

Prílohy

Príloha 1 Zoznam laureátov Nobelovej ceny za fyziku – výskum zameraný na magnetizmus [26]

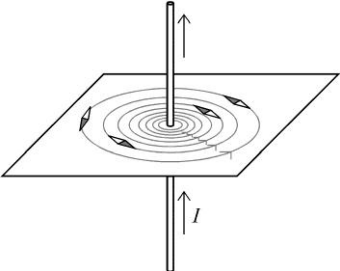
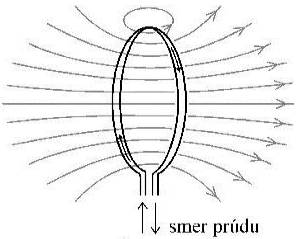
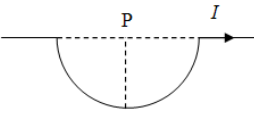
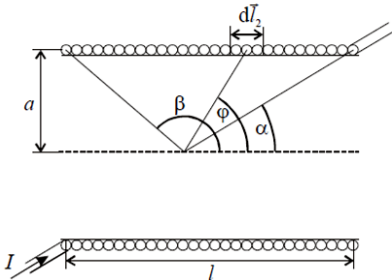
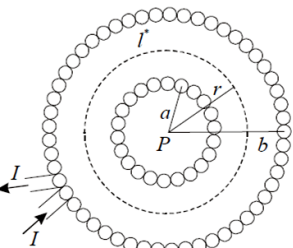


2007	Albert Fert ¹	Francúzsko	za objav obrej magnetorezistancie (využívanej pri výrobe pevných diskov)
	Peter Grünberg ²	Nemecko	
1985	Klaus von Klitzing ³	SRN	za objav celočíselného kvantového Hallovhov javu
1977	Philip Warren Anderson ⁴	USA	za ich fundamentálny teoretický výskum elektrónovej štruktúry magnetických a neusporiadaných systémov
	Nevill Francis Mott	Veľká Británia	
	John Hasbrouck Van Vleck	USA	
1970	Louis Néel ⁵	Francúzsko	za jeho významnú prácu a objavy týkajúce sa antiferomagnetizmu a feromagnetizmu, ktoré viedli k dôležitej aplikácii vo fyzike pevných látok
1962	Lev Davidovich Landau ⁶	ZSSR	za jeho významné teórie pre kondenzované látky, najmä tekuté hélium
1945	Wolfgang Pauli ⁷	Rakúsko	za objav Pauliho vylučovacieho princípu
1944	Isidor Isaac Rabi ⁸	USA	za jeho rezonančnú metódu na určovanie magnetických vlastností atómovýchjadier
1943	Otto Stern ⁹	USA	za jeho príspevok k rozvoju molekulárnej lúčovej metódy a jeho objav magnetického momentu protónu

Príloha 2 Vybrané hodnoty magnetickej indukcie [4]

Povrch neutrónovej hviezdy	1×10^8 T
Blízko veľkého elektromagnetu	1,5 T
Blízko malého tyčového magnetu	1×10^{-2} T (= 10 mT)
Na povrchu Zeme	1×10^{-4} T (= 0,1 mT = 1 G)
V medzihviezdnom priestore	1×10^{-10} T
Najnižšia hodnota v magnetickej tienenej miestnosti	1×10^{-14} T

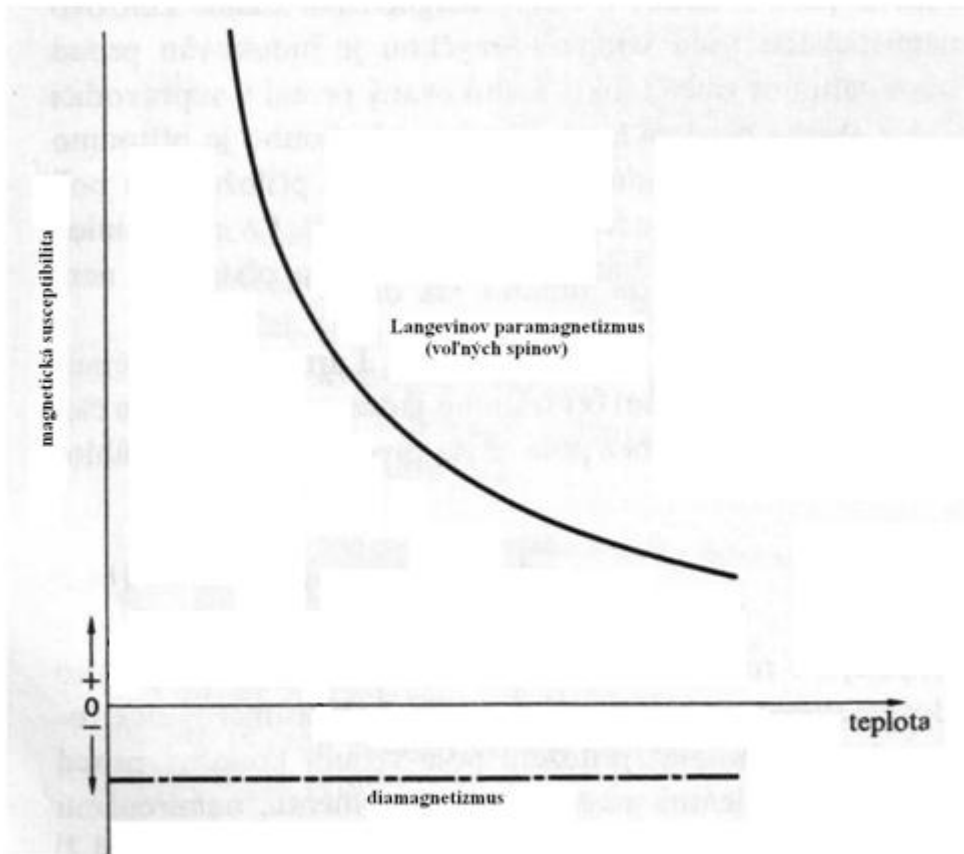
Príloha 3 Hodnoty magnetickej indukcie pre vybrané prípady [4] [5] [11] [15] [16]

	<p>magnetické pole dlhého rovného vodiča s prúdom</p>	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$
	<p>magnetické pole závitú s prúdom</p>	$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{m}{(r^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$ $= \frac{\mu_0}{2} \frac{I a^2}{(r^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$ <p>kde $m = I \cdot S = I \cdot \pi a^2$ [5].</p>
	<p>magnetické pole v strede kruhového oblúka</p>	$B = \frac{\mu_0 I \varphi_0}{4\pi R}$ <p>kde φ_0 je v uhle, pod ktorým vidíme oblúk v oblúkovej miere [4].</p>
	<p>magnetické pole solenoidu s polomerom a, dĺžkou l a počtom závitov n na jednotku dĺžky</p>	<p>všeobecne:</p> $B = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \alpha - \cos \beta)$ <p>pre nekonečný solenoid ($\alpha = 0, \beta = \pi$):</p> $B = \mu_0 n I$ <p>na okraji ($\alpha = \pi/2, \beta = \pi$):</p> $B = \frac{\mu_0 n I}{2} \quad [11]$
	<p>magnetické pole vo vnútri toroidu (homogénne magnetické pole)</p>	$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r} \quad [11]$

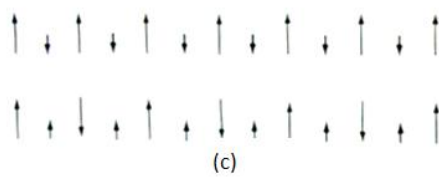
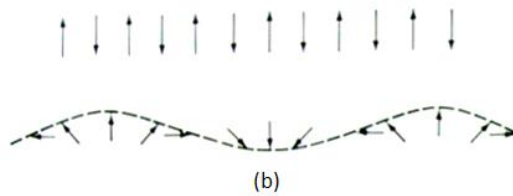
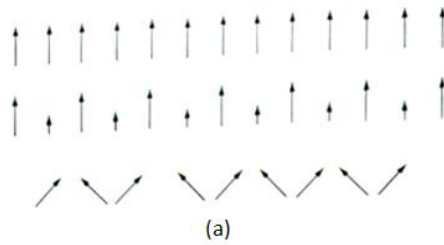
Príloha 4 Molárne diamagnetické susceptibility niektorých iónov v jednotkách 10^{-6} [3]

Alkalické kovy		Kovy alkalických zemin		Halogény	
Li ⁺	-0,7	Mg ²⁺	-4,3	F ⁻	-9,4
Na ⁺	-6,1	Ca ²⁺	-10,7	Cl ⁻	-24,2
K ⁺	-14,6	Sr ²⁺	-18,0	Br ⁻	-34,5
Rb ⁺	-22,0	Ba ²⁺	-29,0	J ⁻	-50,6
Cs ⁺	-35,0				

Príloha 5 Tepelné charakteristiky diamagnetizmu a paramagnetizmu [6]



Príloha 6 Príklady usporiadania feromagnetík (a), antiferomagnetík (b) a ferimagnetík (c) [1]



Príloha 7 Kritické teploty a hodnoty magnetizácie vybraných feromagnetík, antiferomagnetík a ferimagnetík [1]

Feromagnetiká

Materiál	$\frac{T_C}{K}$	$\frac{M_0}{10^{-4} T}$
Fe	1043	1752
Co	1388	1446
Ni	627	510
Gd	293	1980
Dy	85	3000
CrBr ₃	37	270
Au ₂ MnAl	200	323
Cu ₂ MnAl	630	726
Cu ₂ MnIn	500	613
EuO	77	1910
EuS	16.5	1184
MnAs	318	870
MnBi	670	675
GdCl ₃	2.2	550

M_0 – hodnota saturačnej magnetizácie pri $T = 0 K$

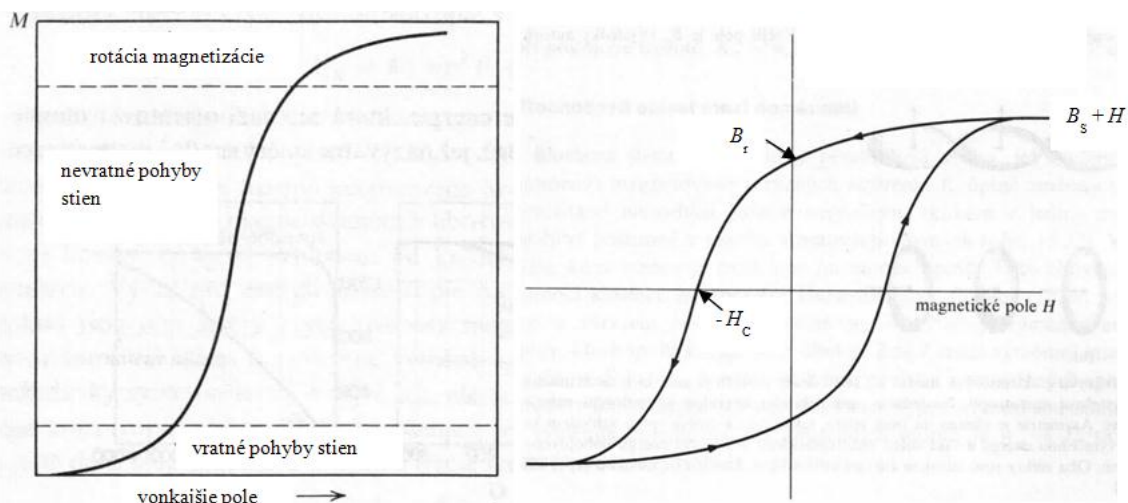
Antiferomagnetiká

Materiál	$\frac{T_C}{K}$	Materiál	$\frac{T_C}{K}$
MnO	122	KCoF ₃	125
FeO	198	MnF ₂	67.34
CoO	291	FeF ₂	78.4
NiO	600	CoF ₂	37.7
RbMnF ₃	54.5	MnCl ₂	2
KFeF ₃	115	VS	1040
KMnF ₃	88.3	Cr	311

Ferimagnetiká

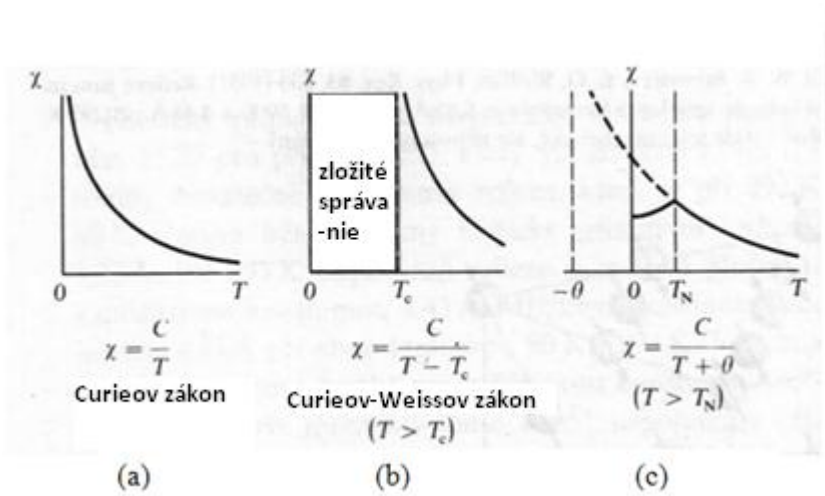
Materiál	$\frac{T_C}{K}$	$\frac{M_0}{10^{-4} T}$
Fe ₃ O ₄ (magnetit)	858	510
CoFe ₂ O ₄	793	475
NiFe ₂ O ₄	858	300
CuFe ₂ O ₄	728	160
MnFe ₂ O ₄	573	560
Y ₃ Fe ₅ O ₁₂ (YIG)	560	195

Príloha 8 Magnetizačná krivka a hysterézná slučka [6]

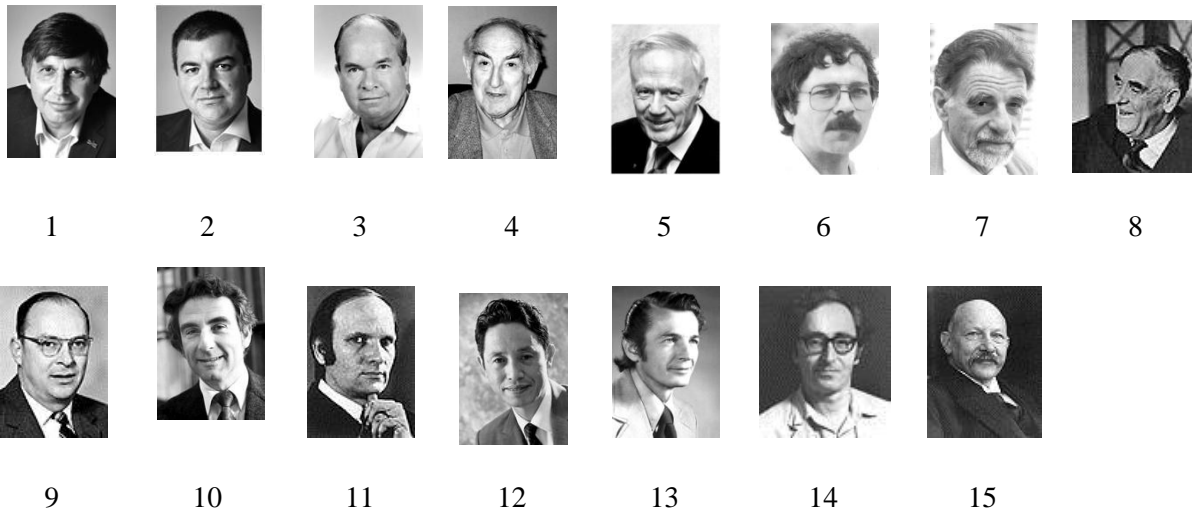


H_C – koerčívne pole, opačne orientované, na zníženie B na nulu; B_r – remanencia, hodnota B pre $H = 0$, B_s – nasýtená indukcia

Príloha 9 Porovnanie teplotných charakteristík pre paramagnetizmus (a), feromagnetizmus (b) a antiferomagnetizmus (c) [6]



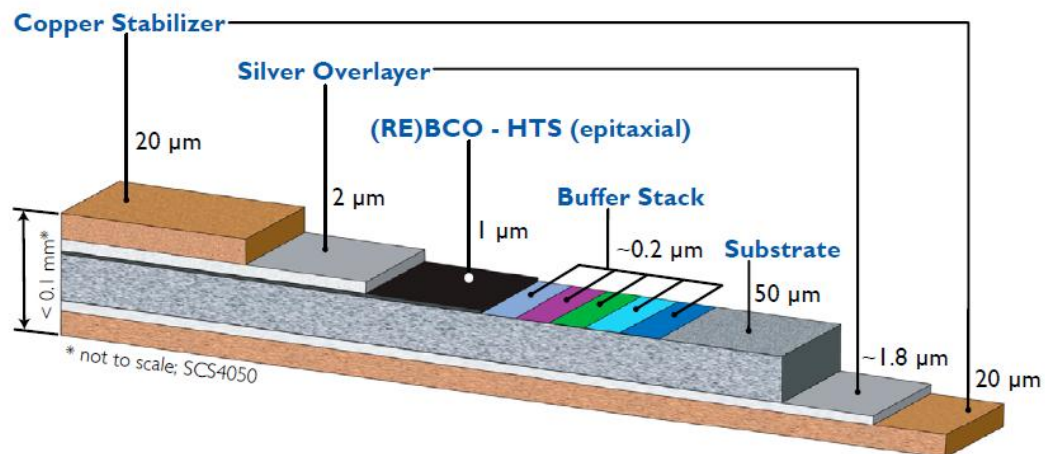
Príloha 10 Nositelia Nobelovej ceny za fyziku – oblasť supravodivosti [25], [26], [27]



2010	Andre Geim ¹	Rusko, Holandsko	za prelomové experimenty vzťahujúce sa na dvojdimenzionálny materiál grafénu
	Konstantin Novoselov ²	Rusko, Veľká Británia	
2003	Alexei Alexeyevich Abrikosov ³	Rusko	za priekopnícke výsledky v oblasti teórie supravodivých a supratekutých látok
	Vitaly Lazarevich Ginzburg ⁴	Rusko	
	Anthony James Leggett ⁵	Veľká Británia, USA	
1987	Johannes Georg Bednorz ⁶	SRN	za ich dôležitý objav supravodivosti v keramických materiáloch
	Karl Alexander Müller ⁷	Švajčiarsko	

1978	Pyotr Leonidovich Kapitsa ⁸	ZSSR	za jeho základné vynálezy a objavy v oblasti fyziky nízkych teplôt
1972	John Bardeen ⁹	USA	za ich spoločne vynájdenu teóriu supravodivosti, obyčajne nazvanú BCS teória
	Leon Neil Cooper ¹⁰	USA	
	John Robert Schrieffer ¹¹	USA	
1973	Leo Esaki ¹²	Japonsko	za ich experimentálne objavy vzťahujúce sa na tunelovací jav v polovodičoch a supravodičoch
	Ivar Giaever ¹³	USA, Nórsko	
	Brian David Josephson ¹⁴	Veľká Británia	za jeho teoretické predpovede vlastností supraprúdu prechádzajúceho bariérou pri jave vo všeobecnosti nazývanom Josephsonov efekt (jav)
1913	Heike Kamerlingh-Onnes ¹⁵	Holandsko	za jeho výskumy vlastností látok pri nízkych teplotách, ktoré okrem iného viedli k produkcii tekutého hélia

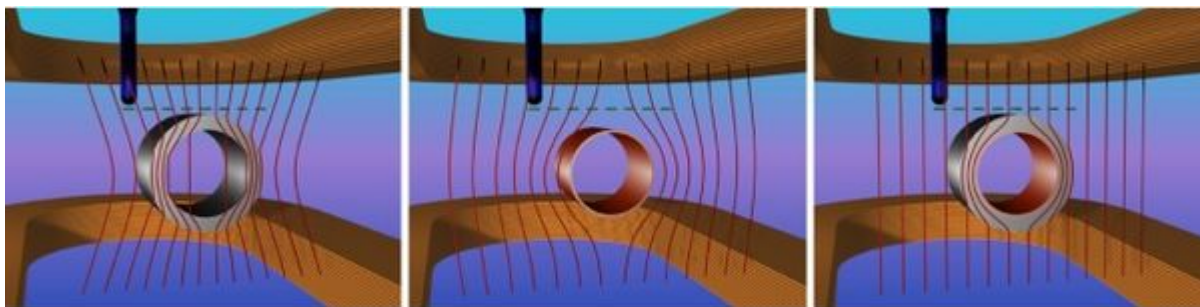
Príloha 11 Zloženie supravodivej pásky [14]



Substrate Thickness:
50 μm Hastelloy[®] C-276 [or 100 μm for SF12100]
Substrate Yield Strength:
1200 MPa at 77 K [650 MPa for SF12100]

Substrate Resistivity:
125 $\mu\Omega\text{-cm}$ – higher resistivity leads to lower eddy current ac loss
Magnetic Properties:
non-magnetic, leads to lower ferromagnetic ac loss

Príloha 12 Plášť magnetickej neviditeľnosti [12]



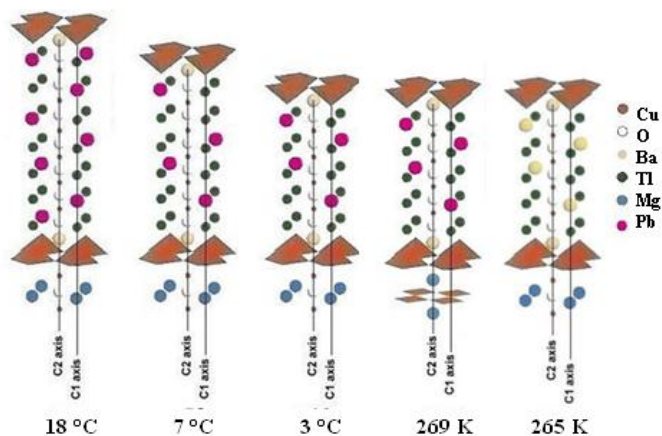
Príloha 13 Supravodiče I. typu a ich kritické hodnoty T_C a H_C [1], [6], [17]

Prvok	$\frac{T_C}{K}$ [17]	Štruktúra mriežky pevnej látky u ktorej bola dosiahnutá T_C	Prvok	$\frac{T_C}{K}$ [1]	$\frac{H_C}{10^{-4} T}$ ($T = 0 K$) [1]	
olovo (Pb)	7.196 K	FCC	Al	1.196	99	
lantán (La)	4.88 K	HEX	Cd	0.56	30	
tantal (Ta)	4.47 K	BCC	Ga	1.091	51	
ortuť (Hg)	4.15 K	RHL	Hf	0.09	-	
cín (Sn)	3.72 K	TET	Hg	α (kosoštvorcový)	4.15	411
indium (In)	3.41 K	TET			3.95	339
paládium (Pd)*	3.3 K		In		3.40	293
chróm (Cr)*	3 K		Ir		0.14	19
tálium (Tl)	2.38 K	HEX	La	α (hcp)	4.9	798
rénium (Re)	1.697 K	HEX		β (fcc)	6.06	1096
Proaktínium (Pa)	1.40 K	TET	Mo		0.92	98
olovo (Pb)	1.38 K	FCC	Nb		9.26	1980
lantán (La)	1.175 K	FCC	Os		0.655	65
tantal (Ta)	1.083 K	ORC	Pa		1.4	-
ortuť (Hg)	0.915 K	BCC	Pb		7.19	803
cín (Sn)	0.85 K	HEX	Re		1.698	198
tórium (Th)	0.66 K	HEX	Ru		0.49	66
hliník (Al)	0.61 K	HEX	Sn		3.72	305
gálium (Ga)	0.60 K	HEX	Ta		4.48	830
molybdén (Mo)	0.517 K	HEX	Tc		7.77	1410
zinok (Zn)	0.49 K	HEX	Th		1.368	162
Osmium (Os)	0.40 K	HEX	Ti		0.39	100
Zirkón (Zr)	0.20 K	ORC	Tl		2.39	171
Amerícium (Am)	0.128 K	HEX	U	α	0.68	-
Wolfrám (W)	0.1125 K	FCC		γ	1.80	-
Platina (Pt)*	0.023 K	HEX	V		5.30	1020
Lítium (Li)	0.0154 K	BCC	W		0.012	1
Rhodium (Rh)	0.0019 K		Zn		0.875	53
Íridium (Ir)	0.0004 K	BCC	Zr		0.65	47
Berýlium (Be)	0.000325 K	FCC				

Zlúčenina	$\frac{T_C}{K}$ [6]	Zlúčenina	$\frac{T_C}{K}$ [6]
Nb ₃ Sn	18.05	V ₃ Ga	16.5
Nb ₃ Ge	23.2	V ₃ Si	17.1
Nb ₃ Al	17.5	Pb ₁ Mo _{5,1} S ₆	14.4
NbN	16.0	Ti ₂ Co	3.44
polymer (SN) _x	0.26	La ₃ In	10.4

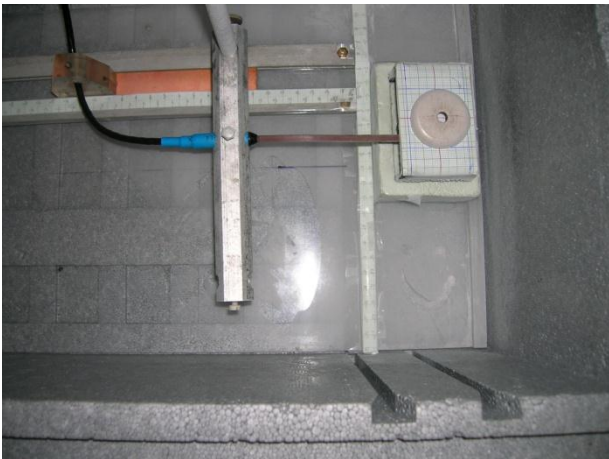
Príloha 14 Štruktúra, zloženie a kritické teploty T_c vybraných supravodičov II. typu (HTSC)

[17]

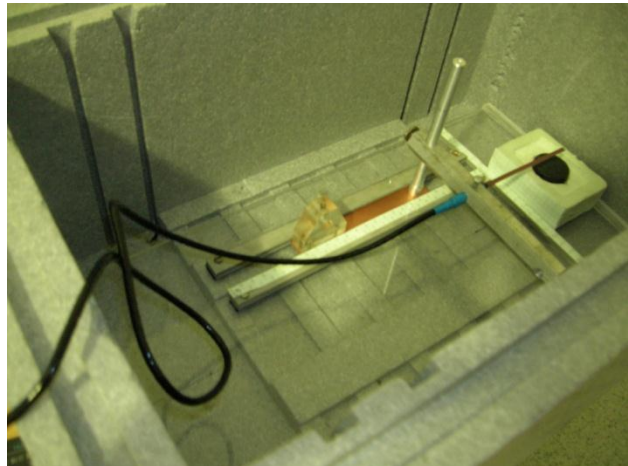


Supravodič	Štruktúra	Kritická teplota T_c	Poznámka, čas objavy, zverejnenia správy
$(\text{Tl}_5\text{Pb}_2)\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Cu}_9\text{O}_{17+}$	D223	+28 °C	6.12.2011
$(\text{Tl}_4\text{Pb})\text{Ba}_2\text{MgCu}_8\text{O}_{13+}$	9223	+3 °C	26.12.2010
$(\text{Tl}_4\text{Ba})\text{Ba}_2\text{MgCu}_8\text{O}_{13+}$	9223	~265 K	
$(\text{Tl}_4\text{Ba})\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Cu}_{10}\text{O}_v$	9212/2212C	~242 K	
$\text{Sn}_6\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Cu}_{10}\text{O}_v$	B212/1212C	~200 K	15.10.2008
$(\text{Sn}_{1.0}\text{Pb}_{0.5}\text{In}_{0.5})\text{Ba}_4\text{Tm}_5\text{Cu}_7\text{O}_{20+}$	1245/1212	~185 K	14.3.2008
$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$	TET	133-135 K	
$\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_6$	TET	118 K	
$\text{Sn}_3\text{Ba}_8\text{Ca}_4\text{Cu}_{11}\text{O}_x$	ORTH	109 K	2006
$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_9$	ORTH	110 K	
$\text{BaSr}_2\text{CaCu}_4\text{O}_{8+}$	nekonečná vrstva	90 K	2007
$\text{Pb}_3\text{Sr}_4\text{Ca}_2\text{Cu}_5\text{O}_{15+}$	ORTH	101 K	2005
$\text{AuBa}_2(\text{Y}, \text{Ca})\text{Cu}_2\text{O}_7$	ORTH	82 K	
$\text{YCaBa}_3\text{Cu}_5\text{O}_{11+}$	TET	107 K	20.11.2010
$\text{Y}_3\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{16}$	TET	96 K	2005
$\text{La}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_5\text{O}_{9+}$		79 K	Medené perovskitové supravodiče
$(\text{Nd}, \text{Sr}, \text{Ce})_2\text{CuO}_4$		35 K	
$(\text{La}_{1.85}\text{Ba}_{1.15})\text{CuO}_4$		30 K	prvý keramický supravodič HTSC
GdFeAsO_{1-x}		53.5 K	najvyššia T_c zlúčeniny na báze železa
MgB_2		39 K	najvyššia T_c nefulerénovej zliatiny
Nb_3Si	A15	19 K	
NbN		16.1 K	najviac používaný nízkoteplotný supravodič (po NbTi)
$\text{Nb}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}$		9.8 K	prvý supravodivý drôt
MgCNi_3		7-8 K	prvý kovový perovskitový supravodič
V	BCC	5.40 K	prvok
YbPd_2Sn		$T_c \sim 2.5$ K	zriedkavý feromagnetický supravodič
SrTiO_3		0.35 K	prvý supravodivý izolant obsahujúci kyslík

Príloha 15 Meracia aparátúra



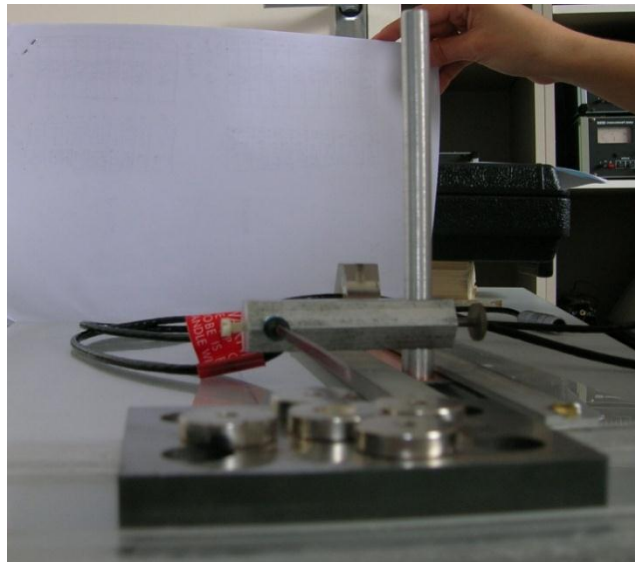
Obr. 1a)



Obr. 1b)



Obr. 1c)



Obr. 1d)

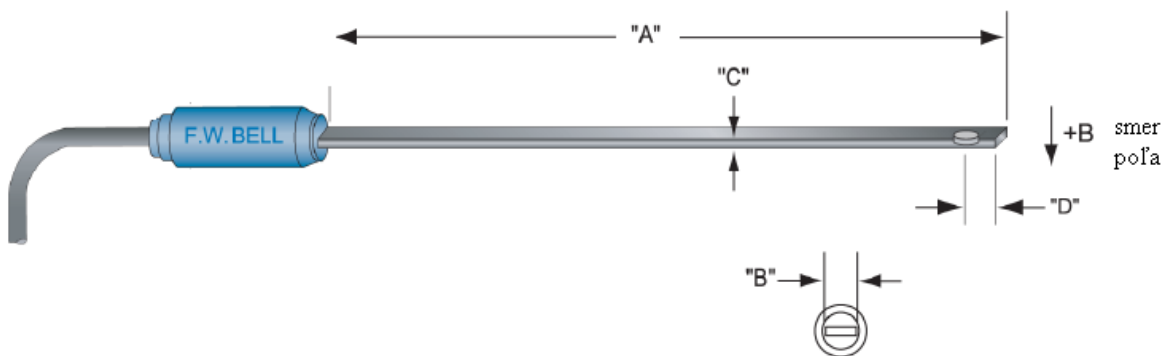
Na obr. 1a) je pohľad na meraciu časť aparátúry s nosičom (NV) a držiakom vzorky (DV), meracou sondou (HS), statívom pre magnet, na obr. 1 b) je pohľad na termoizolačnú nádobu s NV, DV a HS. Na obr. 1c) je detail usporiadania supravodivej vzorky (spodná časť), snímačej sondy, statív Nd – magnetu. Na obr. 1d) je usporiadanie na určovanie magnetického poľa sústavy Nd magnetov na ocel'ovom podklade [9].

Príloha 16 Charakteristika použitej Hallovej sondy

STD 18-0404	
Dĺžka sondy „A“	$10,160 \pm 0,016$ cm
Šírka „B“	$4,013 \pm 0,1016$ mm
Hrúbka „C“	$1,143 \pm 0,1016$ mm

Lokalizácia senzoru (citlivej časti sondy) od konca „D“		0,8509 mm (priemerná)
Materiál		Polypropylén
Oprava linearity		0,5 %/3T = 0,015 T
Priemer aktívnej oblasti (citlivej časti)		0,381 mm (priemerne)
Operačný teplotný rozsah		0 °C až 75 °C *
Teplotná stabilita (typická)	nulovanie	$\pm 3 \times 10^{-2}$ mT/ °C
	kalibrácia	- 0,05 %/ °C
Frekvencie pri ktorých môže merať		statické DC magnetického poľa až 20 kH

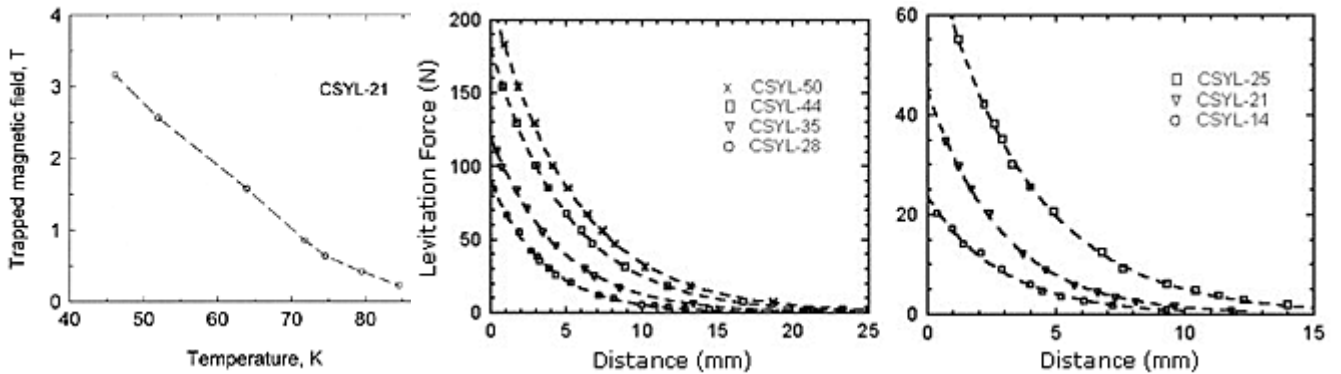
*merala dobre aj pri nižších teplotách, hodnoty sa pri chladení menili asi o 4 mT v závislosti od času v priebehu asi 30 sekúnd



Príloha 17 Levitačná sila vybraných supravodičov [13]

Teplotná závislosť zachyteného magnetického poľa levitačných diskov CSYL-21 s priemerom 21 mm

Závislosť levitačnej sily pri 77 K na vzdialenosti medzi levitačným diskom a permanentným magnetom



Typ supravodiča	Priemer	Výška	Levitačná sila ¹⁾ (77 K)
CSYL-14	14 mm	6 mm	20 N
CSYL-21	21 mm	8 mm	40 N
CSYL-25	25 mm	9 mm	60 N
CSYL-28	28 mm	10 mm	70 N
CSYL-35	35 mm	12 mm	100 N
CSYL-44	44 mm	14 mm	150 N