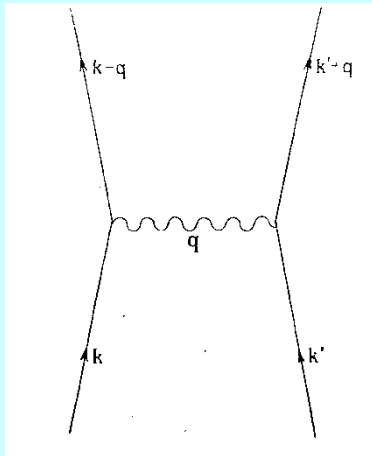


supravodiče 2. druhu v magnetickém poli



1957 Bardeenova – Cooperova – Schriefferova teorie

párování elektronů prostřednictvím výměny virtuálního bozonu (kmitů mřížky)
 - Cooperovy páry – základní energetický stav



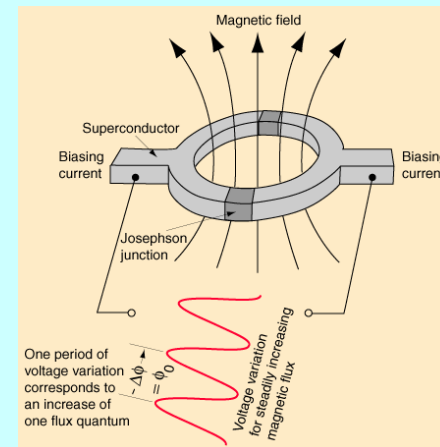
slabá supravodivost - Josephsonovy jevy
 $\Phi_0 = 2,05 \cdot 10^{-15} \text{ Wb}$

SQUID – Superconducting Quantum Interference Device

magnetické pole srdce $\sim 5 \cdot 10^{-11} \text{ T}$
 magnetické pole mozku $\sim 10^{-12} \text{ T}$

střídavý Josephsonův jev

$$\frac{\partial \nabla \varphi}{\partial t} = \omega = \frac{2e}{\hbar} V_0$$



Využití slabé supravodivosti



MEG - magnetoencefalograf

306 kanálů – 102 jednotky
(2 ortogonální gradiometry + 1 magnetometr)
64 kanálů EEG



model vysokofrekvenčního skvidu

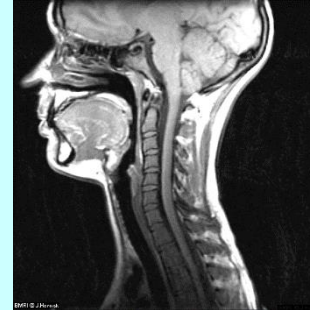


jednotka skvidů

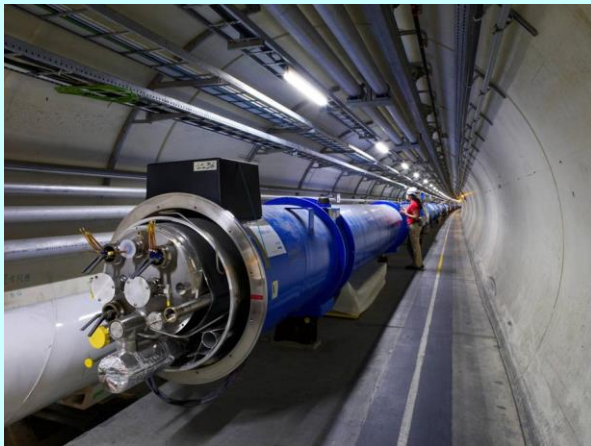
Využití supravodivosti



MRI – rezonanční tomografie



B = 0,5 – 1,5 T - perzistentní mód
uzavřený chladicí okruh, autonomie ~ 3 měsíce



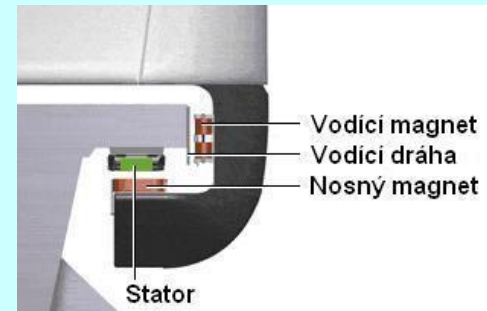
CERN – LHC

1296 dipólů (Nb-Ti) B = 8,36 T; T = 1,9 K



supratekuté LHe, chladicí výkon 140 kW / 4,5 K
zásoba 700 m³ LHe (87,5 t)

Využití supravodivosti - levitační vlaky



2002 Šanghaj - komerční trať z letiště
(450 km/h)



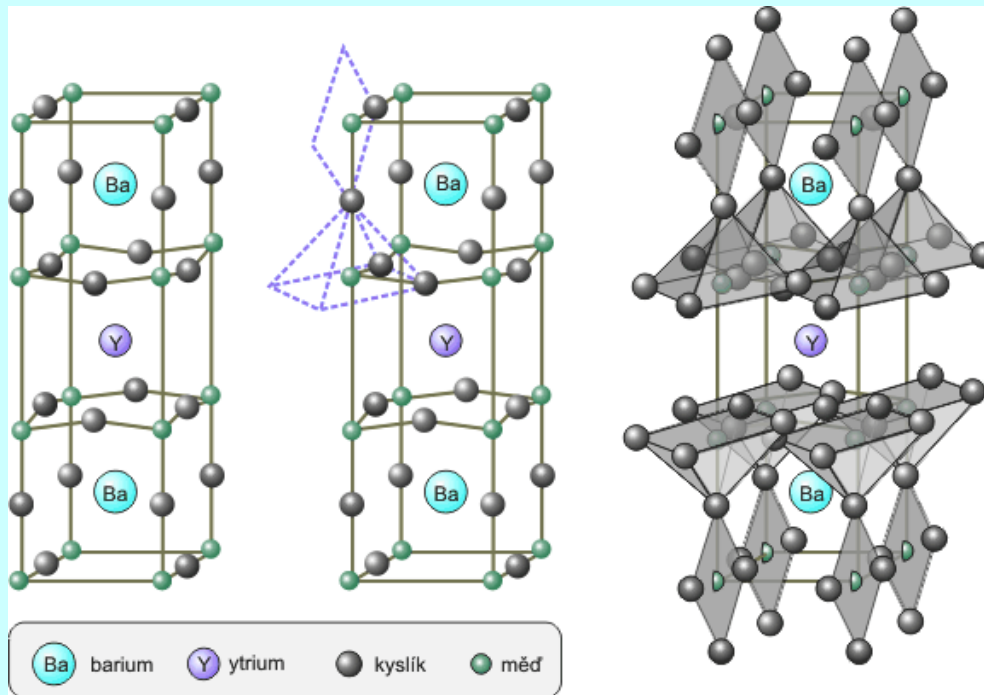
JR Maglev Japonsko
1996 zkušební provoz
v Mayazaki

1996 zkušební provoz v Mayazaki
trať 7 km v Yamanashi u Tokya rekord **581 km/h (2005)**

Vysokoteplotní supravodiče

1986 Müller, Bednorz, Chu

$\text{YBa}_3\text{Cu}_3\text{O}_7$ 90 K

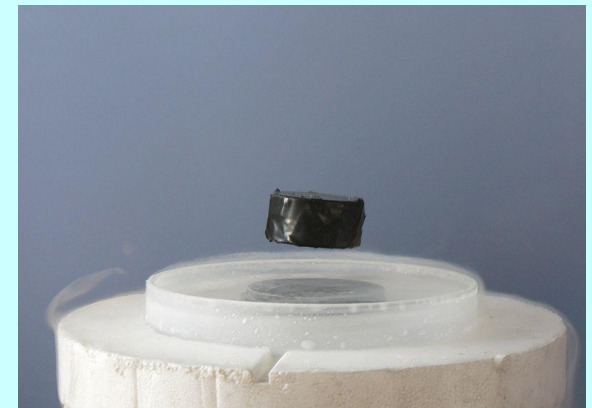


$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ 134 K

$\text{SmO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ $T_c = 55$ K

$\text{PrO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ $T_c = 52$ K

MgB_2 $T_c = 39$ K



Děkuji vám za pozornost !

