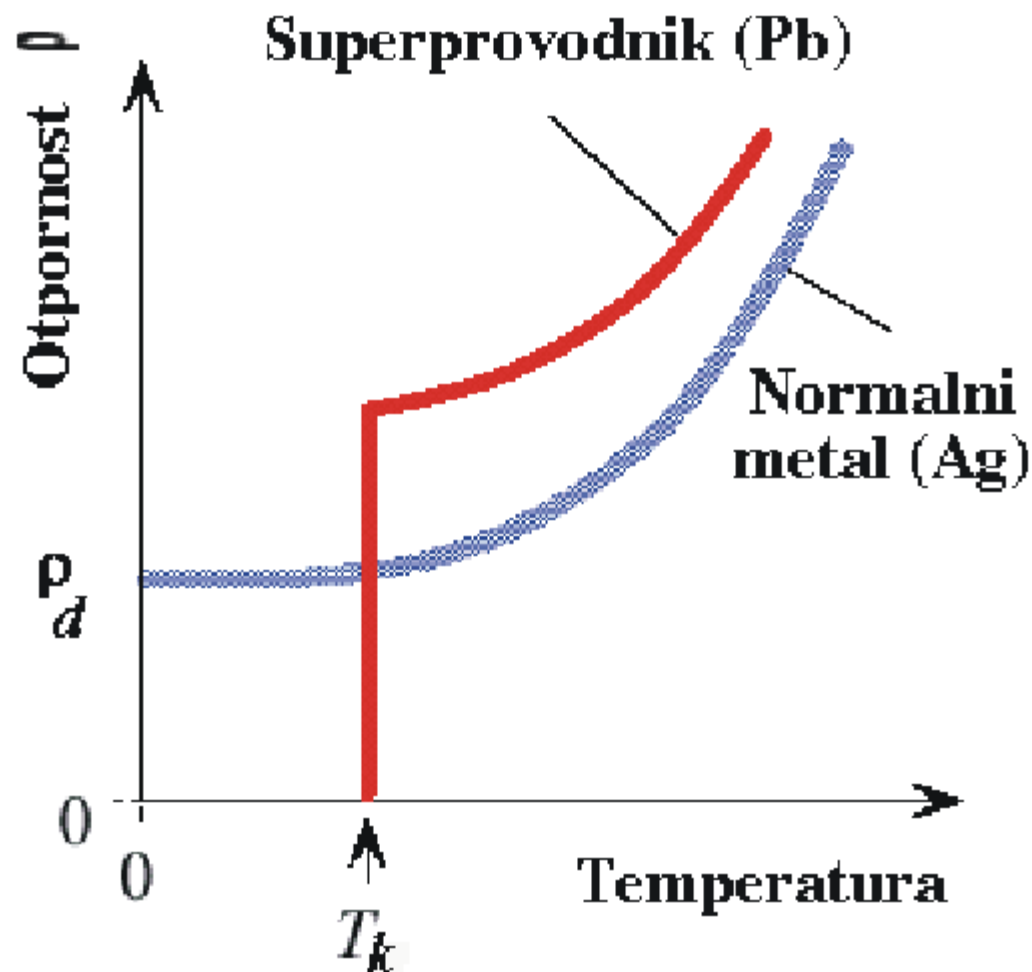


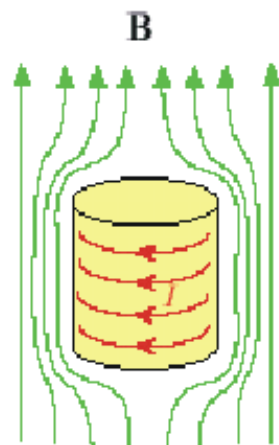
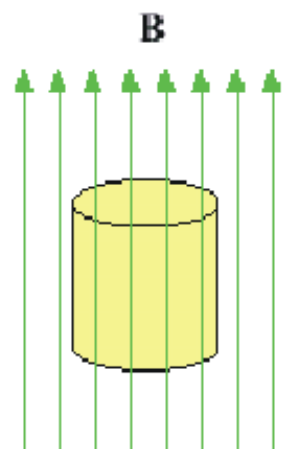
# SUPERPROVODNICI



*Superprovodnik (Pb) pokazuje prelaz na nultu otpornost pri kritičnoj temperaturi  $T_k=7.2$  K, dok normalni provodnik Ag nema to svojstvo (na niskim temperaturama ima rezidualnu otpornost)*

Materijal	Vrsta	$T_k$ [K]	Godina
Hg	Metal	4.2	1911
Pb	Metal	7.2	1913
Nb	Metal	9.25	1930
$Nb_3Sn$	Intermetalno jedinjenje	18	1954
Nb-Ti	Legura	10	1960
$SrTiO_3$	Keramika	0.7	1964
$Nb_3Ge$	Intermetalno jedinjenje	23	1977
La-Ba-Cu-O	Keramika	34	1986
Y-Ba-Cu-O	Keramika	94	1987
Hg-Ba-Ca-Cu-O	Keramika	130	1996

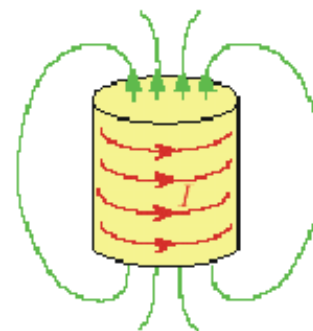
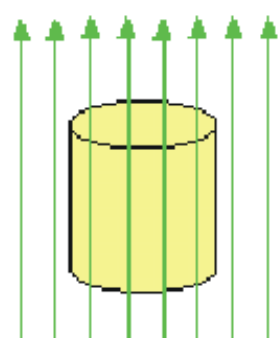
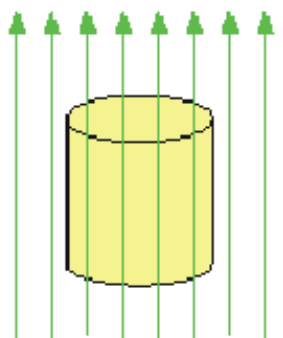
# Meisner-ov efekat



**B=0**



**Superprovodnik**



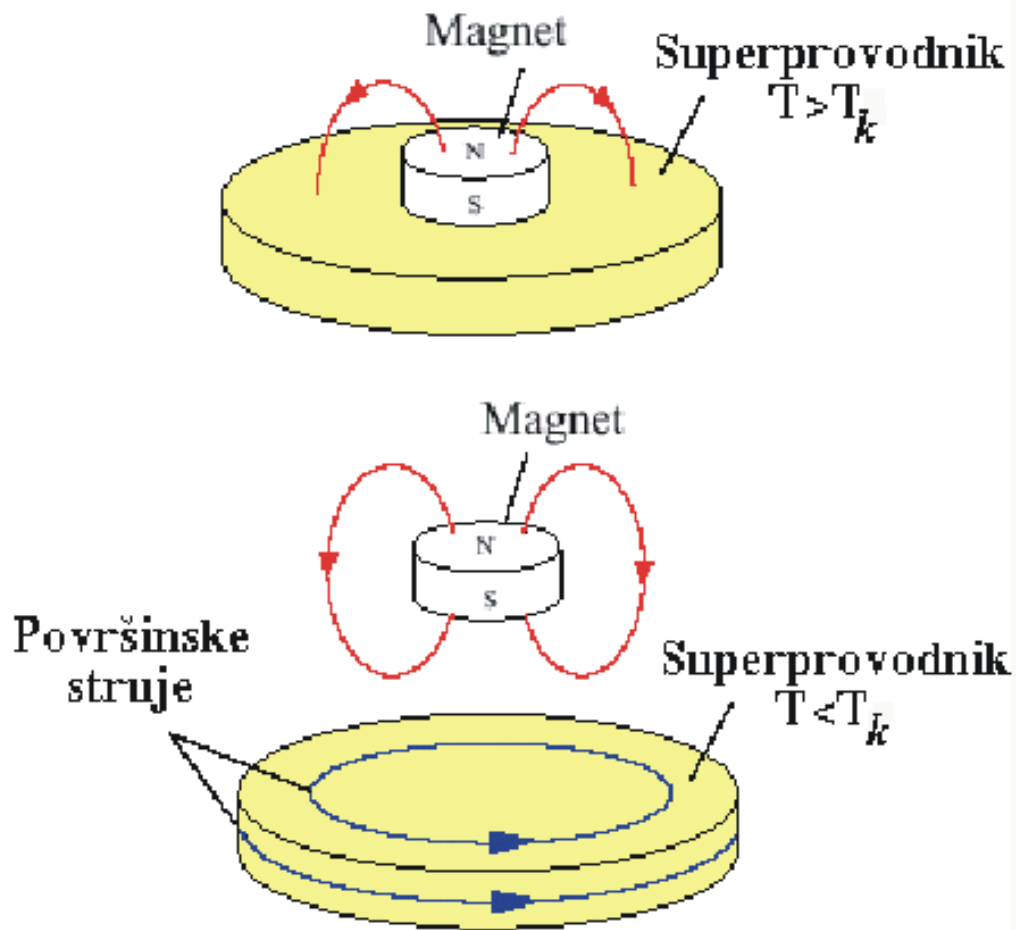
**Perfektni provodnik**

$T > T_k$

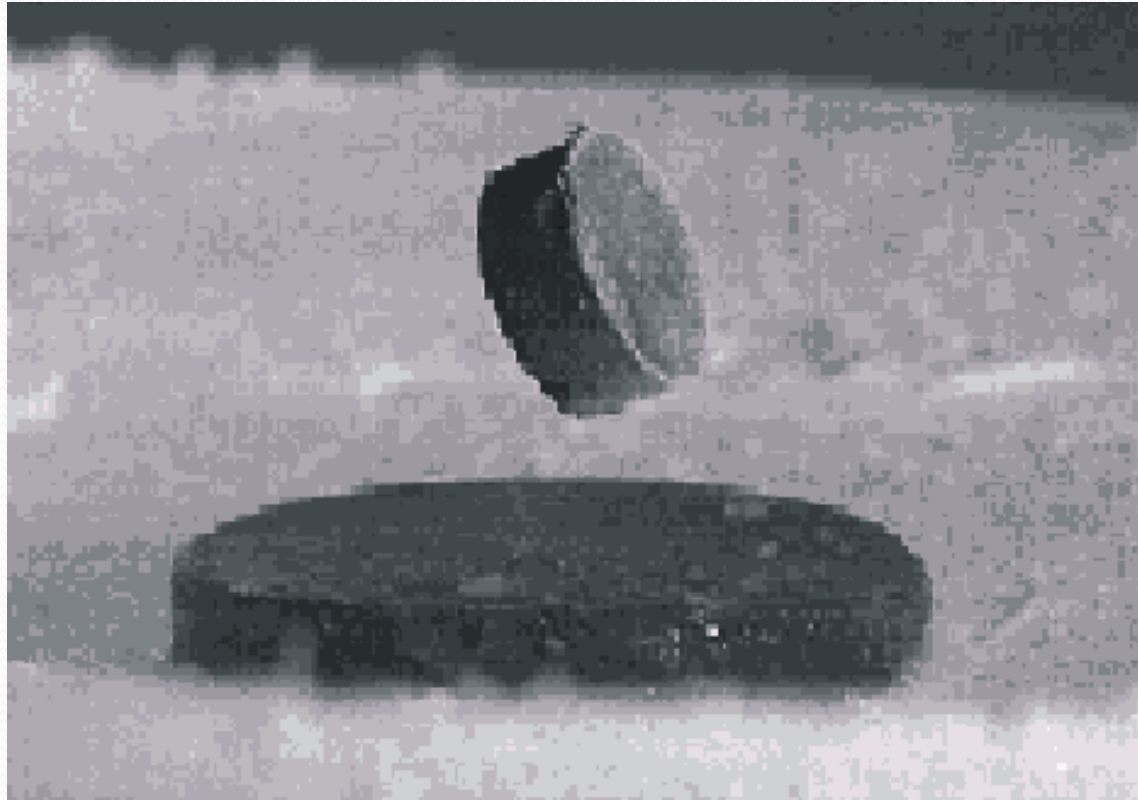
$T < T_k$

$T < T_k$

*Superprovodnik ohladjen ispod kritične temperature istiskuje magnetno polje iz zapremine ukoliko je perfektan dijagnetni materijal.*

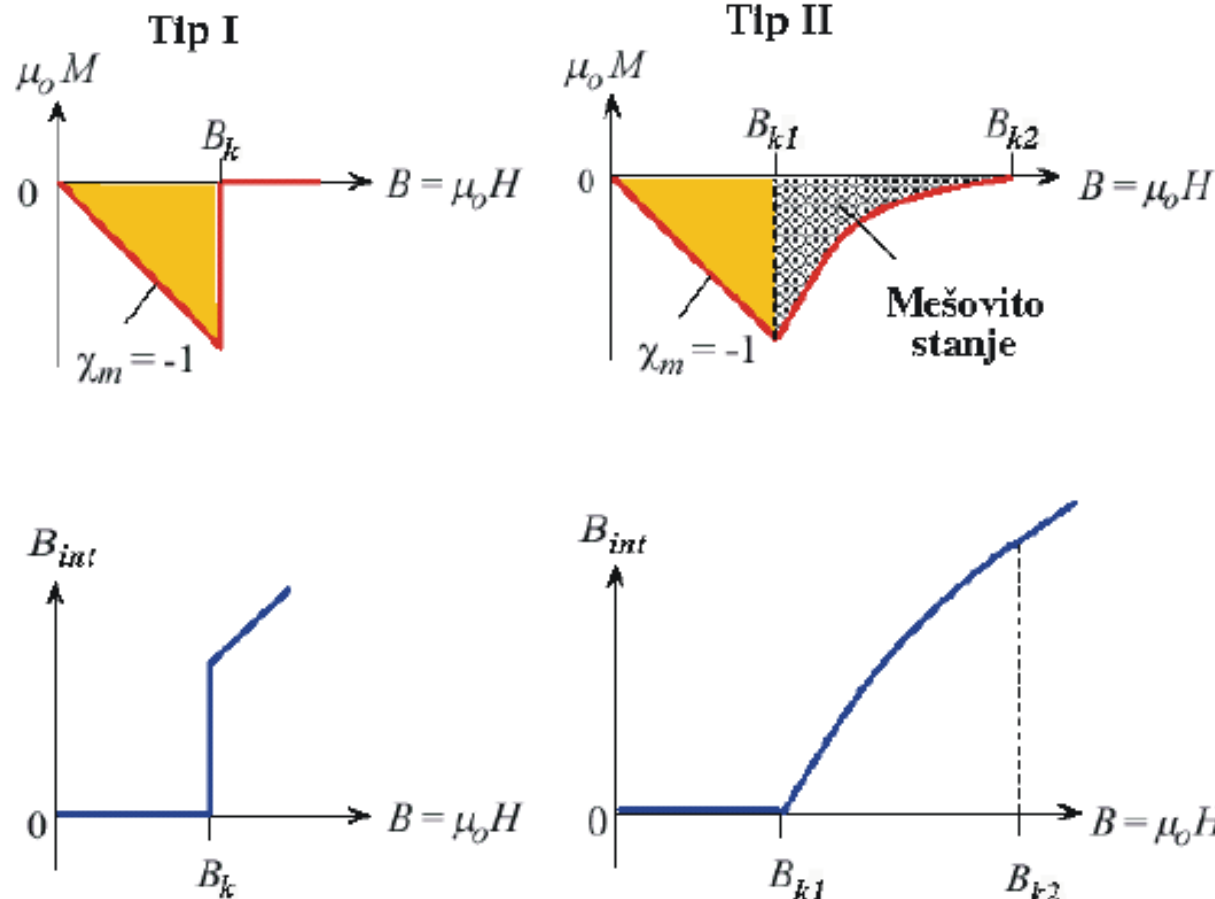


*Magnet preko superprovodnika lebdi kada je  $T < T_c$ .  
Superprovodnik je perfektni dijamagnetik, što znači da unutar  
superprovodnika ne postoji magnetno polje.*

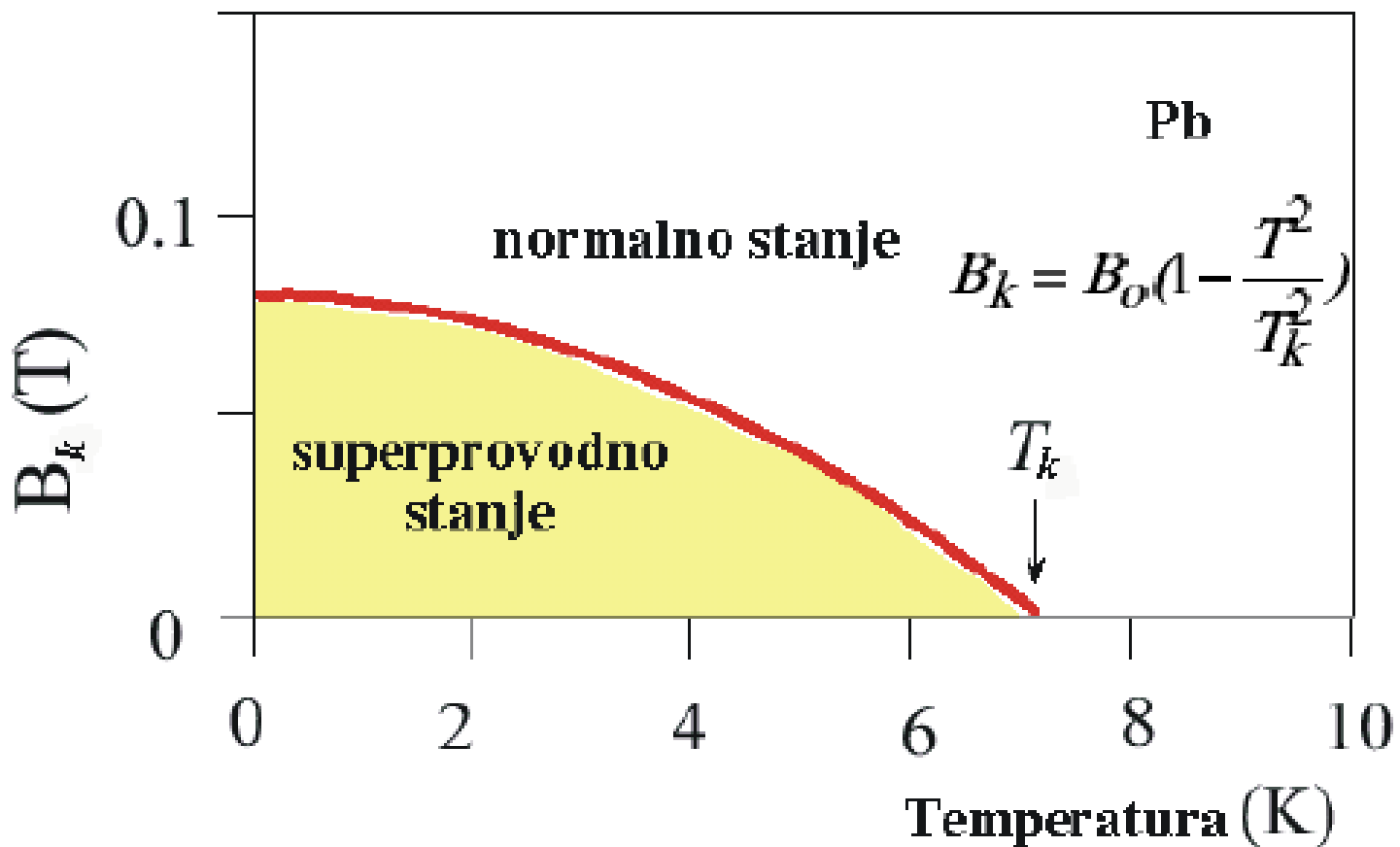


*Fotografija magneta koji lebdi iznad superprovodnika u tečnom azotu (77K) - Meisner-ov efekat*

# Podela superprovodnika

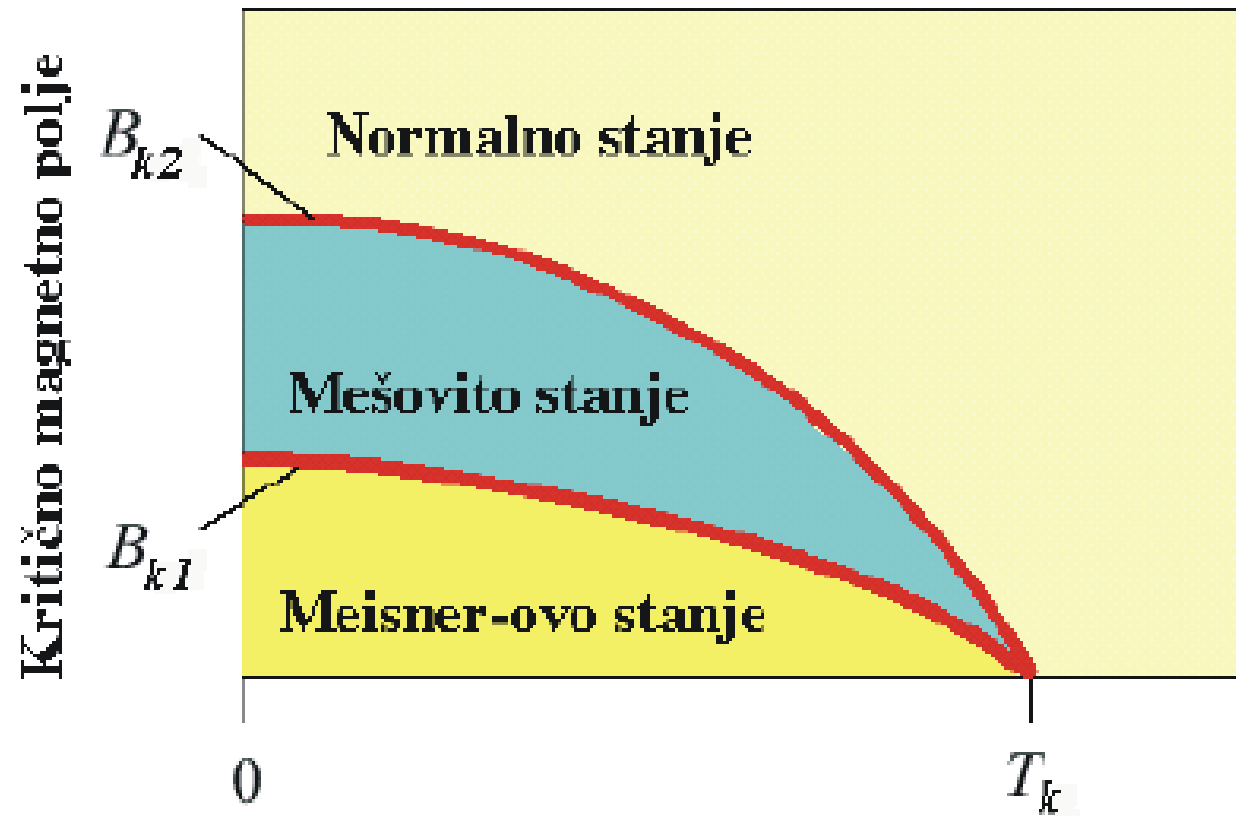


*Karakteristike superprovodnika I i II vrste.  $B = \mu_0 H$  je indukcija primenjenog polja,  $M$  ukupna magnetizacija u uzorku. Indukcija unutar uzorka  $B_{int} = \mu_0 H + \mu_0 M$  jednaka je nuli samo za  $B < B_k$  (I) i  $B < B_{k1}$  (II).*

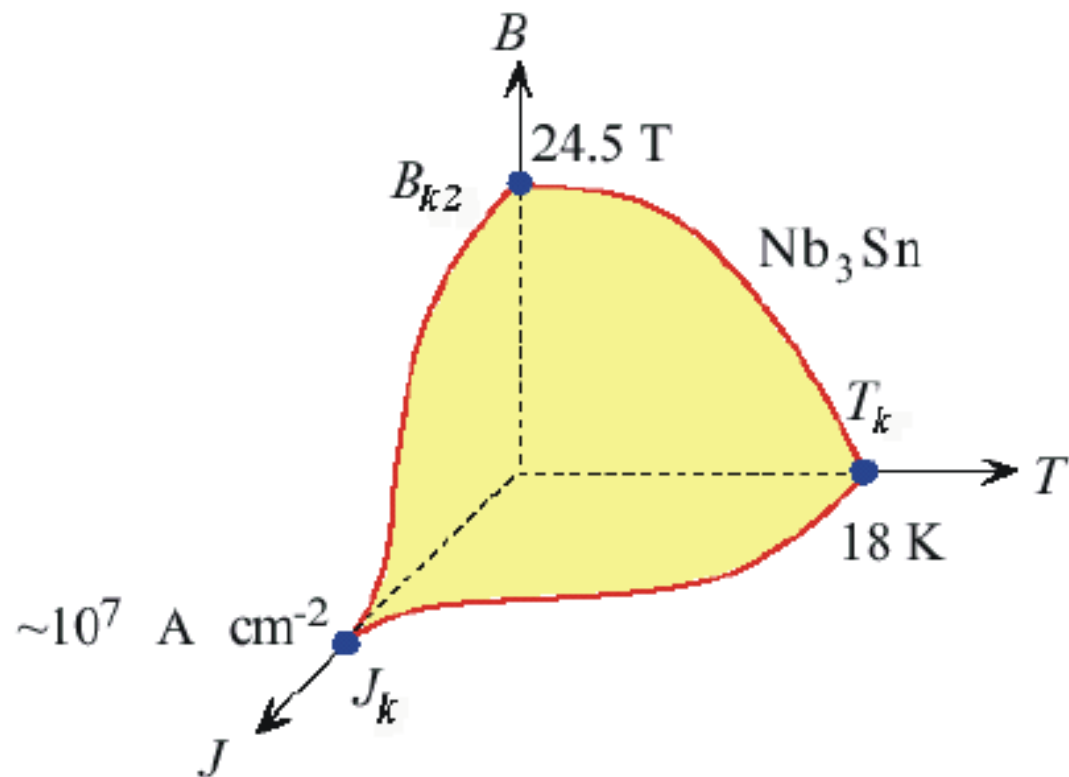


*Kritična indukcija u funkciji temperature za superprovodnike I vrste*





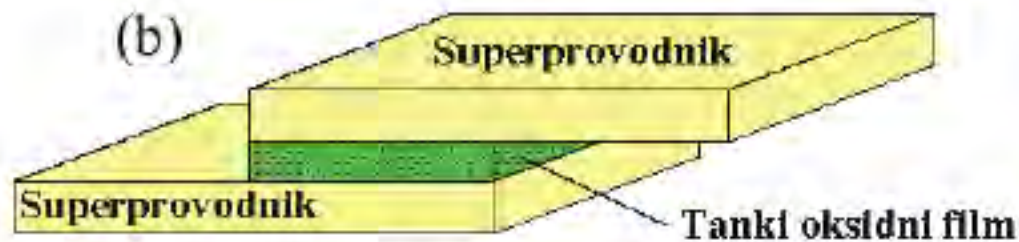
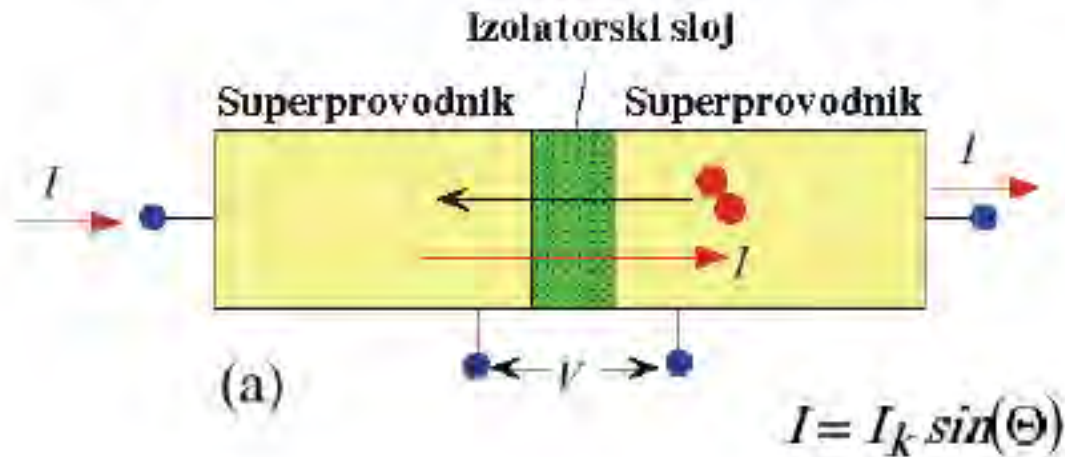
*Temperaturna zavisnost kritičnih indukcija  $B_{k1}$  i  $B_{k2}$  za superprovodnike II vrste*



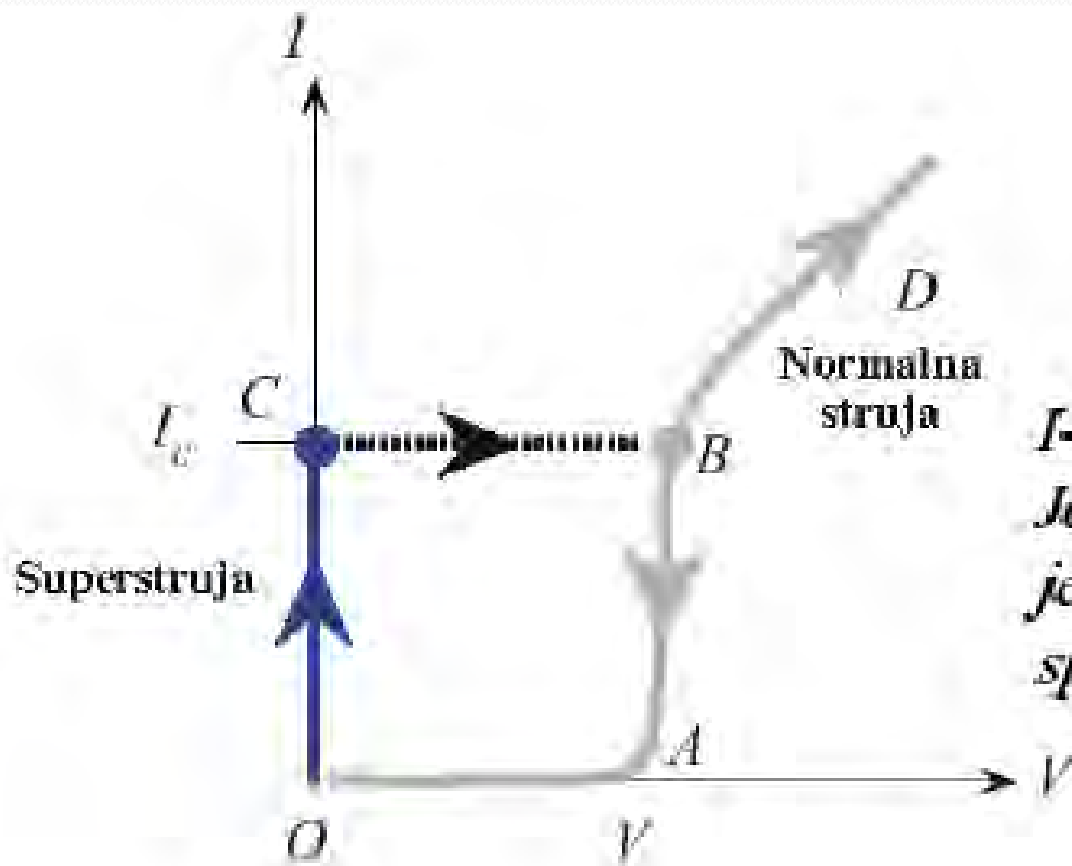
*Superprovodnost definišu  
kritična temperatura  $T_k$ , kritična  
magnetna indukcija  $B_k$  ( $B_{k2}$ ) i  
kritična gustina struje  $J_k$ .*

# Josephson-ovi efekti

1. DC Josephson-ov efekat: protok struje pri  $V=0$  V



(a) Josephson-ov spoj je spoj dva superprovodnika razdvojenih tankim izolatorom (b) Za proizvodnju spoja koristi se tehnologija tankih filmova



*I-V karakteristika  
Josephson-ovog spoja kada  
je struja kontrolisana  
spoljašnjim kolom*

2. AC Josephson-ov efekat: priključenjem DC napona, kroz spoj protiče AC struja:

$$I = I_0 \sin(2\pi ft),$$

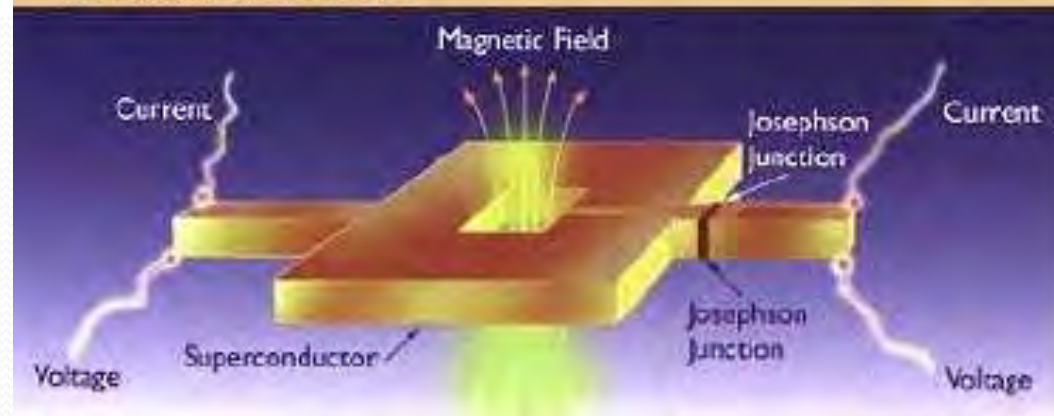
$$f = \frac{2eV}{h}$$

3. Efekat kvantne medjupovršine: kroz dva Josephson-ova spoja uređjena u obliku prstena teče struja:

$$I = I_0 \left| \cos\left(\frac{\pi\Phi}{\Phi_0}\right) \right|,$$

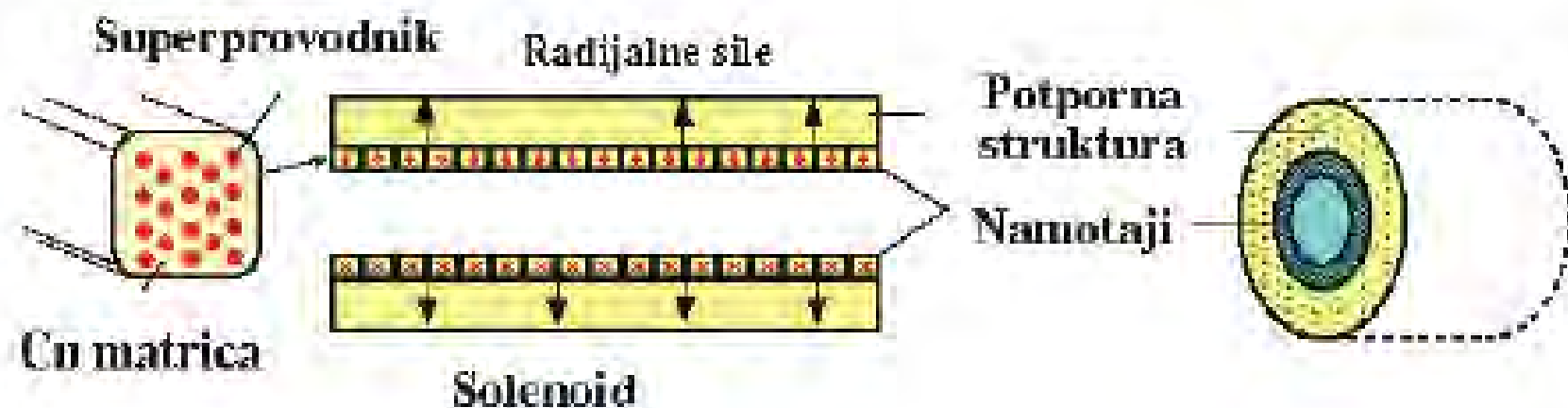
$$\Phi = B \cdot A$$

A SQUID (Superconducting QUantum interference Device) is the most sensitive type of detector known to science. Consisting of a superconducting loop with two Josephson junctions, SQUIDs are used to measure magnetic fields.



# Primena superprovodnika

## 1. Dobijanje elektromagneta sa jakim magnetnim poljem



*Superprovodni solenoidni magnet proizvodi magnetnu indukciju do 15T (solenoid sa feromagnetnim jezgrom daje indukciju do 2T)*



*MAGLEV-Voz koji  
lebdi na jakim  
superprovodnim  
magnetima (1997)*



*Magnetna rezonansa: Izlaganjem tela  
jakim superprovodnim magnetima,  
H-atomi iz tečnosti u organizmu i  
molekuli masti prihvataju energiju od  
magneta. Oslobadjaju je pri  
frekvenciji koja se detektuje i  
grafički prikazuje pomoću računara.*

2. Izrada kriotrona (prekidačkih elemenata): navoji i jezgro kalema prave se od dva superprovodnika:

Ta:  $T_k=4.5$  K i  $H_k=6.7 \cdot 10^4$  A/m

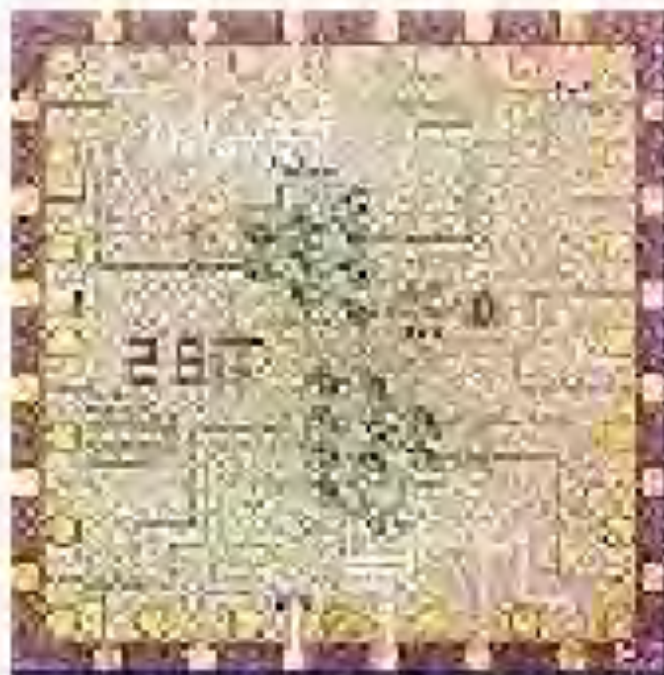
Nb:  $T_k=9.25$  K i  $H_k=1.56 \cdot 10^5$  A/m

3. Izrada magnetomera: SQUID-magnetomer detektuje promene polja reda  $10^{-4}$  A/m i koristi se za magnetoencefalografiju.

4. Vojna primena SQUID komponenata za detekciju mina i podmornica



5. Razvoj “petaflop” računara brzine hiljade triliona operacija u sekundi.



*Superprovodni mikročip*