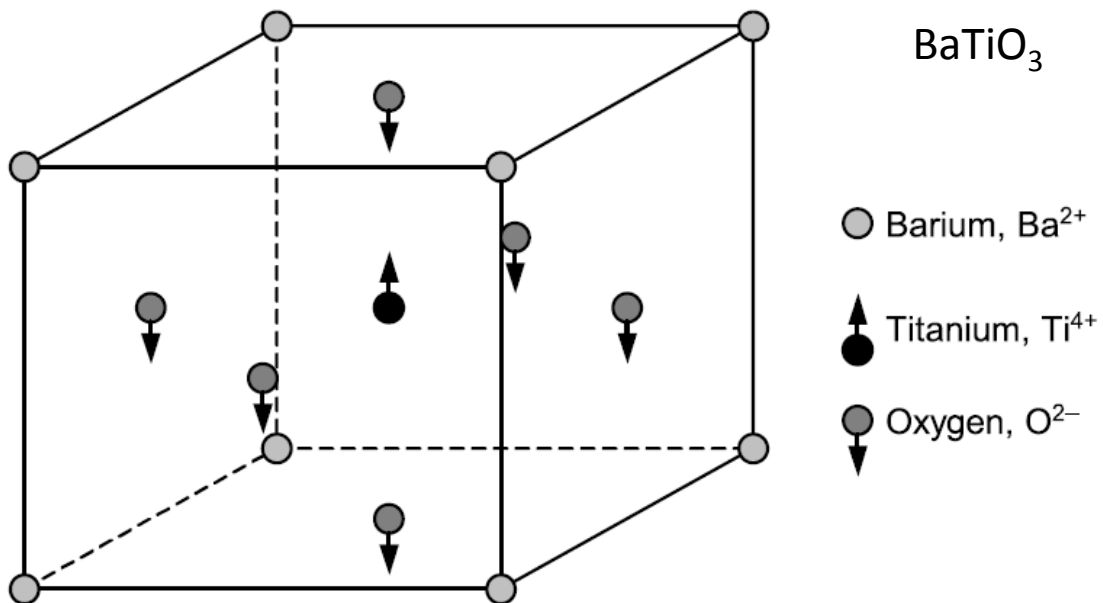
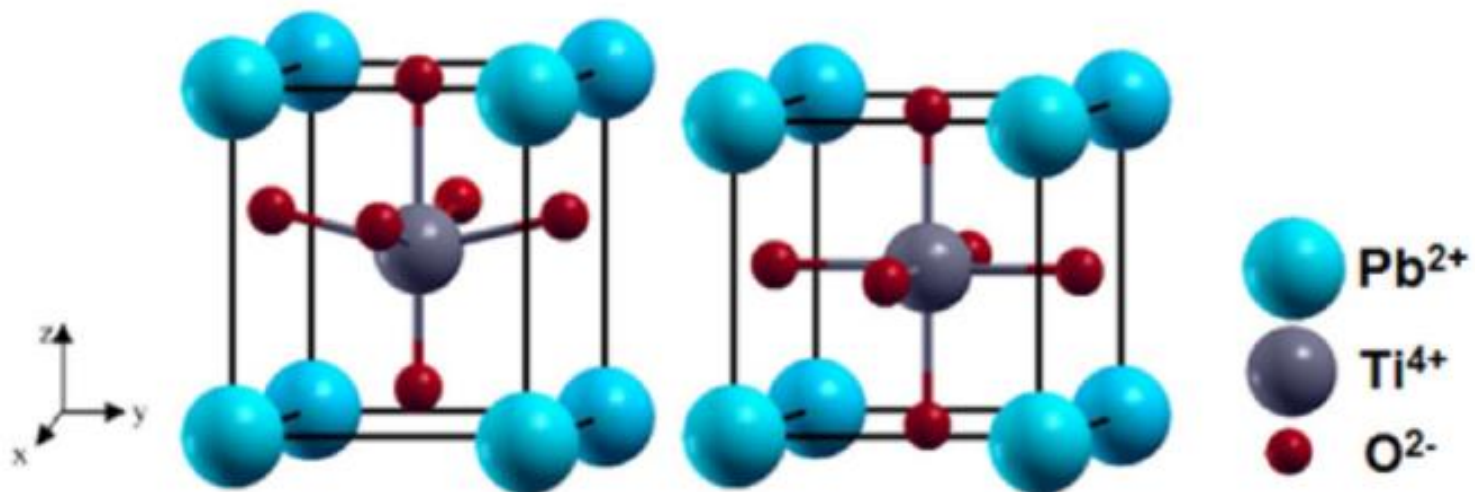


Type	Crystal	T_c (K)
KDP	KH_2PO_4	123
TGS	Triglycine sulfate	322
Perovskites	BaTiO_3	406
	PbTiO_3	765
	LiNbO_3	1483

Фазовый переход типа смещения





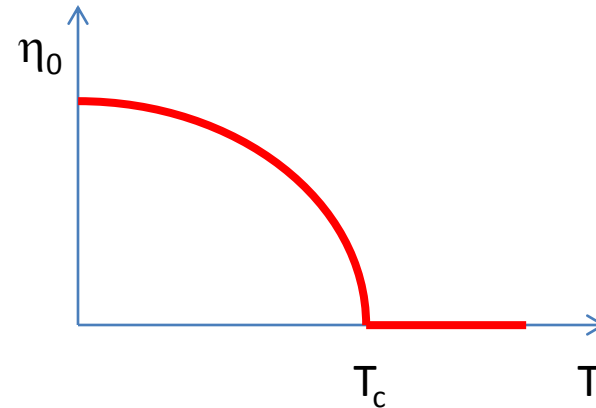
Параметр порядка. Теория Ландау ФП 2-го рода.

$$G = G_0 + a\eta + b\eta^2 + c\eta^3 + d\eta^4 + \dots$$

$$G = \frac{1}{2}\alpha\eta^2 + \frac{1}{4}\beta\eta^4 \quad \alpha = \alpha_0(T - T_c)$$

$$\frac{\partial G}{\partial \eta} = 0 \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} \eta &= 0 \\ \eta^2 &= -\frac{\alpha}{\beta} \end{aligned}$$

Для сегнетоэлектриков
параметр порядка –
спонтанная поляризация

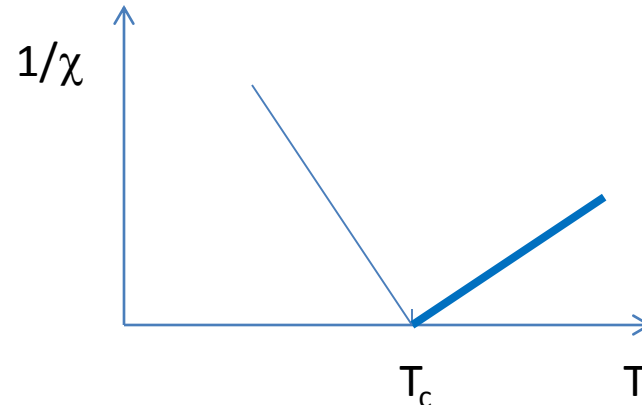


$$G = \frac{1}{2}\alpha\eta^2 + \frac{1}{4}\beta\eta^4 - \eta H$$

$$\frac{\partial G}{\partial \eta} = 0 \quad \longrightarrow \quad H = \alpha\eta + \beta\eta^3$$

$$\chi = \frac{\partial \eta}{\partial H}$$

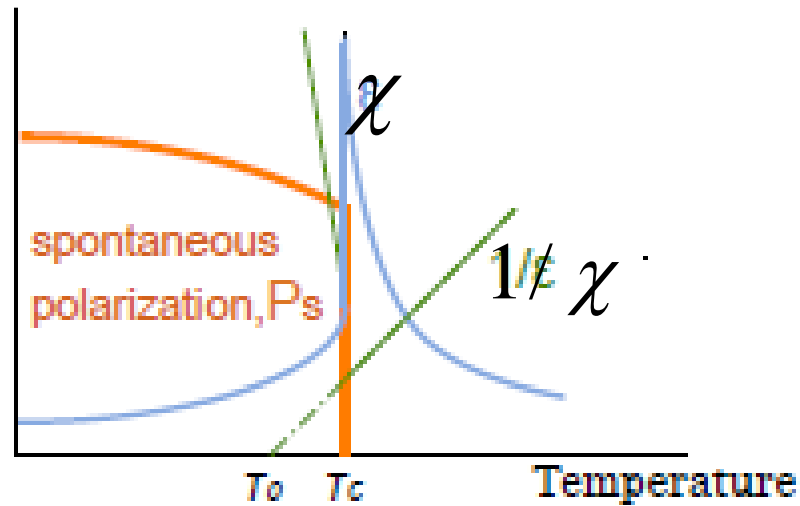
$$\chi^{-1} = \frac{\partial H}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 G}{\partial \eta^2} = \alpha + 3\eta^2$$



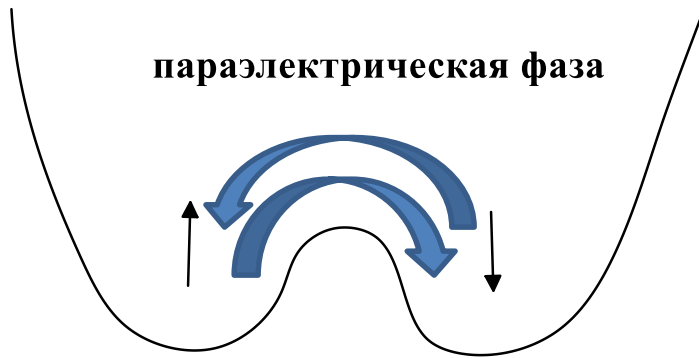
Фазовый переход 1 рода

$$G = G_o + \frac{1}{2} \alpha \eta^2 + \frac{1}{4} \beta \eta^4 + \frac{1}{6} \gamma \eta^6 \quad \alpha = \alpha_0 (T - T_0)$$

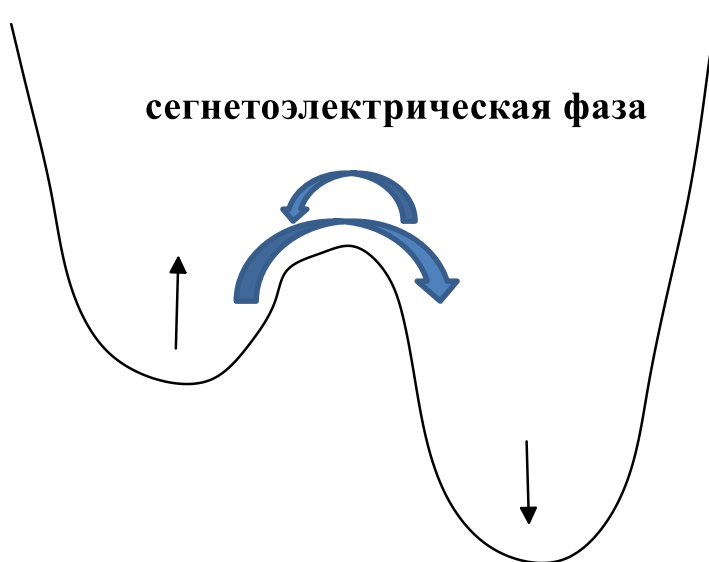
коэффициенты α_0 и γ положительные, β отрицательный



Фазовый переход типа порядок-беспорядок



Симметричный двухямный потенциал – одинаковое число атомов в ямах, вероятности переходов одинаковые



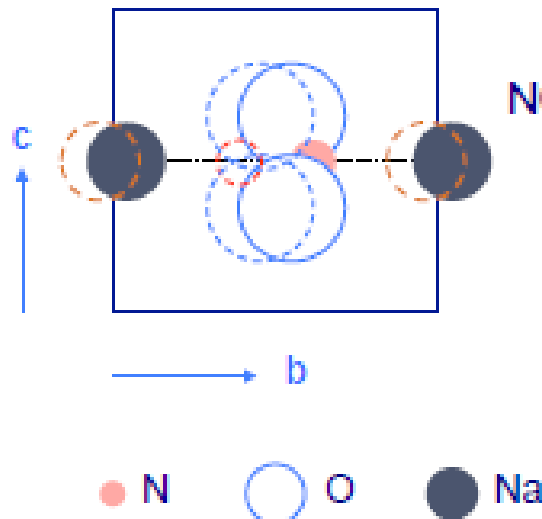
Несимметричный двухямный потенциал – разное число атомов в ямах, вероятности переходов разные

Переход такого типа описывается моделью Изинга

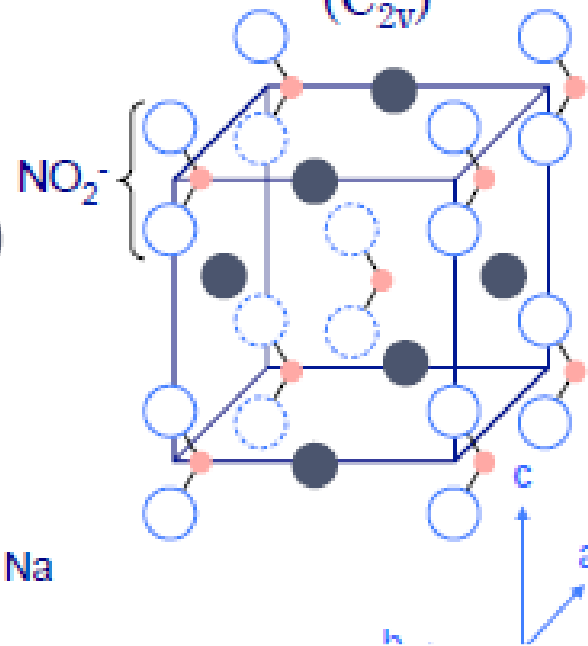
При низкой температуре

Sodium Nitrite, NaNO_2

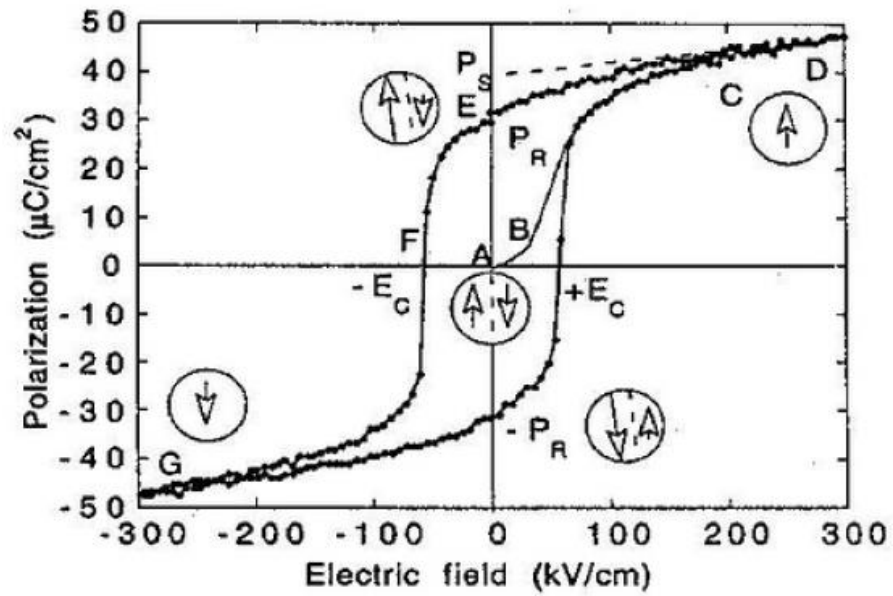
Paraelectric phase
(D_{2h})



Ferroelectric phase
(C_{2v})

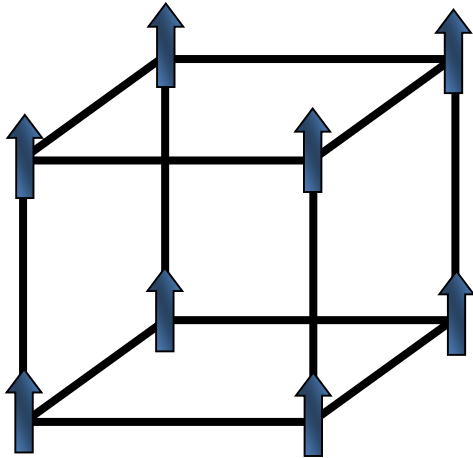


Доменная структура в сегнетоэлектриках



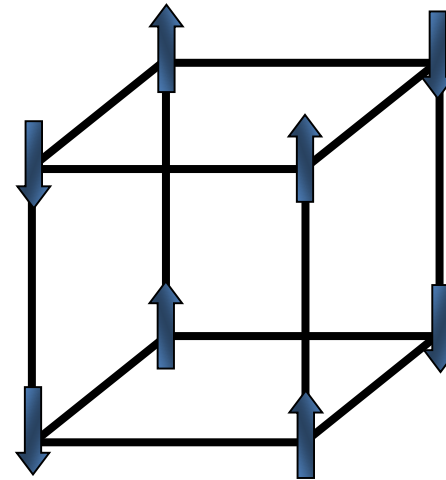
Антисегнетоэлектрики

Суммарная поляризация равна нулю, но имеются поляризованные подрешетки.



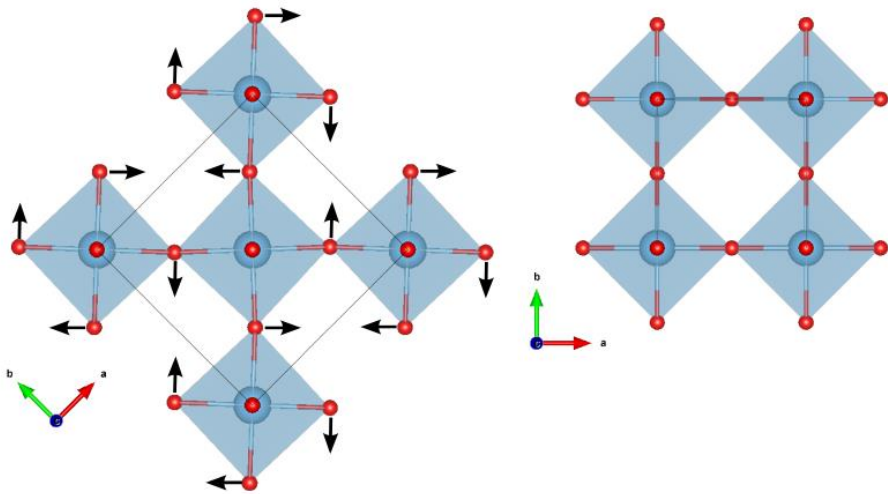
Polar

если поляризация
переориентируется
внешним полем, то
сегнетоэлектрики



Antipolar

если внешнее поле может
переориентировать все диполи
в одном направлении. То
антисегнетоэлектрики



SrTiO₃

Сегнетофаза
Парафаза
смещаются кислороды (красные кружки)

Электреты

диэлектрики, в которых остаточная поляризация может сохраняться длительное время (многие месяцы и даже годы) и формирует внешнее электрическое поле.

В отличие от сегнетоэлектриков или антисегнетоэлектриков электрет с «замороженной» поляризацией является термодинамически неравновесным объектом. Его состояние неустойчиво, а нагревание ведет к быстрому необратимому разрушению поляризации диэлектрика. Неравновесность – основное свойство электретного состояния, каковы бы ни были конкретные механизмы его получения. Релаксация – переход в равновесное (не поляризованное, не заряженное) состояние – характерна для любого электрета.

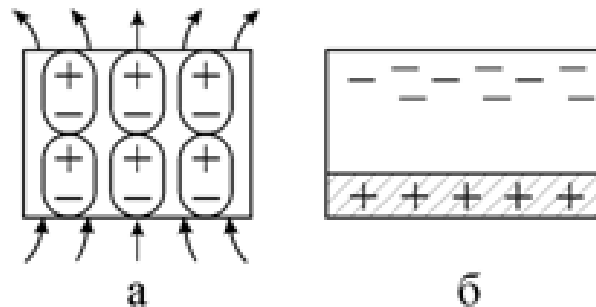


Схема механизма поляризации электретов: а – поляризация микродиполей; б – внедрение в диэлектрик электрического заряда

Чаще всего в технических целях используются электреты, изготовленные в виде тонких неполярных полимерных пленок толщиной 10–25 мкм, которые с одной стороны покрыты тонким слоем металла, чаще всего алюминия. Пленки поляризуются (например, в коронном разряде)

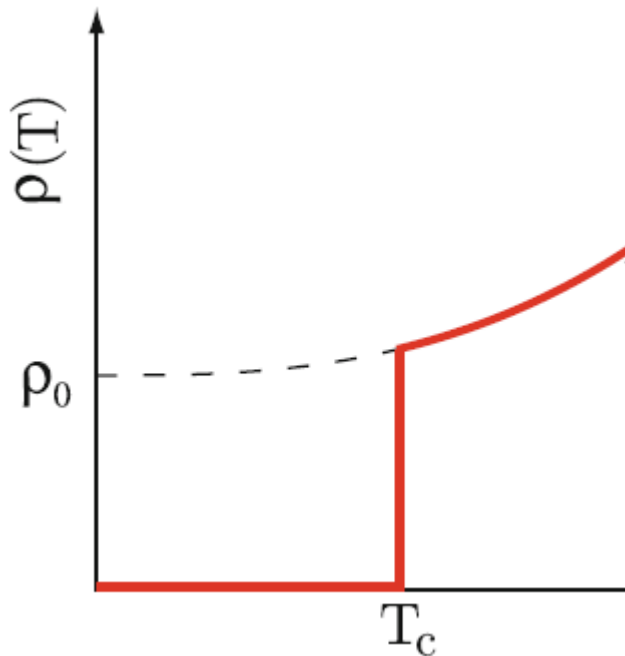
Сверхпроводимость

1911 Н. Kamerlingh Onnes

Сверхпроводимость металлов (традиционная) + высокотемпературная сверхпроводимость и нетрадиционная сверхпроводимость
сверхпроводимость не связана со структурными изменениями (неструктурный ФП)

Сверхпроводимость металлов

Температура перехода – критическая температура, T_c



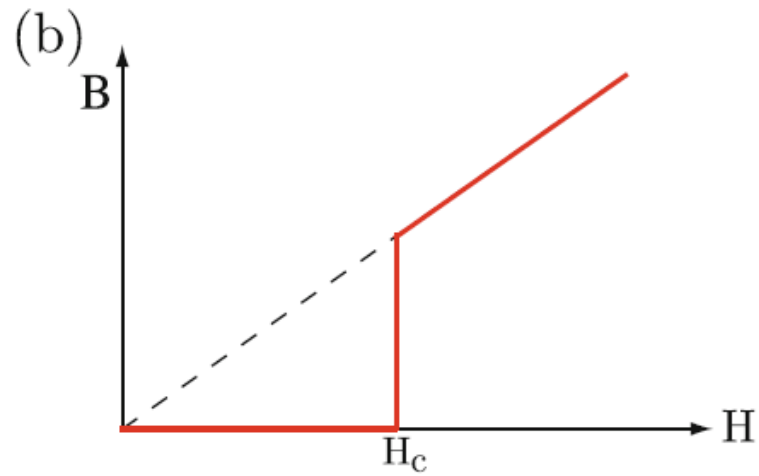
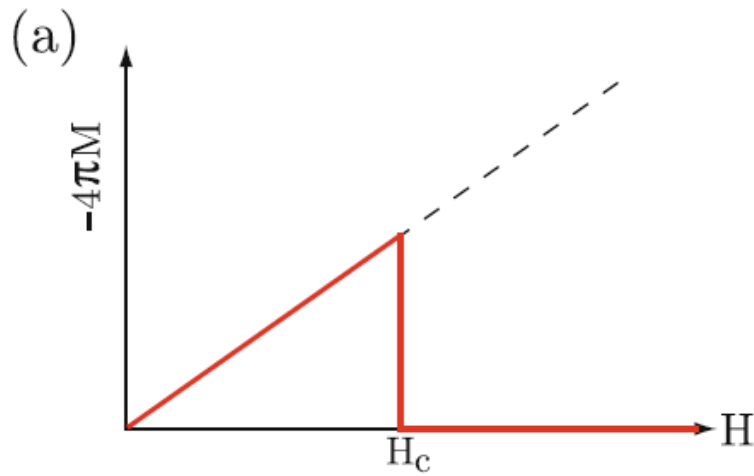
Elements	Al	Sn	Hg	In	Nb	Pb
T_c (K)	1.2	3.7	4.2	3.4	9.3	7.2

Электроны являются сверхпроводящими, образуют связанные пары.

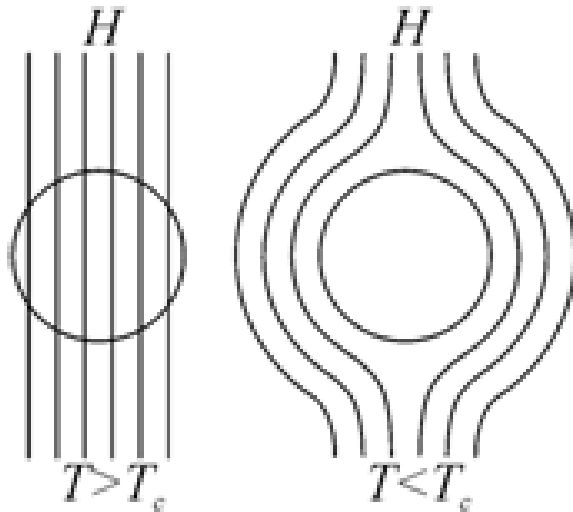
Длина когерентности: ξ

По поведению в магнитном поле сверхпроводники делятся на СП I-го рода и II-го рода

СП I-го рода



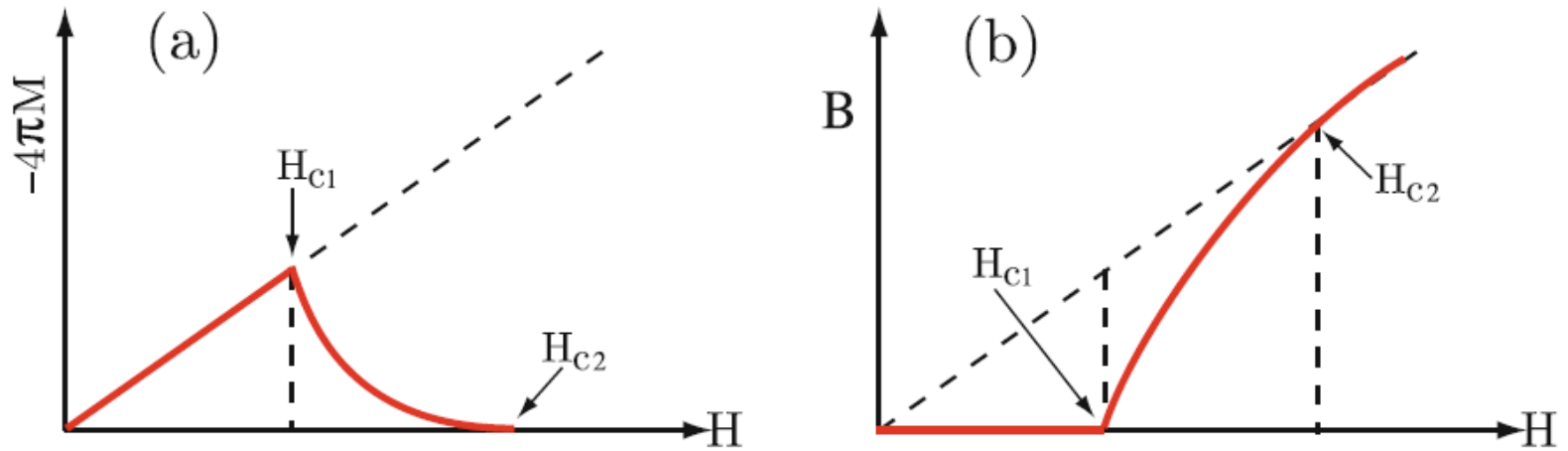
Эффект Мейсснера: $\vec{B} = \vec{H} + 4\pi\vec{M} = 0$ $M = -H / 4\pi$



Выталкивание магнитного поля из сверхпроводника

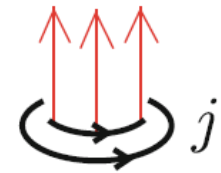
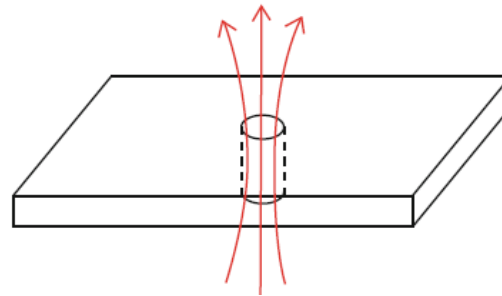
Глубина проникновения магнитного поля: λ

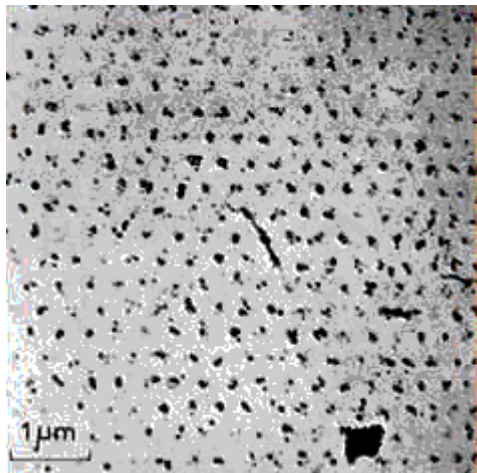
СП II-го рода



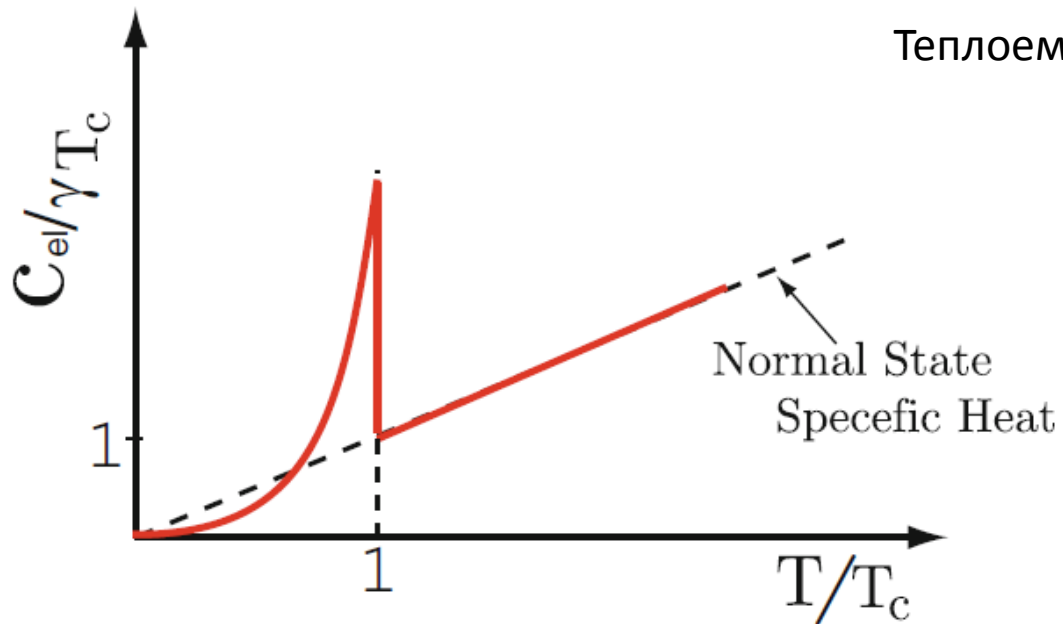
Между верхним и нижним критическими полями сверхпроводник II-го рода находится в смешанном состоянии. Магнитное поле проникает внутрь в виде сверхпроводящих вихрей (вихри Абрикосова). Магнитный поток

$$\Phi = \frac{hc}{2e}$$





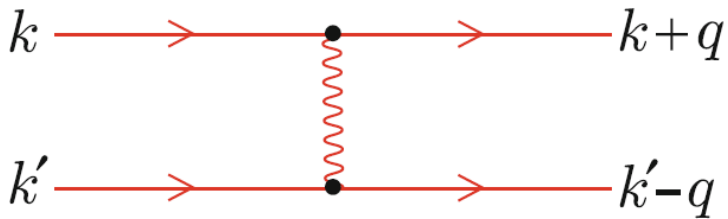
Решетка вихрей Абрикосова



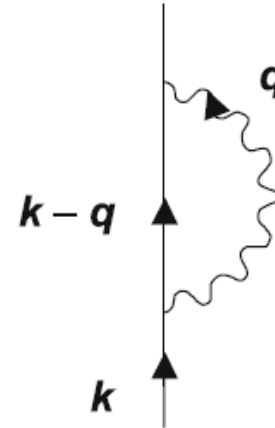
Теплоемкость в нулевом поле

Теория БКШ – микроскопическая теория

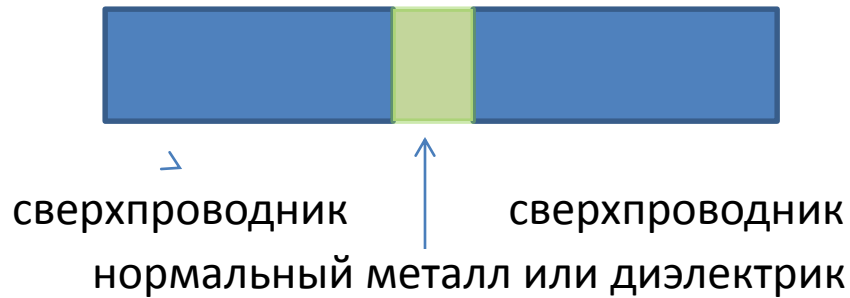
Куперовские пары. Электронная щель.



$$\vec{k} \uparrow, -\vec{k} \downarrow$$



Эффект Джозефсона



SQUID

Высокотемпературная сверхпроводимость

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Относятся к сверхпроводникам II рода

Нетрадиционные сверхпроводники