

Presentation of SUPERCOMET 2 project

SUPERCONDUCTIVITY: demonstration and vizationalization with video clips

Nadezhda Nancheva

University of Rousse

СВРЪХПРОВОДИМОСТ: ЕКСПЕРИМЕНТИРАНЕ И ВИЗУАЛИЗИРАНЕ С ПОМОЩТА НА ВИДЕО КЛИПОВЕ

Н.Нанчева, П.Дочева
Русенски университет “А.Кънчев”

Цели на доклада

- Да представи възможностите за експериментиране и визуализиране на явлениято СВРЪХПРОВОДИМОСТ с помощта на видео клипове
- Да запознае физическата колегия с някои от ангажиментите ни в международния проект SUPERCOMET 2, част от който е и представената работа

“Нито едно явление не е истинско явление, докато то не е наблюдавано явление”.

Джон Уилър

“Всичко което знаем за реалността произхожда от опита и завършва с него”.

А. Айнщайн

Необходими условия за реализиране на експерименти

- Подходяща материална база, която за някои експерименти не е много сложна и скъпоструваща.
- За да бъде демонстрирано и визуализирано обаче явленията Свръхпроводимост са нужни специални условия – подходящи образци, много ниски температури и силни магнитни полета, което в повечето случаи е извън възможностите на катедрите по физика и училищните кабинети.
- С въвеждането на Internet и мултимедийните технологии в обучението стана възможно реализирането и на виртуални експерименти, които не могат да заменят реалните, но са една възможност за експериментиране и визуализиране на ефекти и явления, за демонстрирането на които са нужни много средства и скъпоструваща апаратура.

Видео клиповете като средство за експериментиране и визуализиране

- Използването на видео клипове е лесно и често по-ефективно от реален експеримент. Клиповете обикновено са кратки по време. Сложни явления и отделни детайли могат да бъдат демонстрирани в рамките на няколко секунди, докато при реалните експерименти е необходимо много повече време.
- Преподавателят има възможност стъпка по стъпка да покаже индивидуалните особености на експеримента в детайли и по този начин да улесни възприемането и разбирането на изучаваното явление.

- Ако се представят непосредствено преди реалния експеримент видео клиповете могат да обогатят дискусията по време на лабораторните упражнения и лекции, тъй като дават възможност на преподавателя да повтаря елементи от видео клипа и да променя скоростта на видео клипа в съответствие с въпросите на студентите.
- Видео клиповете помагат на студентите да направят връзка между реални конкретни явления и абстрактни модели и основни принципи на физиката. По този начин студентите могат да направят директно визуално сравнение между сложни явления и опростени модели.
- При подходящ подбор видео клиповете могат да повишат мотивацията на студентите да изучават физика.

Сврџхпроводимост

- Един от най-бързо развиващите се клонове на физиката със значителни открития направени не преди стотици години, а в последните няколко десетилетия.
- Открита през 1911 г. от холандския физик Хайке Камерлинг Онес в живак ($T_c \sim 4 \text{ K}$).
- Явление на скокообразно намаляване до нула на специфичното съпротивление и рязко увеличаване на електричната проводимост.
- Наблюдава се при определена, характерна за даденото вещество температура, наречена критична.

Свръхпроводимост

- Първите открити свръхпроводници са метали, но в следващите години явлението е наблюдавано и в редица съединения и сплави. Открити са и органични свръхпроводници, както и керамични материали, притежаващи свръхпроводимост при $T_c > 100$ K.
- Най-висока критична температура е наблюдавана в $\text{Hg}_{0.8}\text{Tl}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+x}$ ($T_c = 138$ K) и в системата $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$ ($T_c=164$ K), но при налягане $P = 31$ GPa.
- През Януари 2001 г. беше открит един от последните свръхпроводници - MgB_2 ($T_c=39$ K).

Нобелови награди свързани със свръхпроводимостта

- **1913 г.** - Хайке Камерлинг Онес
- **1972 г.** – Джон Бардин, Леон Купър,
• Дж.Роберт Шрифър
- **1973 г.** – Ивар Гевер, Лео Есаки,
• Брайан Джозефсън
- **1987 г.** - Георг Беднорц, Алекс Мюлер
- **2003 г.** – Алексей Абрикосов,
Виталий Гинзбург, Антъни Легет

Типове свръхпроводници

Свръхпроводници от тип I

- Известни са като елементни свръхпроводници
- Имат поведение на “перфектни” диамагнетици
- Характерно за тях е рязкото намаляване на съпротивлението
- Имат критични температури до 30 K
- Имат една стойност на критичното магнитно поле, която е много малка
- Не са атрактивни за индустриални приложения
- Свойствата им много добре се обясняват с двойките на Купър и с БКШ теорията
- Притежават различни типове кристални решетки – FCC, BCC, HEX, TET, ORC, RHL

Таблица на Менделев - сврѝхпроводяци елементи

KNOWN SUPERCONDUCTIVE ELEMENTS

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

1	KNOWN SUPERCONDUCTIVE ELEMENTS																0							
1	IA																	2						
1	H																	He						
2	3	4																	5	6	7	8	9	10
2	Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	III B	IV B	V B	VI B		VII		IB		II B	13	14	15	16	17	18						
3	Na	Mg											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						
4	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						
5	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						
6	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												
7	Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	106	107	108	109	110	111	112												

SUPERCONDUCTORS.ORG

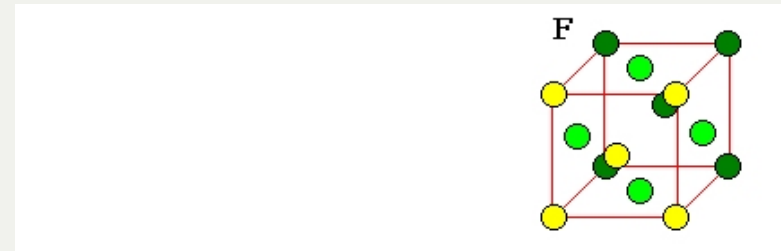
* Lanthanide Series	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
+ Actinide Series	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Типични представители

ОЛОВО (Pb) — $T_K = 7.196 \text{ K}$

$V_c = 0.08 \text{ T}$

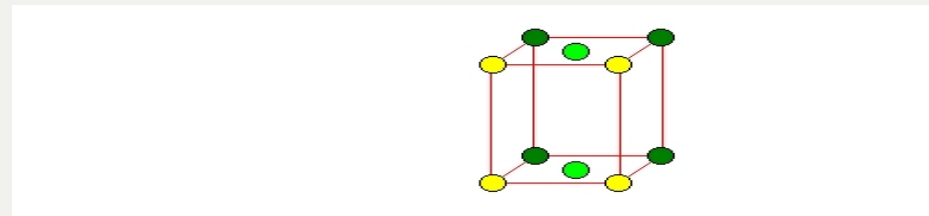
Решетка FCC



МОЛИБДЕН (Mo) —

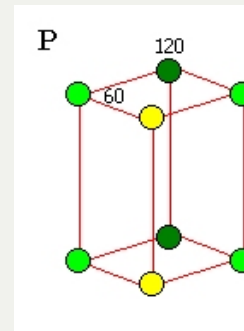
$T_K = 0.915 \text{ K}$

Решетка BCC



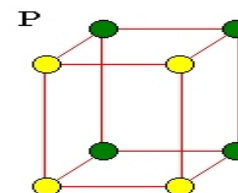
ЦИНК (Zn) — $T_K = 0.85 \text{ K}$

Решетка HEX

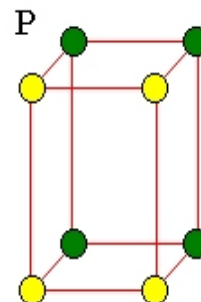


Типични представители

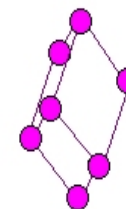
- **КАЛАЙ (Sn)** – $T_K = 3.72 \text{ K}$
Решетка TET



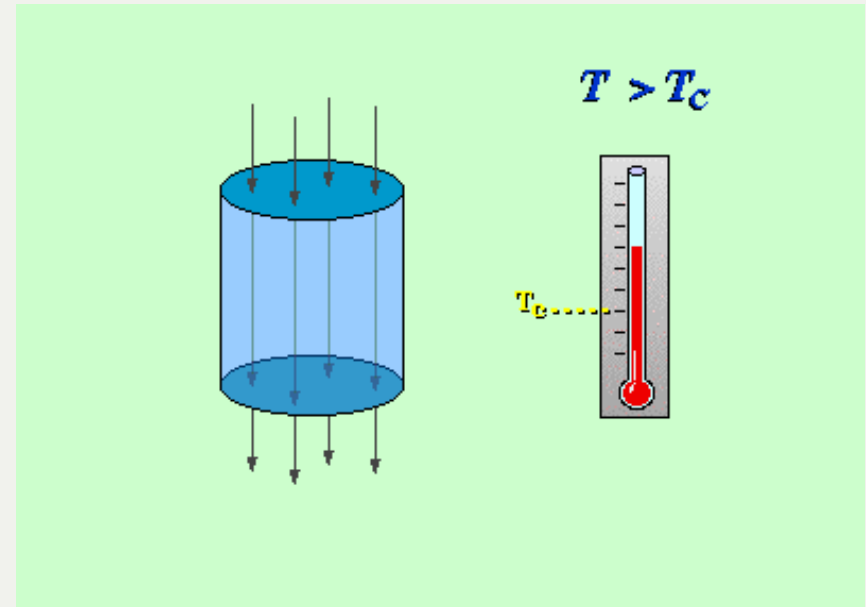
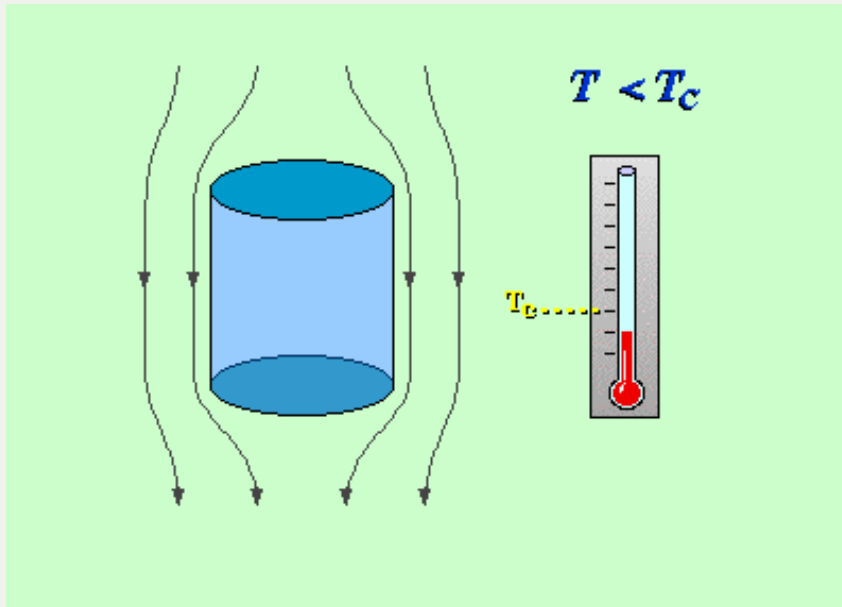
- **ГАЛИЙ (Ga)** – $T_K = 1.083 \text{ K}$
Решетка ORC



- **ЖИВАК (Hg)** – $T_K = 4.15 \text{ K}$
Решетка RHL



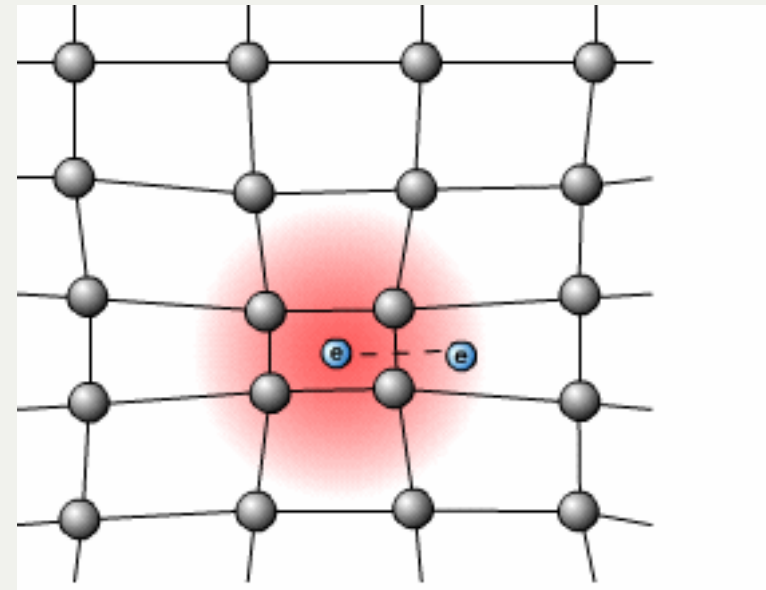
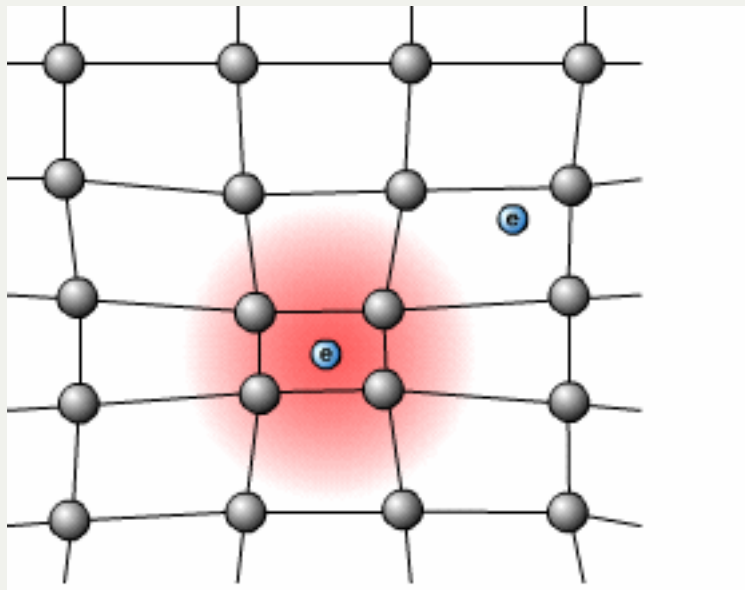
Представяне на свръхпроводниците от първи тип с помощта на видео клип



Двойки на Купър (1956)

- **Ефект на Купър (двойки на Купър)** се нарича процесът на обединение на електроните на проводимост в метала в двойки, водещ до поява на **свръхпроводимост**.
- Предсказан е от американския физик Л.Купър и лежи в основата на съвременната теория на свръхпроводимостта.
- Двойките на Купър се създават при температура под критичната. Електроните, намиращи се в близост на повърхността на Ферми и имащи противоположно насочени импулси и спинове могат да се обединяват в двойки, поради взаимодействието си, което възниква в резултат на обмен на виртуални фонони и има характер на привличане.
- Те имат поведение на независими частици и формирането им е пример за електрон - фононно взаимодействие. Ниската стойност на енергията на свързване на електроните в двойки на Купър определя съществуването на нискотемпературна свръхпроводимост на металите, техните съединения и сплави.

Демонстриране на процеса на създаване на двойки на Купър

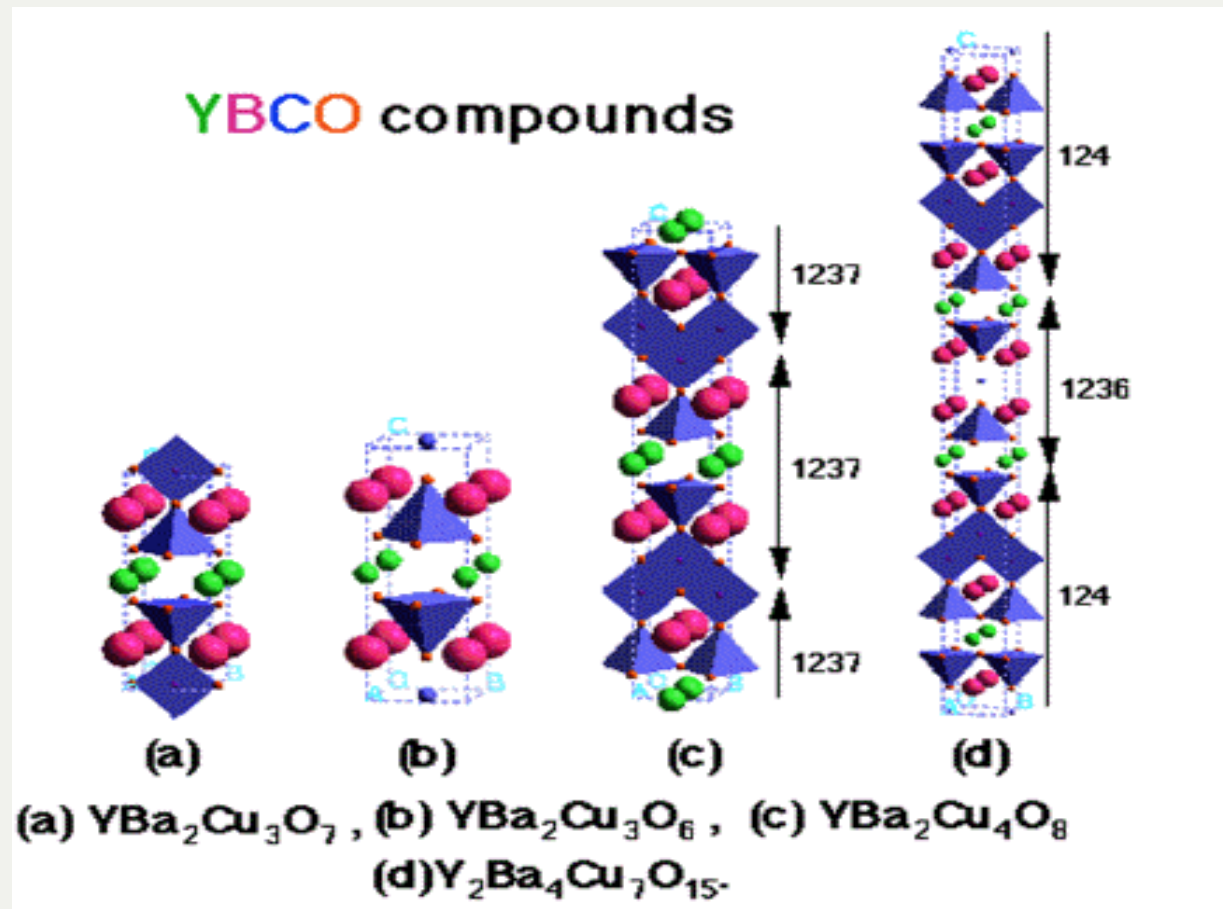


Свръхпроводници от тип II

- Това са елементи (V, Tc, Nb), съединения, сплави, редки феромагнитни свръхпроводници и пироклорни кристали
- Перовискити и купрати с висока критична температура
- Притежават високи стойности на критичен ток и критично магнитно поле
- Имат две критични магнитни полета
- Второто критично магнитно поле е от порядъка на 100 T за някои от тях и по тази причина могат да провеждат много посилен ток, отколкото свръхпроводниците от тип I
- Изключително атрактивни са за индустрията
- Все още не е обяснена свръхпроводимостта им
- Притежават различни типове кристални решетки – TET, ORTH, RHL

Типични представители

Съединения
от
типа YBCO
 $T_c \sim 90$ K



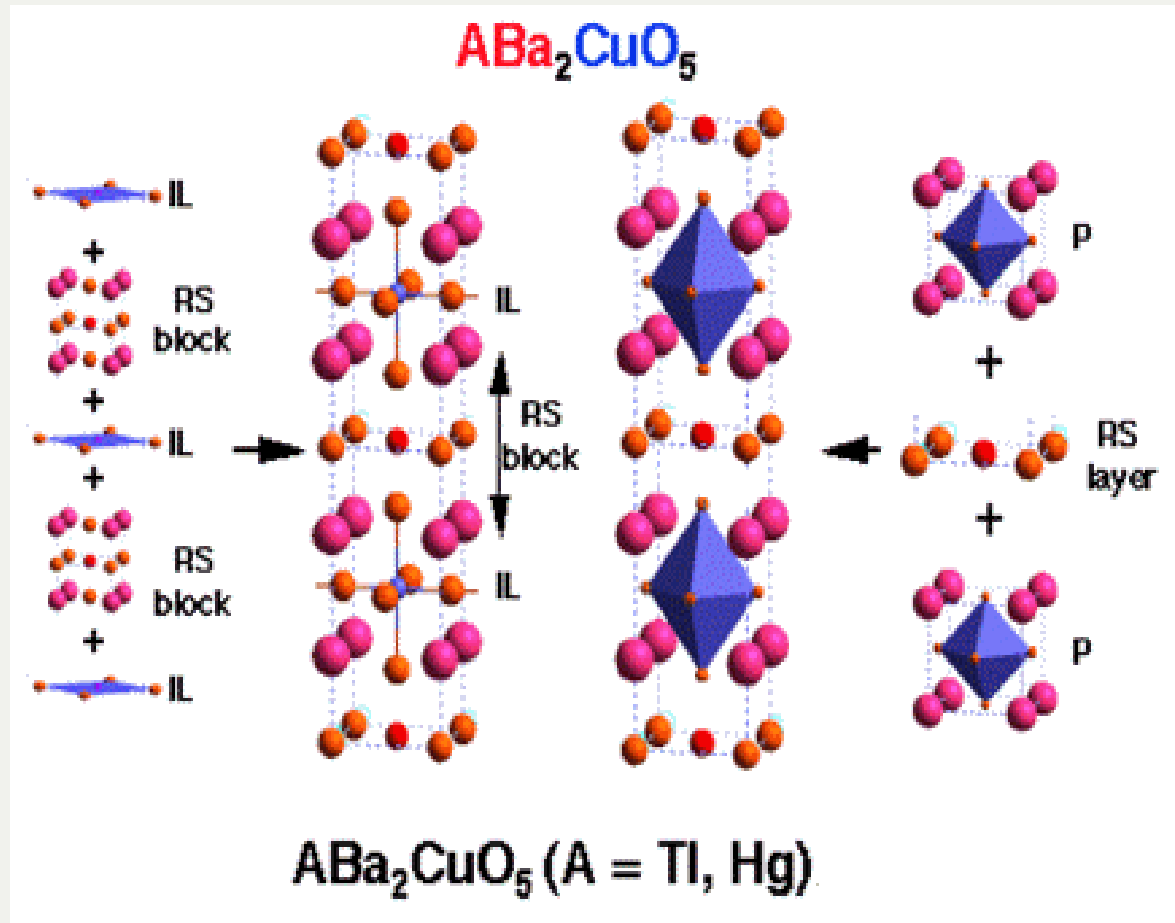
Типични представители

Съединения

от типа

ABa_2CuO_5

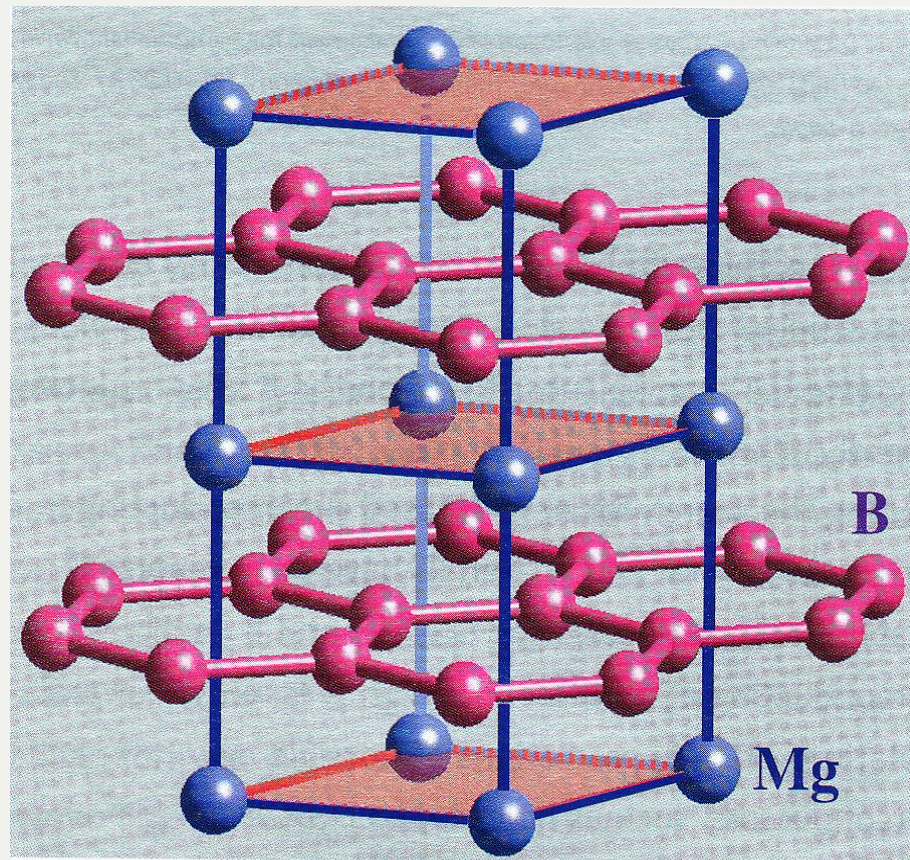
$T_c \sim 100\text{ K}$



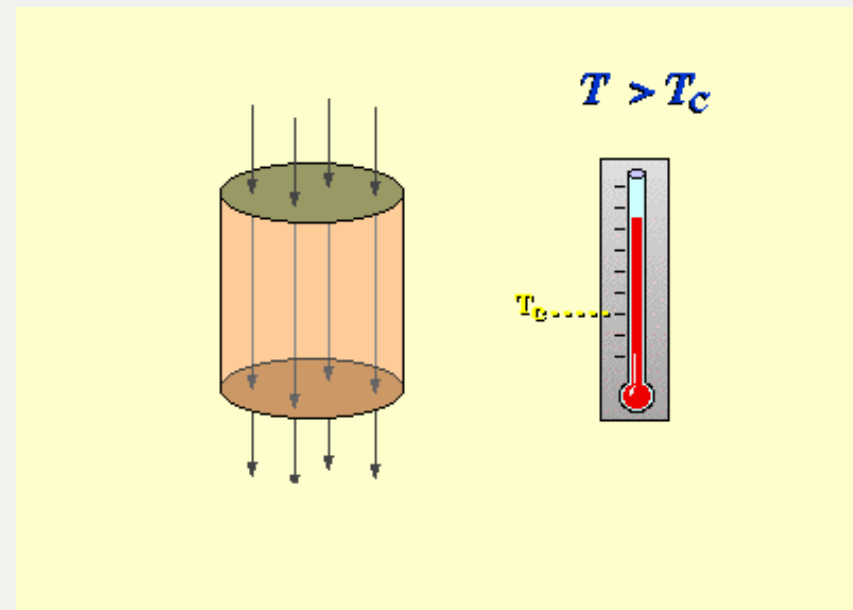
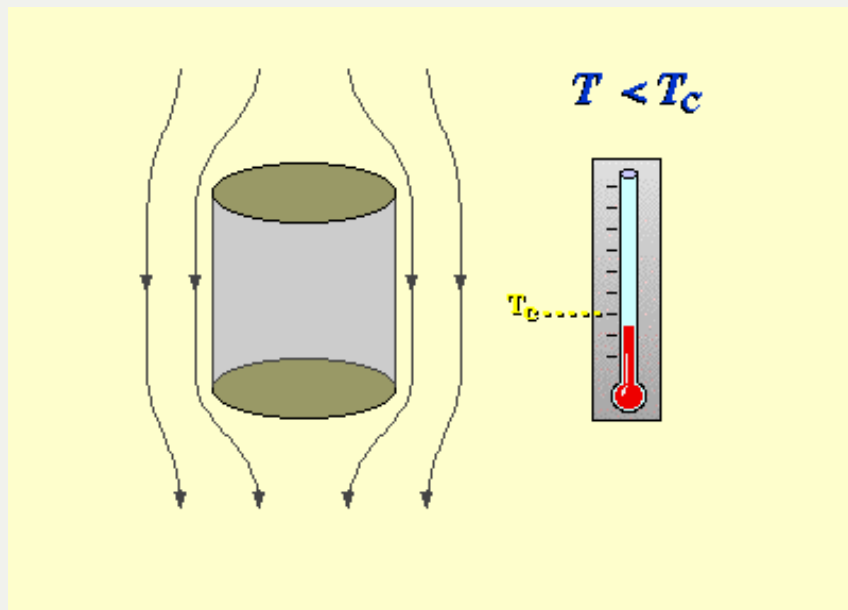
Типични представители

- **MgB₂** – $T_c = 39\text{ K}$

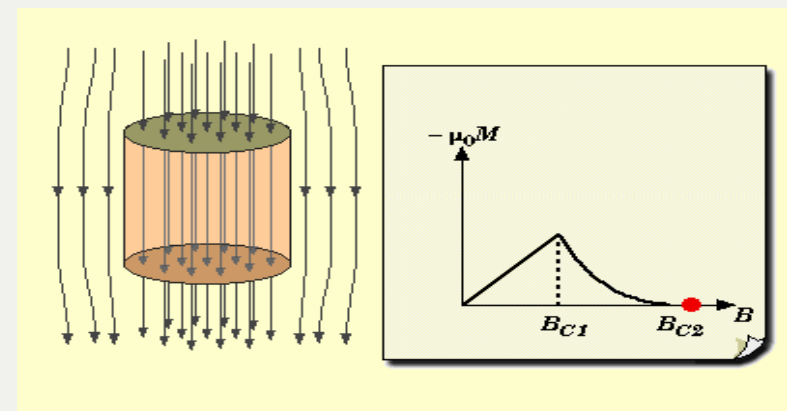
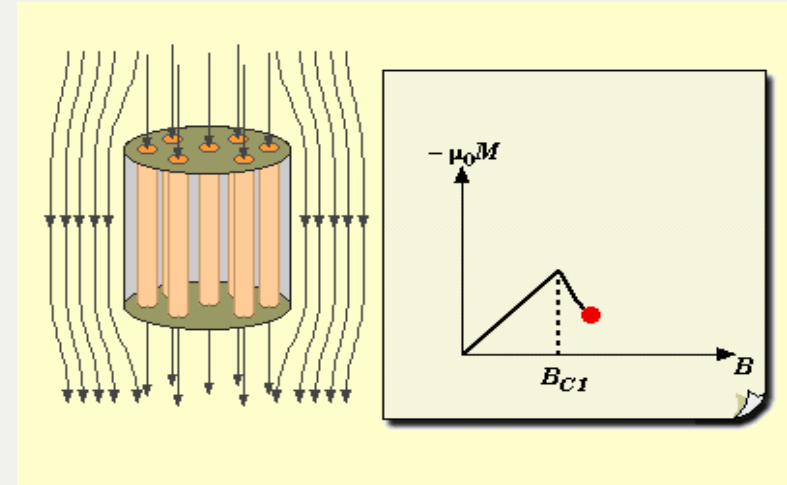
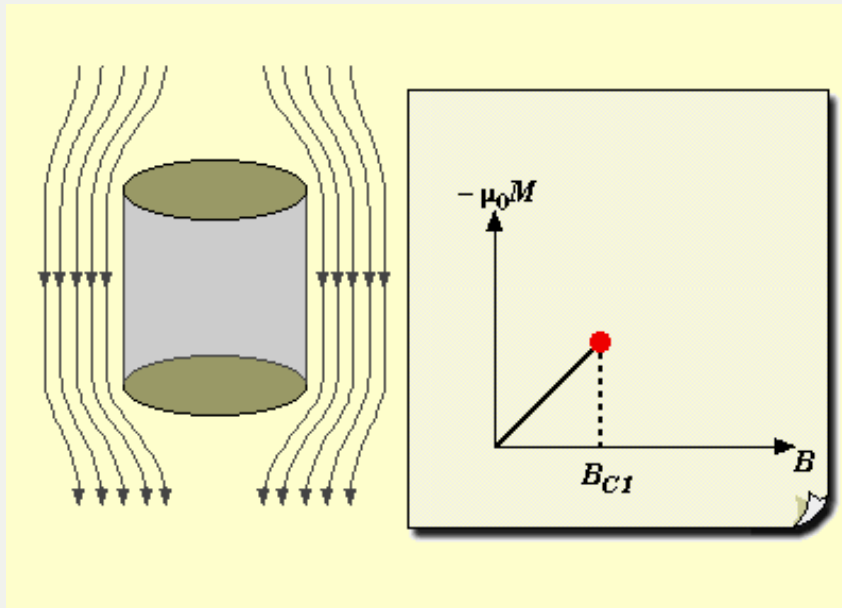
Изключително подходящ за много индустриални приложения – проводници, тънки слоеве и др.



Представяне на свръхпроводниците от втори тип с помощта на видео клип



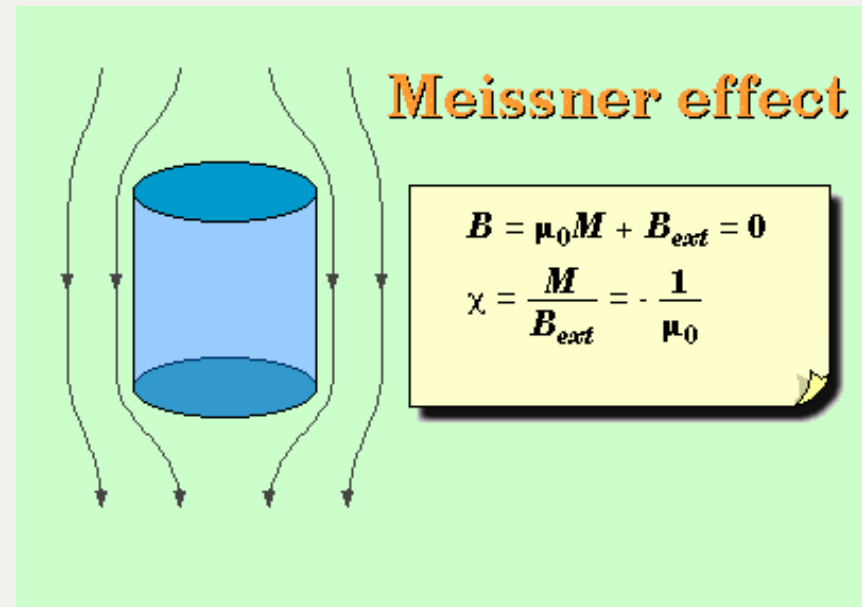
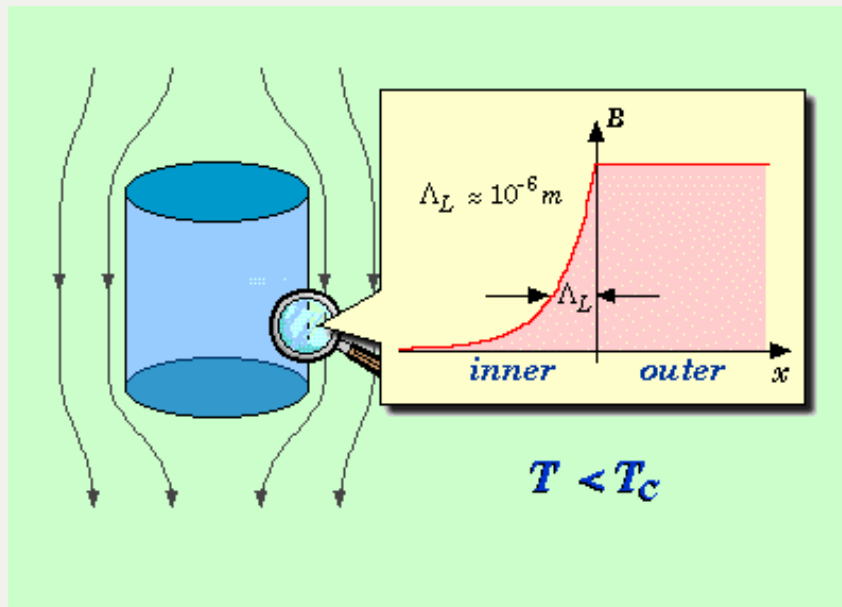
Представяне на свръхпроводниците от втори тип с помощта на видео клип



Ефект на Майснер-Оксенфелд (1933)

- **Ефектът на Майснер-Оксенфелд** е противоположен на феромагнетизма и е свързан с пълно "изтласкване" на магнитното поле от обема, заеман от свръхпроводник, при понижаване на температурата или намаляване на индукцията на външното магнитно поле под някаква критична стойност B_c , определяща се от характерната за дадения свръхпроводник зависимост $B_c = f(T)$.
- Причина за това е, че при $B < B_c$ в повърхностния слой на свръхпроводника се появява кръгов незатихващ ток, големината на който е такава, че напълно компенсира външното магнитно поле в образеца. Дебелината на слоя, в който тече този ток и на която прониква външното поле, т.е. **дебелината на проникване d** (Лондоновска дълбочина на проникване) обикновено е от порядъка m , а магнитното поле отслабва по експоненциален закон. Величината d зависи от температурата, като при увеличение на температурата расте и при $T \rightarrow T_c$, d .
- Пълно "изтласкване" на магнитното поле се наблюдава и за двата типа свръхпроводници, но за свръхпроводниците от втори тип само при стойности на магнитното поле $B < B_{c1}$. В недостатъчно чисти и пластично деформирани метали и особено в сплавите, се наблюдава частично "замразяване" на магнитното поле, т.е. непълнота на ефекта на Майснер-Оксенфелд.

Демонстриране на ефекта на Майснер-Оксенфелд



Магнитна левитация (безтегловност в магнитно поле)

- **Безтегловност в магнитно поле** се нарича ефектът свързан с поддържане на свръхпроводящо тяло в безтегловно състояние без механични опори, за сметка на взаимодействието на свръхпроводника с външно магнитно поле.
- Ефектът възниква само в **нееднородни полета**, които могат да бъдат създадени от къси соленоиди, свръхпроводящи магнити или кръгови постоянни магнити.
- При поставяне на свръхпроводник в магнитно поле с индукция **B** той се "отблъсква" от магнитното поле. Действува му сила **F** . Ефектът възниква когато силата **F** е насочена в посока, обратна на силата на тежестта и двете сили са равни по големина. Максимална подемна сила се получава при **$B = B_c$** . За различните свръхпроводници тази сила е различна.
- Магнитната левитация е една от най-нагледните и удивителни прояви на свръхпроводимостта.

Демонстриране на магнитна левитация с помощта на видео клип



Заклучение

- Представените видео клипове не изчерпват възможностите за визуализиране на явлениято свръхпроводимост.
- Те са част от създадената от нас видео галерия, която се използва в процеса на обучение на студентите от инженерните специалности на Русенския университет.
- Участниците в проекта SUPERCOMET 2 от българска страна се надяват, че с работата си ще помогнат на българските учители по физика и на техните ученици в приложението на модерни технологии в процеса на обучение по физика.

**Благодаря за
вниманието!**