

100 років надпровідності



Фестиваль науки 2011 в ЛНУ імені І. Пулюя 17.05.2011



Нар 21.09. 1853 р. Гронінґен, Нідерланди

Помер 21.02. 1926 (у віці 72 р.) у Лейдені



Хайке Камерлінг Оннес
Heike Kamerlingh Onnes
(фото з музею Воегхааве)

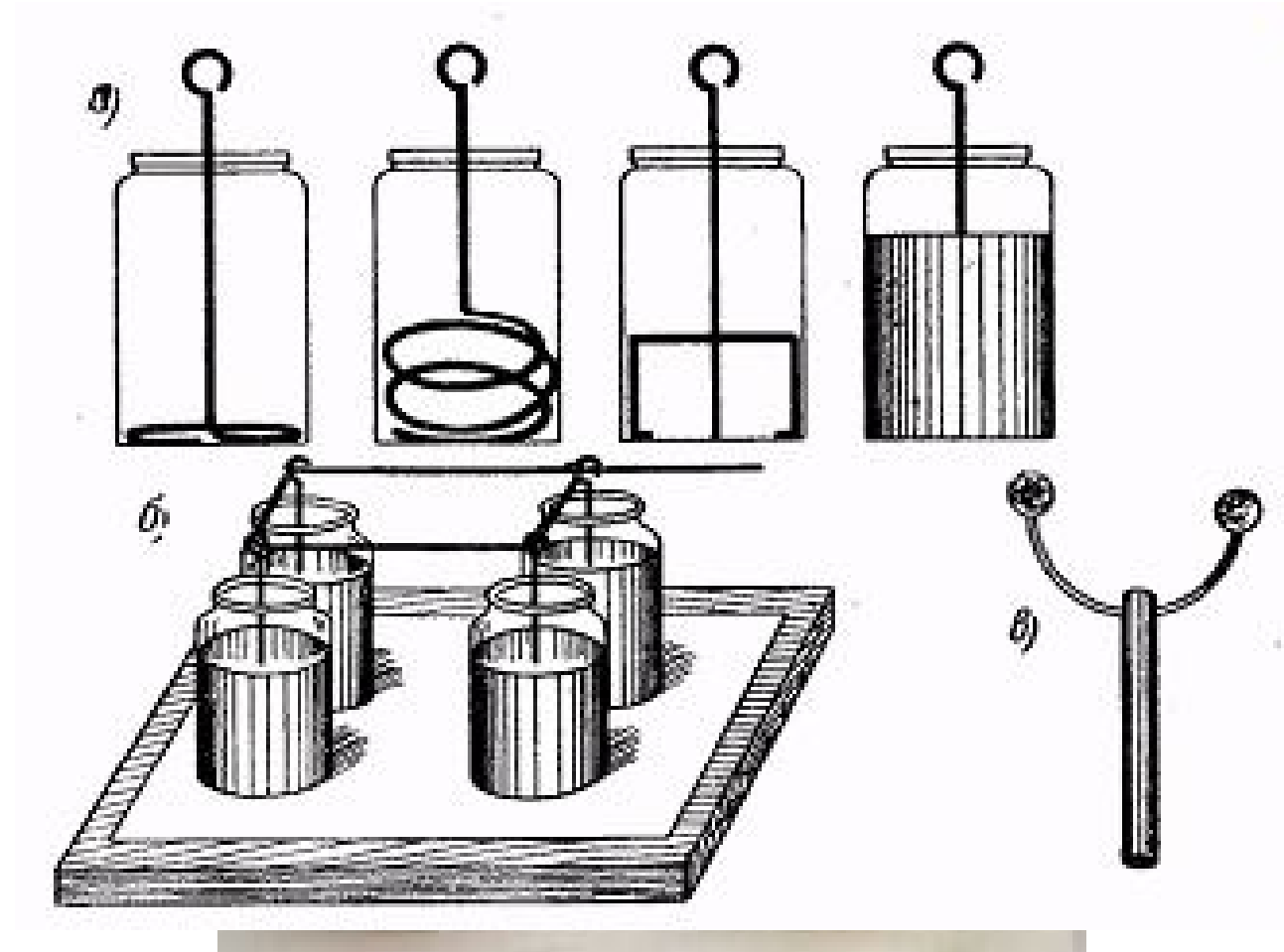
Фестиваль науки 2011 в ПННПУ імені І.Пулля 17.05.2011



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулюя 17.05.2011



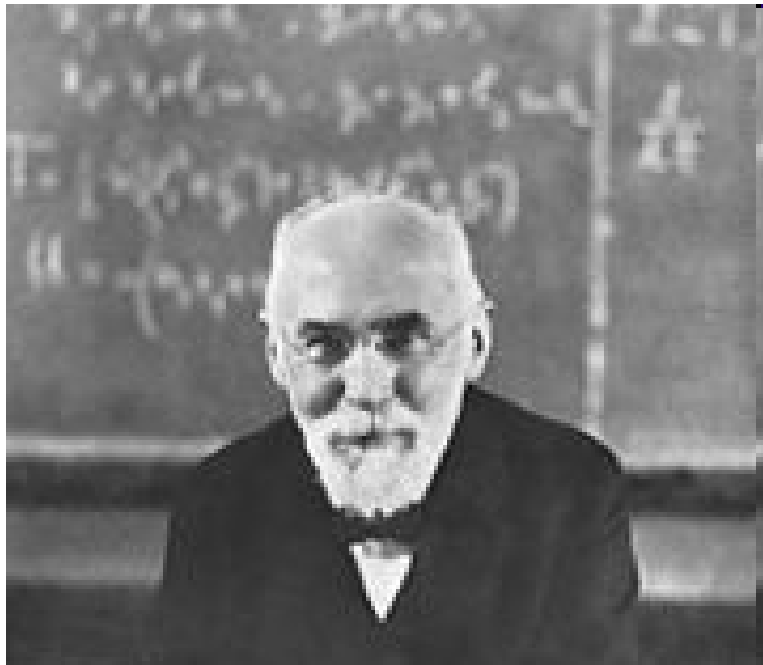
Лейденська банка - 1745 р.





Лейденський університет заснований у 1575 р.



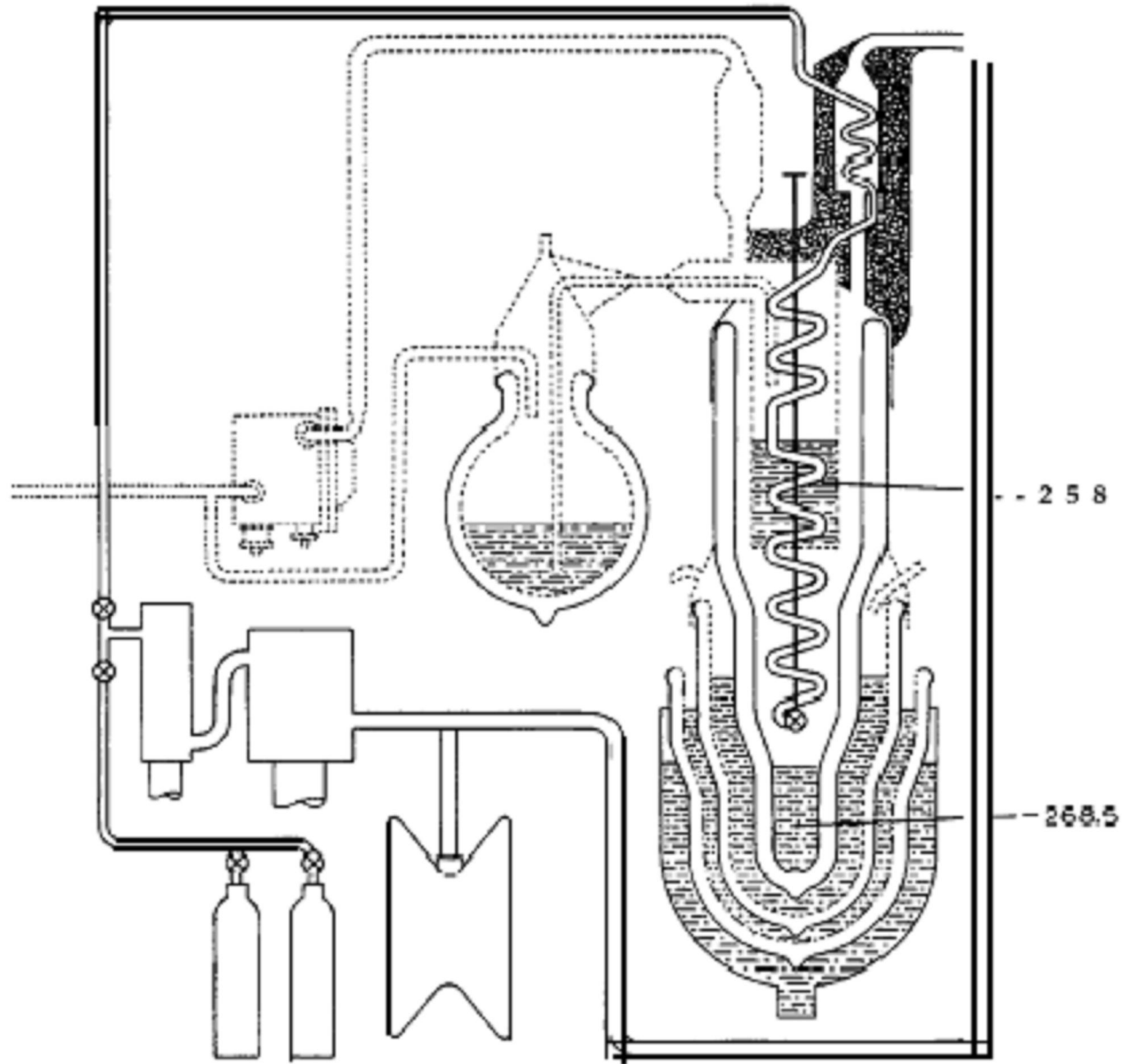




Посудина Дюара для рідкого гелію,
яка була частиною установки для
зрідження гелію.

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І. Пулюя 17.05.2011

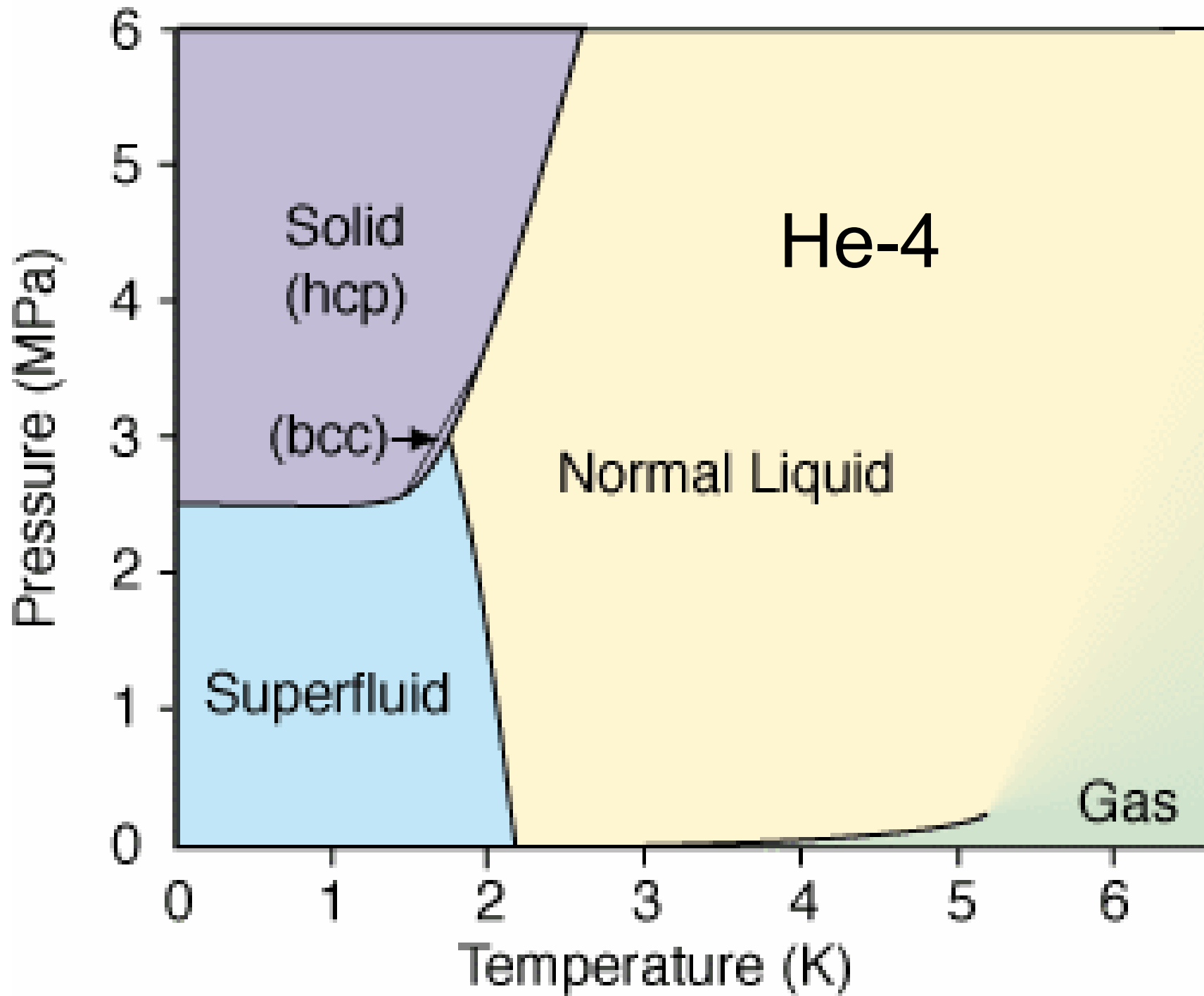
Зрідження гелію методом Джоуля-Томсона



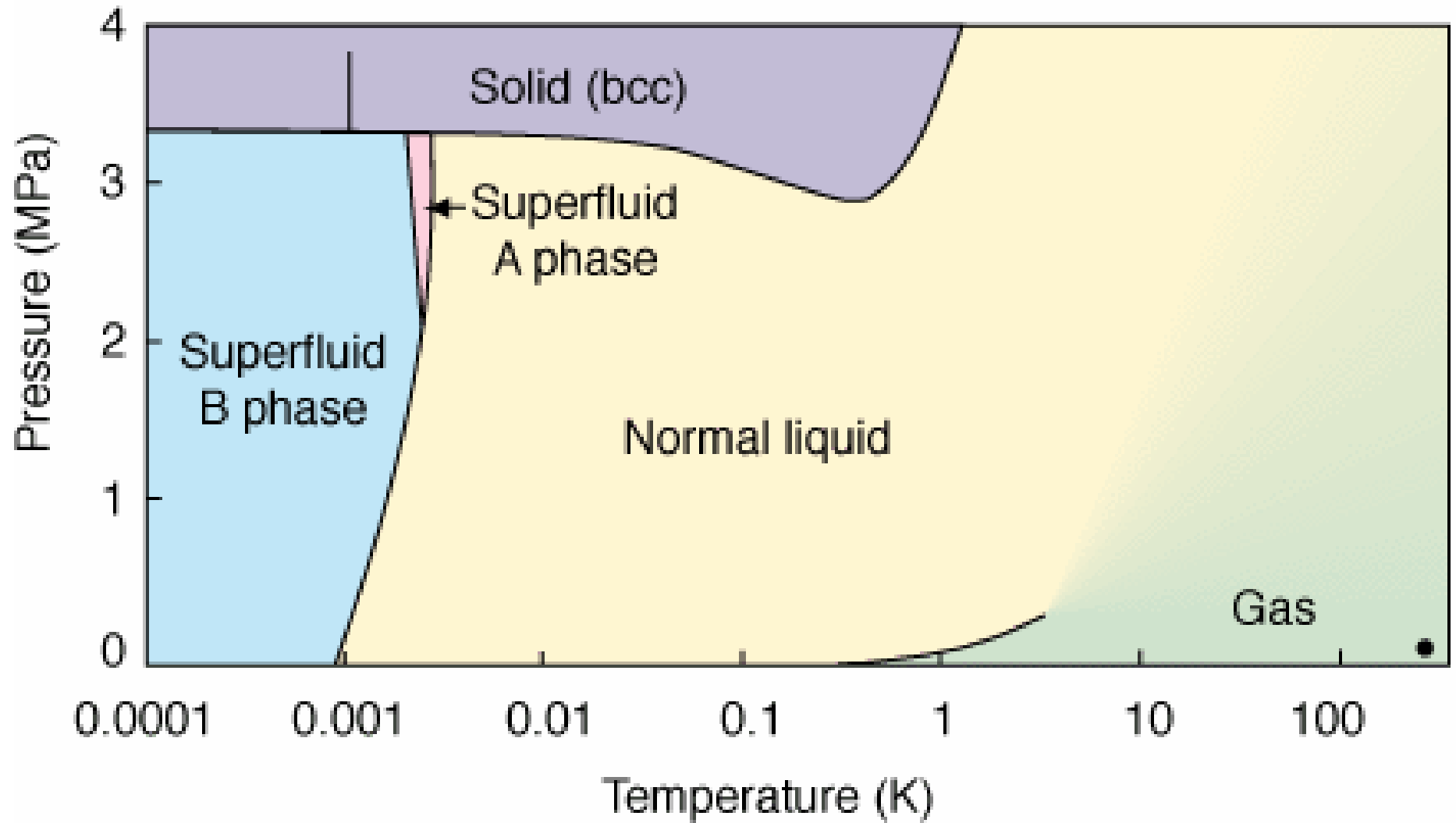
Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

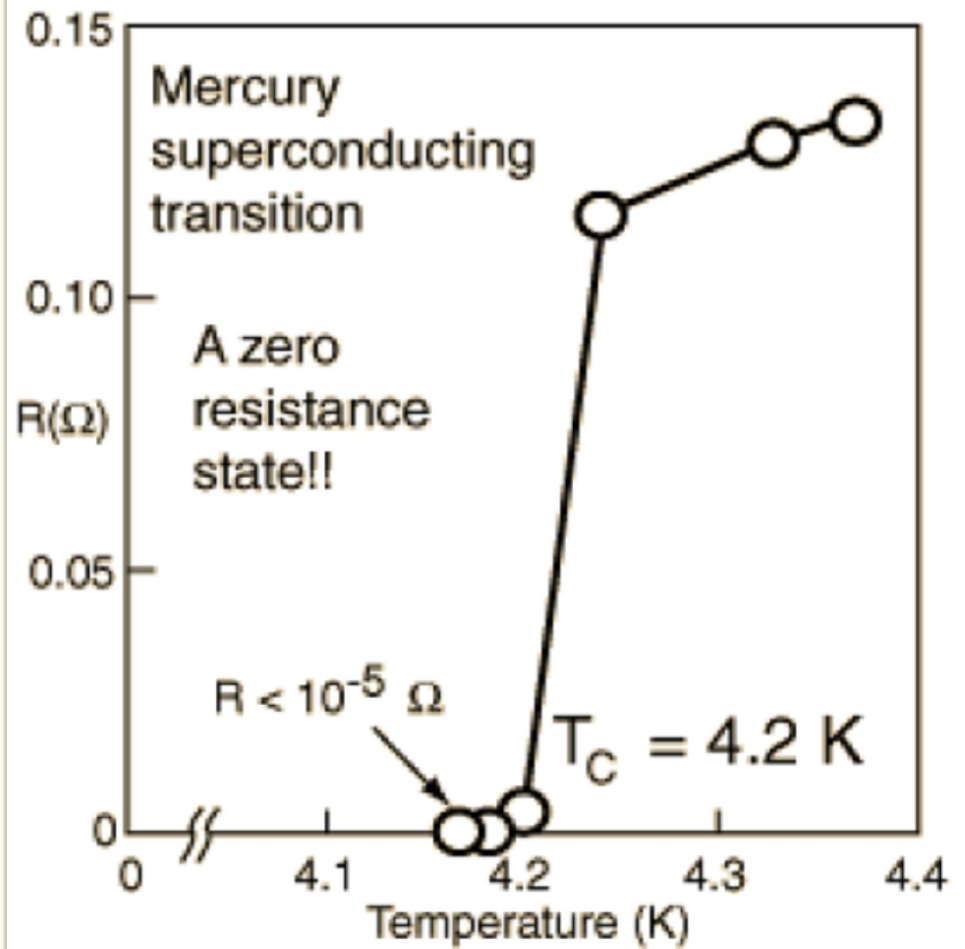
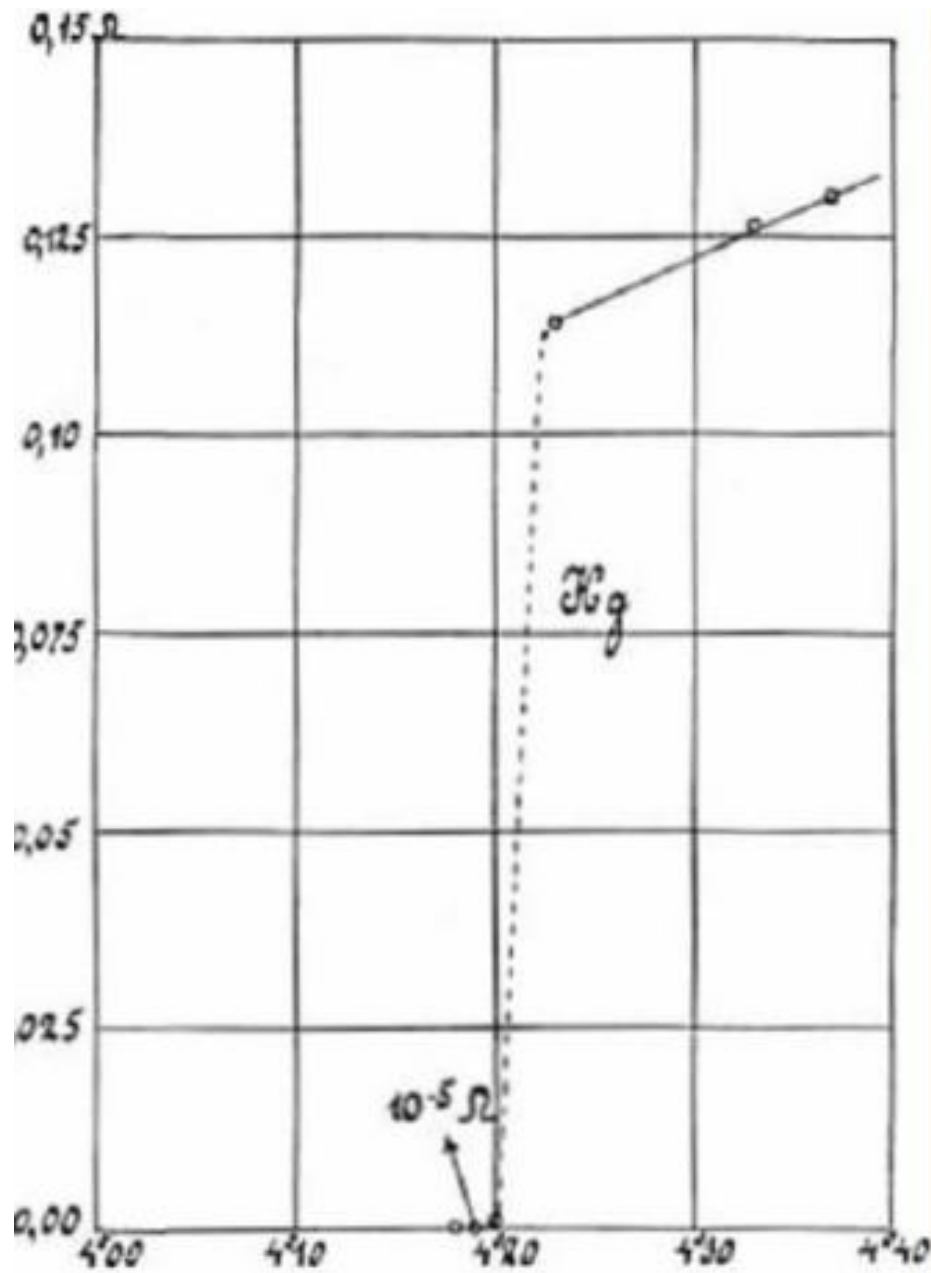


Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011



He-3





Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

200 ft. high to water. D. 10 ft.
a hole exposed by wind blown 200 ft
12' 40' good soil below

12' 47' pump out, water still
on a small pump. Pump out



practically 1' 2' ^{height}
wind up to water level
with 100 ft. pump

12' 47' water level. 1' 4' good
to 12' 47' water level. 2' 0' water
quantity of water on the
well. Delicately colored granite, yellow
hard. Temperature

2' 15' water level. 12' 47'
level. The water 8' or

2' 40' water level, by 100 ft. or
diameter or water level. 100 ft.
level. 100 ft. diameter
water level. 100 ft. diameter
water level. 100 ft. diameter

in

200 ft. high to water level. D. 10 ft.
a hole exposed by wind blown 200 ft

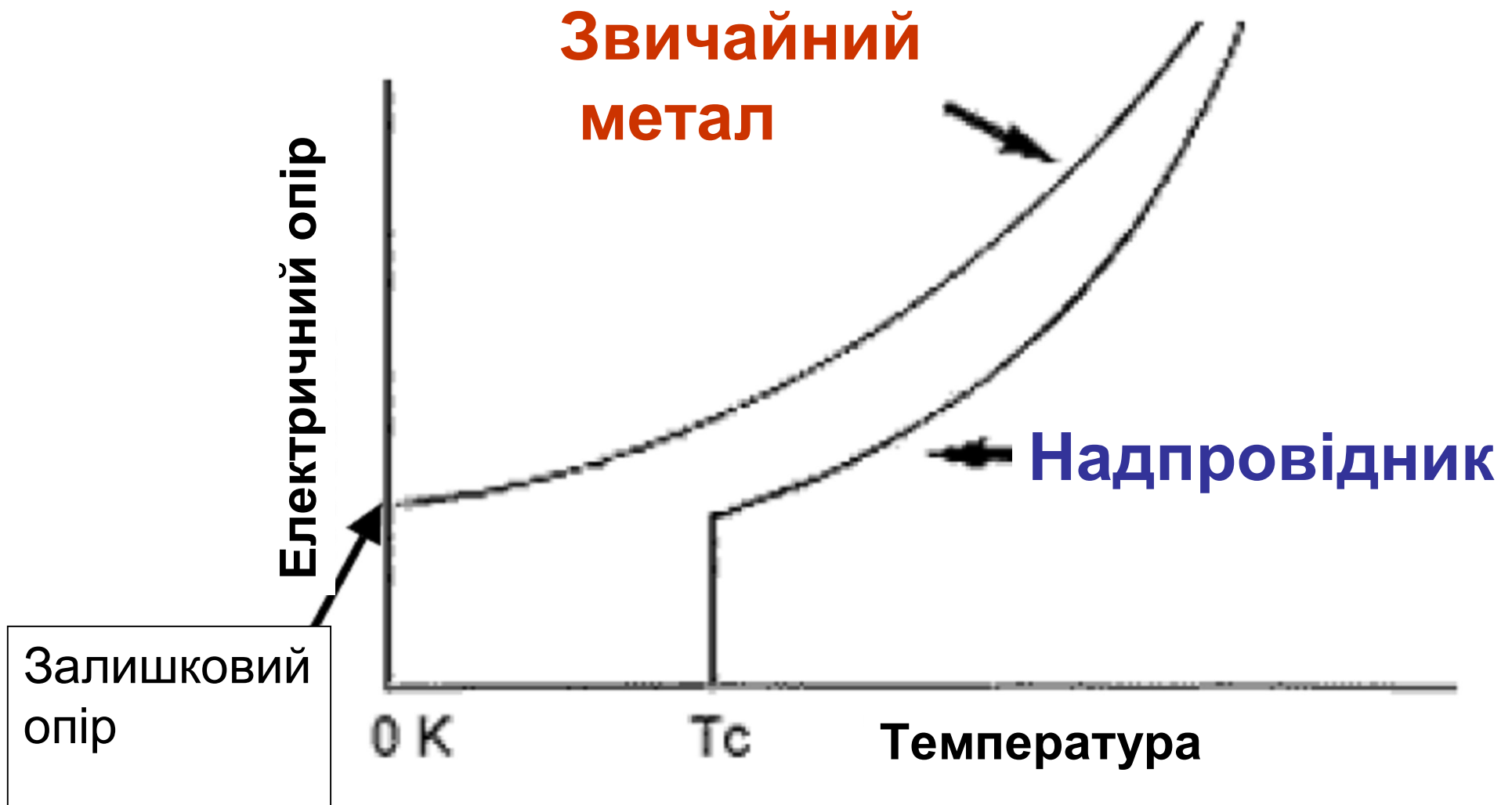
12' 40' good soil below
12' 47' pump out, water still
on a small pump. Pump out
practically 1' 2' ^{height}
wind up to water level
with 100 ft. pump

12' 47' water level. 1' 4' good
to 12' 47' water level. 2' 0' water
quantity of water on the
well. Delicately colored granite, yellow
hard. Temperature

2' 15' water level. 12' 47'
level. The water 8' or

2' 40' water level, by 100 ft. or
diameter or water level. 100 ft.
level. 100 ft. diameter
water level. 100 ft. diameter
water level. 100 ft. diameter

Handwritten text in a red box, possibly "Handwritten text" or similar, with a red arrow pointing to it from the right margin.



1913 Nobel Prize

Хайке Камерлінг Оннес " за дослідження властивостей речовини при низьких температурах, які привели, серед іншого, до виробництва рідкого He4"

1972 Nobel Prize

Джон Бардін, Леон Купер, Роберт Шріффер за " теорію надпровідності, знану як теорію БКШ"

1973 Nobel Prize

Івар Йевер "за відкриття тунельних явищ у надпровідниках";
Брасен Девід Джозефсон "за теоретичні передбачення властивостей надпровідних струмів крізь тунельний бар'єр, зокрема явища, відомого як ефект Джозефсона"

1987 Nobel Prize

Георг Беднорц та Алекс Мюллер "за відкриття надпровідності в керамічних матеріалах"

2003 Nobel Prize

А.А.Абрикосов, В.Л.Гінзбург та Ентоні Леггет "за визначальний внесок в теорію надпровідності та надплинності"



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.П'юля 17.05.2011

KNOWN SUPERCONDUCTIVE ELEMENTS

■ BLUE = AT AMBIENT PRESSURE
■ GREEN = ONLY UNDER HIGH PRESSURE

	1A																	0			
1	1	H																	2		
2		3	4													5	6	7	8	9	10
	IIA	Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
3		11	12													13	14	15	16	17	18
		Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VII				IB	IIIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar		
4		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
6		55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
		Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
7		87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112								
		Fr	Ra	*Ac	Rf	Ha	106	107	108	109	110	111	112								

SUPERCONDUCTORS.ORG

*Lanthanide Series

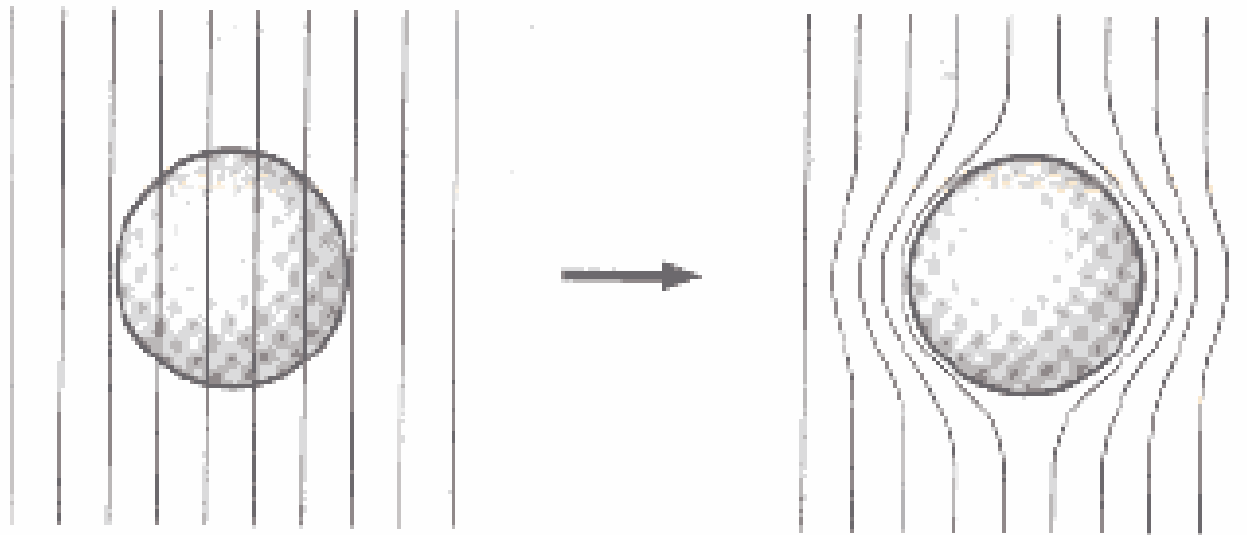
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

+ Actinide Series

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

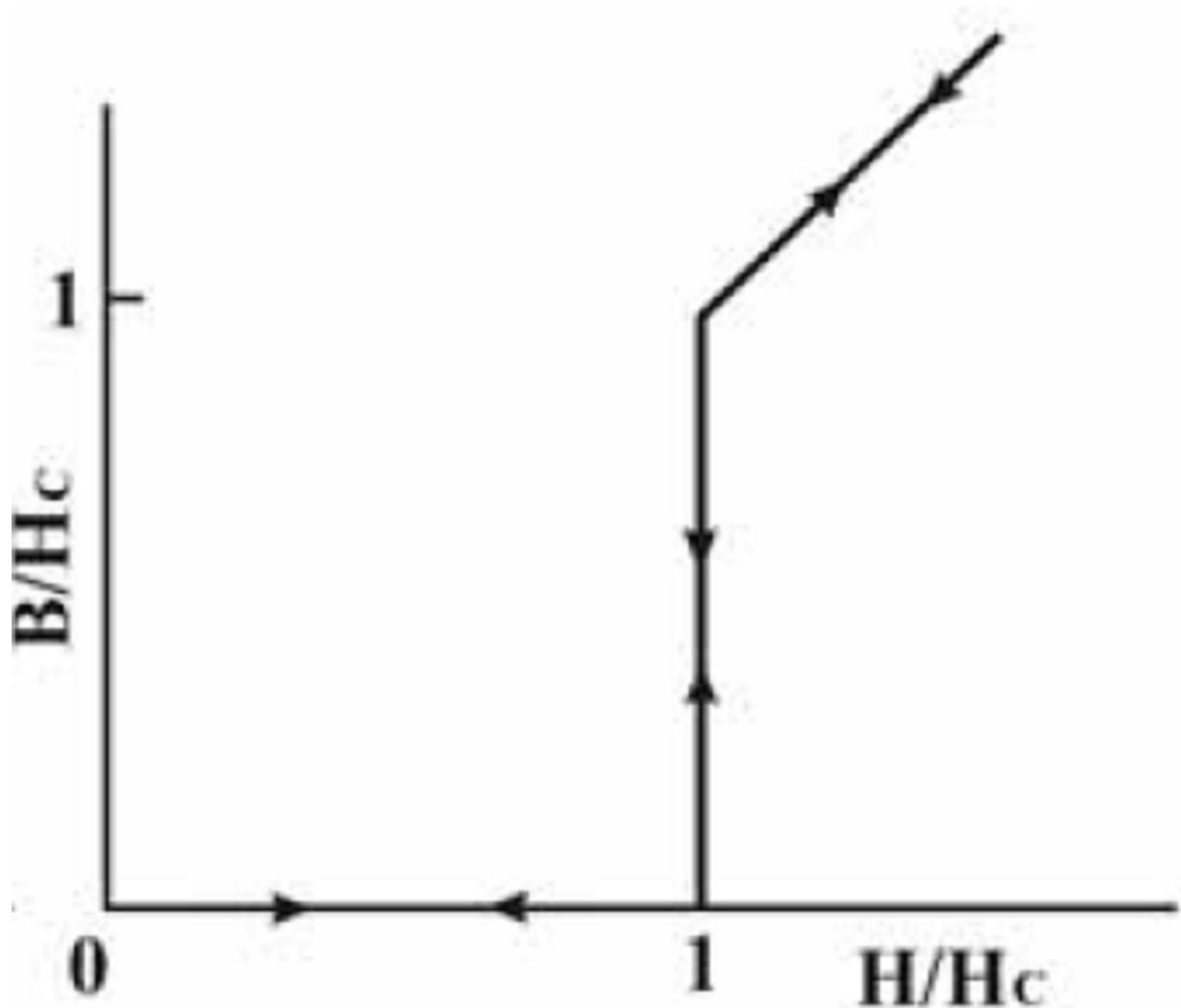
Відкриття абсолютного діамagnetизму надпровідників
Вальтер Мейснер та Роберт Оксенфельд, 1933 р.



$$T > T_c$$

$$T < T_c$$

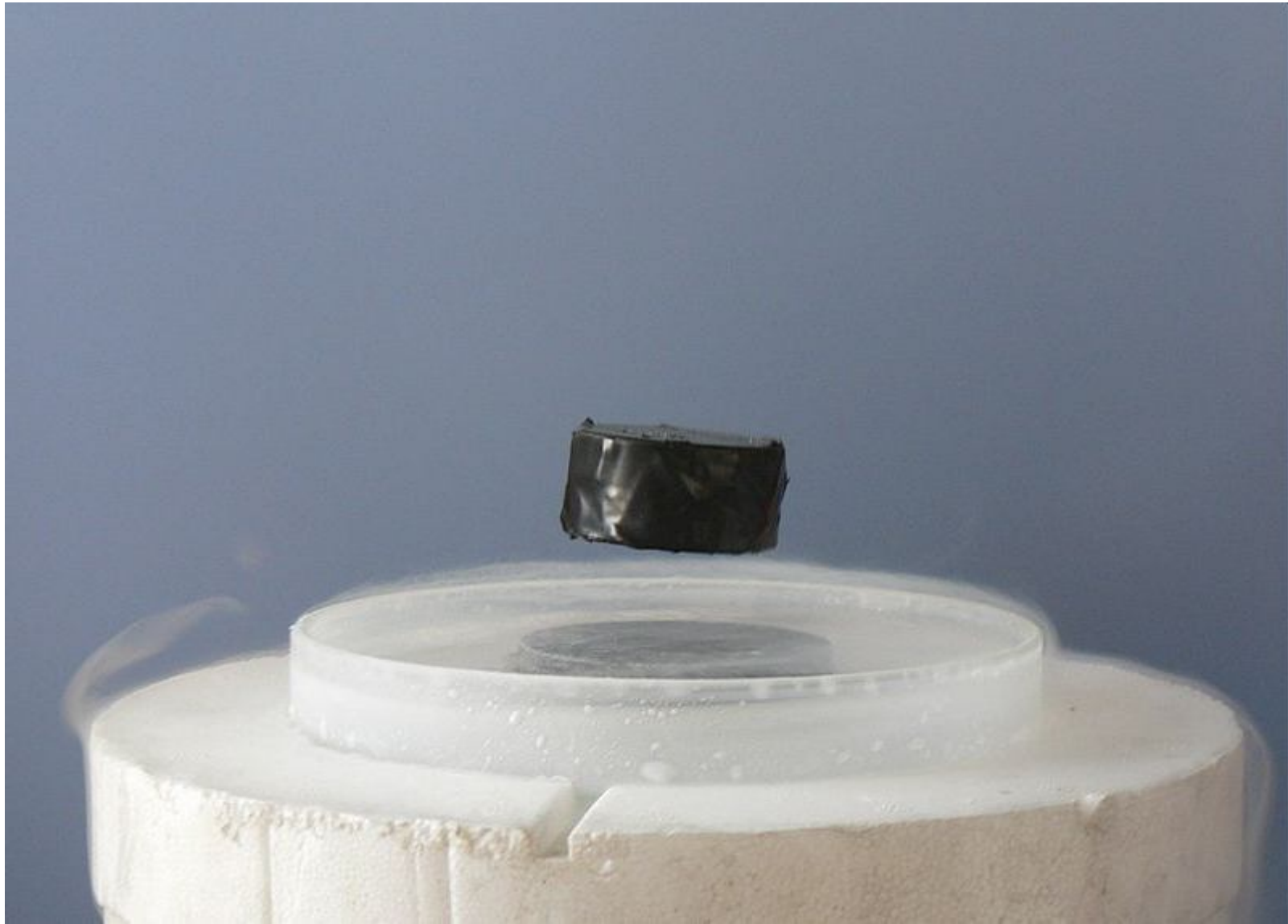
Виштовхування магнітного поля з надпровідника



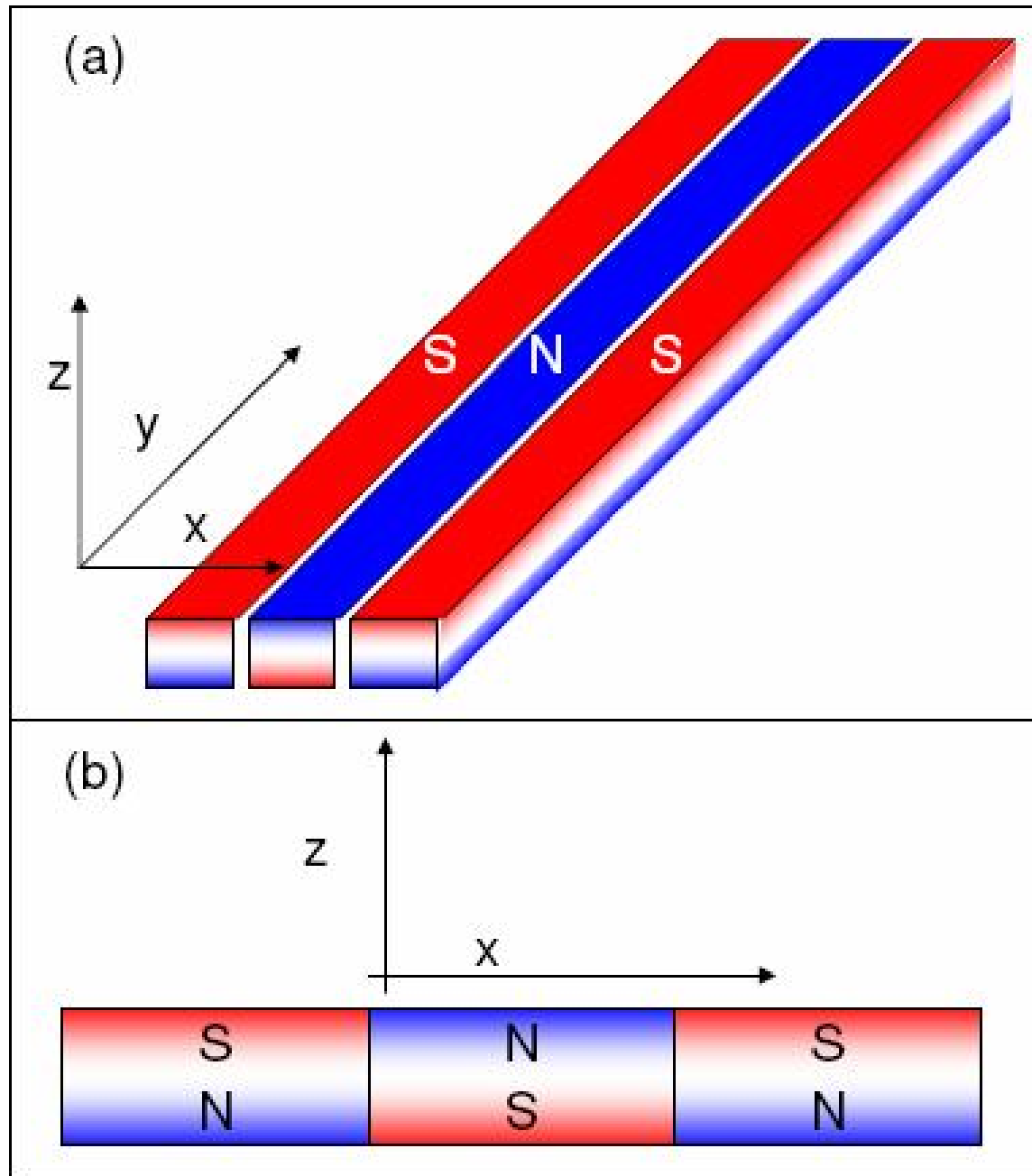
Левітація?



Левітація!



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

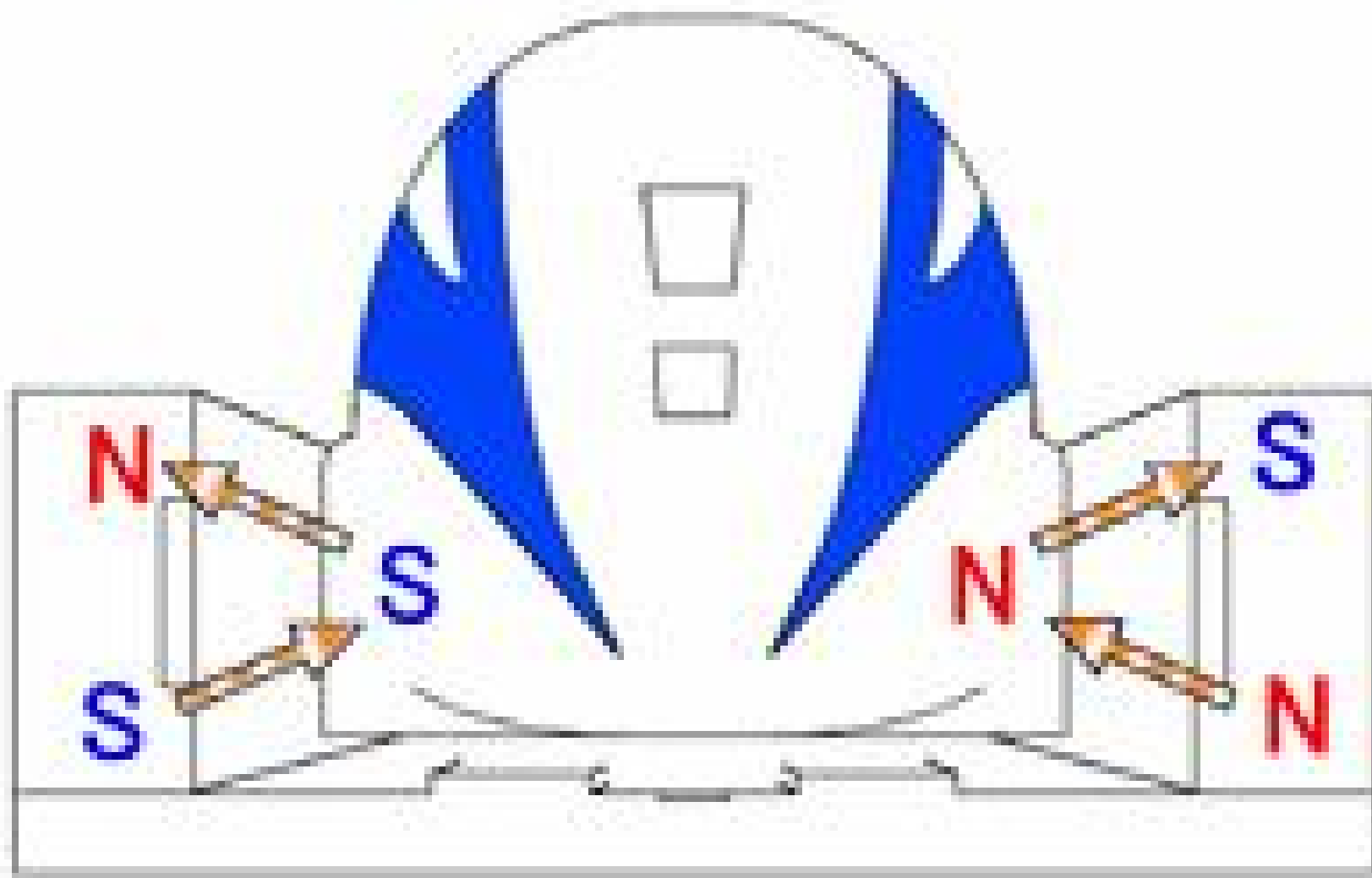
Magnetic Levitation – Maglev



Shanghai Maglev Train



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

Відкриття надпровідності другого роду

1936 р.,

Харків, Український фізико-технічний інститут

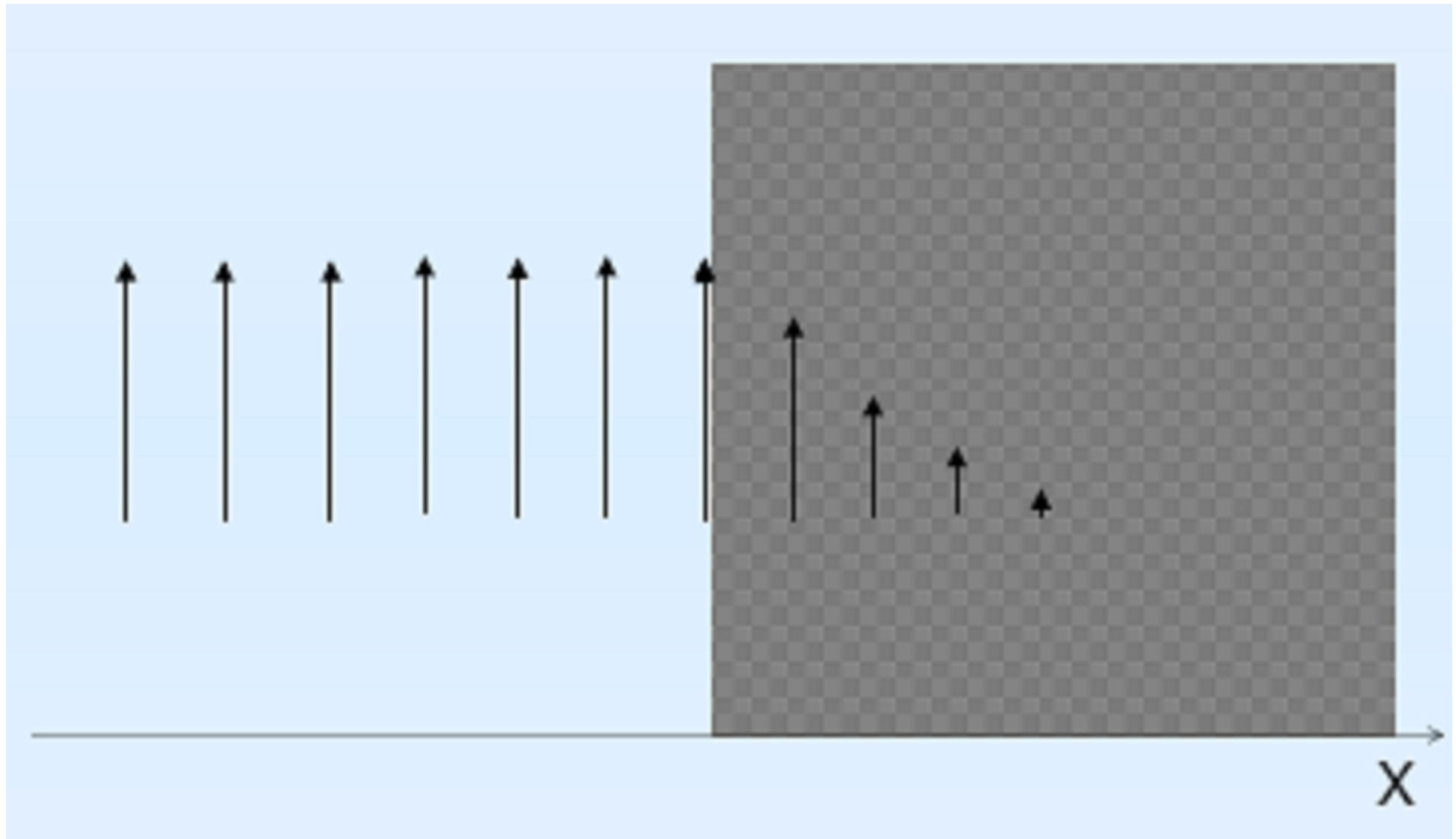


Л. Шубніков, В.Хоткевич,
Г.Шепелев, Ю.Рябінін

75 років тому!

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулюя 17.05.2011

Проникнення магнітного поля у надпровідник другого роду



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

Харків, Український фізико-технічний інститут



Fig. 12. Cryogenic Laboratory's Researchers, 1933. From left to right: (the first line) N.S.Rudenko (second), N.M.Zinn (third), O.N.Trapeznikova (fourth), Yu.N.Ryabinin (fifth), A.I.Sudovtsov (sixth), Dogadin (seventh); (the second line) G.D.Shepelev (third), L.V.Shubnikov (fourth), I.P.Korolyov (fifth), V.I.Khotkevich (sixth), V.A.Maslov (ninth).

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулюя 17.05.2011

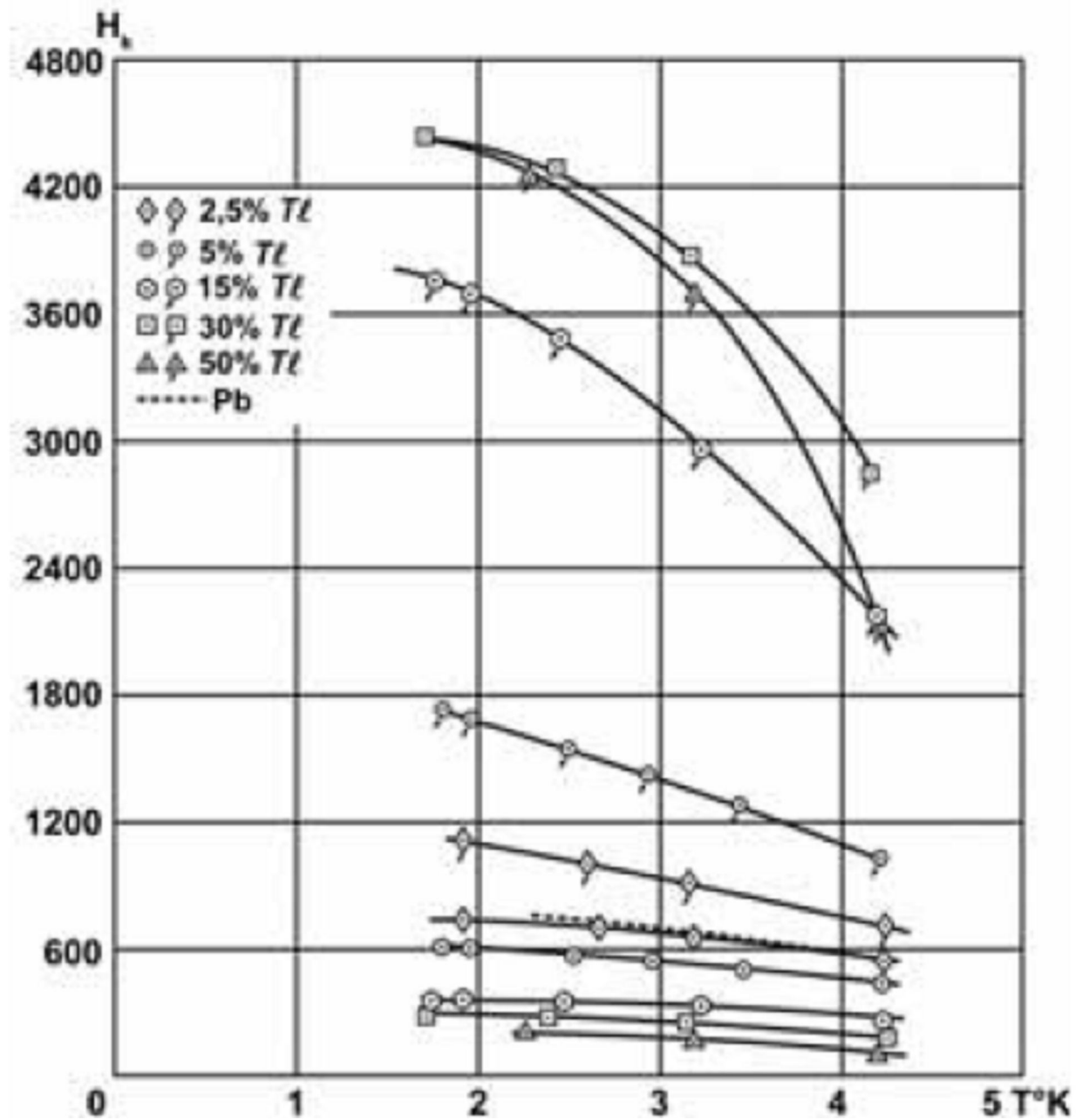
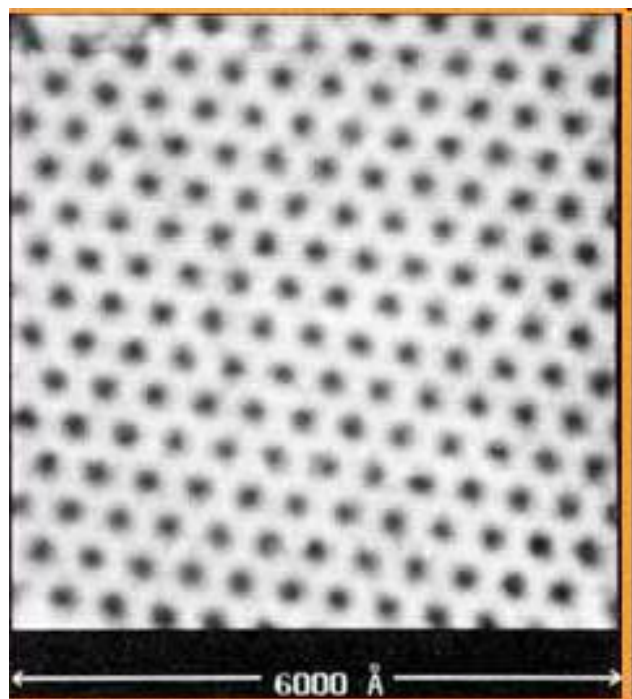
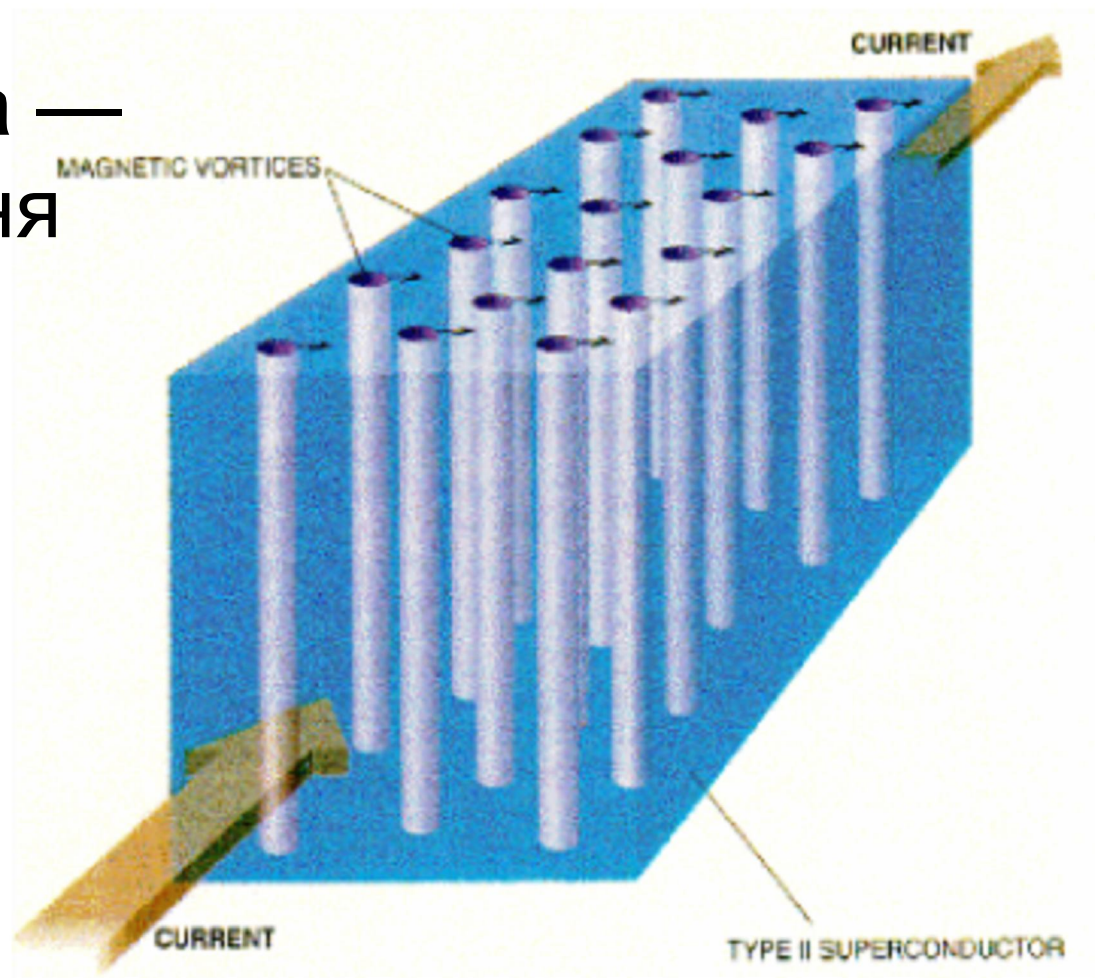


Fig. 20. Temperature dependence of H_{c1} and H_{c2} for single-crystals alloys Pb-Tl of the said concentrations and H_c for pure lead (After Schubnikow et al., 1936).

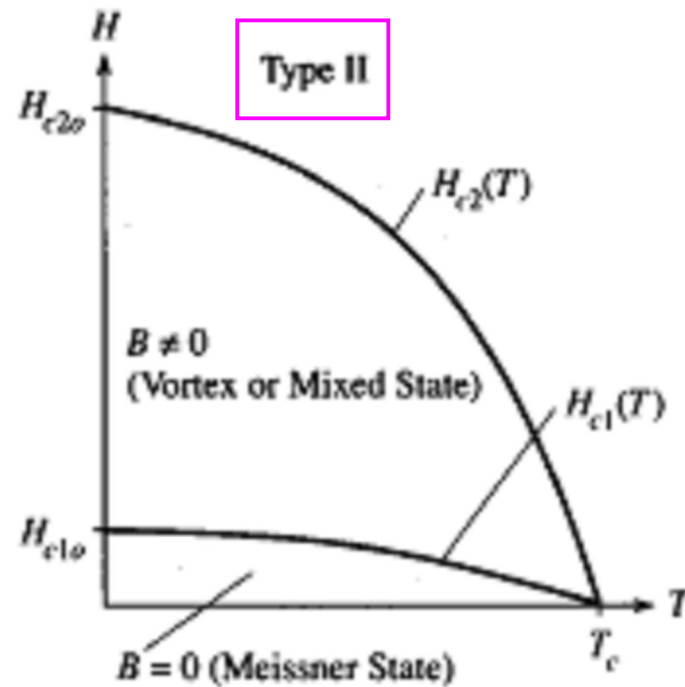
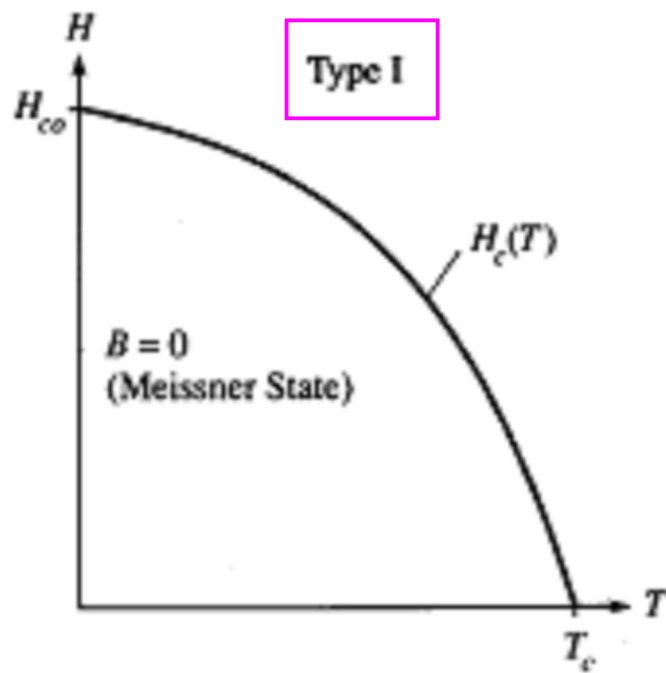
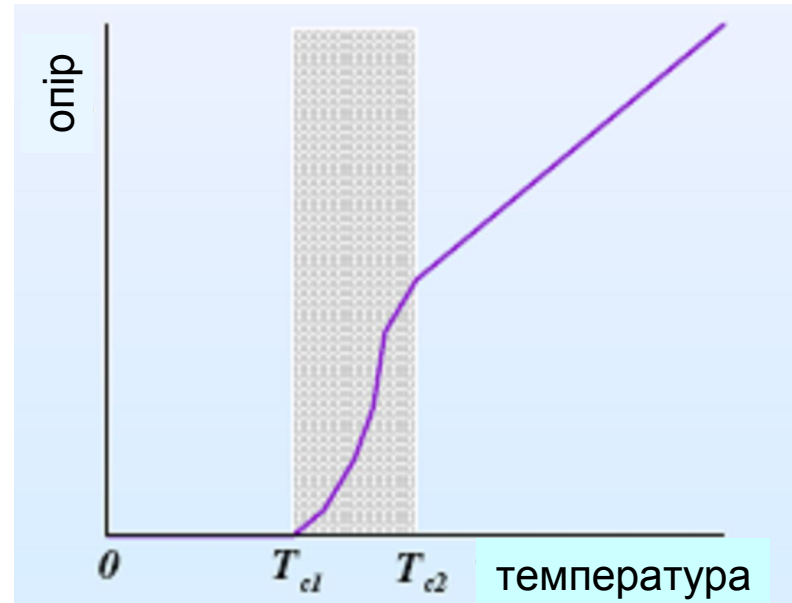
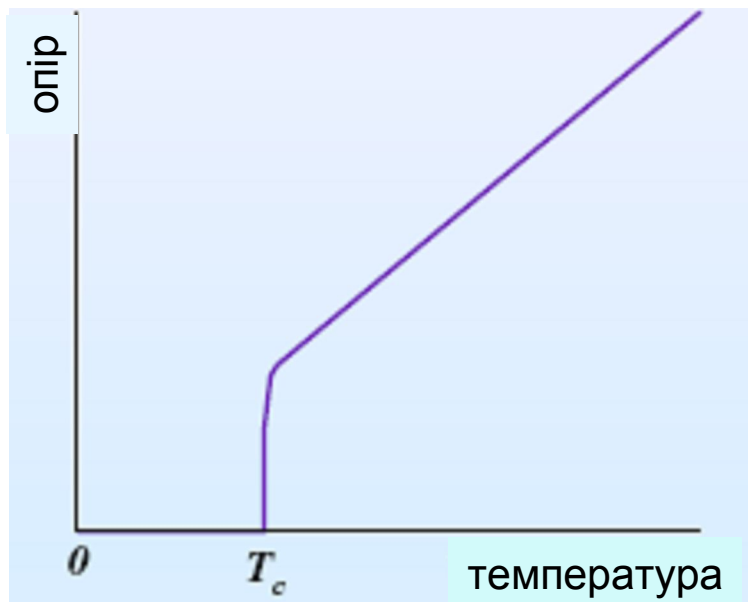
Вихор Абрикосова —
область проникнення
магнітного поля в
надпровідник

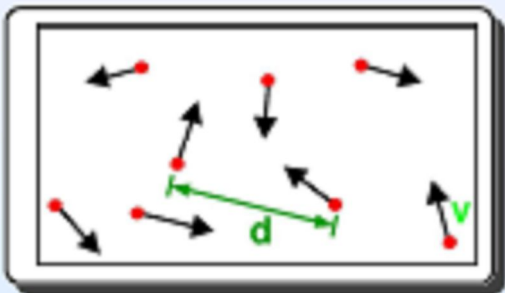


STM image of Vortex lattice, 1989

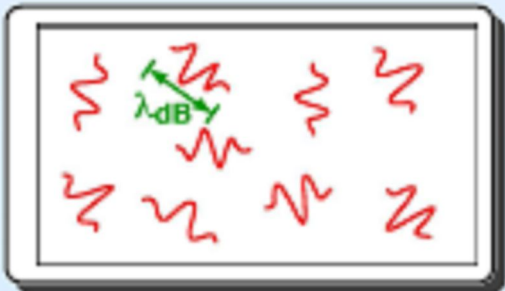


1952 р.

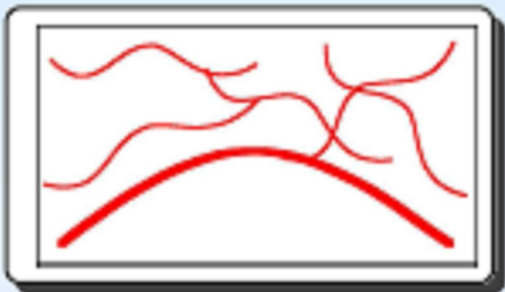




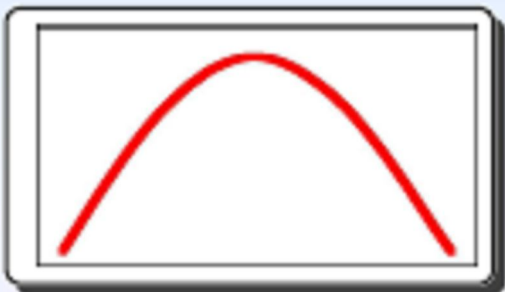
Висока температура:
електрони рухаються хаотично



Низька температура:
проявляються хвильові властивості

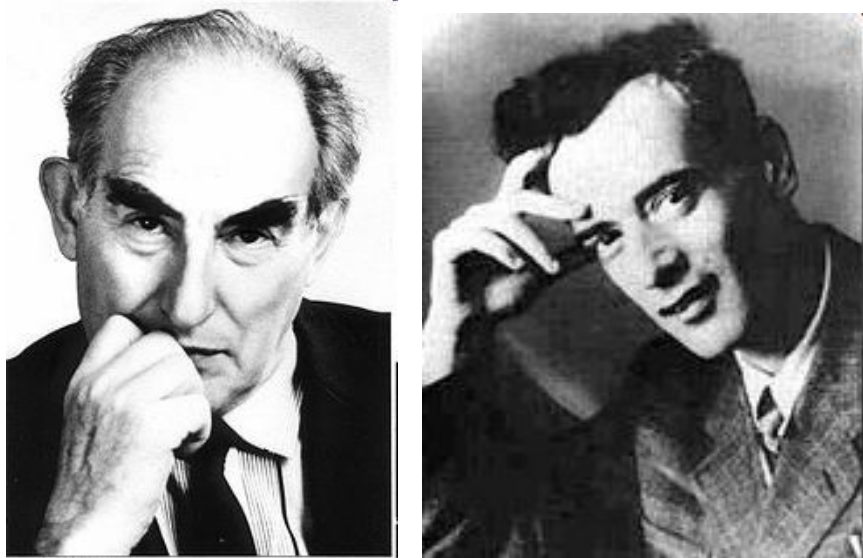


Критична температура:
з'являється перекриття хвильових
функцій електронів

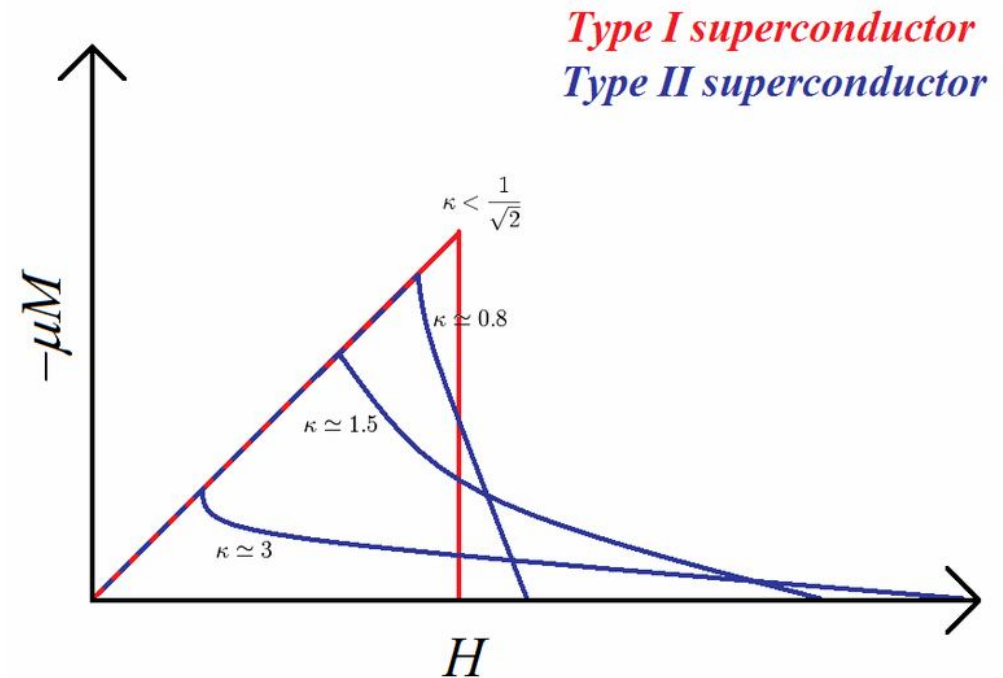


Температура близька до абсолютного нуля:
виникає бозе-ейнштейнівський конденсат

Теорія Гінзбурга-Ландау



50-ті рр. 20-го ст.



$$F = F_n + \alpha|\psi|^2 + \frac{\beta}{2}|\psi|^4 + \frac{1}{2m} |(-i\hbar\nabla - 2e\mathbf{A})\psi|^2 + \frac{|\mathbf{B}|^2}{2\mu_0}$$

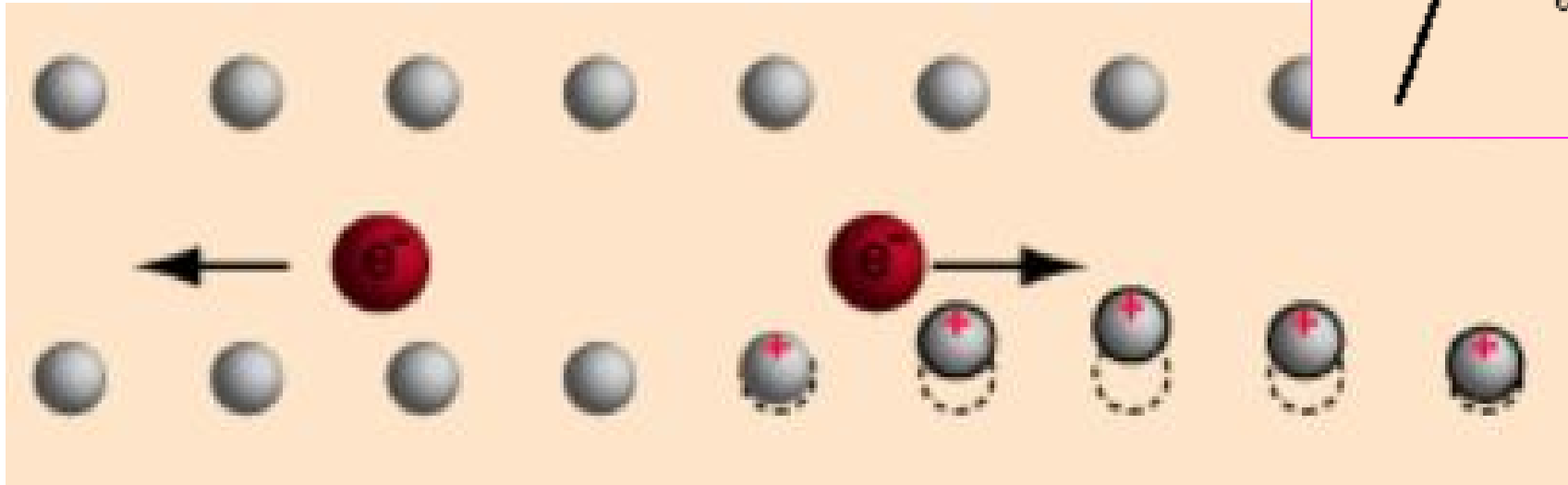
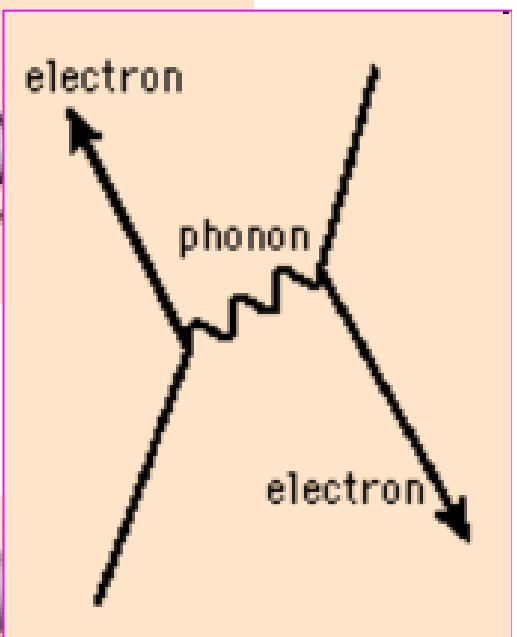
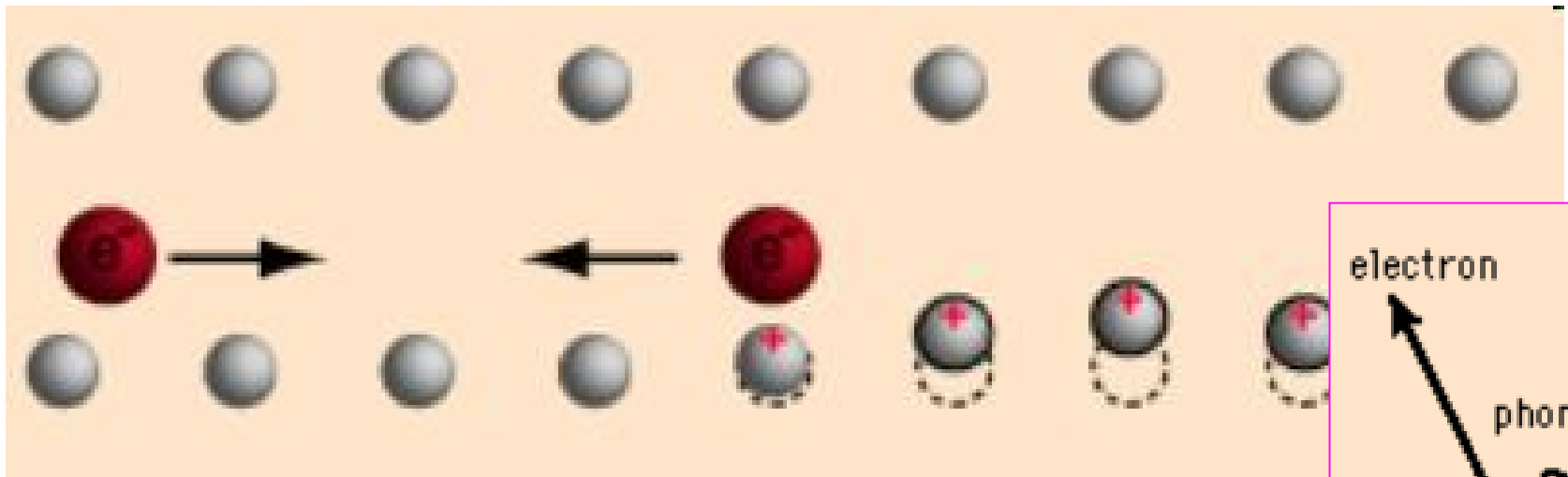
1957 рік: теорія БКШ



J. Bardeen*, L. Cooper, R. Schrieffer

Нобелівська премія 1972 р.

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулюя 17.05.2011

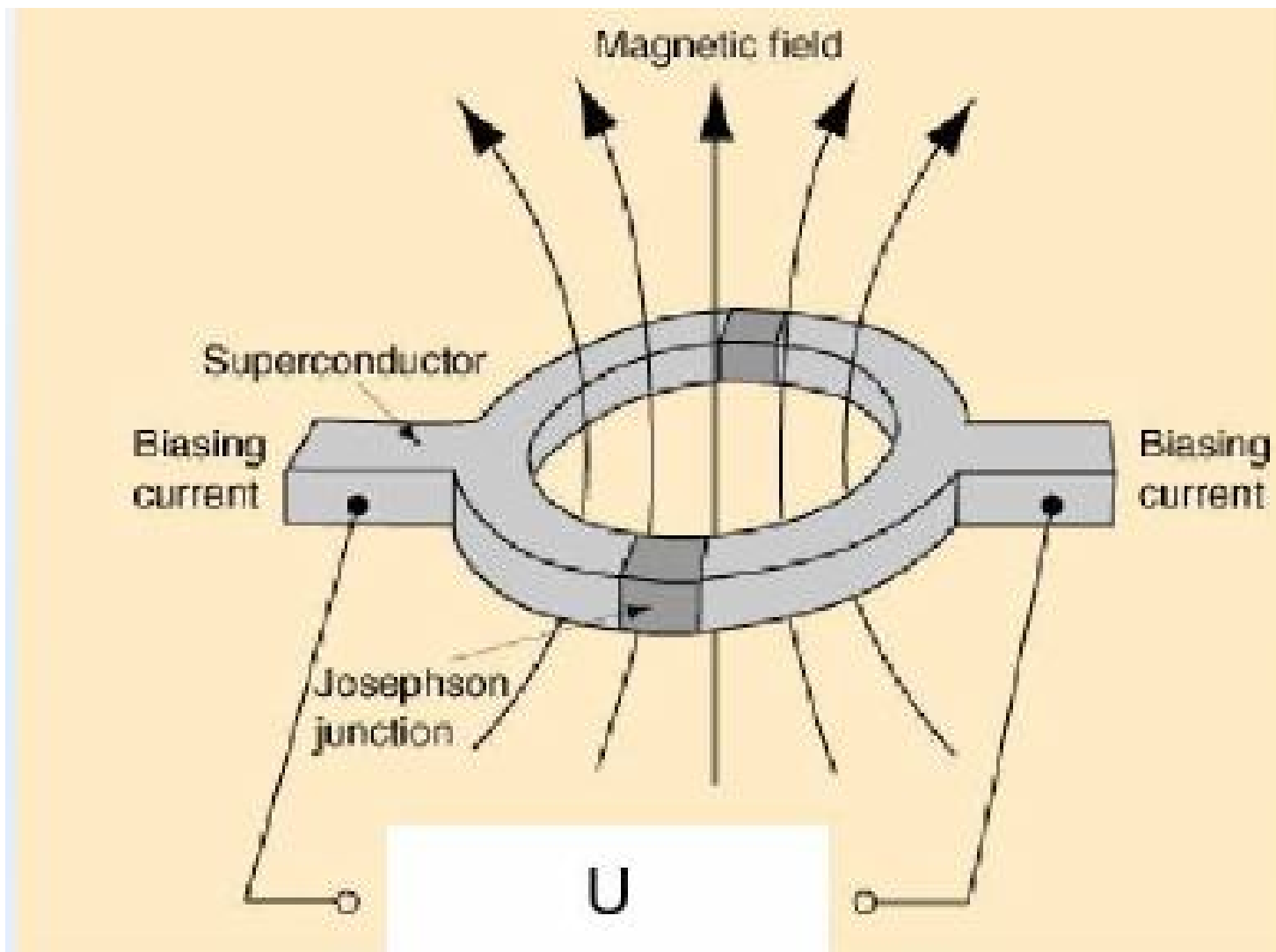




Brian David
Josephson

Ефект Джозефсона (1962р.) –
протікання струму через тонкий шар,
який розділяє два надпровідника

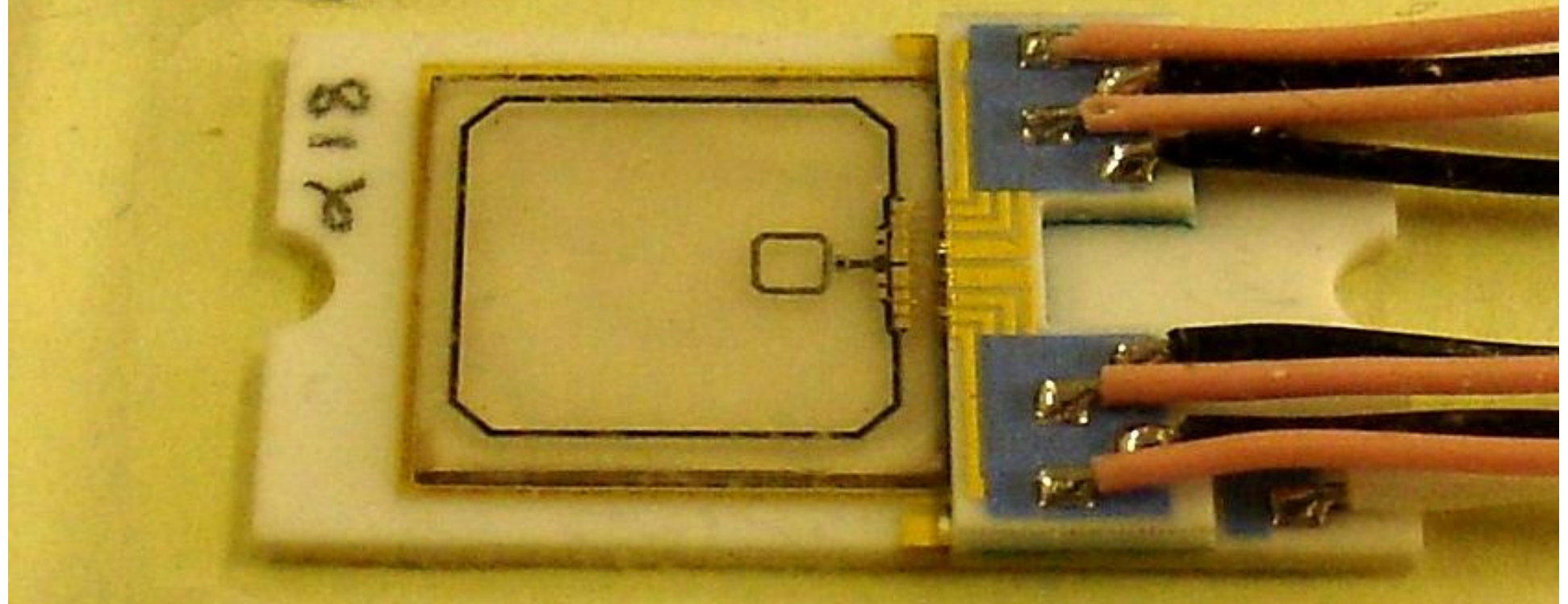




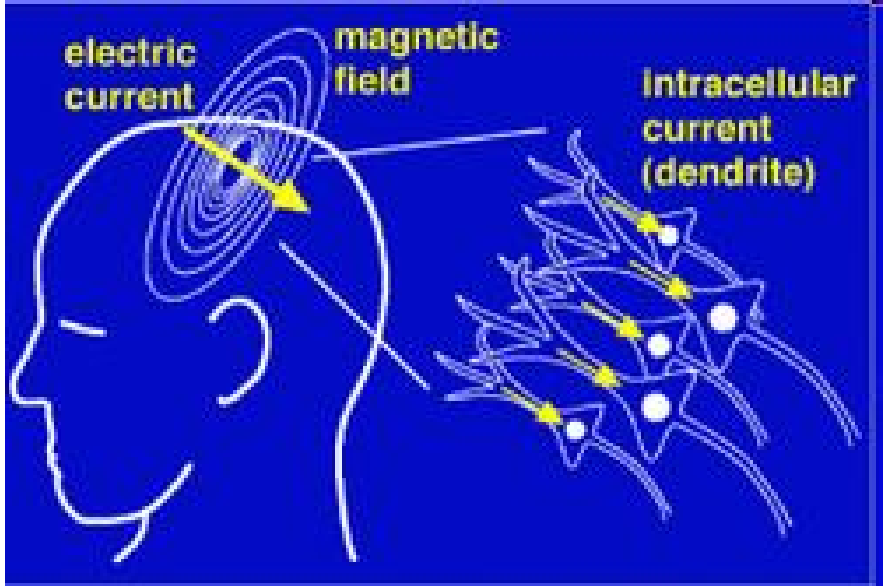
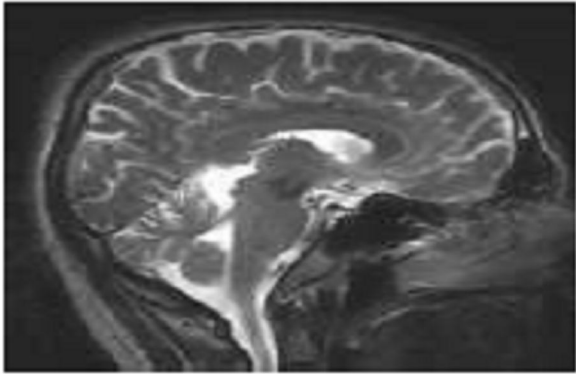
SQUID - Superconducting Quantum
Interferometer Device

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

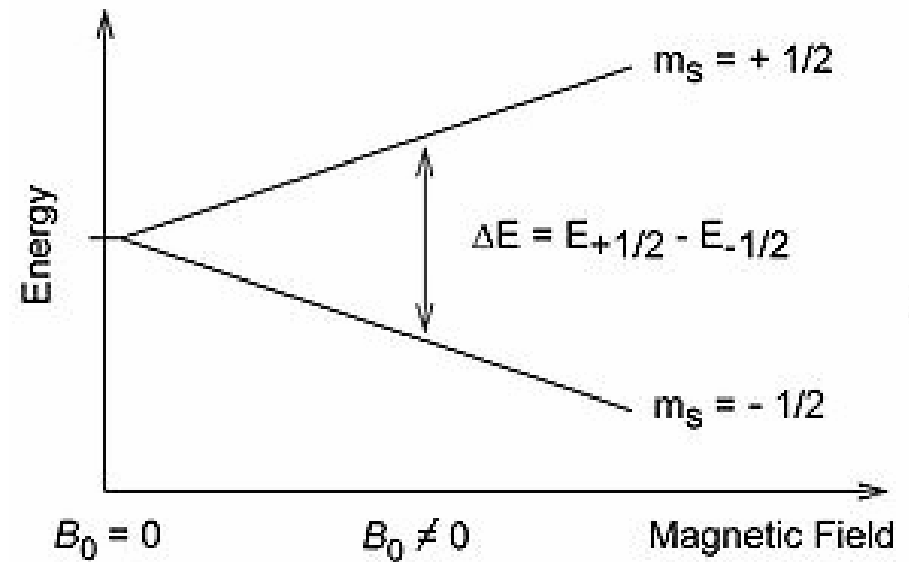
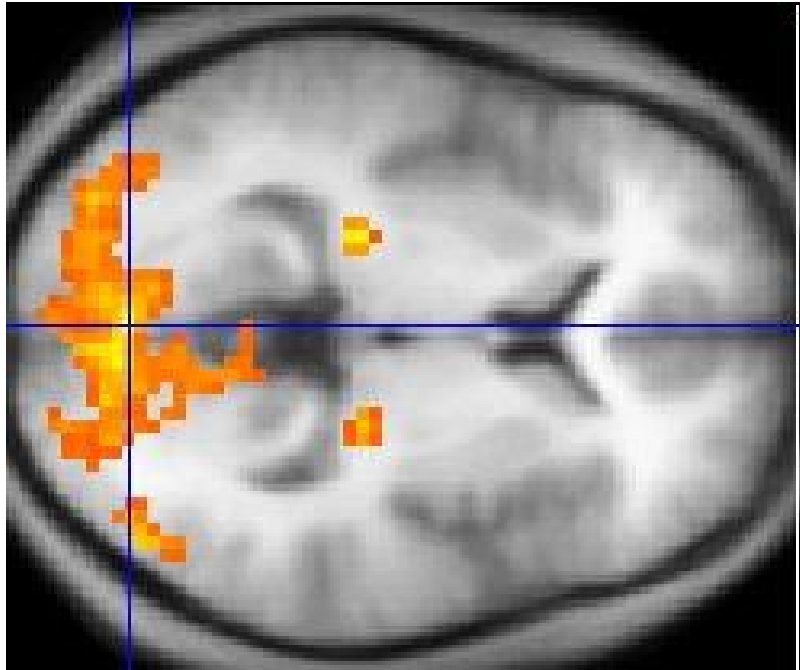
H.T.S. SQUID Magnetometer



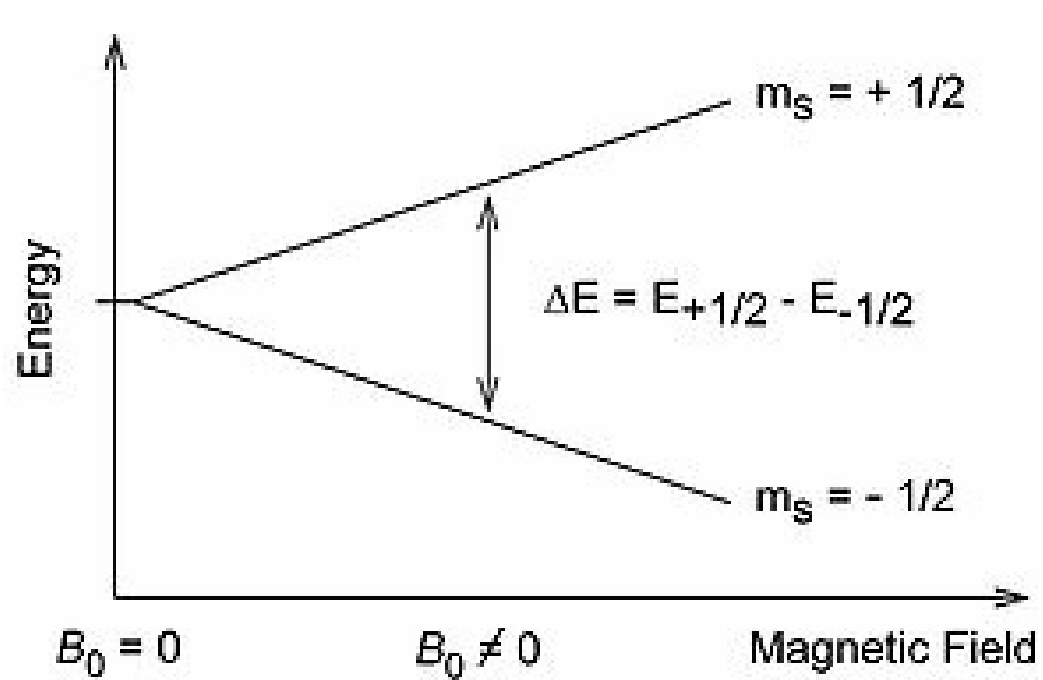
$$5 \times 10^{-18} \text{ T}$$



Ядерний магнітний резонанс



Ядерний магнітний резонанс



900 МГц, 21,2 Тл магніт для ЯМР у Birmingham, UK

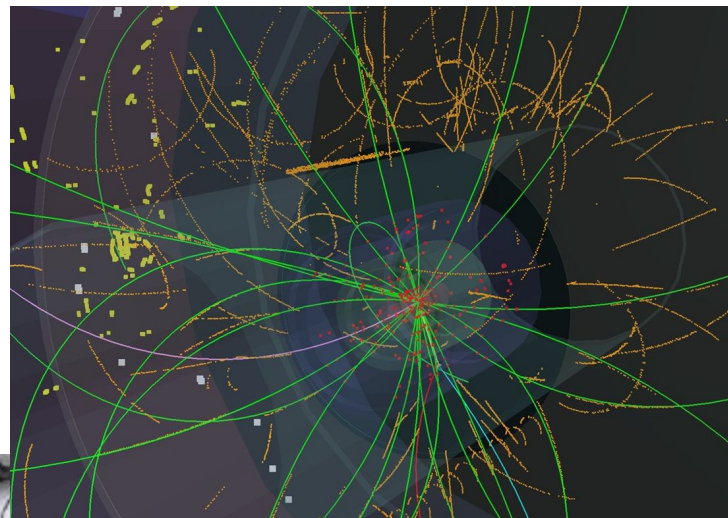


Get him an *MRI*



Фестиваль науки 2011 в ПІНПІУ імені І.Пулюя 17.05.2011

Сильні магнітні поля у Великому адронному колайдері



- 1296 надпровідних магнітів
- 96 тон рідкого гелію необхідно, щоб підтримувати магніти при температурі 1.9 K ($-271.25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Superconducting Solenoid



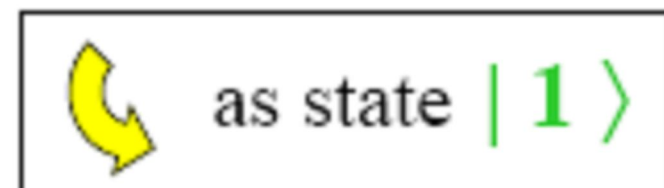
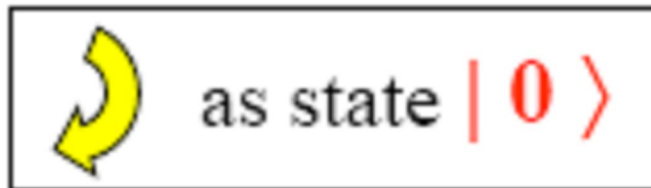
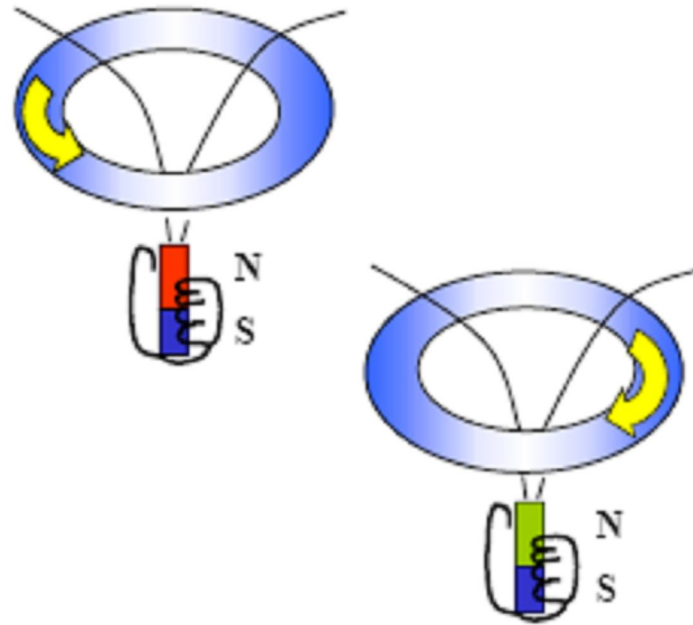
13m long, 6m inner diameter
largest superconducting
solenoid ever made.

Niobium-Titanium wires
cooled to -271°C carry 20000
Amps to provide a 4 teslas
magnetic field – about
100000 times stronger than
that of the earth

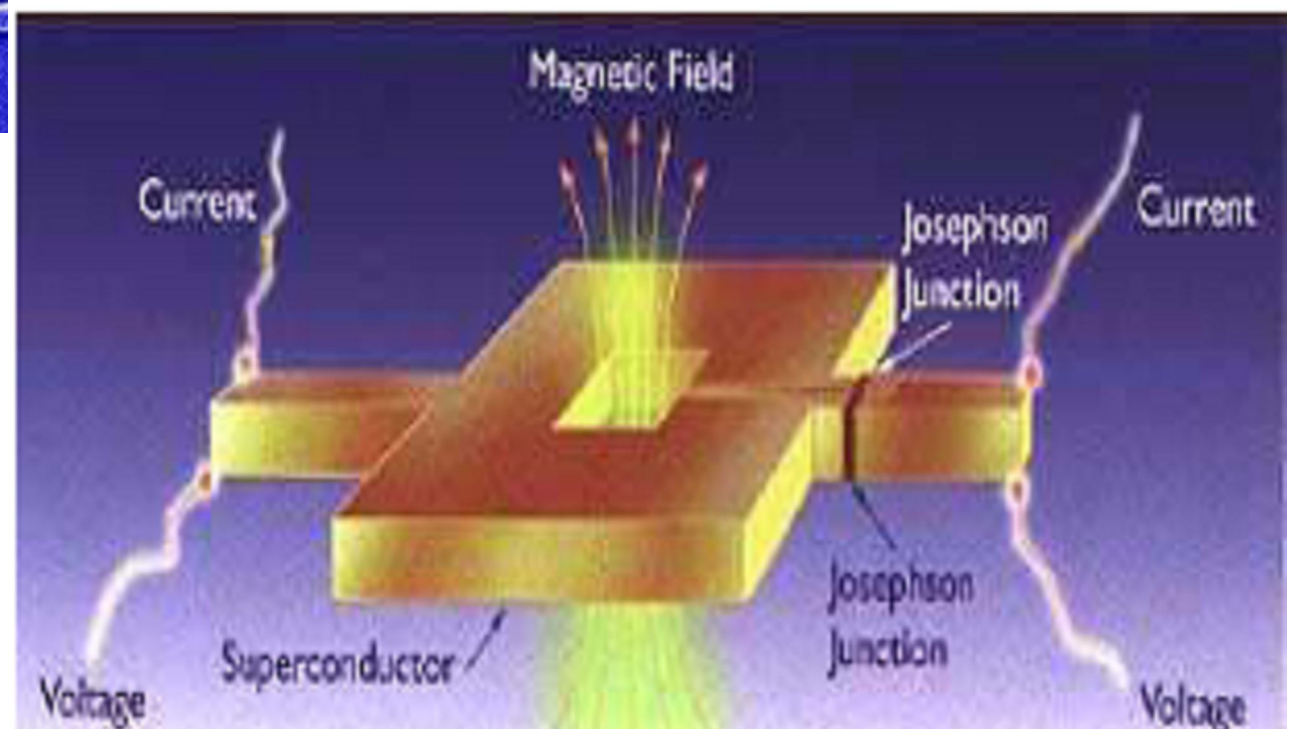
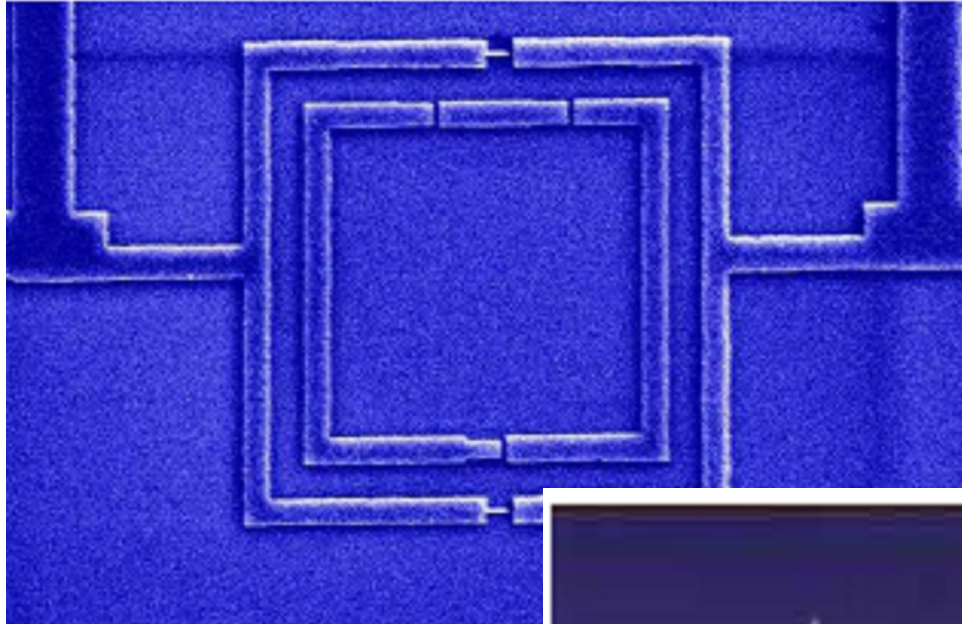
Purpose: Provide a magnetic field for bending charged particles

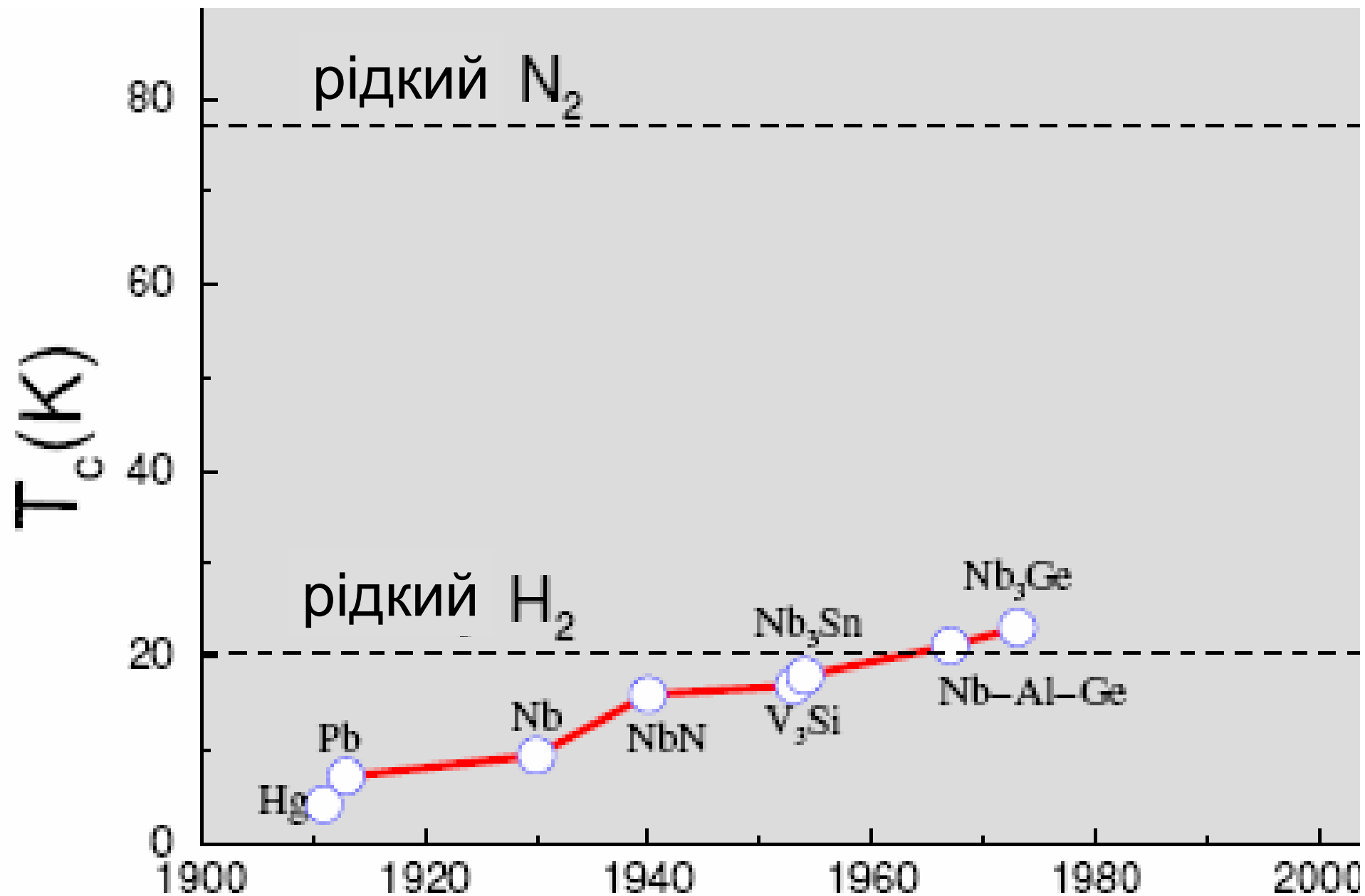
Квантові комп'ютери?!

Надпровідний кубіт



Persistent Current Qubit



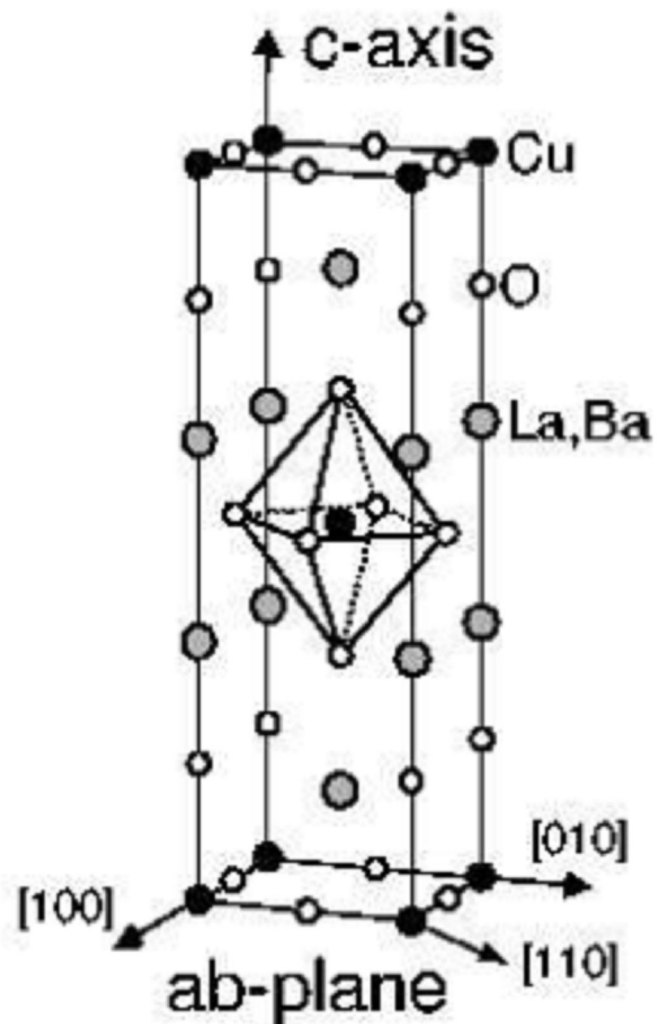


Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

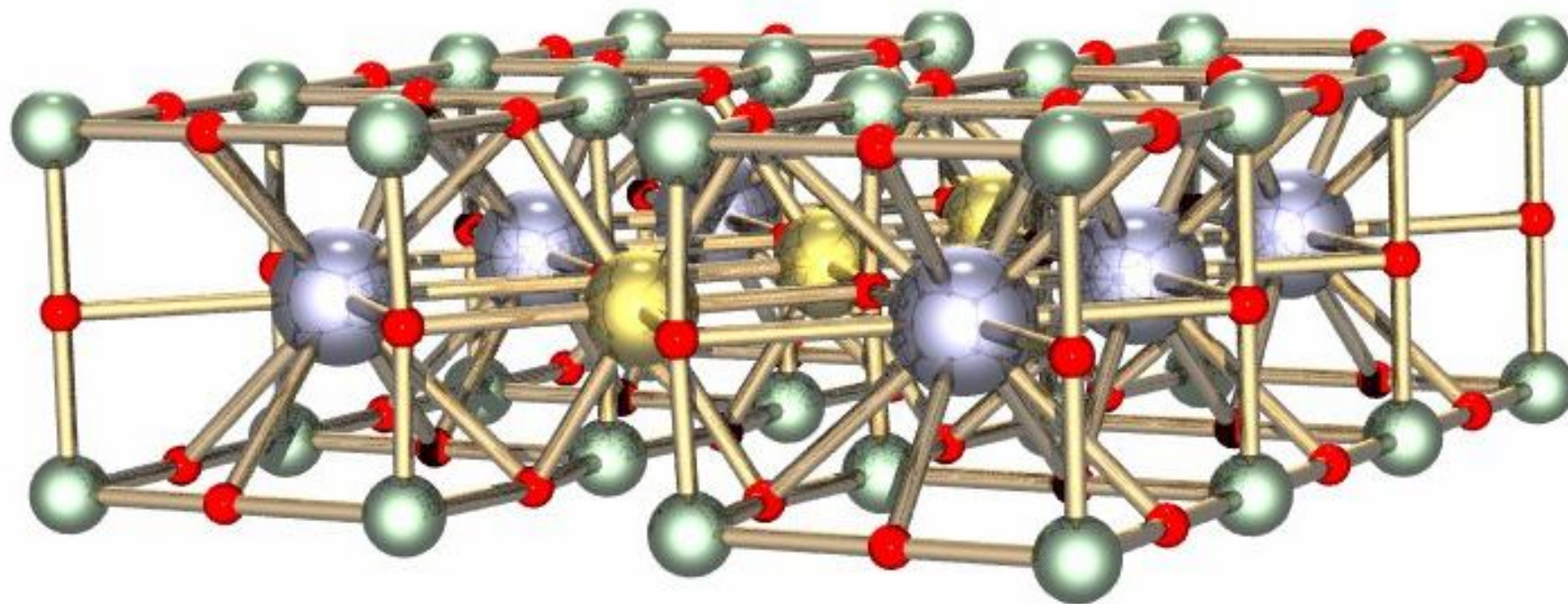


A. Müller, G. Bednorz

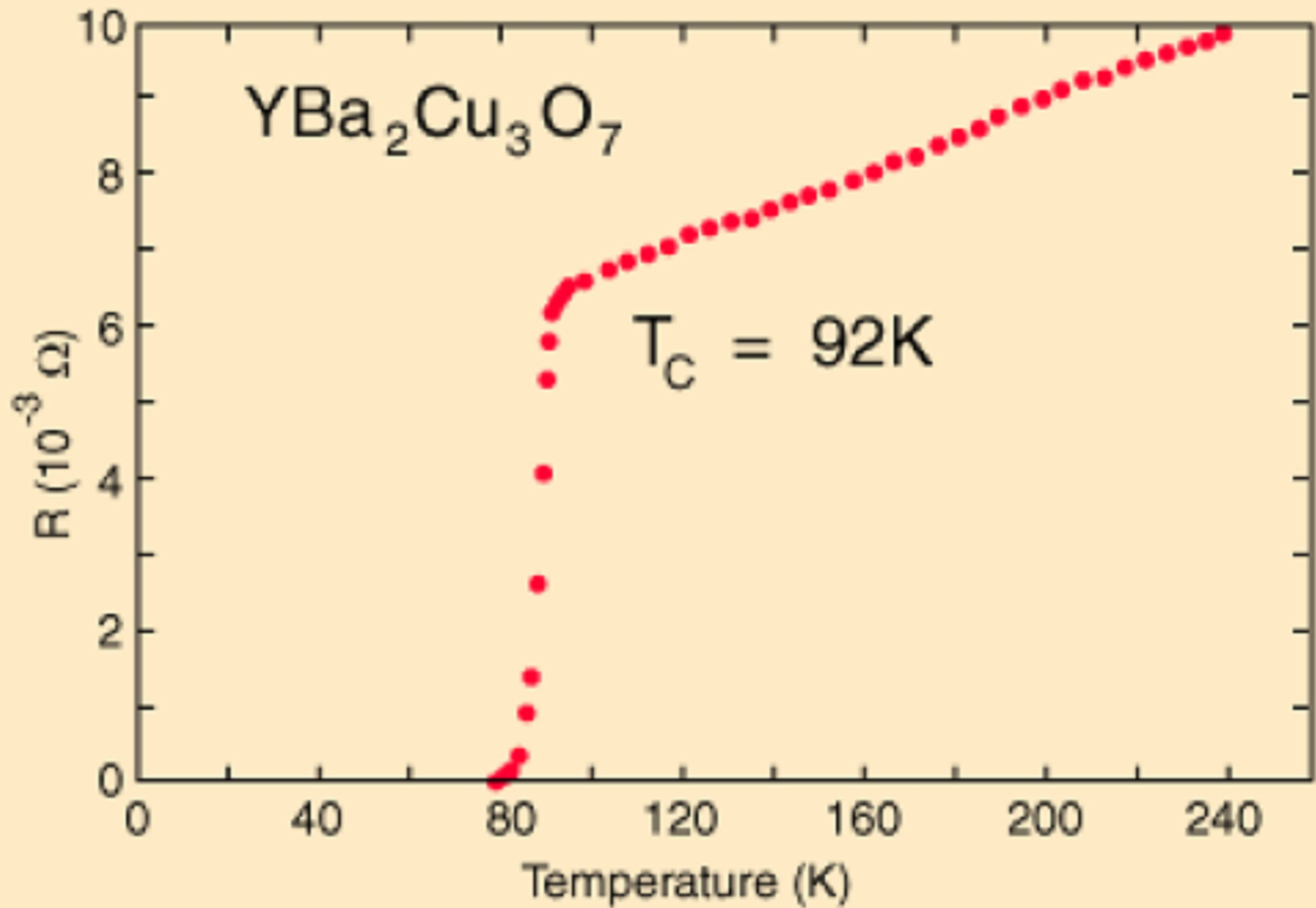
25 років тому!



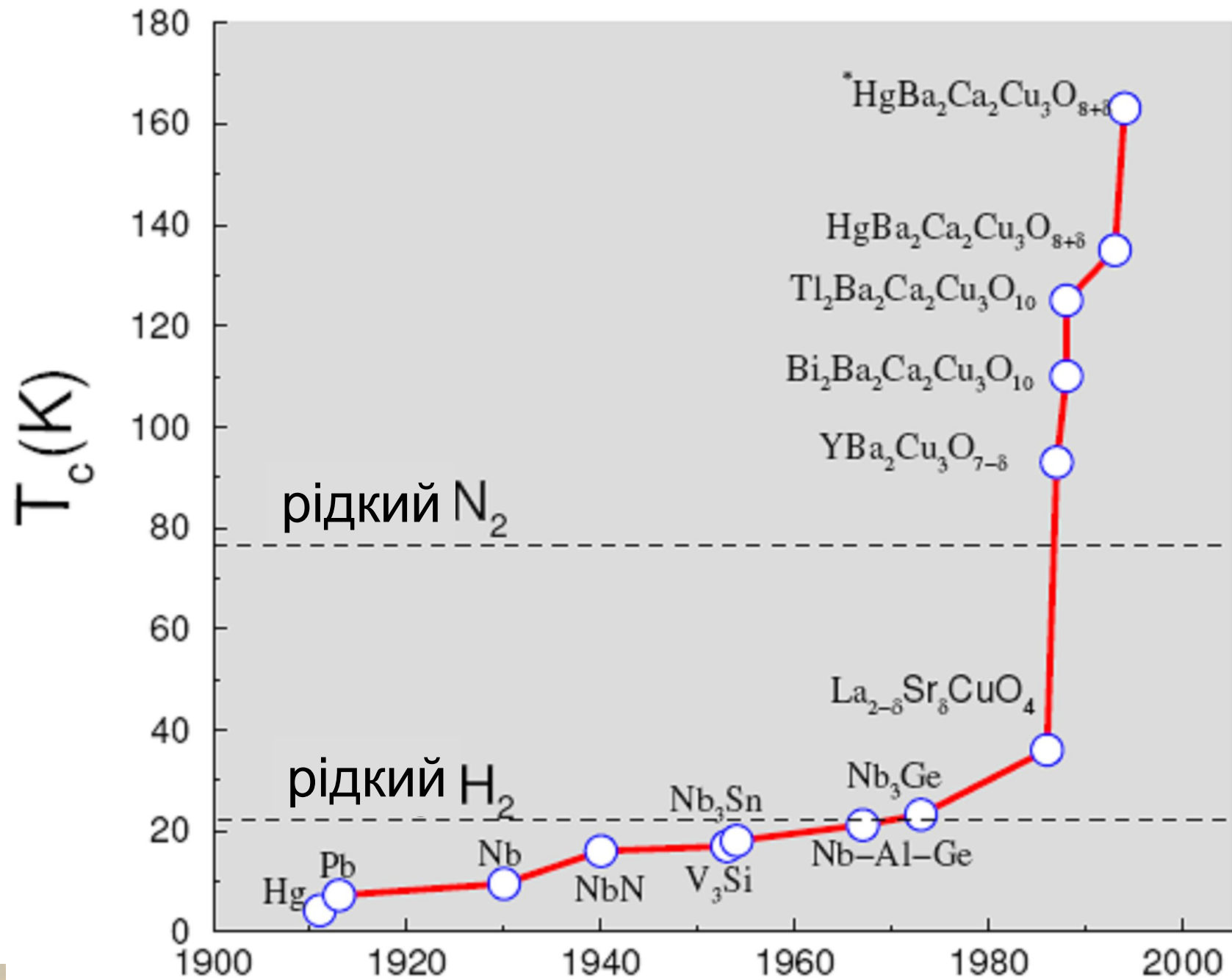
Високотемпературні надпровідники (ВТНП-кераміки)



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І. Пулюя 17.05.2011

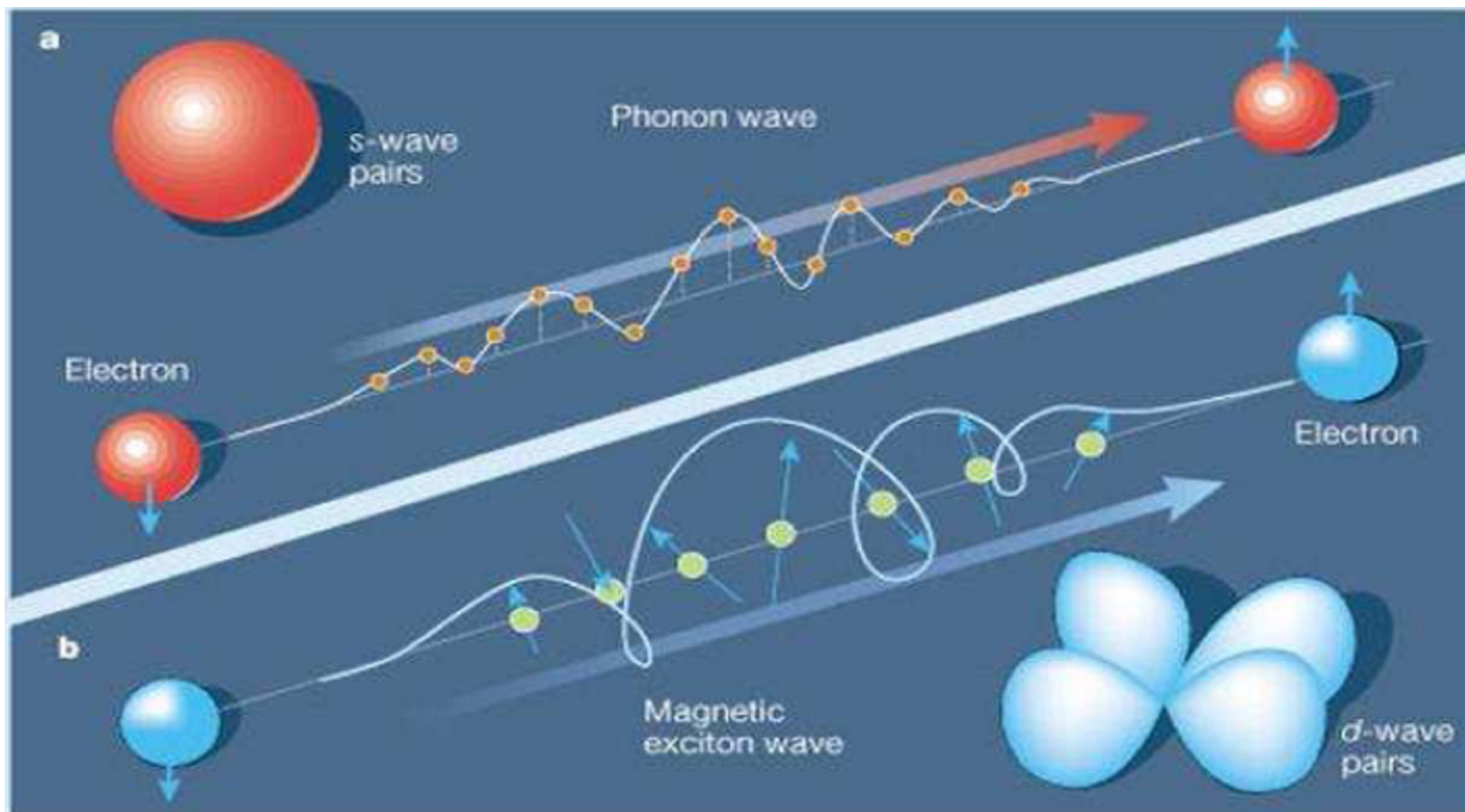


Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011



Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

Механізми надпровідності



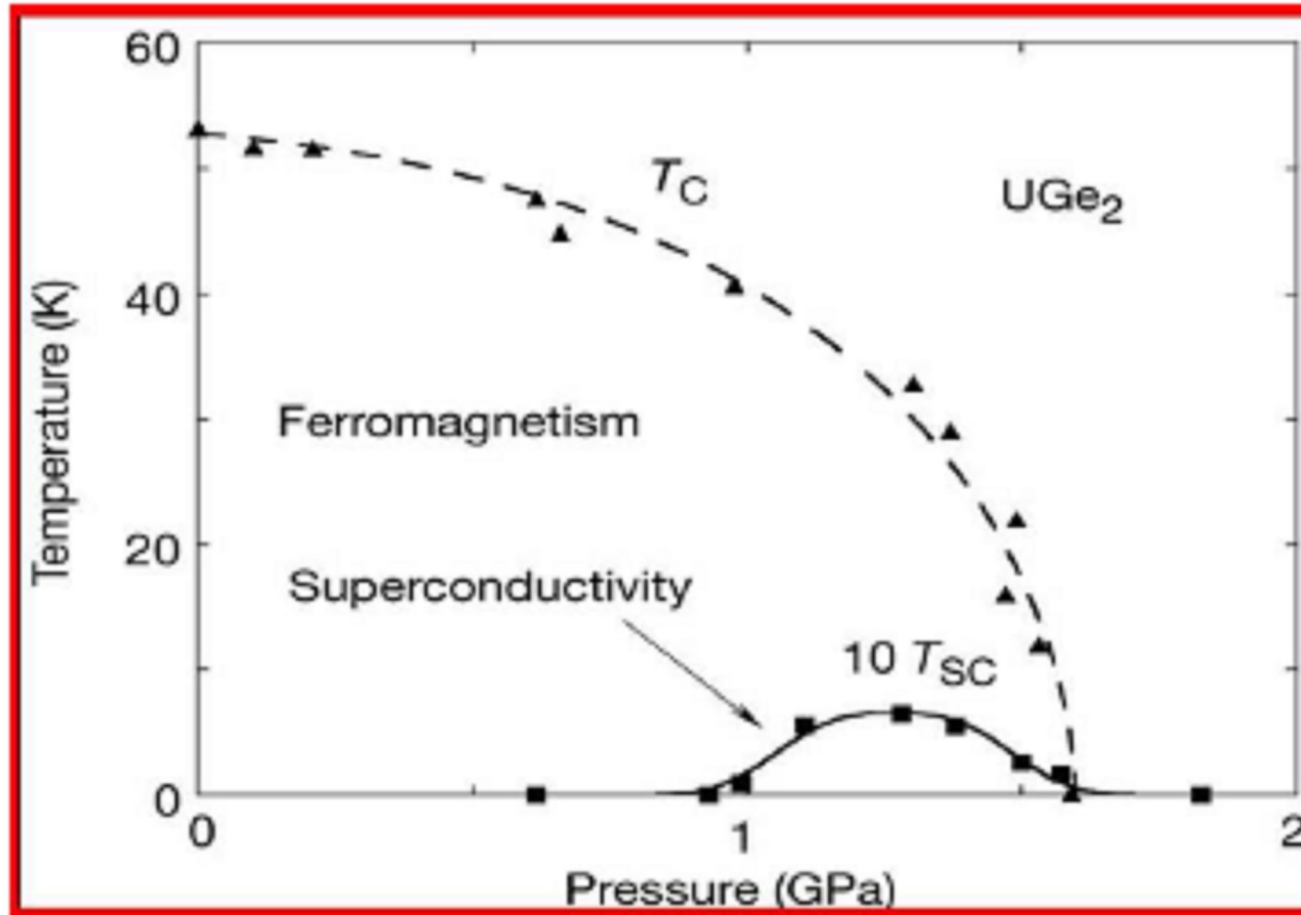
Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

Перспективні надпровідники

	ω_p^a / ω_p^c	c/a	$d_c^{\text{Fe-Fe}} / d_a^{\text{Fe-Fe}}$	T_c^{max} (К)
SrFeAsF	19.892	2.2426	3.1715	56 [8]
LaOFeAs	8.9467	2.1656	3.0626	55 [2]
FeSe	4.1119	1.4656	2.0727	27 [7]
LiFeAs	3.2181	1.6785	2.3738	18 [6]
BaFe ₂ As ₂	3.2926	3.2850	2.3228	38 [5]
SrFe ₂ As ₂	2.8329	3.1507	2.2279	38 [4, 5]
CaFe ₂ As ₂	1.3953	3.0287	2.1416	20 [30]

$A\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Eu}$) and $\text{SrFe}_{2-x}\text{TM}_x\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}$): crystal structure, charge doping, magnetism and superconductivity

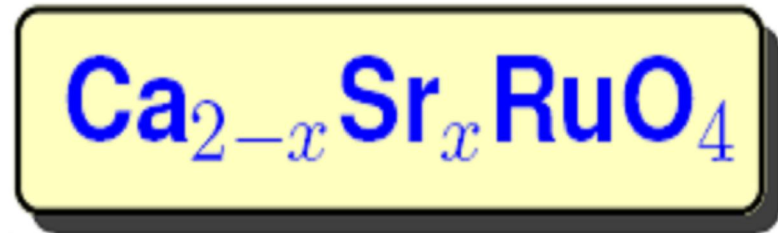
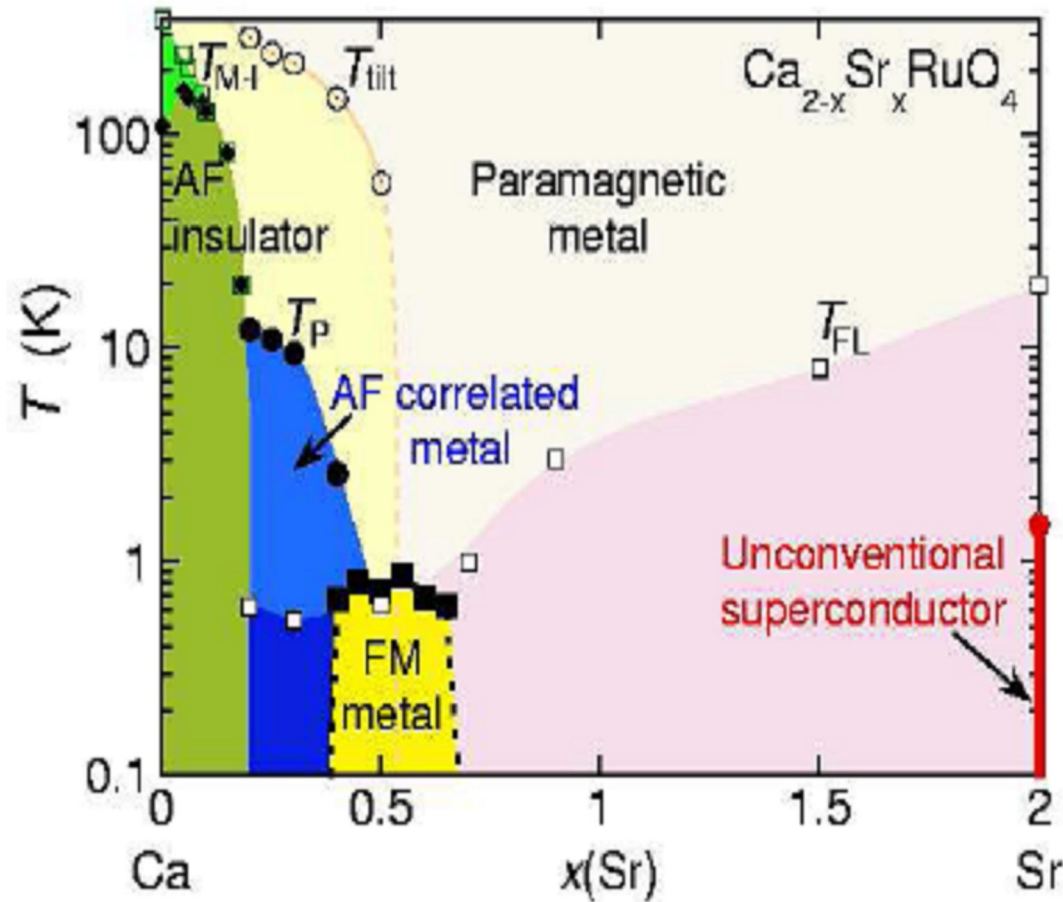
Перспективні надпровідники



/ S.S. Saxena et al, Nature 406, 587 (2000) /

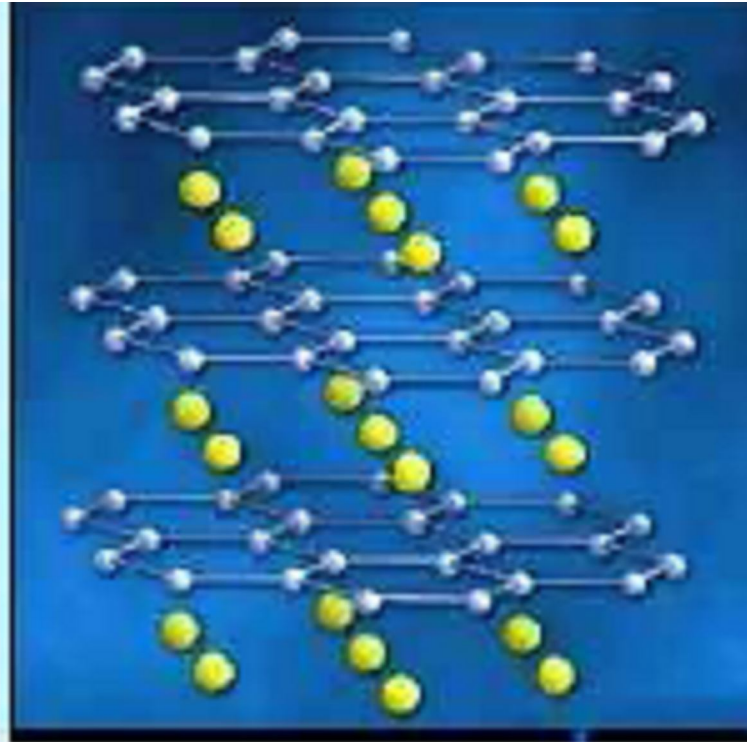
Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011

Перспективні надпровідники



/ S. Nakatsuji et al, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 146401 (2004) /

Перспективні надпровідники



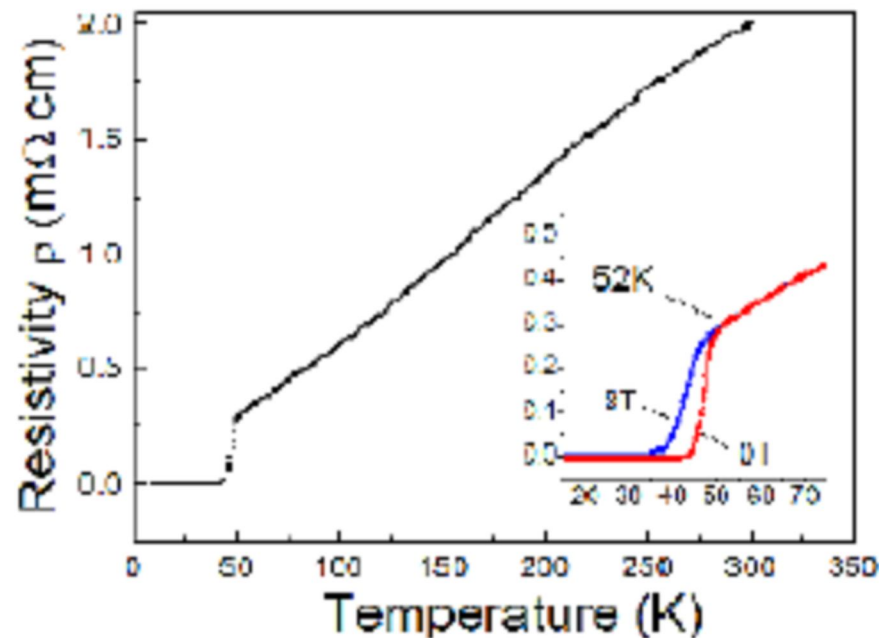
$$T_c = 39 \text{ K}$$

który został odkryty w 2001 r. przez J. Nagamatsu (Japonia) chociaż był sprzedawany w aptekach już 50 lat wcześniej !

Перспективні надпровідники

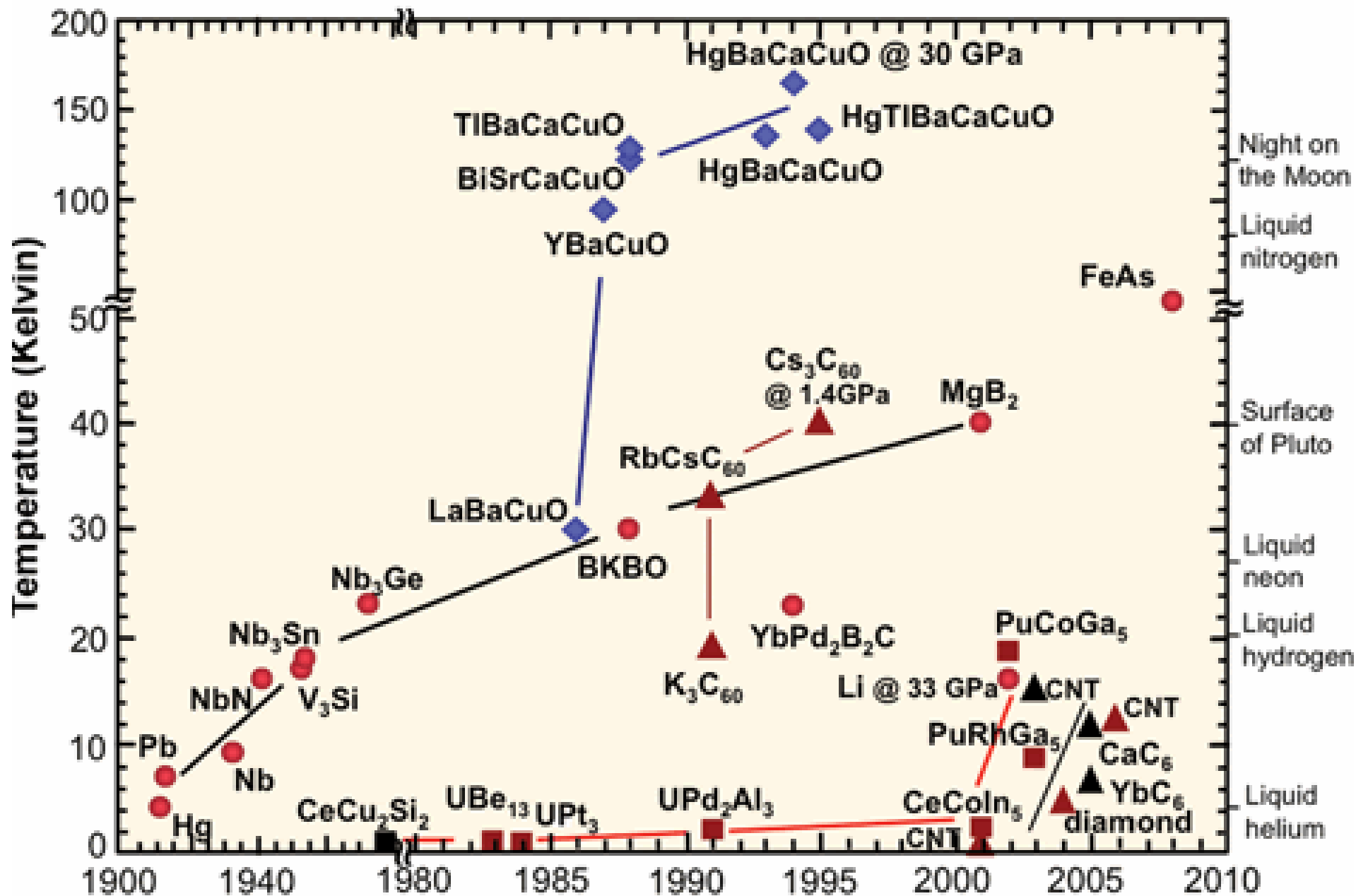


Максимальна температура критична $T_c \simeq 52\text{K}$



Z.-A. Ren et al, *Materials Research Innov.* **12**, 105 (2008).

Фестиваль науки 2011 в ПНПУ імені І.Пулля 17.05.2011



Використані джерела

IOP A website from the Institute of Physics

physicsworld.com

New Journal of Physics

The open-access journal for physics



Kamerlingh Onnes Laboratory
Leiden Institute of Physics

nature
materials

Доповідь А.Г. Шепелева на ювілейній конференції Українського фізичного товариства (УФТ), присвячена 20-річчю його заснування, *The Discovery Of Type II Superconductors (shubnikov Phase)*, published by InTech - Open Access Publisher, ISBN 978-953-307-107-7.

Довгий Я.О. Це чарівне явище надпровідність - Львів: Євросвіт, 2000.

Lectures on Applied Superconductivity
by T.P. Orlando (MIT)



<http://web.mit.edu/6.763/www/FT03/>

The Awesome Levitating Train

- <http://www.youtube.com/watch?v=GHTAwQXVsuk&feature=related>

Maglev Train (Superconductor) - Marathi

- <http://www.youtube.com/watch?v=2--43eAS1iY&playnext=1&list=PL16846BEEC6A41F5C>
- **secret of levitation in india**
- <http://www.youtube.com/watch?v=etSivpBHUmE&feature=related>

How Superconducting Levitation Works

- <http://www.youtube.com/watch?v=Z4XEQVnIFmQ>

SuperconductorsExperiment.wmv

- <http://www.youtube.com/watch?v=yXjyXUmXXjk>

Shanghai maglev train

http://www.youtube.com/watch?v=4BauXyy_cAY&feature=fvsr